



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



PREFABRİK ENDÜSTRİ YAPILARININ
BİLGİSAYAR PROGRAMLARI İLE
ANALİZİNİN ÖRNEK BİR YAPI ÜZERİNDE
KARŞILAŞTIRILMASI

Oğuzhan KOÇAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

MART-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Oğuzhan KOÇAK tarafından hazırlanan “Prefabrik Endüstri Yapılarının Bilgisayar Programları ile Analizinin Örnek Bir Yapı Üzerinde Karşılaştırılması” adlı tez çalışması 09/03/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN

Danışman

Doç. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi S. Kamil AKIN

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Oğuzhan KOÇAK

Tarih: 09.03.2020



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PREFABRİK ENDÜSTRİ YAPILARININ BİLGİSAYAR PROGRAMLARI İLE ANALİZİNİN ÖRNEK BİR YAPI ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRILMASI

Oğuzhan KOÇAK

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doçent Doktor M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ

2020, 94 Sayfa

Jüri

**Doç. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ
Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN
Dr. Öğr. Üyesi S. Kamil AKIN**

Günümüz teknoloji çağında inşaat sektörü önemli ölçüde mesafe kat etmiştir. Teknolojik gelişmeler gereksinimlerimiz doğrultusunda oluşmaktadır. İkinci dünya savaşı sonrası yıkılan ve hasar gören yapılar nedeniyle büyük oranda konut eksikliği ortaya çıkmıştır. Bu eksikliği ortadan kaldırmak için gelişmiş ülkeler çözüm yolu arayışına girmişlerdir. Bu çözüm yolu arayışının sonucunda ise yapının taşıyıcı sistemini oluşturan kiriş, kolon ve döşeme gibi yapı elemanlarının yapım alanına getirilmeden önce özel olarak tasarlanmış endüstriyel ortamlarda yapı elemanlarının üretimi yapılarak prefabrik yapıların temeli atılmıştır. Bina projelerinde prefabrik yapı elemanlarının kullanılmasının birçok faydası vardır. Kısaca; projenin maliyetinin azaltılması, yapı elemanlarından istenilen dayanımın ve kalitenin sağlanması, malzeme israfının azaltılması, projenin kısa sürede tamamlanması, şantiyelerde ki iş kazalarının önemli ölçüde azalması şeklinde özetleyebiliriz. Bu çalışma da Türkiye’de kullanılan prefabrik yapı türlerinden ve özelliklerinden, prefabrik betonarme yapı üretim ve montaj aşamasından, öngerme yönteminden bahsedilerek prefabrik yapı sektöründeki başlıca sorunlar ve öneriler ortaya konmuş örnek bir prefabrik endüstri yapısı üzerinden FAB 2018, Precast Design 2019 programı ve statik eşdeğer deprem yüküne göre hesap yöntemiyle yapının analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda moment ve kesme kuvvetleriyle donatı alanları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Prefabrik yapı tasarımı, Prefabrik hesaplar, TBDY 2018, Precast Design 2019, FAB 2018

ABSTRACT**MS THESIS****COMPARISON OF ANALYSIS OF PREFABRICATED INDUSTRIAL
STRUCTURES WITH COMPUTER PROGRAMS ON A SAMPLE
STRUCTURE****Oğuzhan KOÇAK****Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering****Advisor: Asst. Prof. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ****2020, 94 Pages****Jury****Asst. Prof. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ
Prof. Dr. M. Sami DÖNDÜREN
Asst. Prof. Dr. S. Kamil AKIN**

In today's technology age the construction industry folds some important distance. Our technological requirements are important. After the Second World War, there was a lack of housing due to the destroyed and damaged buildings. In order to eliminate this deficiency, developed countries have sought solutions. As a result of the search for this solution, the foundation of the prefabricated buildings was laid by producing the structural elements in specially designed industrial environments before bringing the structural elements such as beams, columns and slabs to the construction area. The use of prefabricated building elements in building projects has many benefits. Briefly; reducing the cost of the project, providing the desired strength and quality of the building elements, reducing the waste of material, completing the project in a short time, and reducing work accidents at construction sites significantly. In this study, the prefabricated building types and features used in Turkey, precast concrete construction of the production and assembly stages, set out the main issues and recommendations in mentioning prefabricated construction sector from the prestressing method instance through building a prefab industry FAB 2018, Precast Design 2019 program and static equivalent earthquake load According to the calculation method of the structure was analyzed. As a result of the analyzes, moment and shear forces and reinforcement areas were compared.

Keywords: Prefabricated building design, Prefabricated calculations, TBDY 2018, Precast Design 2019, FAB 2018

ÖNSÖZ

Öncelikle tez danışmanım M. Tolga Çöğürçü'ye bugüne kadar göstermiş olduğu özveri ve sabır için, yüksek lisans tezime, eğitime ve kişiliğime yapmış olduğu katkılar için, maddi manevi bütün desteği için teşekkür ediyorum. Tez danışmanlığından daha çok ağıbeylik yapan M. Tolga Çöğürçü ve Mehmet Uzun hocama bana göstermiş oldukları büyük özveri, güven, saygı ve sevgiden ötürü teşekkürlerimi borç bilirim. Her alanda öğrencilerinin yanında olan ve onlara mesleki ve kişisel olarak katkıda bulunan, kişisel hayatımızda gelişmemizi sağlayan, tecrübelerini ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her fırsatta paylaşan sayın hocalarım iyi ki varsınız.

Bu zorlu süreçte, desteğini sürekli hissettiğim anneme, babama, ağıbeylerime sabırları için çok teşekkür ediyorum.

Selçuk Üniversitesi inşaat mühendisliğinde bulunan bütün hocalarıma, çalışma arkadaşlarıma ve üniversite çalışanlarına gerekli verileri toplamamda yardımcı olan herkese teşekkürlerimi sunuyorum.

Oğuzhan KOÇAK
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	4
ABSTRACT.....	5
ÖNSÖZ.....	6
İÇİNDEKİLER	7
KISALTMALAR	9
1. GİRİŞ	12
1.1. Prefabrikasyonun Tanımı ve Tarihçesi	12
1.2. Türkiye’de Prefabrikasyon.....	12
1.3. Türkiye’de Kullanılan Prefabrik Yapıların Kullanım Alanları.....	14
1.4. Prefabrikasyonun Avantajları ve Dezavantajları	21
1.4.1. Prefabrikasyonun Avantajları	21
1.4.2. Prefabrikasyonun Dezavantajları	23
1.5. Prefabrikasyonun Gelişimindeki Engeller	23
1.6. Öngermeli Beton Özellikleri ve Tekniği.....	24
1.7. Öngermeli Beton Malzemeleri.....	27
1.8. Öngerme Sistemi ve Tekniği.....	27
1.9. Prefabrik Yapı Elemanlarının Üretimi	34
1.10. Prefabrik Yapı Elemanlarının Montajı.....	38
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	41
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	46
3.1. Beton Sınıfı (C) Belirlenmesi	46
3.2. Donatı Çeliği (S) Belirlenmesi.....	47
3.3. Zemin Sınıfı (Z) Belirlenmesi.....	48
3.4. Deprem Sınıfının Belirlenmesi	49
3.5. Bina Önem Katsayısı (I) Belirlenmesi	50
3.6. Çatı Kaplama Ağırlığı (kg/m ²) Belirlenmesi	51

3.7. Kar Yüğü Ağırlığı (kg/m ²) Belirlenmesi	51
3.8. Çatı Makası Uzunluğu (m) Belirlenmesi	52
3.9. Aşık Kirişi Uzunluğu (m) Belirlenmesi	52
3.10. Kolon Boyutları ve Yüksekliği Belirlenmesi.....	52
3.11. Precast Design 2019 Programında Endüstri Yapısının Modellenmesi ..	53
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	65
4.1. Precast Design 2019 Programı Analiz Sonuçları	65
4.2. FAB 2018 Programı Analiz Sonuçları	69
4.3. Statik Eşdeğer Deprem Yüğüne Göre Analiz Sonuçları	75
4.3.1. Çatı Yüğü Analizi.....	76
4.3.2. Aşık Kirişi Hesabı	76
4.3.3. Oluk Kirişi Hesabı.....	79
4.3.4. Makas Kirişi Hesabı	81
4.3.5. Kolon Hesabı.....	86
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
5.1 Öneriler	89
ÖZGEÇMİŞ.....	94

KISALTMALAR

A: Kesit Alanı

A'_{sh} : İnceltilmiş Uç Çekme Donatısı Alanı

A_h : Kesme Sürtünme Donatısı Alanı

A_s : Donatı Toplam Alanı

A_s' : Basınç Donatısı Alanı

A_{sh} : Askı Donatısı Alanı

A_{smin} : Minimum Toplam Çekme Donatısı Alanı

A_{st} : Toplam Çekme Donatısı Alanı

A_{sw} : Enine Donatı Alanı

A_{vh} : Kayma Donatısı Alanı

A_{wf} : Kayma Sürtünme Donatısı Alanı

A_v : Üst Başlık Askı Donatısı Alanı

A_0 : Etriye Kesit Alanı

b: Tablalı Kesitte Etkili Tabla Genişliği, Kolon Enkesit Genişliği

BKS: Bina Kullanım Sınıfı

BYS: Bina Yükseklik Sınıfı

b_w : Tablalı Kesitte Gövde Genişliği

C: Beton Sınıfı

c: Tarafsız Eksen Yüksekliği

cm: Santimetre

Cos: Kosinüs

C_u : Drenajsız Kayma Dayanımı

DD-2: 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi

DD-3: 50 Yılda Aşılma Olasılığı %50 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi

d: Kirişte Faydalı Yükseklik

d' : Beton Örtüsü, Pas Payı

E: Elastise Modülü

E_c : Betonun 28 Günlük Elastisite Modülü

F_c : Beton Basınç Kuvveti

f_{cd} : Beton Tasarım Basınç Dayanımı

f_{ck} : Betonun Karakteristik Basınç Dayanımı

f_{ctd} : Betonun Tasarım Çekme Dayanımı

f_{ctk} : Betonun Karakteristik Çekme Dayanımı

F_s : Donatı Çekme Kuvveti

F_s' : Donatı Basınç Kuvveti

f_{yd} : Donatı Tasarım Akma Gerilmesi

f_{ywd} : Etriye Donatısının Tasarım Akma Gerilmesi

g : Ölü Yükler

g_{kar} : Ölü Kar Yüğü

g_k : Ölü Kaplama Yüğü

g_0 : Kiriş Zati Ağırılığı

H_d : Yatay Kesme Kuvveti

h_f : Tabla Kalınlığı

I : Bina Önem Katsayısı

kg : Kilogram

km : Kilometre

kN : Kilonewton

k_1 : Beton Basınç Blok Derinliğinin Tarafsız Eksen Derinliğine Oranı

m^3 : Metreküp

m : Metre

M_d : Tasarım Eğilme Momenti

M_{dx} : X Yönündeki Tasarım Eğilme Momenti

MFB1: Makaslı Mafsallı Arakatlı Vinçli Sistemler

M_g : Ölü Yüklerin Momenti

$\min \rho_w$: Minimum Etriye Donatısı Oranı

mm : milimetre

MPa : Megapascal

M_r : Kesitin Eğilme Momenti Taşıma Gücü

M_q : Hareketli Yüklerin Momenti

N : Penetrasyon Darbe Sayısı

N_d : Tasarım Eksenel Kuvveti

N_{dx} : X Yönündeki Tasarım Eksenel Kuvveti

N_{60} : Ortalama Standart Penetrasyon Darbe Sayısı

P_d : Tasarım Yayılı Yüğü

R : Kolon veya Kirişlere Etkiyen Tekil Yüğü

S : Donatı Çeliğı

s: Etriye veya Sargı Donatı Alanı

S_{DS} : Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı

S_{D1} : 1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı

SEDYHY: Statik Eşdeğer Deprem Yüküne Göre Hesap Yöntemi

Sin: Sinüs

S_s : Kısa Periyot Bölgesi İçin Harita Spektral İvme Katsayısı

S_1 : 1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı

t: Ton

TBDY: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

TDH: Türkiye Deprem Haritası

TDTH: Türkiye Deprem Tehlike Haritası

TDY: Türkiye Deprem Yönetmeliği

tg: Tanjant

TPB: Türkiye Prefabrik Birliği

TS: Türk Standartları

V_{cr} : Eğik Çatlamayı Oluşturan Kesme Kuvveti

V_d : Tasarım Kesme Kuvveti

V_{max} : Maksimum Kesme Kuvveti

V_s : Kayma Dalga Hızı

Yük. Mim: Yüksek Mimar

Z: Zemin Sınıfı

q: Hareketli Yükler

α : Eğik Donatı Eğim Açısı

ϕ : Donatı Çapı

1. GİRİŞ

1.1. Prefabrikasyonun Tanımı ve Tarihçesi

Eski dönemlerde yapılan kemerler ve kubbelerin malzemeleri taş ocaklarında hazırlanıp şantiye yerinde montajı yapılıyordu. Yani prefabrikasyon kavramı çok eski dönemlere hatta günümüzde ki “şantiyede üretim” kavramı gibi bir kavramın olmadığı zamanlara kadar uzandığının göstergesidir.

Sanayide kullanılan seri üretim tekniklerinin ve üretim yöntemlerindeki rasyonelleşmenin neden yapıların üretimi için de kullanılmadığı sorusu sorulmaya başlanmış, hatta otomotiv endüstrisinde ki yöntemlerin yapım endüstrisinde de kullanılabileceği öngörülmüştür (Bemis,1936).

Bu dönemlerde, özellikle Avrupa’da Auguste Perret, Gropius, Walter, Corbusier, gibi bilim insanlarının prefabrik yapı elemanlarını kullanarak yapı endüstrisinde mühim çalışmalar yapmışlardır. Ancak, bu teknolojik, sosyal ve ekonomik ilerlemeler, 1929’lara kadar yapı üretimlerinde prefabrikasyon teknolojisinin kullanılmasına katkı sağlamışsa da prefabrikasyon tekniğinin sıklıkla kullanımı 2. Dünya Savaşı sonralarına dayanmaktadır. 2. Dünya Savaşı’nın inşaat sektöründe sebep olduğu yetersizlikler prefabrikasyon tekniği için ideal ortama zemin hazırlamış ve prefabrikasyonun bugünkü anlamıyla yaygınlaştığı dönemin başlangıcını oluşturmuştur (Acar, 2006).

Ayrıca A. Boysan prefabrik yapının geleceği ile ilgili şunları söylüyor: “İçinde bulunduğumuz yüzyılın sonlarında konutların, şu an ki araçlar gibi, bitmiş numunelerine bakıp beğenilerek rağbet göreceğini söylemek yanlış olmaz. Yüksek yapılarda da bütün binaların taşıyıcı elemanlarında endüstriyel yöntemlerin fazlasıyla önem kazanarak bütün yapılar daha önce üretilip ardından montajı yapılacaktır.” (Acar, 2006).

1.2.Türkiye’de Prefabrikasyon

Savaşların, doğal afetlerin ve göçlerin inşaat yapımını canlandırdığını ve inşaat sektörünün yapılaşmasına dair politikalar izlenmesi gerektiğini biliyoruz. Türkiye’de de Marshall yardımlarından sonra köylerden kentlere doğru başlayan göçler hızlı bir yapılaşmaya sebep olmuştur. Konut, altyapı tesisleri ve sanayi alanına kadar çok sayıda prefabrik eleman kullanılmış ve kullanılmaya da devam ediyor.

Prefabrik yapı uygulamaları ülkemizde 1940'larda santrifüj beton direklerin üretimi ile başlamıştır. Prefabrik teknolojilerin betonarme yapılarda yaygın kullanılması 1960'lı yıllardan itibaren başlamıştır. Prefabrik sektörünün bugün ulaştığı seviyede ise her türlü yapılar (konut, eğitim, ticaret, turizm, genel hizmet, spor, kamu kurum yapıları vb.) çevre düzeni elemanları ve ulaşım yapı elemanları (trafo binaları, boru, telefon direkleri, elektrik, menfez vb.) yapabilmektedir. Mevcut teknolojileri, deneyimleri, bilgi birikimleri ve kapasiteleri ile bu alanda görevli firmalar artık toplumun alt yapı, üst yapı ve çevre düzeni elemanları ile ilgili olan bütün gereksinimlerini karşılayacak düzeydedir.

Ülkemizde sanayi yapılarının %82-85'inde betonarme prefabrik yapı elemanları kullanılmaktadır. Fakat inşaat alanında %70-75'lik bir paya sahip olan konutlarda ise betonarme prefabrik yapı elemanı kullanım oranı ise sadece %4 civarındadır. 2006 yılına ait olan verilere göre, betonarme prefabrik yapı elemanlarının inşaat sektöründeki payı %8, toplam yapı inşaatları içerisindeki payı ise %6,8 civarındadır. Bu oranlar, endüstriyelmiş dünya ülkelerine oranla oldukça düşük değerlerde kalmaktadır.

Görüldüğü üzere ülkemiz prefabrik üretiminde batı ülkelerinin gerisinde kalmaktadır. Elbette ki ülkemizin deprem kuşağında olması özellikle konut inşaatlarında prefabrik yapı elemanlarının kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Fakat bu sorun biz mühendislerin çözmesi gereken bir sorundur.

Tablo 1.1: Prefabrike beton üretimi (1998 / TPB)

ÜLKE	BETON ÜRETİMİ (kg/m ²)
Almanya	740 kg/kişi
Belçika	920 kg/kişi
Danimarka	430 kg/kişi
Fransa	520 kg/kişi
İtalya	530 kg/kişi
Türkiye	65 kg/kişi

1.3.Türkiye’de Kullanılan Prefabrik Yapıların Kullanım Alanları

Prefabrik yapılar, konut olarak kullanılabildiği gibi, sanat yapıları, sanayi yapıları, şantiye, yatakhane, okul binası, yemekhane, spor salonu binası, kamu kurumları, işyeri, ofis binası, çiftlik ve daha da çoğaltabileceğimiz birçok amaçla kullanılabilmektedir.

Prefabrik yapı sistemlerinin en çok kullanıldığı alanların başında konutlar gelmektedir. Günümüz teknolojisiyle bu konutlar artık iki katlı, hatta üç katlı olarak da inşa edilebilmektedir. Ülkemizde ise endüstri yapısı olarak kullanımı artmaya başlamıştır.



Şekil 1.1. Prefabrik konut yapısı örneği (URL 1)



Şekil 1.2. Prefabrik sanat yapısı örneği (URL 2)



Şekil 1.3. Prefabrik çelik taşıyıcı sistem üretim alanı (URL 3)



Şekil 1.4. Prefabrik spor salonu örneği (URL 4)



Şekil 1.5. Prefabrik kamu kurumu örneği (URL 5)



Şekil 1.6. Prefabrik yemekhane binası örneği (URL 6)



Şekil 1.7. Prefabrik yatakhane binası örneği (URL 7)



Şekil 1.8. Prefabrik şantiye örneği (URL 8)



Şekil 1.9. Prefabrik ofis binası örneği (URL 9)



Şekil 1.10. Prefabrik çiftlik örneği (URL 10)



Şekil 1.11. Prefabrik okul örneği (URL 11)



Şekil 1.12. Prefabrik depo örneği (URL 12)



Şekil 1.13. Prefabrik taşıyıcı sistem park alanı (URL 12)



Şekil 1.14. Prefabrik sanayi yapısı örneği

1.4. Prefabrikasyonun Avantajları ve Dezavantajları

1.4.1. Prefabrikasyonun Avantajları

- Betonarme prefabrik yapı elemanlarının üretimi sırasında kalıplar bir kez kurularak kurulan kalıplar üzerinden yapılan seri üretimler sayesinde kalıp maliyetlerinde azalmalar görülür (Akısan, 1984; Şentürer, 1983).
- Betonarme prefabrik yapı elemanlarının üretim aşamasında gerçekleşmesi beklenen maliyet ile gerçekleşen maliyet arasında önemli farkların oluşmaması veya belirtilen bütçede kalınması (Köylüoğlu, 1997; Eşiyok, 2000).
- Betonarme prefabrik yapı elemanlarından üretilen yapının oluşturulur oluşturmaz şantiye alanına göndermeye hazır olması ve geleneksel olarak yapılan inşaata kıyasla daha kısa sürede tamamlanarak yatırımcıya erken kira veya satış olanağı sağlamaktadır (Eşiyok, 2000).
- Üretim de işçilik, kalıp ve malzemeye bağlı maliyetlerin azalması.
- Prefabrikasyon teknolojisinin sağlamış olduğu faydalar sayesinde kış aylarında da inşaata devam edilebildiğinden işçiler işlerine devam edebilmektedir.
- İmalat için gerekli malzemenin önceden alınıp stoklanma ve depolama gereksinimi olmadığı için depolama maliyeti oluşmaz (Toprak, 2002).

- Seri şekilde imalatlardan ve üretim hızının yüksekliğinden dolayı enflasyondan çok daha az etkilenmektedir.
- Fabrikalarda yapılan üretimlerde yapımın kaynaklı hızın artması; malzeme kaybının en aza indirilmesi ve işçilikten en yüksek verimin alınmasından dolayı verimlilik artmaktadır (Akısan, 1984),
- Kapalı koşullarda gerçekleştirilen betonarme prefabrik yapı elemanlarının üretiminin iklim şartlarından etkilenmemesi; şantiye ortamında proje çalışmaları için gerekli altyapı çalışmaları sürerken taşıyıcı elemanların fabrikalarda üretiliyor olması; üretimin sabit olması nedeniyle iş programlarının kesin bir şekilde belirlenmesi ve olabilecek gecikmelerin öngörülmesi; projenin yapım süresini fazlasıyla kısaltmaktadır (Toprak, 2002; Akısan, 1984).
- Sürekli üretimi sayesinde prefabrik yapıların yapımında uzmanlaşma sağlanır (Köylüoğlu, 1997; Eşiyok, 2000).
- Montaj sahası hazır olmamış olsa bile fabrikalardaki imalata devam edilebilir.
- Prefabrikasyon; programlamaya, planlamaya ve kontrol etmeye yatkın yapısı sebebiyle, yüksek kalite olanağı sağlamakta ve ekonomik olabilmektedir.
- Fabrikalarda üretilen prefabrik betonarme yapı elemanlarının üretimi sırasında beton dayanımı için çok fazla önem arz eden kür koşulları en iyi biçimde sağlanır (Şentürer, 1983).
- Geleneksel yöntemlerde zor hava şartları ve çevre şartlarını gözeterek üretim yapılarak prefabrik yapı elemanlarında kalite standartlarını yükseltmek mümkündür.
- Fabrika ortamında üretimi sağlanan yapı elemanlarının kaliteye ulaşması sayesinde üretimi tamamlanan elemanlar uzun ömürlü olmaktadır (Eşiyok, 2000; Toprak, 2002).
- Ön gerilme tekniklerine uygun olması ile endüstri yapıları için büyük çapta önem arz eden geniş açıklıkları geçme olanaklarının olmasıdır.
- Fabrika ortamında yapılan prefabrik yapı elemanlarının üretiminde istihdam edilen işçi sayısının şantiye ortamlarında yapılan üretime oranla daha az olması ve yapılan denetimlerle iş kazasının azaltılması ile iş gücünden daha verimli yararlanılır (Şentürer, 1983).

1.4.2. Prefabrikasyonun Dezavantajları

- Sistemli ve düzenli bir ekonomik güç gerektirdiğinden küçük inşaat yatırımcılarının prefabrikasyonu kullanmasında ki zorluklar.
- Ekonomik yönden güçlü yatırımcıların eksik olması.
- İnşaat sektöründe makineleşmenin hızlı bir biçimde artış göstermesiyle insan gücünün kullanımının büyük oranlarda azalması ve işsizlik sorununun artma ihtimali (Eşiyok, 2000).
- Prefabrike yapı elemanlarının uygun taşıma mesafesinin 100–200 km arasında olduğu, bazı ülkelerde ise daha fazla taşıma mesafelerinin bile verimli olabildiği belirtilmektedir (Ayaydın, 1981). Bu mesafelerden daha uzak taşıma mesafelerinde prefabrik yapılar ekonomik uygunluklarını nakliye fiyatlarından ötürü kaybetmektedir.
- Deprem yükü ve dinamik yükler altında prefabrik yapı sisteminin dayanımında bazı problemlerin ortaya çıkabilmesi.
- Fabrikalarda prefabrik üretimi için büyük alanlara ihtiyaç duyulması ve fabrika kurulması için gerekli ekonomik gücün çok yüksek olması.
- Prefabrik yapı elemanlarının üretiminde de ulusal kontrol mekanizmasının olmayışı ve bu konudaki devlet politikalarının eksikliği.
- Üretim, yapım, tasarım aşamalarında prefabrik yapı işlerinde nitelikli iş gücüne sahip işçi ihtiyacının oldukça fazla olması (Eşiyok, 2000).
- Üretim ve montaj ekiplerinin koordinasyon problemlerinin nakliye, stoklama sorunları gibi olumsuz neticeler doğurması.

1.5. Prefabrikasyonun Gelişimindeki Engeller

Türkiye inşaat alanında prefabrik yapı elemanların kullanımının Dünyadaki prefabrik yapı elemanlarının kullanımı ile karşılaştırıldığında ülkemizin çok geri planda kaldığı görülmektedir. Prefabrikasyonun düşük kullanım oranını ve gelişimini olumsuz etkileyen maddeler aşağıda sıralanmıştır:

- Prefabrik yapı elemanlarının üretim maliyetinin geleneksel yöntemlerle üretim maliyetine göre daha pahalı olduğu yargısına inanılması (Tokman ve Eryılmaz, 2004).

- Yapım endüstrisindeki ürünler diğer endüstrilerdeki ürünlere göre daha dayanıklı ve uzun ömürlü olduğundan belli bir zamandan sonra üretim miktarını azaltıcı etkiye neden olmaktadır (İlbay, 1992).
- Prefabrik yapı kullanıcıları hem mimari açıdan (rutubet, çatlaklar, tasarımda yaratıcılığın yeterli olmaması, vb.) hem de yapısal açıdan (deprem yükü altındaki kötü performansları vb.) prefabrik yapı elemanlarının performans düşüklüğünden memnun olmamaları yargısı (Polat ve Damcı, 2007).
- Prefabrik elemanların belirli bir sistem ve standart dâhilinde kullanılması, aranan estetik ve hareketliliği karşılayamaması, mimariye getirdiği kısıtlamalar, farklı ekonomik, sosyal özelliği bulunan yörelerde aynı tipte planların gerçekleşmesi sistemin çok büyük çapta eleştiriler almasına neden olmaktadır (Taş, 2004).
- Prefabrik betonarme taşıyıcı elemanların ağır ve büyük ebatla olmaları, birçok yerde şantiye ile fabrika arası mesafenin uzak olması taşıma maliyetinin yüksek olmasına sebep olmaktadır.
- Farklı deprem yükleri altında prefabrikasyon sistemlerinin performanslarının güvenilirliği hususunda kaygıların bulunması.
- Projenin yönetimi kapsamında tasarımcı, yüklenici ve üretici firma arasındaki iletişimin kopukluğu yapım süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir (Arditi ve diğ., 2000).
- Prefabrik yapı sistemlerinin devlet tarafından teşvik görmemesi kullanımını kısıtlamamaktadır (Taş, 2004).
- İşgücünün niteliksiz yapısı, üretimin yetersiz oluşu, sermaye birikiminin az oluşu gibi fiziksel engeller.
- Prefabrik yapı elemanlarının proje tasarımı sırasında uzman mühendislerin, yüklenici inşaat şirketlerinin ve deneyimli işçilerin yeterli olmaması (Polat ve Damcı, 2007).

1.6. Öngermeli Beton Özellikleri ve Tekniği

Öngermeli beton, normal betonun çeşitli yönlerden yetersizliklerini ve eksiklerini ortadan kaldırmak için kullanılan bir teknolojidir. Bir diğer tarife göre öngermeli beton, çeşitli yükler altında bir yapı elemanının dayanımını ve davranışını geliştirmek üzere ona bilinçli şekilde kalıcı gerilmeler verme olayıdır. Başka tarifte ise bir yapı elemanında

işletme yüklerinin oluşturduğu eğilmeye zıt olarak oluşturulan kuvvetlerin uygulanmasıdır. Öngermeli beton çok kısa bir zamanda geleceğin yapı malzemesi olarak hızla ilk sıraları almış bulunmaktadır. Bu yapı malzemesi yöntemi enerji tasarrufu, ekonomi, uzun ömürlülük, mimari esneklik, yangına dayanıklılık ve hız sağlar. Bu açıdan öngermeli beton inşaat sektöründe önemli bir atılımı temsil etmektedir. Öngermeli beton, kolon ve kirişlerin modüler eleman olarak monte edilmesinden, enerji tasarrufu sağlayan izolasyonlu öngermeli beton duvar olarak üretimine, geniş açıklıklı zarif köprülere ve ağır sanayi yapısı gibi çeşitli olabildiği gibi küçük veya büyük her türlü binanın mimari ve yapısal gereksinimlerini de karşılayabilmektedir. Öngermeli yapı elemanlarının kullanımı hızlı bir şekilde devam etmektedir. Uygulayıcılar, tasarımcılar ve kullanıcılar beton ile çeliğin bu aderans özelliğinden henüz yeni faydalanmaktadırlar.

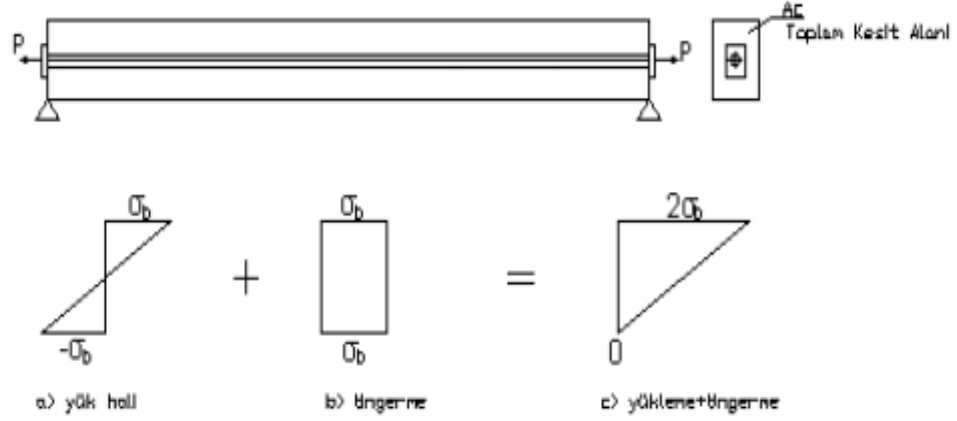
Çok daha basit bir tanım yapacak olursak yüksek dayanımlı beton ile yüksek dayanımlı haddelenmiş, yüksek elastik sınırlı çelik donatıların bir arada kullanılmasıyla elde edilen çeliğe yapay olarak verilen gerilmenin aderans yoluyla betona aktarılmasıyla kesitte oluşacak çekme gerilmesinin yok edilmesi işlemidir (Topçu 2006).

Betonda çekme etkisi oluşturacak kuvvetlerin neden olacağı kırılmaya ve şekil değiştirmelere karşı betonun göstereceği direnme kabiliyetine betonun çekme dayanımı denilmektedir (Erdoğan 2007). Beton malzemenin çekme dayanımının çok düşük olduğu, basınç dayanımının ise $1/7 - 1/14$ 'ü arasında olduğu bilinmektedir. Betonda yapay olarak bir ön basınç oluştuğu takdirde işletme sırasında doğacak çekme gerilmeleri bu basınç gerilmeleriyle yok edilir.

Öngermeli beton, yüksek dayanımlı çelik ve betonun aktif bir şekilde çalışmasıdır. Çelik, sünek ve öngerilme sayesinde yüksek gerilme altında kullanılabilecek özelliğe sahiptir. Yüksek şekilde gerilen çeliğin etkisiyle yapı malzemesinde enerji depolanması meydana gelir. Oluşan bu enerji yapı malzemesinin alt kısımlarında sıkışmaya neden olur ve ters sehim meydana getirir. Öngerme işleminin yapılmasıyla betonun zayıf olan çekme kapasitesindeki eksiklikler yok edilerek iki yapı malzemesinin yüksek dayanımlı bir birleşimi sağlanır. Bu şekilde, kirişin kendi ağırlığını taşıma zorunluluğunu ortadan kaldıran yukarı yönde bir kuvvet meydana getirilmiş olur. Kirişin uzunluğu boyunca oluşan bu kuvvet, kirişe uygulanan yüklere karşı koymuş olur.

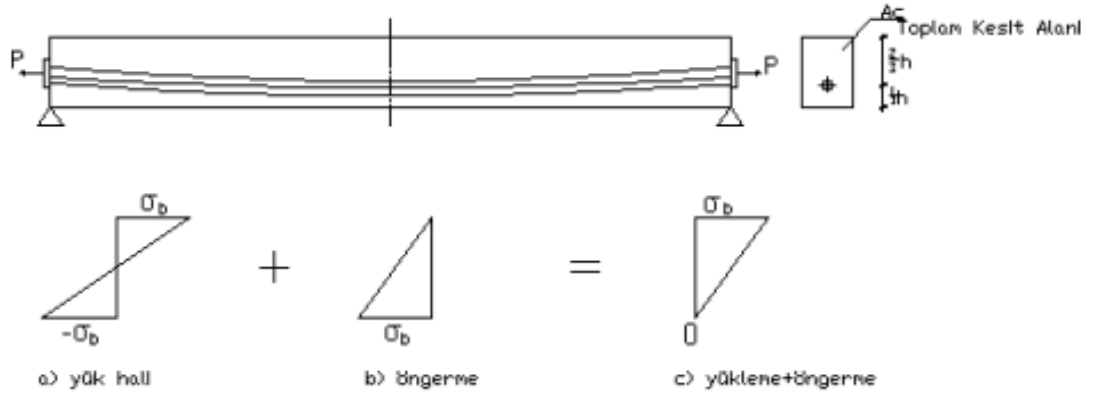
Öngermeli taşıyıcı elemanın davranışını tanımlayabilmek için, ortasından çelik tel geçen izostatik bir kiriş düşünülebiliriz (Şekil 1.15.). Taşıyıcı kiriş elemanının üzerinde yük olması halinde oluşan gerilme dağılımı Şekil 1.15.a'da görüldüğü gibi olacaktır. En dıştaki liflerde σ_a (basınç) ve $-\sigma_b$ (çekme) gerilmeleri oluşacaktır. Şekil 1.15.b'de ise P

kuvveti etkisinde gerilmiş ve düzgün bir gerilme dağılımı elde edilmiş olan öngermeli tellerdeki gerilme dağılımı görülmektedir. Bu iki davranış sistemi birleştirilip toplandığında ise Şekil 1.15.c'deki gerilme dağılımı elde edilmiş olur. Şekilde görüldüğü gibi çekme gerilmeleri sönümlenerek taşıyıcı kesitin çatlaması engellenmiştir (Topçu 2006).



Şekil 1.15. Merkezden gerdirilen öngermeli basit kiriş

Pratikte bu uygulama çok farklı bir biçimde gerçekleştirilir. Bu uygulamadan da anlaşılacağı gibi sistemde çekme gerilmeleri yok edilmesine rağmen basınç gerilmeleri 2 katına çıkarılmıştır. Betonun zamana bağlı deformasyonundan olan sünme yüksek basınç gerilmelerinde artacağından sistemin biraz daha iyileştirilerek bu problemin çözülmesi gerekmektedir. Germe telleri kiriş merkezinde alt çekirdek noktasından geçirilirse beton basınç gerilmeleri azalır (Şekil 1.16.). Bununla beraber öngerme kuvveti de azalmış olur (Topçu 2006).



Şekil 1.16. Dış merkezli gerdirilen öngermeli basit kiriş

Öngermeli betonda kullanılacak su, çimento ve agrega gibi katkı maddeleri için TS 3233’de verilen standartlara uyulması gerekmektedir. Öngermeli betonun yüksek dayanımlı olması gereklidir. En düşük beton sınıfı C30 olmalıdır. TS 3233’e göre ise en az C25 olarak belirtilmektedir (Topçu 2006).

1.7. Öngermeli Beton Malzemeleri

Su: İçilebilecek olan her su öngermeli beton malzeme için uygundur.

Katkı Malzemeleri: Öngermeli betonda katkı malzemesi kullanmamak gerekir. Fakat katkı maddesi kullanmak gerekirse, laboratuvar ortamında deneysel çalışmalarla elde edilen karışımlarla uygunluğu saptanmalıdır. Viskoziteyi düzenleyici, plastikliği artırıcı ve genişletmeyi artırma özelliği olan katkı malzemeleri kullanılabilir. Fakat kullanılan katkı malzemelerinde sertleşmeyi hızlandıracak veya korozyon oluşturabilecek maddeler bulunmamalıdır.

Agrega: Öngermeli betonda dayanıklı, temiz ve yıkanmış agrega kullanılmalıdır. Uygun agrega bulunamaz ise eleme, yıkama gibi özel koşulları yerine getirmek şartıyla kırma taş da kullanılabilir.

Çimento: Normal portland çimento öngermeli beton malzemedede kullanılabilir. Öngermeli betonun yapı elemanlarında en az 300 kg/m^3 çimento bulunması uygun görülmektedir. Öngermeli beton yapılarda bu değerler normal portland çimentosu kullanılıyorsa 500 kg/m^3 ve uçucu kül ya da öğütülmüş yüksek fırın cürufu çimentosu kullanılıyorsa $550\text{-}600 \text{ kg/m}^3$ değerlerine kadar çıkabilir (Caferov 2005).

1.8. Öngerme Sistemi ve Tekniği

Günümüze kadar birçok öngerme tekniği geliştirilip öngermeli beton tekniği yaygın biçimde kabul görmüştür. Bu çalışmada görsellerde öngerme tekniği anlatılmaktadır.

Öngerme halatları şantiyeye Şekil 1.17.’de görüldüğü gibi gelmektedir. Şekle dikkat edersek halatın aparatın içine girebilmesi için çıkarıp takılan iki bağlantı elemanını görebiliriz. Halatların ağırlıkları halat çaplarına göre değişkenlik göstermekle birlikte 2,5-3 ton gibi bir ağırlıkta olup, bu ağırlığı kaldırabilecek profiller kullanmak gerekir. İmalat süreci boyunca meydana gelen hatalara karşı halat topunu ilk açtığımızda ve halat topunun sonuna gelindiğinde ilk 5 metre ve son 5 metrelik parçalarının kullanılmaması

uygun görülmektedir. Halatın temizliğine çok dikkat etmeliyiz. Kullanmadığımız halat toplarının üzeri branda ile su geçirmeyecek şekilde kapatılmalıdır. Halat açıldığında paslanma oluşmuşsa paslı olan yerler tel fırça ile iyice temizlenmelidir. Paslanma kesitte azalma olacak kadar ileri seviyeye ulaşmışsa halat kullanılmamalıdır. Halatların stoklandığı kısımlarda asla kaynak yapılmamalıdır, halata temas edebilecek kaynak halatın dayanımına önemli ölçüde zarar verebilmektedir.



Şekil 1.17. Öngerme halatı

Şantiye ortamına gelen her halat için şekil 1.18.'de ki gibi bir etiket olması gerekir. Şekil 1.18.'de etiket üzerindeki numaralar teknik bilgiler için gereklidir. Üreticinin göndermiş olduğu imalat notlarına bakıp öngerme hesabında gerekli A (kesit alanı), E (elastise modülü) değerlerine ulaşmalıyız. İmalattan kaynaklı her halat birbirinden çok farklı özelliğe sahiptir. Kirişler için mümkün olduğunca aynı özelliklere sahip halatları kullanmak gerektiği için ExA değerine dikkat etmek gerekir. Şekil 1.18.'de bulunan etiket, halata ait bilgiler içermekte olup halatımız 8,000 m uzunluğunda, 9.53 mm çapında, 3,556 kg ağırlığındadır.



Şekil 1.18. Öngermeli halat etiketi

Öngerme halatları kiriş içerisine sürerken halatların birbirlerine karışmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde halatların gerilmesi durumunda birbirlerine dolanarak kopabilir. Bu yüzden halat kirişe sürülürken sürekli halat takip edilmelidir. Halatları sürerken halatın ucuna aparat takıp halatın kolay ilerlemesini ve birbirine karışmamasını sağlayabiliriz. Şekil 1.19.'da kiriş tabanına sürülmüş halatları görebilirsiniz.



Şekil 1.19. Kiriş tabanına sürülmüş halatlar

Sürme işlemi bittikten sonra halat kesitinin bozulmaması için halatları keserken Şekil 1.20.'de ki gibi kesilecek kısmın her iki tarafına kelepçe konulmalıdır. Kelepçenin bozulmaması kesitin bozulması halinde öngermeden önce halatın başına ve sonuna yerleştirilen bağlantı elemanları halatı iyi kavrayamaz ve öngörme işleminde halat kayabilir.



Şekil 1.20. Kesilmiş halat örneği

Halat sürme işlemi bitmiş bir kiriş öngerme öncesi Şekil 1.21.'de ki gibi gözükecektir. Halat uzunluğu kısa olduğundan dolayı kirişin kısa tarafının öngerme yapılmış tarafı olamayacağına dikkat edilmelidir. Öngerme tabancasının halatı daha iyi kavrayabilmesi için halatın yeterli uzunlukta olması gerekir.



Şekil 1.21. Öngerme işlemi öncesi halat durumu

Halat, boşluğu alındıktan sonra öngerme işlemi uygulanır (Şekil 1.22.). Öngerme sonrası oluşan uzamaları tespit etmek için halatın germe işleminden önceki ve sonraki boyu metre ile ölçülür. Her halat için uzamalar ayrı ayrı tespit edilip öngerme işleminin başarılı olup olmadığına bakılır.

Kirişin bağlantı elemanı Şekil 1.23.'de ki gibi iki parçadan oluşuyor. Şekilde gösterilen soldaki konik eleman bağımsız üç parçadan oluşuyor ve bu parçalar bir halka ile birbirine bağlanıyor. Halat bu bağlantı elemanlarından özenli bir biçimde geçirilir. Öngerme sırasında konik parça halatı iyice kavrar ve sağdaki parçanın içine kenetlenerek halatın kaymasını önler. Her öngerme işlemi öncesi ve sonrası bu iki parça ayrı ayrı güzelce temizlenir. Bu parçalara bulaşacak yağ, kir veya toz kenetlenmeye olumsuz etki yapacağından öngerme anında halat kayabilir. Temizlik anında bu parçalarda çatlak olup olmadığının kontrolü yapılır ve zarar görmüş parçalar yenileriyle değiştirilir.



Şekil 1.22. Öngerme işlemi sonrası halat durumu



Şekil 1.23. Öngerme işleminde kullanılan halatı tutan konik parçalar

Öngerme sistemi hidrolik ünite, taşıma aparatı ve tabancadan oluşur (Şekil 1.24.). Tabanca ağır olduğu için operatörü yoracağından bu işlemin kolay halledilebilmesi için yardım alınması daha iyi olacaktır. Hidrolik ünite ile öngerme işlemi yapılırken operatörden başka kimse bulunmamalı ve operatörde gerekli güvenlik önlemlerini alarak hidrolik ünite ile halat gerilmelidir. Aksi halde halat kopması, kayması veya boşa çıkma gibi durumlarda kazaya sebebiyet verebilir. Öngermeli halatlar cinsine göre hidrolik ünite ile gerekli bar kuvveti ile gerilir ve beton dökümüne hazır hale getirilir.



Şekil 1.24. Öngerme işleminde kullanılan hidrolik ünite

Beton döküldükten sonra %70 beton dayanımına eriştiğinde halatlar kesilir. Halatlar kesilmeden önce sistem boşa alınır. Şekil 1.25.'de halatlar üzerindeki beyaz çizgilerin kirişten uzakta ve aynı hizada olmadığı görülüyor, yani öngerme işlemi tamamlanmış olup burada dikkat edeceğimiz husus daha önceden gördüğümüz güvenlik halkaları sökülüş vazyettedir. Yani öngerme yükü çelik kirişlerden betonarme kirişlere geçmiş durumdadır. Tabanı düz durumda olan kirişler artık öngerme yükünü alarak kiriş ortasında yukarı yönde deformasyon meydana geldi ve hareket ederek öngerme yapılmayan yöne doğru gitti. Yani sistemi boşaltmadan önce kiriş kalıpları sökülmelidir.



Şekil 1.25. Öngerme işlemi tamamlanan halatların son durumu (URL 16)

Sistemi boşalttıktan sonra kiriş yatağındaki kirişler arasında kalan halatlar kesilir. Prefabrik kiriş imalatları genellikle kiriş yataklarında eldeki imkanlara ve kalıp sayılarına göre çok sayıda kiriş aynı anda üretilerek yapılır. Halatları keserken kirişe zarar vermemek için simetrik kesim yapılır (Şekil 1.26.). Yani önce soldaki halatı kesersek daha sonra kirişin orta aksından simetriği olan en sağdaki halatı kesmeliyiz. Eğer oksijenle kesim yaparsak halata zarar vermemek için kirişten 30-40 cm uzaktan kesim yapmalıyız. Kesim yaptıktan sonra yük kirişlere geçtiğinden, kiriş başlarında zayıf kesitlerde hasarlar oluşabilir. Bu hasarlar yapısal tamir harcı ile tamir edilir. Stoklama sahasında öngerme halatları tamamen kesildikten sonra paslanmaması için epoxy boya ile kaplanır.



Şekil 1.26. Öngermeli halatların kesilme örneği (URL 16)

1.9. Prefabrik Yapı Elemanlarının Üretimi

Prefabrik yapı elemanları uygun koşullar altında fabrika ortamlarında üretilirler. Sağlıklı bir üretimin yapılması için yeterli uygunluğa sahip kalıplar kullanılır. Kalıpların projeye uygun olarak revize edilip sızdırmazlığı sağlanır (Şekil 1.27.).



Şekil 1.27. Prefabrik kalıplar

Beton artıklarından arındırılıp temizlenir ve madeni kalıp yağı ile düzenli bir biçimde yağlanır. Demir ve öngörme donatıları projesine uygun olarak hazırlanıp gerekli

kontrolleri dikkatlice yapılır. Donatı boyları, etriyeler, donatı cinsi, çapı, adedi, çirozlar ve bindirme boyları kontrol edilir.

Birleşim bölgelerine ait filizler, bu bölgelerde mesnet donatıları, filiz üzerindeki yivler, perde bağlantı filizleri kontrol edilir. Öngermeli elemanlarda halat çapları, cinsleri ve halat koordinatlarının kontrolü yapılır. Halat germe kuvvetlerini ayarlarken germe-uzama ilişkisi veya manometre vasıtasıyla halat çapına göre ayarlanıp kontrol edilir.



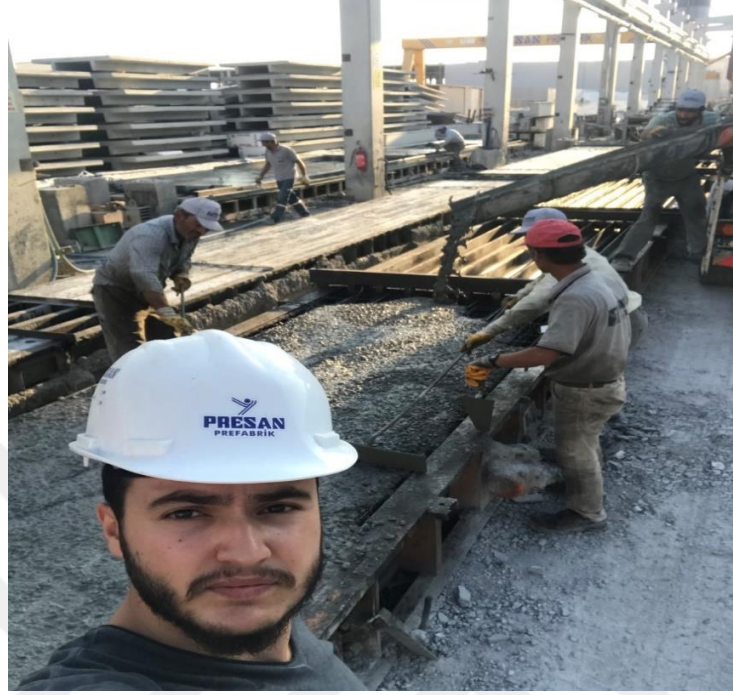
Şekil 1.28. Kalıp temizleme ve yağlama işlemi



Şekil 1.29. Donatı ve etriye bağlama işlemi

Bu kontroller yapıldıktan sonra beton dökme işlemine geçilmiş olunur. Prefabrike elemana beton dökerken projesinde belirtilen beton cinsine uygun olan beton, kalıplara

dökülerek vibrasyonla (yüksek frekanslı kalıp vibrasyonu veya şişe tipi vibratörler kullanılarak) sıkıştırılıp yerleşimi sağlanır.



Şekil 1.30. Beton dökme işlemi

Belli beton hacimlerinde alınan beton numunelerde standart basınç deneyi ile 7, 28 gün bekletildikten sonra kırılarak mukavemet testleri yapıp sonuçlar kayıt altına alınır (Şekil 1.31.).



Şekil 1.31. Beton numuneler ve slump deneyi cihazı

Kalıplardan betonun erken çıkarılması istenirse beton kürü uygulanır. Beton döküm işlemi ve vibrasyonu biten yapı elemanları ön bekleme alınır. Daha sonra buhar kürü uygulamasına geçilir. Yapı elemanına verilen buhar sıcaklığı yavaş yavaş artırılarak verilir (tercihen 40~60 °C / saat), buharın betona homojen bir şekilde verilmesi gereklidir.

Yapı elemanının yeterli mukavemeti kazanmasından sonra buhar azaltılarak beton soğumaya bırakılır. Genellikle beton kalıpların üzeri ısıya dayanıklı branda ile kapatılır. Yapı elemanlarına aşırı derecede sıcak buhar (>80~90 °C) verilmemelidir. Aksi halde yapı elemanının beton kalitesinde ve yüzey kalitesinde istenmeyen durumlarla karşılaşılabilir.

Bunlar:

- Yüzeyde bozulmalar, tozlanma
- Hacimsel değişimler
- Beton mukavemet değerlerinde düşmeler
- Rötire çatlaklarının oluşması

Buhar kürü uygulaması ve soğutulması yapılan yapı elemanları dengeli olarak, dikkatli biçimde projelerinde gösterilen noktalardan kaldırılırlar. Kaldırma işlemi yavaş ve gerekli güvenlik önlemleri alınarak yapılır. Kaldırma işlemi sırasında elemanlarda aşırı sehim ve çatlak olmamasına da özen gösterilmelidir.

Elemanların görsel olarak kontrolleri yapılır. Yapı elemanlarının boyut kontrolü yapılarak projeye uygunluğu kontrol edilir. Yapı elemanlarının özelliklerini gösteren etiket çıkarılıp elemanların üzerine yapıştırılır. Ankraj plakalarının betona yerleştirildiği yerler, betona gömülme durumu kontrol edilir. Beton yüzeyi temizlenip üzerine antipas boya sürülerek korozyona karşı önlem alınmalıdır.

Öngermeli elemanlarda halatın içe kaçıp kaçmadığı ve ters sehimlerin kontrolleri yapılmalıdır. Yapılan kontrollerde eleman üzerinde herhangi bir çatlak, parça kopması, aşırı gözenek, ankrajlarda bozukluk, filiz deliklerinde ve yerlerinde meydana gelen hatalar tolere edilebilir durumda ise tamiri ve onarımı yaptırılarak sevk işlemi yapılır.

İmalatı tamamlanan yapı elemanları stok sahasına alınırlar. Öngermesiz yapı elemanları yaklaşık Lx0.206 uzunluğundan mesnetlenerek istiflenirler. Öngermeli yapı elemanları ise genelde statik mesnetlerinden 50-60 cm mesafeden mesnetlenerek stoklanırlar. Farklı şekilde imalatı yapılan öngermeli elemanlar projelerinde belirtilen noktalardan mesnetlenerek stoklanırlar. Stoklama işlemi yapılırken yapı elemanlarının düzenli bir şekilde istifi yapılır. Yapısında herhangi bir bozukluk meydana getirmeden yavaşça konmalıdır (Şekil 1.32.)



Şekil 1.32. Prefabrik Yapı Elemanlarının Stoklanması

Yapı elemanlarını üst üste koyarken mesnet takozlarının da aynı hizada olmasına dikkat edilmelidir. Aşırı yükleme yapıp prefabrik elemanlarda ve mesnet takozlarında ezilme olmamasına dikkat edilmelidir. Özellikle döşeme ve cephe panellerinde mesnet takozları uzun ve geniş seçilerek üstte bulunan betonun zımbalaması ve çökmesi önlenmelidir. Stoklama sırasında elemanların yatay yönde eğilmesi ve devrilmesini önleyici önlemler alınmalıdır.

1.10. Prefabrik Yapı Elemanlarının Montajı

Prefabrike yapı elemanları, sevk ve montaj sırasında maruz kalacağı etkiler göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Tasarımına uygun şekilde, yapısal özelliklerine zarar gelmeyecek şekilde önlemler alarak sevk ve montajı yapılmalıdır. Montaj işlemi öncesinde, şantiyedeki alt yapı, lojistik gibi işler bitmiş durumda olmalıdır.

Altyapı temel sistemi tamamlandığında saha dolguları yapılarak vinçlerin ve taşıyıcıların rahat manevra yapacağı alanlar oluşturulmalıdır. Bu noktada pratik ön imalatlar montajın ve akabindeki imalatların rahat devam edebilmesine ve ilave ek çalışmalara gerek kalmamasını sağlar. Örneğin, temellere gönyelerin yapılması, soket içlerinin projede belirtilen kolon altı kotuna kadar beton ile doldurulması gibi işlemler. Böylece prefabrik montajı başladığında kolonlar her iki yönde kolay bir şekilde yerleştirilebilirken kiriş ve döşeme kotları da tam kotunda olacaktır.

Prefabrik montaj riskli bir çalışmadır. Her bir eleman en az 4 ton olabilmekte ve bu tonaj 40-50 tonlara kadar çıkabilmektedir. Bu ağırlıkların sevk araçlarından şantiyede montaj için indirilmesi ve montajının yapılabilmesi için vinçler kullanılmaktadır. Vinç ile çalışmalar en riskli çalışmalardandır. Ayrıca tüm montajlarda yüksekte çalışmalar mevcuttur. Bu anlamda personel kaldırıncıların kullanılması, kullanılmasının mümkün olmadığı noktalarda montaj personelinin iş güvenlik tedbirlerini eksiksiz alması kişisel koruyucu ekipmanlarını eksiksiz kullanması çok önemlidir. Bu alanda çalışan elemanlara çalışmalarla ilgili eğitim verilmeli ve ne gibi önlemler alarak çalışmaları hakkında bilgi verilmelidir.

Prefabrik yapıların montajının sorunsuz olabilmesi için montaj işlemi öncesi hazırlıklar dikkatli ve özenle yapılmalıdır. Bu anlamda prefabrik montaj öncesinde hazırlıklar uzman ekiplerce yapılmalıdır. Keza geri dönüşü hem zaman hem de ekonomik kayıp demektir.

Prefabrik yapı montajında kullanılan makine ve sevk araçları düz ve sağlam bir zemine ihtiyaç duymaktadır. Bu anlamda montaj yapılacak olan tüm alanların saha dolguları yapıpı reglajının yapılması ve sıkışma değerleri sağlanmalıdır. Ancak bu hazırlıklar tamamlandıktan sonra prefabrik eleman montajlarına başlanabilir.



Şekil 1.33. Prefabrik sanayi yapısının montajı



Şekil 1.34. Prefabrik konut yapısının montajı



Şekil 1.35. Prefabrik sanat yapısının montajı (URL 14)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

19. yüzyıldaki sanayi devrimi ile üretim ve verim sürekli tartışılan bir konu olmuştur. Yük. Mim. Güler İlbay’a göre “Dünyadaki nüfusun hızla artması, savaşlar, göçler ve doğal afetler sonucunda ortaya çıkan bina gereksinimini, daha hızlı, nitelikli ve ekonomik çözümlerle karşılamak gerekmektedir” (İlbay, 1992). Prefabrikasyon ise E. Kulaksızoğlu’nun tanıttığı gibi; kısaca “önceden yapı elemanı üretimi”, daha geniş anlamda ise “bir bütünün parçası olan standartlaştırılmış elemanların önceden üretimi ve bunu takiben yine önceden tespit edilmiş bir plana göre bir araya getirilmeleri öngören bir üretim ve inşa sistemidir” (İlbay, 1992). Bundan dolayı, bina gereksinimi ise belirlenen nitelikler (hızlı, ekonomik ve kaliteli) içerisinde prefabrik yapı elemanlarının daha verimli bir biçimde üretimi ile gerçekleştirilebilir. Türkiye Prefabrikasyon Birliği Genel Sekreteri Bülent Tokman, prefabrikasyonun antik Yunan ve eski Mısır uygarlıklarına dayandığını söylemekte ve prefabrikasyonun yapı elemanlarının şantiye dışında üretilerek, şantiye ortamında birleştirilmesiyle oluşan bir üretim tekniği olduğundan bahsetmektedir (Acar, 2006). Daha sonraları, 19. yüzyıldaki endüstri devrimi ile beraber üretim yöntemlerinin değişerek ve gelişerek mekanize olması, seri olarak üretim yöntemlerinin geliştirilmesi, buna bağlı olarak üretiminin giderek artması ve yeni malzemelerin bulunması, yapı sektörünün ve yapı üretim süreçlerinin sorgulanmasını sağlamıştır. 1824-1825 yıllarında J. Aspdin tarafından portland çimentosunun keşfi, 1877’de J. Monier tarafından demirin çekmede kullanılmak suretiyle betonarme sistemin temellerinin atılması, yapı üretimini etkileyen önemli gelişmeler olmuştur. 2. Dünya Savaşı’nın sebep olduğu yapı açığı ve iş gücü yetersizliği, hız gereksinimiyle birleşerek prefabrikasyon için ideal ortama zemin hazırlamış ve prefabrikasyonun bugünkü anlamıyla yaygın olarak kullanıldığı dönemi başlatmıştır (Acar, 2006).

Retik ve Warszawski (1994) çalışmalarında prefabrik binanın ayrıntılı tasarımı için bilgi tabanlı bir sistem açıklamışlardır. Sistem, mimari, yapısal ve teknolojik farklı tasarım yönlerini birleştiren kapsamlı bir yaklaşım kullanmaktadır. Sistem, girdi olarak kurulacak binanın ön mimari tasarımını alır, modüler bir şebekeye uyarlar, yapılandırılmış desteklerin yerini gösterir, döşemeleri ve duvarları prefabrik elemanlara ayırır ve son olarak detaylı çizimlerini üretir. Donatılar ve maliyet tahmini yapar. Sistemin önceliği, işleyişi ve bilgisinin yapısı anlatılmaktadır.

Günümüzde yapılan yapıların güvenliğiyle birlikte maliyetinin de ön plandadır. Ülkemizde sanayi yapılarının büyük çoğunluğu prefabrik betonarme elemanlı taşıyıcı

sistemden oluşmaktadır. Taştekin (2006) çalışmasında aynı boyutlarda kompozit, çelik ve betonarme yapıları aynı yüklemeleri göz önünde bulundurarak yapıların kullanılan donatıları da dahil etmek üzere her türlü masraflarını, ömürlerini baz alarak ekonomik yönden avantaj ve dezavantajını karşılaştırmıştır. Kompozit, çelik ve prefabrik yapıları dört farklı deprem bölgesine göre çözmüş maliyetlerini de kıyaslayarak çelik yapıların kullanımının artmasına katkı sağlamıştır.

Yavuz (1993) yaptığı çalışmada, tek katlı prefabrik sanayi yapıları inceleyip prefabrik sanayi yapılarından yaygın olarak kullanılan iki farklı tip seçip bunları ekonomiklik ve yapısal karakteristikleri açısından karşılaştırıp analiz ederek yeni bir yapı modeli önerisinde bulunmuştur. Seçilen ve önerilen prefabrik sanayi yapısı tiplerini tanıtip, dinamik ve statik çözümleri yapıp her biri için beton ve donatı metrajlarını göstermiştir. Elde edilen sonuçlar ile sanayi yapılarının maliyeti ve yapısal karakteristiklerini karşılaştırmıştır.

Gjerde ve Munn (2003) yaptıkları çalışmada Yeni Zelanda da geleneksel yöntemlerle ve prefabrik betonarme malzemelerle yapılan yapıların maliyet yönünden kıyaslanmasını yapmışlar ve kullanım süreci boyunca değerlendirilmesi üzerine prefabrik yapıların özelliklerinden ve avantajlarından bahsetmişlerdir.

Öztoprak (1999) yaptığı tez çalışmasında çelik- beton kompozit ve prefabrik betonarme elemanlı taşıyıcı sistem çözümlerinin karşılaştırılmasını yapmıştır. Çalışma da çelik-beton kompozit çözüm hesapları gösterilmiş maliyet ve ağırlık bakımından sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda maliyet bakımından, çelik-beton kompozit taşıyıcı sistemin, prefabrik betonarme taşıyıcı sistemin çözümüne göre %27 oranında daha ekonomik olduğu, ağırlık bakımından çelik-beton kompozit taşıyıcı sistemli çözümün prefabrik betonarme taşıyıcı sistemli çözüme göre de %60 oranında daha hafif olduğunu göstermiştir.

Gönül (2000) tarafından yapılan tez çalışmasında tek katlı-geniş açıklıklı endüstri yapılarında betonarme prefabrike iskelet sistemlerle yapımda karşılaşılan sorunların saptanması ve çözümlenmesi amaçlanmış ve ilgili sorunlar incelenmiştir. Endüstri yapılarının Dünyada ve Türkiye'deki gelişim süreci ve endüstri yapılarının farklı açılardan sınıflandırılması ele alınmış, tek katlı-endüstri yapıları, sistemi oluşturan bileşenler açısından, parçadan bütüne yönelik yaklaşımla analizi yapıp çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

Ata (2002) yapmış olduğu tezde, çelik ve prefabrik betonarme olarak üretilen hangar inşaatlarının ekonomik olarak karşılaştırılmasını yapmıştır. Çalışmada

hangarlara etkiyen yükleri belirlemiş, bu yükler altında hangar elemanları kesitlerini seçmiştir. Çelik ve prefabrik betonarme ile yapıları ayrı ayrı çözüp, elde ettiği sonuçları ekonomik açıdan değerlendirip analizini yapmıştır.

Aktikan (2008) çalışmasında prefabrik yapıların sınıflandırılması, bağlantı tipleri, depreme dayanıklı betonarme prefabrik yapıların tasarımı ve hesabı, prefabrik sanayi yapılarının depremler süresince davranışının mühendislik açısından incelemesinden bahsetmiştir. Prefabrik binaların hesap methodlarını anlatarak prefabrik bir kolonun konsol bölgesindeki gerilme dağılımlarını inceleyip analiz etmiştir.

Yılmaz (2013) yaptığı tez çalışmasında prefabrik yapılardan oluşan sanayi yapılarının depremlerde görmüş olduğu hasarları incelemiş, özellikle deprem bölgelerinde bulunan mevcut sanayi yapılarının elden geçirilmesi gerektiğini öngören bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma doğrultusunda Denizli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 98 adet tek katlı prefabrik binayı inceleyip binalara ait yapısal özellikleri kullanılarak belirlenen parametreleri (yatay dayanım, rijitlik, süneklik kapasitesi) belirlemiştir. Bu doğrultu da tek katlı prefabrik sanayi yapılarının deprem performansını etkileyen yapısal parametreleri araştırmıştır.

Gönül ve Demirel (2003) yaptığı araştırmada tek katlı, geniş açıklıklı, betonarme prefabrike iskelet sistemleriyle üretilen sanayi yapılarına ilişkin sorunları örnek alan üzerinde göstermiştir. Bu amaç doğrultusunda çalışmasında, Diyarbakır Birinci Organize Sanayi Bölgesi üzerinden ilgili sorunları belirlenmeye çalışmıştır. Prefabrike endüstri yapılarının tercih edilme nedenleri konusunda değerlendirmede bulunmuştur.

Türkiye’de genel olarak tek katlı prefabrik sanayi yapılarının tasarımının yapılabildiği bir çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Palancı (2014), yaptığı çalışmasında belli bir yükseklik ve açıklıkta prefabrik endüstri yapısını deprem yönetmeliği ve Türk Standartlarına uygun olarak farklı zemin tipleri için boyutlandırmıştır. Geliştirdiği çözüm yöntemini denemek amacıyla beş farklı parametre grubu ile analiz yaparak bulduğu sonuçları armoni araştırması optimizasyon tekniği ile verdiği kısıtların standartlara ve yönetmeliklere uyumlu şekilde optimum tasarımının yapılabildiğini göstermiştir.

Amani ve ark. (2018), ülkemizde prefabrik yapıların geçmişi ve geleceğini araştırarak ülkemizde yapıların endüstriyel tesislerde büyük açıklıklı hangarlı yapılar olarak tercih edildiğini gözlemlemişlerdir. Hastane, konut gibi çok katlı yapılarda prefabrik sistemlerinin kullanılmadığı Türkiye’de bu alanda prefabrik sektörünün payını artırabilmek için prefabrikasyonun avantajlarının öne çıkarılması gerektiğinden bahsetmişlerdir. Bu bağlamda çok katlı yapı tasarımında mühendislerin farkındalığının

eğitimlerle artırılarak bu eğitimlerin verimli olabilmesi için geniş kapsamlı bir prefabrik yapı yönetmeliği yürürlüğe girmesi gerektiğini söylemişlerdir.

Pekgözü ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada prefabrik yapıların inşaat yönteminden, prefabrik yapıların davranış ve hasar türlerinden, Şanlıurfa Organize Sanayi bölgesinde yıkılan prefabrik yapının incelenmesinden bahsetmişlerdir. Yıkılan prefabrik yapının projesine uygun yapılmadığını kullanılan mikserler ve vinç kirişlerinin dinamik titreşimlerinin zayıf olan kolon-kiriş bağlantılarında deplasmana neden olduğunu belirlemişlerdir. Bunun sonucunda prefabrik yapılarda birleşim bölgelerindeki zayıflığın ve yapıların projelere uygun yapılmamasının gerektiğini vurgulamışlardır.

Özden ve ark. (2012), yaptıkları çalışmalarında 23 Ekim 2011 tarihinde Van ilinde meydana gelen depremde betonarme prefabrik yapıların performanslarını gözlemlemişlerdir. Makalelerinde Van ilindeki sanayi yapılarını, spor salonlarını, çok katlı konut yapılarını değerlendirmişlerdir. Van depremi sonrası meydana gelen incelemelerde prefabrik yapıların hem imalat hem montaj aşamalarında gerekli özenin gösterilmesi gerektiğinden bahsetmişlerdir. Prefabrik yapı elemanlarının pimli bağlantılarında pim deliklerinin içinin kaliteli yapı harcı ile doldurulmasının, montaj güvenliği için kaynak ve pul somunlarının kullanılmasının pimli birleşim elemanlarında pim sıyrılmasını engelleyip hasar seviyesinin önemli ölçüde azaltılmasına katkı sağladığına ve yerinde dökme betonarme perdelerin kat ötelenmelerini azalttığından bahsetmişlerdir.

Prefabrik yapılara sadece yatay yönde deprem kuvveti etki etmemektedir. Deprem yüklerinin yanında yatay yönde rüzgar yükleri de etki etmektedir. Uzun ve Çöğür (2019), çalışmalarında rüzgar yüküne maruz kalan prefabrik sanayi yapısının işçilik ve montaj hataları nedeniyle yıkılmasını incelemişlerdir. Yapılan incelemede projenin gerekli tedbirler alınarak yapıldığı ve donatıların projeye uygun şekilde yerleştirildiği gözlemlenmiştir. Aşık ve makas kirişlerinin uç kısımlarında rüzgar yükü nedeniyle kesme hasarları meydana gelmiş bu hasara maruz kalan yapının modeli sonlu elemanlar metoduyla oluşturularak yapının analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda yeterli dayanım ve rijitlik olduğu görülmüştür. Yapıda ki hasarın kaynağı montaj sırasında yapılan hatalardan olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda prefabriğe yapılarda montaj ve proje aşamasına önemli ölçüde dikkat edilmesinden bahsetmişlerdir.

Sunca (2016), yaptığı tez çalışmasında prefabrik yapıların analiz ve tasarımı yapılırken düğüm noktalarındaki kısmi bağıllığın etkilerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Mevcut bir prefabriğe yapının birleşim noktalarında çeşitli bağıllık

oranlarını dikkate alarak yapının performans değerlendirmesini SAP2000 programı ile yapmıştır. Yapılan performans değerlendirmesinde çeşitli yönetmelikleri de dikkate alarak kısmi bağılılığın etkilerini ortaya koymuştur. İki katlı betonarme bir yapının SAP2000 programı ile performans değerlendirmesini yaparak statik itme yönteminin daha net açıklanmasını sağlamıştır.

Şenel ve ark. (2013), aktif deprem bölgesi olan Denizli’de Organize Sanayi Bölgesinde bulunan tek katlı ve mafsallı prefabrik sanayi yapılarını inceleyerek yapısal özelliklerini belirlemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucu mevcut prefabrik binaların kesme ve devrilme güvenliğini araştırmışlardır. Deprem nedeniyle meydana gelen talebi belirleyebilmek için 40 adet ivme kaydı seçilmiştir. Yapılan analizlerle birleşim güvenliği ve deprem talepleri hesaplanarak kesme ve devrilme kapasitelerinin aşılp aşılmadığı kontrol etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda makas girişinin kesme hasarına önemli ölçüde hasar verdiğini göstermiştir. Çalışmasının sonucunda dayanımı ve rijitliği yüksek olan mafsallı prefabrik binaların kesme ve devrilme güvenliği açısından kritik sonuçlar doğurabileceğini belirlemiştir.

Kurnalı (2015), tez çalışmasında günümüzdeki prefabrik teknolojisinden, prefabrik yapıların tarihsel gelişiminden, prefabrikasyonun günümüze kadar ki süreçte mimari ve iç mimari alanlardaki gelişimleri, prefabrik yapıların sınıflandırılmaları, prefabrik yapıların özellikleri ve prefabrik yapıların iç mekan uygulamaları üzerinde durmuştur. Bu doğrultu da prefabrikasyonun iç mekan gelişimi incelenerek prefabrik ürünlerin büyük ölçekli yapılara geçmeden önce prefabrik sistemi ve tekniğini geliştirmeye yönelik deneysel çalışma olduğu bilgisini elde etmiştir. Bu çalışması sonucunda iç mekan prefabrikasyonunun malzeme, esneklik, hız ve zaman açısından devamlılık, çok yönlülük gibi niteliklerin beklendiği sonucuna ulaşmıştır. Türkiye’de sistemlerin kullanıcılara tanıtılmasının prefabrikasyonun iç mekan alanında gelişeceğinden bahsetmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmamız ile prefabrik endüstri yapısının bilgisayar programı ve statik eşdeğer deprem yüküne göre hesap çözümlenmesi kıyaslanacaktır. Üç ayrı yöntem kıyaslanacak olup bu yöntemler:

- Precast Design 2019
- FAB 2018
- Statik eşdeğer deprem yüküne göre hesap yöntemi (SEDYHY)

Çözüm yöntemlerinde kullanılan yapısal elemanların özellikleri ve parametreler programlara girilerek hesap ve analizleri yapılacaktır. Çıkan sonuçlar karşılaştırılıp yükler, donatı alanları, kuvvetler kıyaslanıp en uygun çözüm yöntemi belirtilecektir. İşlem basamakları şu şekildedir:

- 1-Beton sınıfı belirlenmesi
- 2-Donatı çeliği belirlenmesi
- 3-Zemin sınıfı belirlenmesi
- 4-Deprem sınıfının belirlenmesi
- 5-Bina önem katsayısı belirlenmesi
- 6-Çatı kaplama ağırlığı belirlenmesi
- 7-Kar yükü belirlenmesi
- 8-Çatı makası uzunluğu belirlenmesi
- 9-Aşık kirişi uzunluğu belirlenmesi
- 10-Kolon boyutları ve yüksekliği girilmesi

3.1.Beton Sınıfı (C) Belirlenmesi

Betonun sınıflandırılması, betonun basınç dayanımına bakılarak yapılır. Basınç dayanımı deney numunelerinin uygun biçimde denenmesiyle elde edilir. Boyutları 200 mm olan küp için f_{ck} , f_{ctk} , E_c değerleri, tablo da verilmiştir (Tablo 3.1.). Tablo da verilen değerlere karşılık gelen beton sınıfı seçilir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 de en düşük dayanımlı beton sınıfı C25 olarak belirtilmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında yapılacak tüm betonarme binalarda, TS 500'deki tanıma göre denetimleri, bakımları yapılmış ve vibratörle yerleştirilmiş beton kullanılması zorunludur. Ancak, kendiliğinden yerleşen beton da kullanılabilir.

Prefabrike bina elemanlarında kullanılacak betonun ilgili Türk Standardında basınç mukavemetine göre sınıfına karşılık gelen parametredir. TS 9967 (Prefabrike betonarme ve öngermeli beton yapı elemanları, yapılar ve binalar için tasarım, imalat ve montaj kuralları) standardında ‘prefabrike elemanların betonlarında, C30’den daha düşük mukavemette beton kullanılmamalıdır’ denilmektedir. Prefabrik elemanlarda ekonomi ve durabilite açısından C30 kullanılması uygundur. Projemizde beton sınıfı C30 olarak seçilmiştir.

Tablo 3.1. Beton Sınıfları ve Dayanımları

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck} (MPa)	Eşdeğer Küp (200mm) Basınç Dayanımı (MPa)	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk} (MPa)	28 Günlük Elastisite Modülü, E_c (MPa)
C16	16	20	1,4	27000
C18	18	22	1,5	27500
C20	20	25	1,5	28000
C25	25	30	1,8	30000
C30	30	37	1,9	32000
C35	35	45	2,1	33000
C40	40	50	2,2	34000
C45	45	55	2,3	36000
C50	50	60	2,5	37000

3.2.Donatı Çeliği (S) Belirlenmesi

Beton da oluşan çekme kuvvetlerini karşılamak, oluşan çatlakları minimum düzeye indirmek amacıyla çekme bölgelerine çelik donatılar konur. Şekil 36’ da görüldüğü gibi yüzeyi düz veya girintili olarak üretirler. Girintili olana nervürlü çelik donatı, düz olana düz çelik donatı denir. Düz çelik donatı TBDY göre kolon, kiriş, perde uç kısımlarında kullanılmamaktadır. Düz donatı çeliğinin dayanımı nervürlü donatı çeliğinin dayanımına göre düşüktür. Nervürlü donatı çeliği betonu daha iyi kenetlediği için yapılarda nervürlü donatı çeliği kullanılmaktadır.

Prefabrike bina elemanlarında kullanılacak donatı çeliği de TS 708 ‘de çekme mukavemetine göre sınıfına karşılık gelen parametrelere bakılarak belirlenir (TS 708). S220 düz, S420 nervürlü donatı çeliğidir (Şekil 3.1.). Prefabrike elemanlarda doğal

sertlikte donatı (S220 veya S420) kullanılması gerekmektedir. Projemizde S420 donatı çeliği kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Düz donatı çeliği ve nervürlü donatı çeliği (URL 13)

3.3.Zemin Sınıfı (Z) Belirlenmesi

TBDY 2018’de deprem bölgesi tanımlaması kaldırılmış ve yer çekimi ivmesi cinsinden verilen PGA ile deprem etkisi tanımlanmıştır. TBDY 2018’de zemin cinsine göre yerel zemin sınıfları belirlenir. Tablo 3. 2.’de verilen zemin parametreleri, zemin profilinin temel veya kazık başlığı alt kotundan itibaren aşağıya doğru 30 metre kalınlığındaki kısmı için belirlenecektir. Yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde kayma dalgası hızı V_s , ortalama standart penetrasyon darbe sayısı (N) ve kohezyonlu zeminler için C_u değeri kullanılır. Çalışmamızda dikkate alınan lokasyonlarda Konya ilinde hesabını yapacağımız prefabrik endüstri yapısı için yapılan deneyler sonucu belirlenen zemin sınıfı olarak ZC bulunmuş olup hesaplanacak programlarda kullanılacaktır. TBDY-2018 ve TDY-2007’e göre elde edilen en büyük zemin ivmelerinin karşılaştırması Tablo 3.3.’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(V _s) ₃₀ m/s	(N ₆₀) ₃₀ Darbe/30 cm	(C _u) ₃₀ kPa
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları PI>50 ve w>%40 koşullarını sağlayan toplamda 3 m daha kalın yumuşak kil tabakası içeren profiller	<180	<15	<70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1-)Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler, 2-)Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3-)Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli killer, 4-)Çok kalın (>35 metre) yumuşak veya orta katı killer			

Tablo 3.3. TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre Konya ili için çeşitli lokasyonlardaki PGA (g) değerleri

Lokasyon	TDTH-2018'e göre PGA ₁ (g)	TDH-1996'ya göre deprem bölgesi	TDY-2007'Ye göre PGA ₂ (g)	PGA ₁ / PGA ₂
Konya-Merkez	0.132	4	0.1	1.32

3.4. Deprem Sınıfının Belirlenmesi

Türkiye bina deprem yönetmeliği 2018'de deprem yer hareketi bölümünde binaların deprem etkisi altında tasarımında esas alınacak deprem yer hareketlerine ilişkin veriler dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanmıştır. Bu haritalara Türkiye Deprem Tehlike Haritasından

<http://tdth.afad.gov.tr/> (URL 15) adresli internet sitesinden erişilebilir. Çalışmamızda kullanacağımız alanın koordinatları siteye girilerek deprem katsayısını belirleyeceğiz.

Çalışmamızda kullanacağımız prefabrik endüstri yapısını Konya bölgesi olarak belirlediğimizden prefabrik endüstri yapısının yapılacağı yerin koordinatları girilerek tasarım spektral ivme katsayıları bulunup programlarımıza işlenmiştir.

3.5. Bina Önem Katsayısı (I) Belirlenmesi

TBDY 2018’de deprem etkisi altındaki binaların değerlendirilmesi ve tasarımları için genel esaslar bölümünde bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları olarak geçen bu katsayı binanın kullanım amacına göre belirlenir. Depremden sonra kullanımı gereken binalar, insanların yoğun ve uzun süre çalışmak zorunda oldukları binalar, tehlikeli maddeler içeren binalar için bina önem katsayısı $I=1,5$ alınır. İnsanların yoğun olarak ve kısa süreli binalar için $I=1,2$ alınır. Konutlar, oteller, iş yerleri, endüstri yapıları gibi yapılar için $I=1$ alınır (Tablo 3.4.). Projemizde kullanacağımız bina türü prefabrik endüstri yapısı olduğu için bina önem katsayısı $I=1$ olarak alınmıştır.

Tablo 3.4. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a-)Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli binalar (Hastahaneler, dispanserler, itfaiye, PTT, sağlık ocağı, haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, belediye, kaymamaçlık ve vilayet yönetim binaları, afet ve ilkyardım planlama istasyonları b-)Askeri kışla, cezaevi, okullar, yurt, yatakhane vs. c-)Müzeler d-)Toksit,patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu binalar	
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar (Alışveriş merkezleri, sinema, ibadethane, spor tesisi, tiyatro vs.)	1.2
BKS=3	Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen binalar (Konutlar, endüstri yapıları, işyerleri, oteller vb.)	1.0

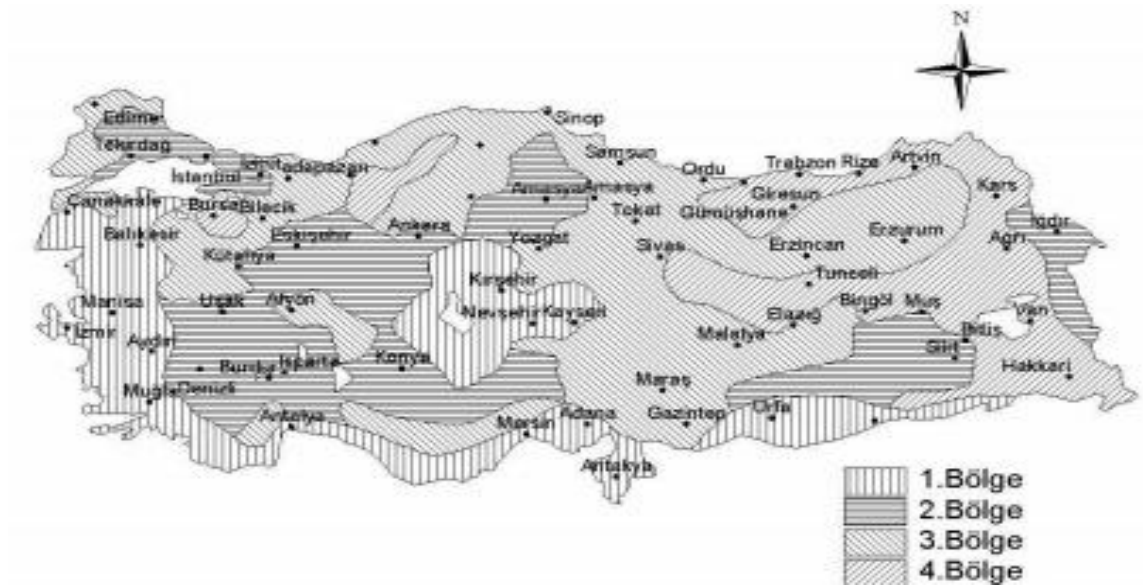
3.6. Çatı Kaplama Ağırlığı (kg/m^2) Belirlenmesi

Çatı, yapıyı dış ortamdan ayıran, binayı üstten örten, yağmur, kar, dolu, güneş ışınları, nem, toz, rüzgar gürültü gibi dış ortam etkilerinin doğrudan etkin olduğu bina bölümünde binayı üstten örten ve yağışlar (yağmur, kar, dolu), nem, rüzgâr, güneş ışınları, ısı, gürültü, toz, yangın gibi dış etkenlerden koruyan bir yapı elemanıdır.

Prefabrike çatı elemanları ise (aşık kirişi, makas kirişi) üzerine yapılacak çatı kaplamasının cinsine bağlı ağırlığı ile çatı elemanları üzerine monte edilecek ağırlıkların (asma tavan, klima vb.) toplamını ifade eder. Genel olarak çatı örtüsü için malzeme cinsine bağlı olarak $10\text{-}15 \text{ kg/m}^2$ olarak alınır. Projemizde çatı kaplama ağırlığı olarak 10 kg/m^2 alınmıştır.

3.7. Kar Yüğü Ağırlığı (kg/m^2) Belirlenmesi

Türk standardına göre kar yüğü, zemin kar yüğü ile çatı özelliklerine bağlı olarak dönüşüm katsayılarının çarpılması ile hesaplanır. Ülkemizde yapı tasarımında kullanılan çatı kar yüklerinin belirlenmesi amacıyla TS 498 (Yapı Elemanlarının Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) de kPa olarak kar yükleri belirtilmiştir. Bu standartta kar yüğü, P_{ko} değeri Şekil 3.2.'de verilen kar yağış yüksekliklerine göre düzenlenen haritada bölgelendirilen numaralara göre Tablo 3.5.'den alınmıştır. Projemizin Konya ilinde olması ve rakımın $1,016 \text{ m}$ olmasından dolayı kar yüğü 115 kg/m^2 olarak alınmıştır.



Şekil 3.2. Kar yüksekliği haritası

Tablo 3.5. Zati kar yükü, P_{k0} değerleri, kPa

RAKIM	BÖLGELER			
	I	II	III	IV
≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
300	0,75	0,75	0,75	0,80
400	0,75	0,75	0,75	0,80
500	0,75	0,75	0,75	0,85
600	0,75	0,75	0,80	0,90
700	0,75	0,75	0,85	0,95
800	0,80	0,85	1,25	1,40
900	0,80	0,95	1,30	1,50
1000	0,80	1,05	1,35	1,60
> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

3.8. Çatı Makası Uzunluğu (m) Belirlenmesi

Çatı makası seçilirken uygun makas aralığının belirlenmesi çok önemlidir. Çatı makası, aşık kirişi zati ağırlığı, kar yükü, kaplama yükü ve asma yüklerini kolonlara aktaran elemandır. Bu yüzden çatı makası uzunluğu belirlerken yapının kullanım amacına, projede belirtilen açıklığa göre belirlenir. Genel olarak betonarme prefabrik yapılarda 26-28 metre açıklık geçilebilmektedir. Projede kullanılacak çatı makası uzunluğu 17.5 m olarak belirlenmiştir.

3.9. Aşık Kirişi Uzunluğu (m) Belirlenmesi

Projede belirlediğimiz yatay yöndeki aks sayısı 6 adet olduğu için aralık sayısı 5 adettir. Aşık kirişi uzunluğumuz 6 m, aşık sırası 10 sıra olarak belirlenmiştir.

3.10. Kolon Boyutları ve Yüksekliği Belirlenmesi

Kolon boyutlarını belirlemek için kolona etki eden iç kuvvetlerin (kesme kuvveti, moment, normal kuvvet...) ve elemanların boyutlarının bilinmesine gerek vardır. Bu sebeple, kalıpların planları hazırlanırken deprem bölgesi de dikkate alınarak kolona gelen

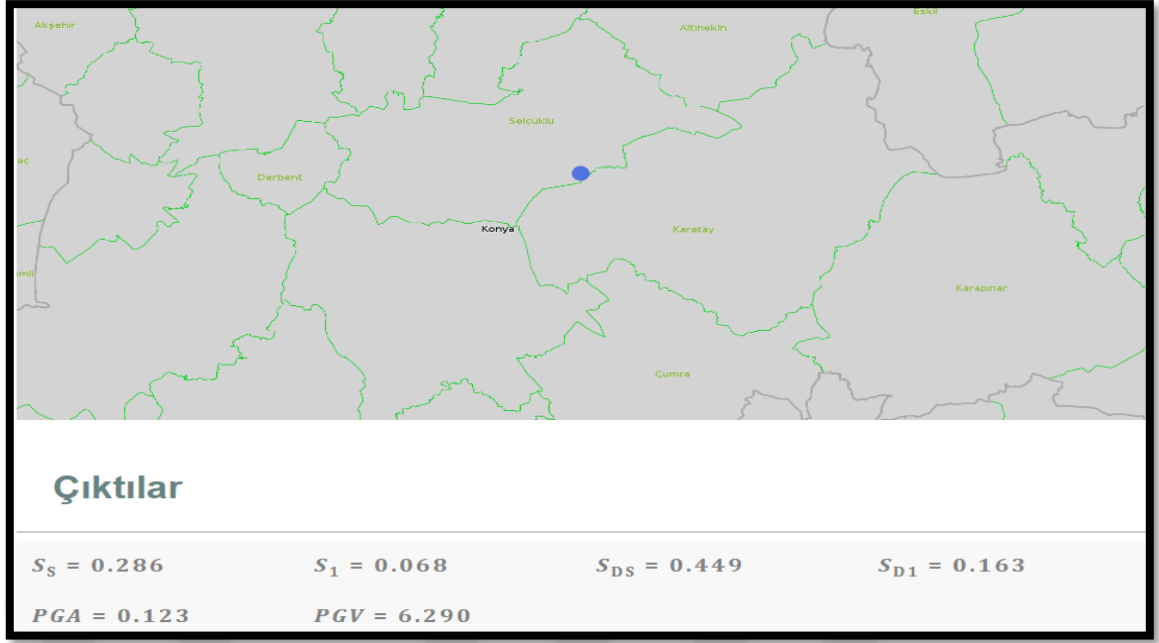
yükler yaklaşık olarak belirlenir. Ön tasarımla kolon boyutları seçilir. Çalışmamızda ki prefabrik endüstri yapısında kullanacağımız kolonun boyutları 40/50 cm ve yüksekliği 8 m olarak belirlenmiştir.

3.11. Precast Design 2019 Programında Endüstri Yapısının Modellenmesi

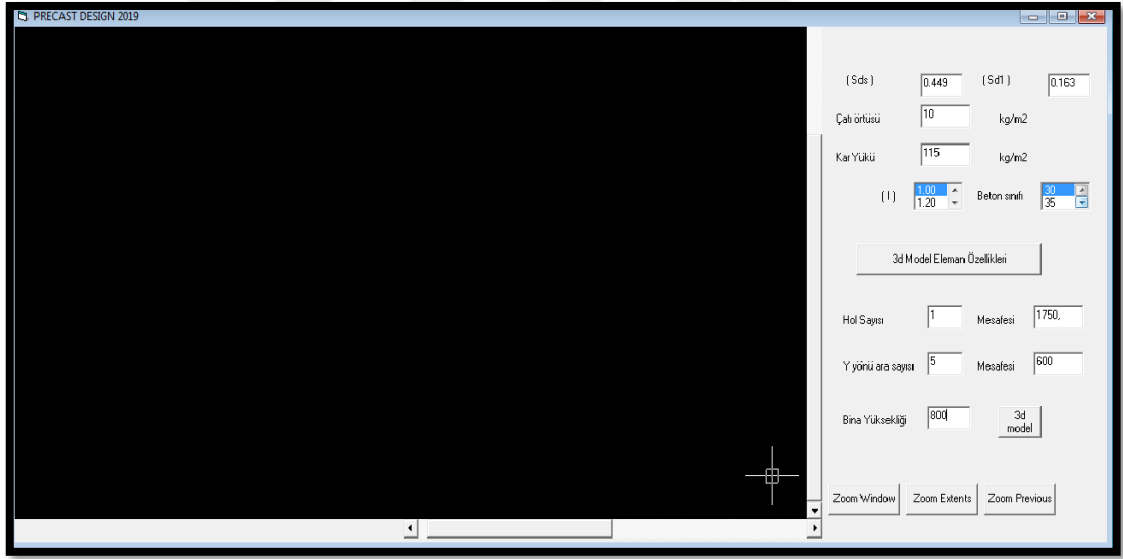
Program, projelendirilecek prefabrike binaya kuşbakışı bakıldığında, makas kirişlerine paralel ekseni Y aksı, oluk kirişlerine paralel ekseni X aksı kabul ederek işlem yapar. Alttan ankastre üstten mafsallı kolonlarla teşkil edilmiş çoğu prefabrike betonarme binada, çatı kirişlerinin uzunluğu sabit tutulmazken oluk kirişi, aşık kirişi gibi elemanların uzunlukları sabit tutulduğundan X aksları değişken aralıklı 6 adet aks olarak, Y aksları ise sabit aralıklı akslar olarak düzenlenmiştir.

Tabanı ankastre prefabrike betonarme kolonlara, prefabrike betonarme kirişlerin mafsallı olarak oturtulması ile meydana gelen prefabrike tek katlı çerçeveler çoğunlukla ortogonal yapı sınıfına girdiğinden ve Precast Design 2019 programı da projelendirilecek yapıyı ortogonal kabul ettiğinden X aksları ile Y aksları arasındaki açı 90° dir. Akslar yazılırken koordinat ekseni yapının sol alt köşesinden seçilmiştir. Yani (0,0) koordinatları yapının sol alt köşesindeki kolonunun merkezidir. X aksları (0,0) noktasına uzaklığa göre sıralı olarak verildi. Y aksları ise makaslar arası mesafe ve aralık sayısı kullanıcı tarafından girildiğinde ard arda iki aks arasındaki mesafe, makaslar arası mesafeye eşit olacak şekilde ve aralık sayısından bir fazla olmak kaydıyla program tarafından otomatik olarak atandı.

Şekil 3.3. 'de bulunan programın ara yüzünde S_{DS} ve S_{D1} değerleri DD-2 deprem düzeyine göre afad.gov.tr adresinden projenin koordinatları girilerek yazılır. S_{DS} değeri 0.449, S_{D1} değeri 0.163 olarak bulunmuştur. Şekil 3.4.'de bina bilgileri, çatı örtüsü 10 kg/m^2 , kar yükü 115 kg/m^2 , bina önem katsayısı (I) 1.0, beton sınıfı C30 olarak girilmiştir. Hol mesafesi 1,750 cm, makaslar arası mesafe 600 cm, y yönü ara sayısı 5, bina yüksekliği 800 cm girilerek 3d model butonuna basılır.



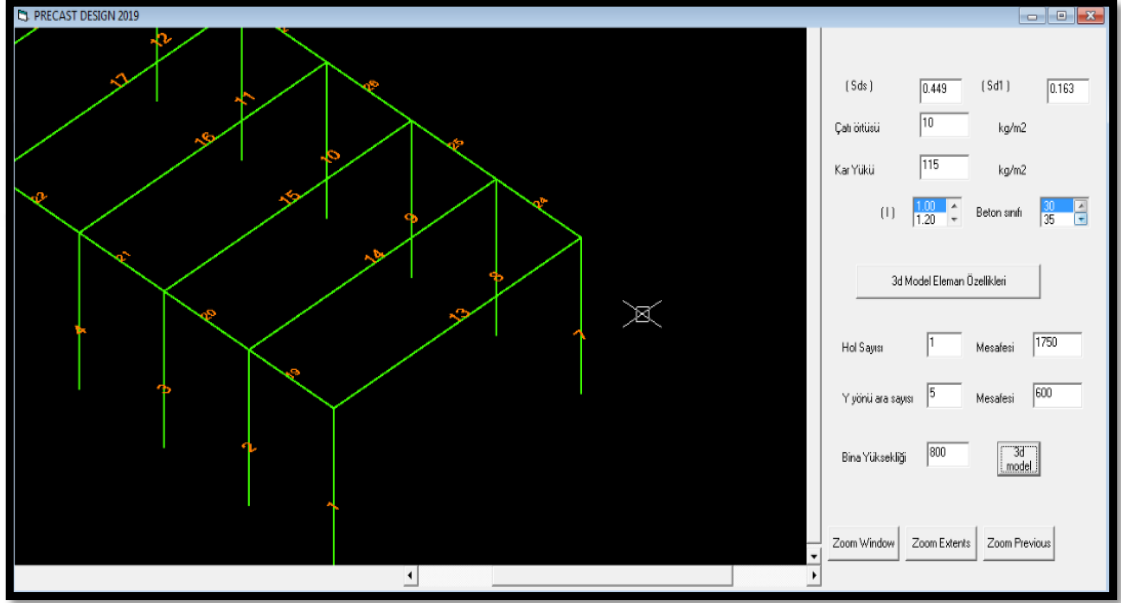
Şekil 3.3. Harita ivme spektral katsayıları (URL AFAD)



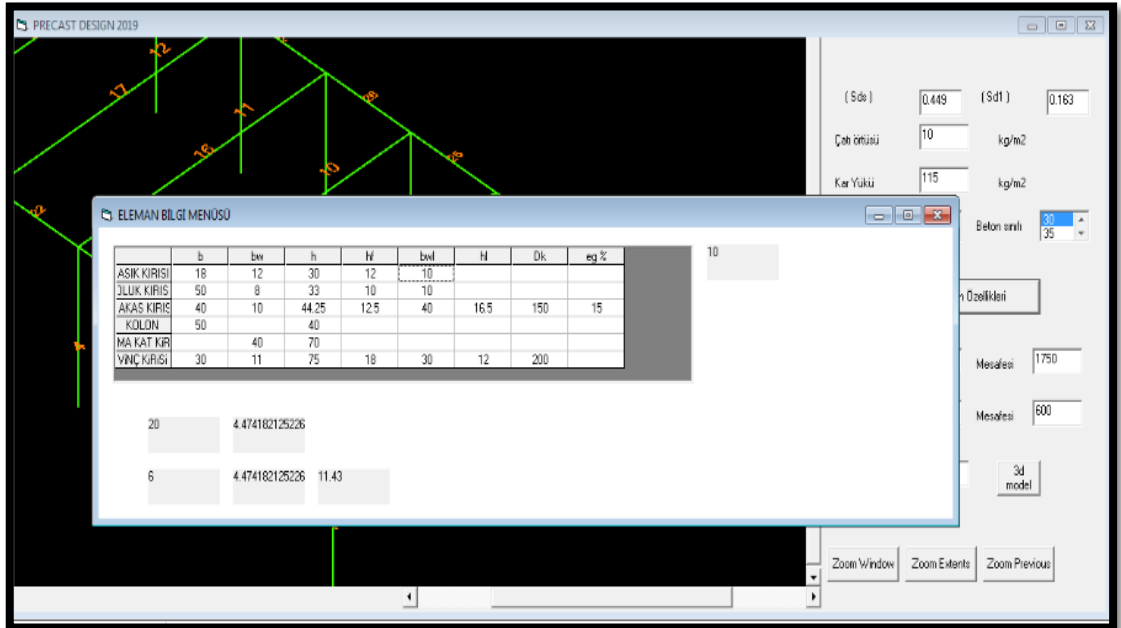
Şekil 3.4. Bina bilgileri menüsü

Formda bulunan 3d model butonuna tıkladığımızda girmiş olduğumuz yapının 3 boyutlu modeli Şekil 3.5.' de ki gibi ekrana gelir. 3d model eleman özelliklerine girilerek eleman bilgi menüsünden kalıbımıza uygun taşıyıcı eleman özellikleri programa girilir. Şekil 3.6' da aşık üst başlık genişliği(b) 18 cm, aşık kesitinin değiştiği kısım (bw) 12 cm, aşık yüksekliği (h) 30 cm, aşık inceltirilmiş uç yüksekliği (hf) 12 cm, aşık alt başlık genişliği (bwl) 10 cm, oluk kirişi genişliği (b) 50 cm, oluk kirişi üst başlık kısmı (bw) 8 cm, oluk kirişi yüksekliği (h) 33 cm, oluk kirişi et yüksekliği(hf) 10 cm, oluk kirişi (bwl)

10 cm, makas kirişi alt genişliği 40 cm, makas kirişi üst başlık genişliği (bwl) 40 cm, makas kirişi profil et kalınlığı (bw) 10 cm, makas kirişi ilk yüksekliği (h) 44.25 cm, makas kirişi dolu gövde (Dk) 150 cm, makas kirişi mahya yüksekliği (hl) 165 cm, makas kirişi eğimi %15, kolonların y eksenı doğrultusundaki boyutu 40 cm, x eksenı doğrultusundaki boyutu 50 cm olarak girilmiştir. Asma kat ve vinç kirişi projemizde olmadığı için program hesaba dahil etmemektedir.

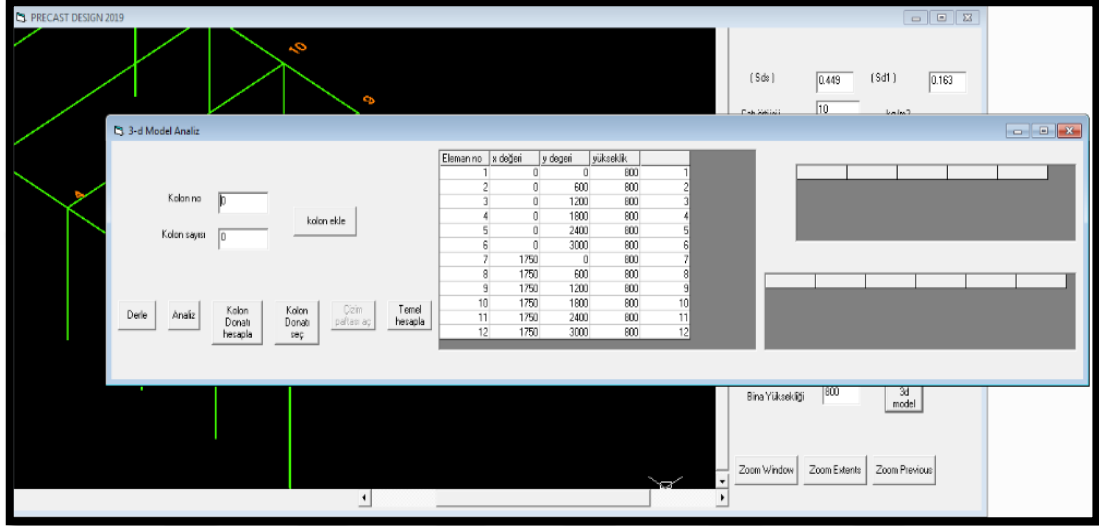


Şekil 3.5. Precast design üç boyutlu modelleme



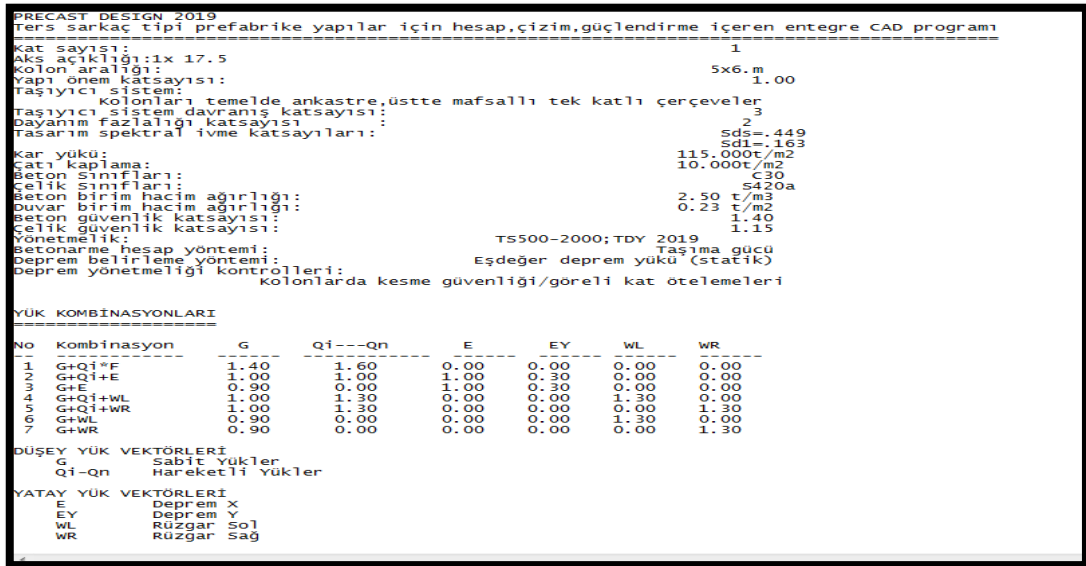
Şekil 3.6. Precast design eleman bilgi menüsü

Prefabrike betonarme binada kullanılacak çatı örtüsü cinsine ve binanın yapılacağı bölgenin kar yüküne göre çatı kirişlerine dizilecek aşıkların maksimum aralığına projeci karar verir. Bu aralığa göre program çatı kirişlerinde kullanılacak aşıkların sayısını hesaplayarak çatı yüklerine aktardı. Şekil 3.7. 'de bulunan analiz menüsünden derle butonuna tıkladığımızda tanımlanan bütün taşıyıcı elemanları program hafızasına kaydederek analiz butonuna tıklanır.



Şekil 3.7. Precast design analiz menüsü

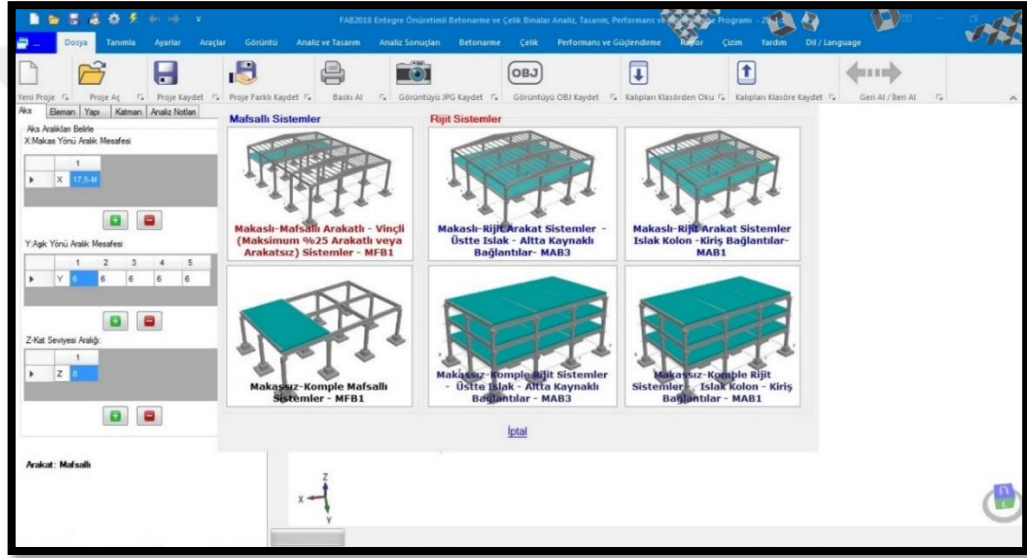
Analiz tamamlandıktan sonra program yapı ile ilgili bilgileri not defteri kısmına Şekil 3.8'de görüldüğü gibi kaydeder.



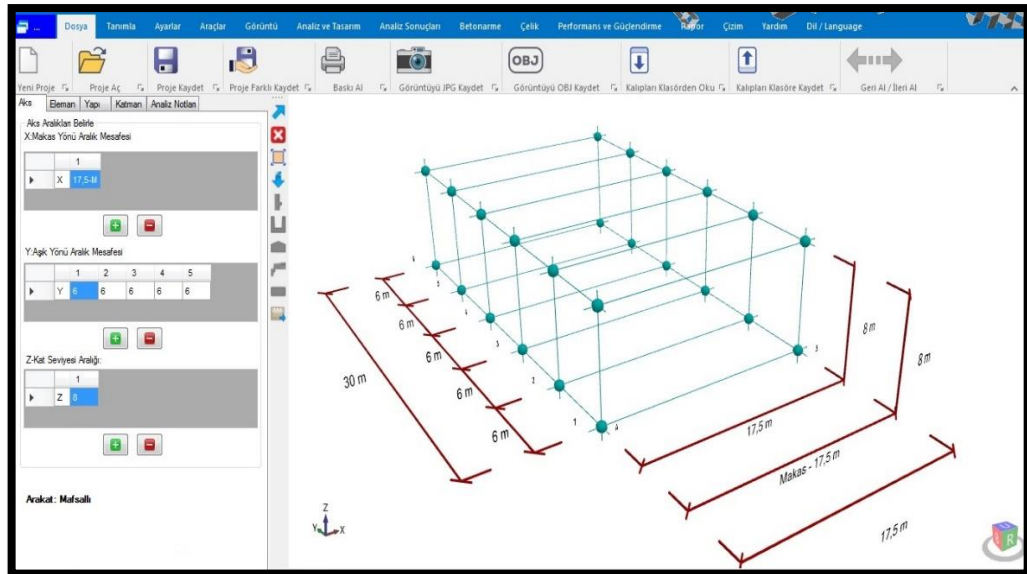
Şekil 3.8. Precast design rapor menüsü

3.12. FAB 2018 Programında Endüstri Yapısının Modellenmesi

FAB 2018 programı, ön üretimli betonarme ve çelik binaların analiz, tasarım, performans ve değerlendirmesi için kullanılan programlardan biridir. Program ara yüzü kontrol paneli ve dosya menüsünden oluşmaktadır. Sistem açıldığında ilk olarak ondalık sayıları girerken virgöl kullanmak istediğimizi tanımladık. Projemiz makaslı arakatsız sistem olduğu için Şekil 3.9.(a) 'da mafsallı sistemlerden MFB1 seçilerek x makas yönü aralık mesafemiz 17.5 metre, y aşık yönü aralık mesafesi 6 metre, kat seviyesi 8 metre olarak tanımlanarak görünümü Şekil 3.9.(b)'de oluşturulmuştur.



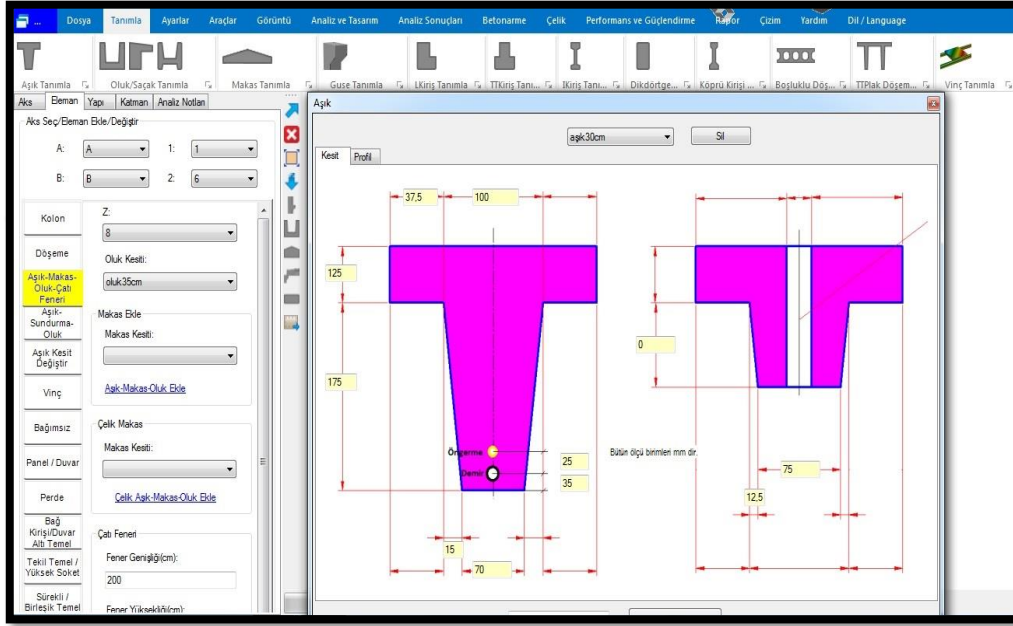
Şekil 3.9. (a)



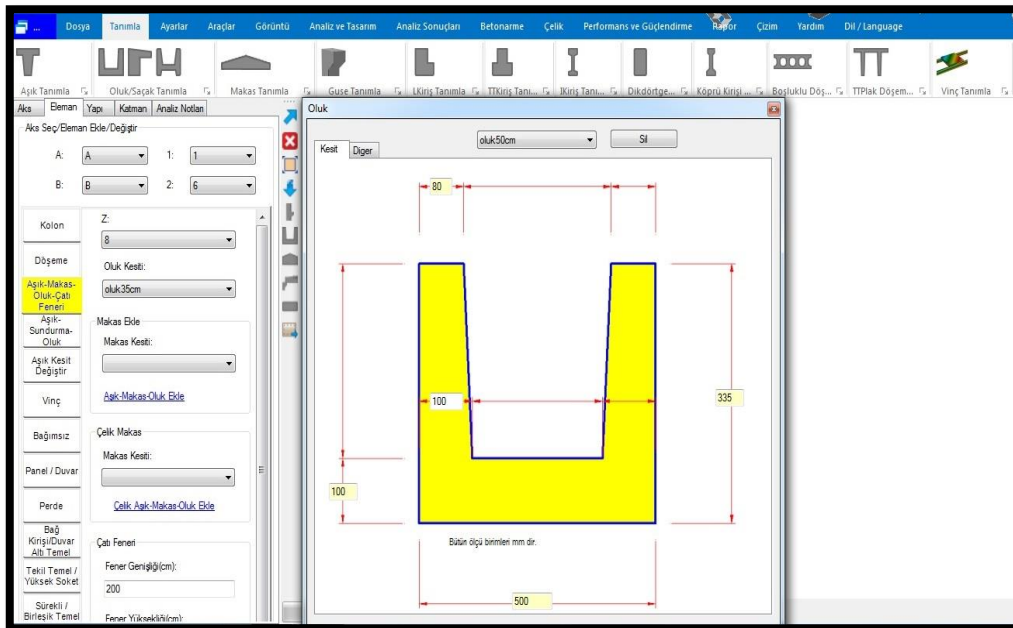
Şekil 3.9. (b)

Şekil 3.9. (a) (b) FAB 2018 programı arayüzü ve görünümü

Programımızda bulunan tanımla menüsüne gelip Şekil 3.10.(a).’da ki gibi aşık kirişinin, oluk kirişinin kesitlerini kalıbımıza göre tanımladık. Tanımladığımız kesitte aşık inceltilmiş ucu 125 mm aşık üst başlık genişliği 175 mm ve toplam aşık yüksekliği 300 mm olarak tanımlanmıştır. Oluk kirişi kesit detayında oluk genişliği 500 mm oluk kirişi yüksekliği 335 mm oluk kirişi et kalınlığı 100 mm olarak tanımlanmıştır. Programımız oluşturulan kalıpları dosya olarak sistem içine kaydetmektedir.



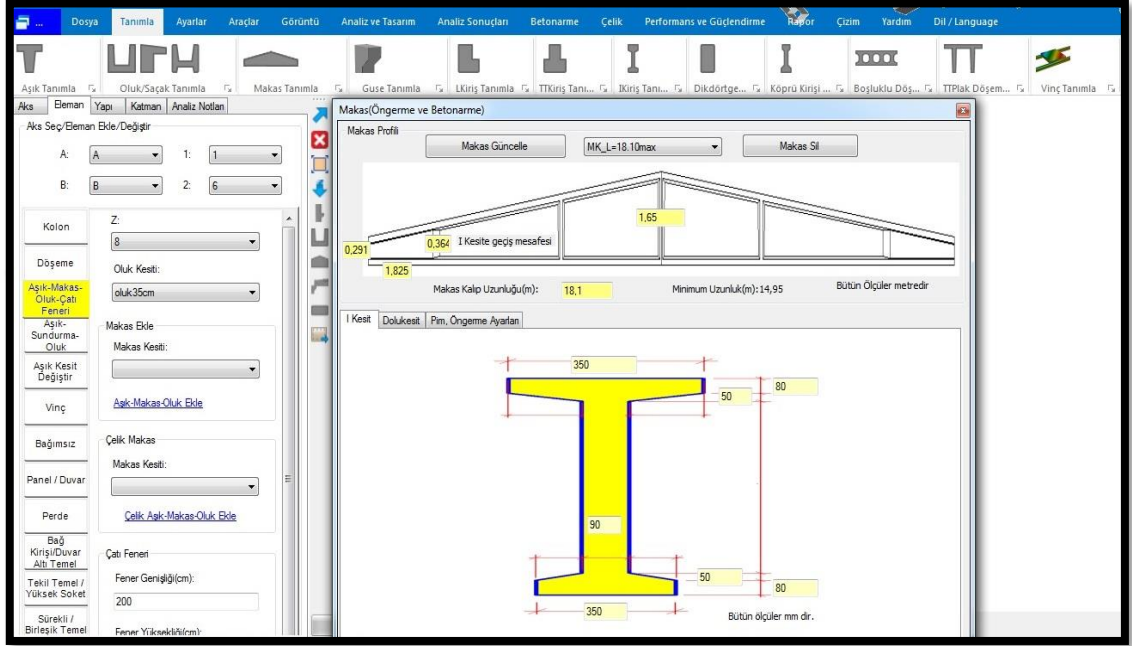
Şekil 3.10. (a)



Şekil 3.10. (b)

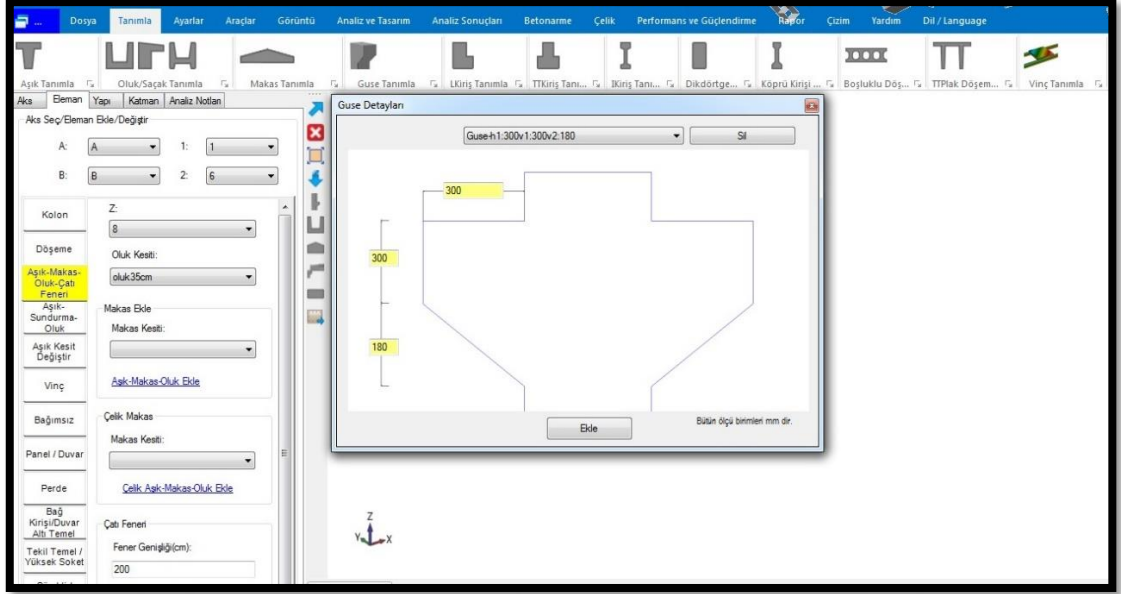
Şekil 3.10. (a),(b) FAB 2018 programı aşık kirişi ve oluk kirişi kesit detayları

Programımıza aşıklık kirişi ve oluk kirişi kesit detaylarımızı da girdikten sonra makas kirişi detayları Şekil 3.11’de gösterildiği gibi üst ve alt başlık genişliği 350 mm makas kirişinin mahya yüksekliği 1,650 mm dolu gövde genişliği 1,825 mm makas kirişinin dikdörtgen kesitten I kesite geçtiği yükseklik 364 mm ve makas kirişinin ilk yüksekliği 291 mm olarak tanımlanmıştır.



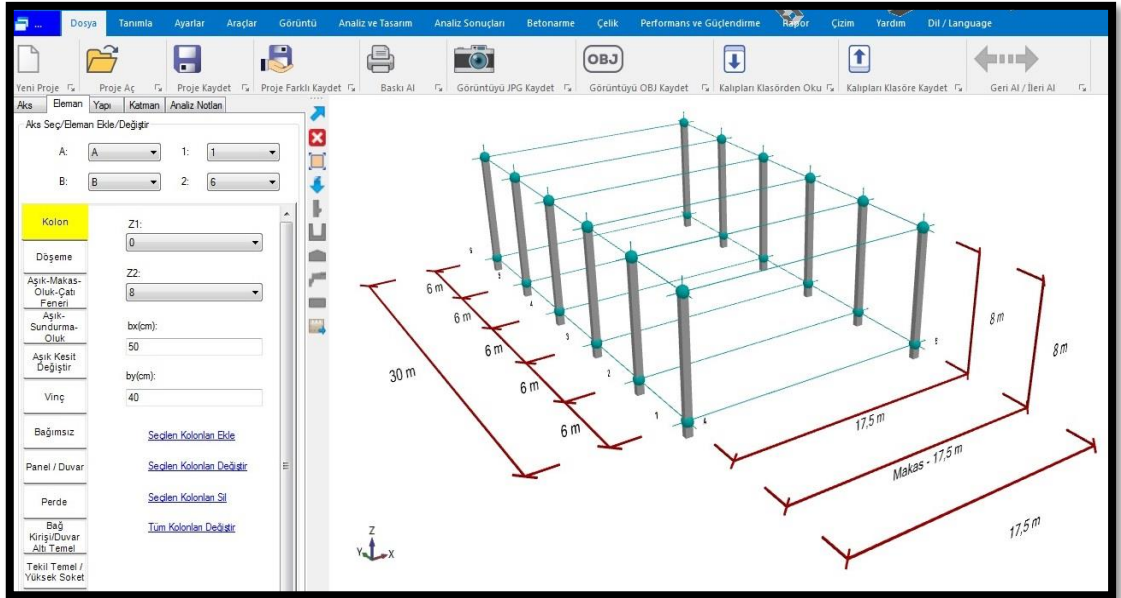
Şekil 3.11. FAB 2018 programı makas kirişi kesit detayları

Makas kirişi de programımızda tanımlandıktan sonra bir kolona bağlı tekil yükleri taşıyan kısa ve yüksekliği değişken kiriş olan kısa konsollar (guse) tanımlanır. Guse kesitleri TS 500’e göre belirlenerek Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



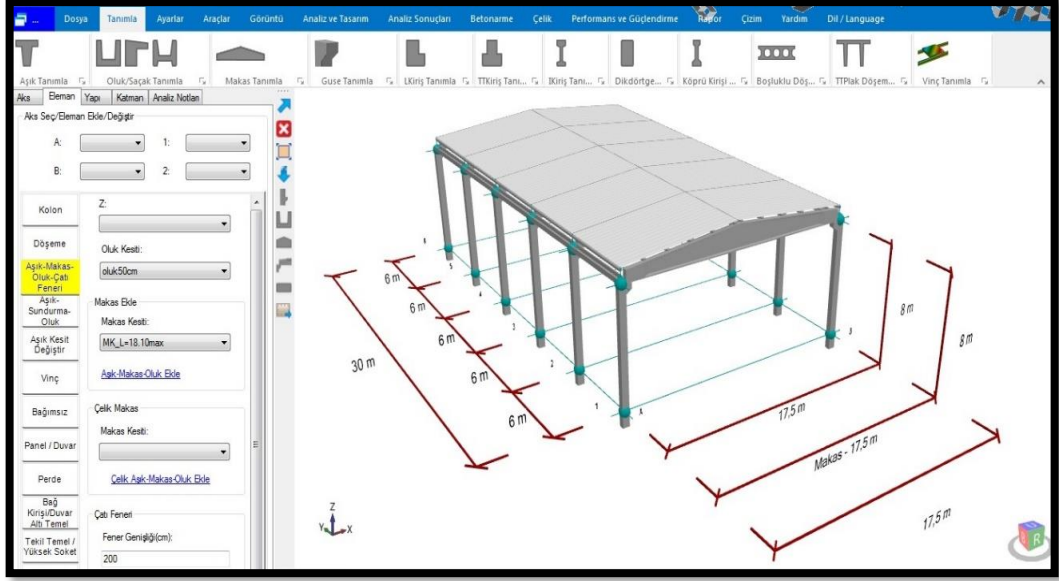
Şekil 3.12. FAB 2018 programı guse kesit detayları

FAB 2018 programında taşıyıcı elemanlar tanımlandıktan sonra akslara kolon yerleştirme işlemine geçilir. Programın ara yüzündeki eleman butonu tıkanarak kolon sekmesi açılır. Daha önce tanımladığımız akslara Şekil 3.13.'de görüldüğü gibi kolon yüksekliği 8 m kolon boyutları 40/50 cm olacak şekilde kolonlar eklenir.



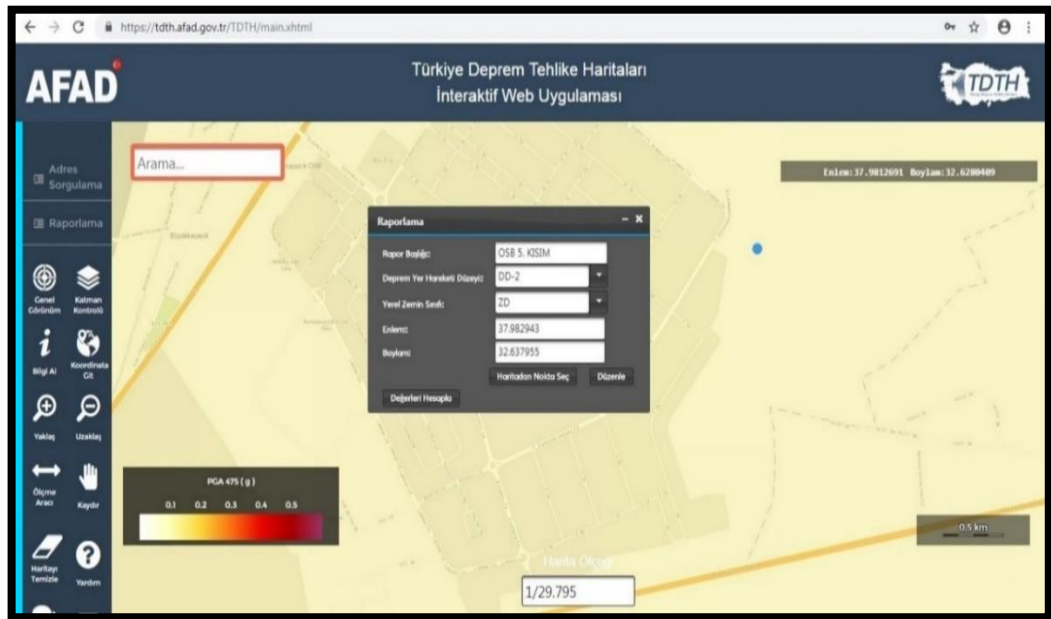
Şekil 3.13. FAB 2018 programında kolonların akslara yerleştirilmesi

Kolonlar akslara yerleştirildikten sonra tanımlanmış olduğumuz makas kirişi, oluk kirişi, aşıklık kirişi eleman butonundan Şekil 3.14.'deki gibi eklenir.

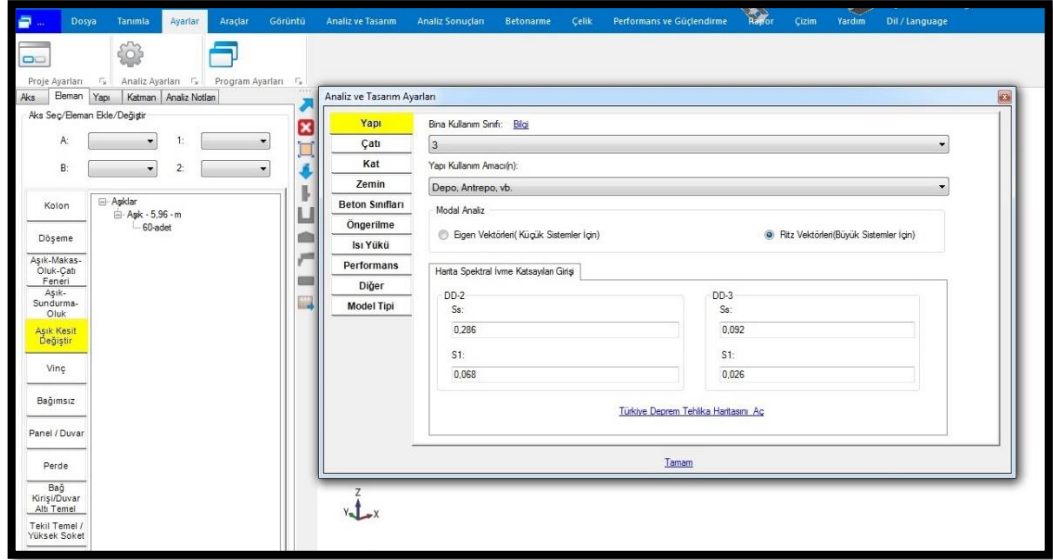


Şekil 3.14. FAB 2018 programında taşıyıcı elemanların yerleştirilmesi

Ayarlar kısmından analiz ve tasarım ayarları butonu tıklanarak Şekil 3.15.(a).’da görüldüğü üzere Türkiye bina deprem yönetmeliğine göre parametreler girilir. Şekil 3.15.(b).’de bina kullanım amacı endüstri yapısı olduğu için bina önem katsayısı (I) 1.0, BKS 3 olarak girilir. Projemiz Konya Organize Sanayi Bölgesinde olmasından dolayı www.afad.gov.tr adresinden aldığımız koordinatlar doğrultusunda DD-2 durumuna göre S_s ve S_1 değerleri yapı analiz ve tasarım ayarlarına kaydedilir. Program DD-3 göstermesine rağmen hesapları DD-2 göre yapıyor.



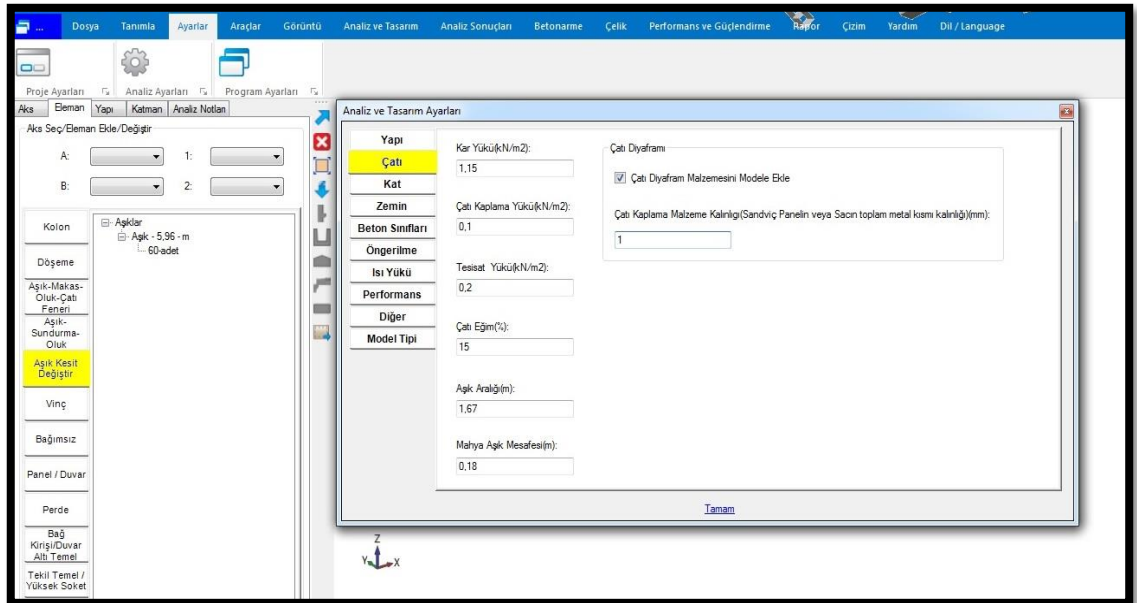
Şekil 3.15 (a)



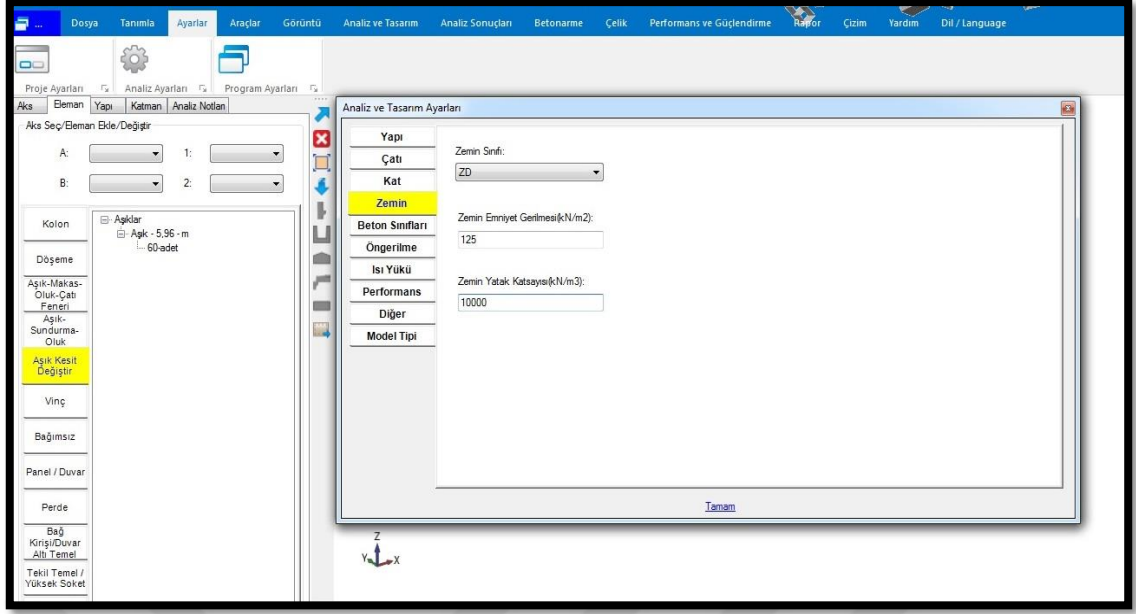
Şekil 3.15 (b)

Şekil 3.15. (a),(b) FAB 2018 programında yapı parametresinin girilmesi

Yapı bilgilerinden sonra çatı bilgileri ve zemin bilgileri Şekil 3.16.(a)'da görüldüğü üzere programa girilir. Konya bölgesinde kar yükü 1.15 kN/m^2 , çatı kaplama yükü 0.1 kN/m^2 , tesisat yükü 0.2 kN/m^2 , kullanılan kalıba göre de çatı eğimi %15, aşık aralığı 1.67 metre ve mahya aşık mesafesi de 0.18 metre olarak girilmiştir. Projemizin koordinatlarına göre de yapılan zemin etüd çalışmasından zemin sınıfı ZD, zemin emniyet gerilmesi 125 kN/m^2 , zemin yatak katsayısı $10,000 \text{ kN/m}^2$ olarak girilmiştir.



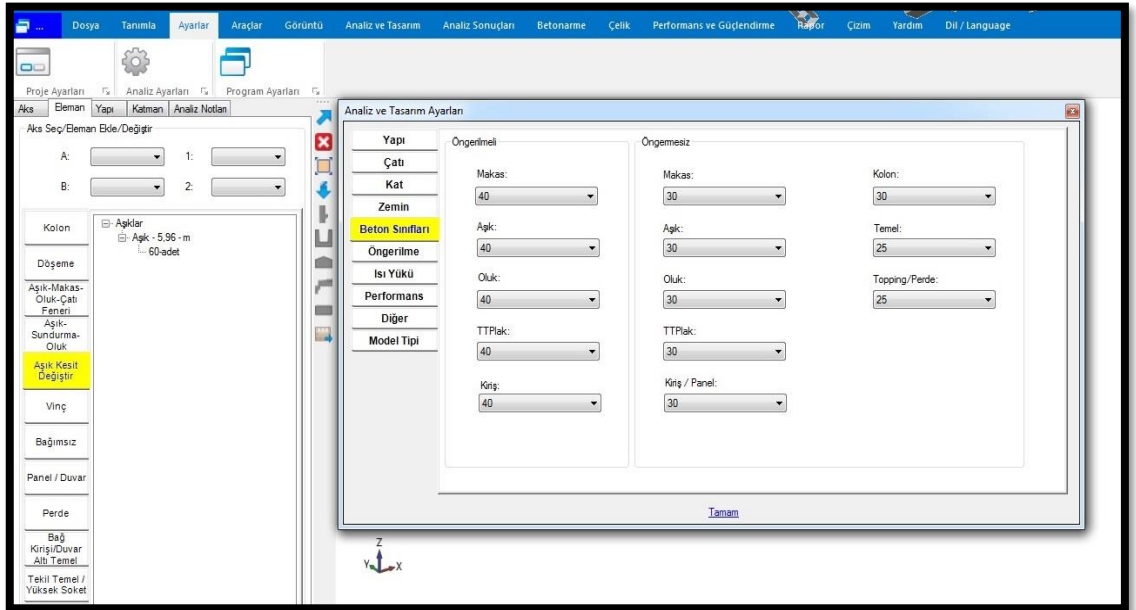
Şekil 3.16 (a)



Şekil 3.16 (b)

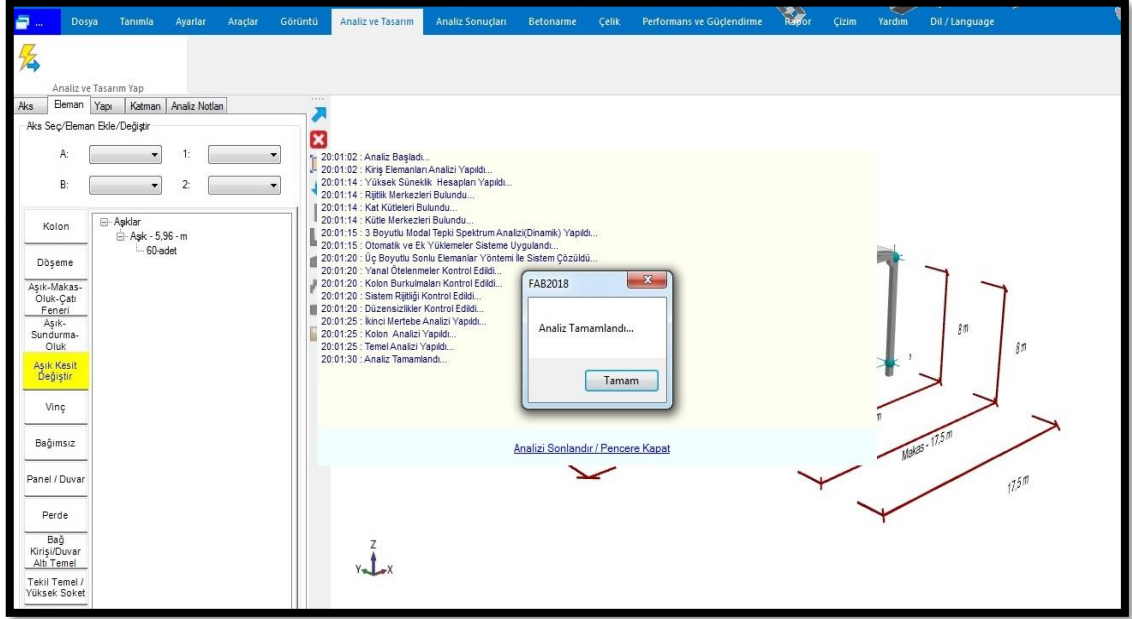
Şekil 3.16. (a),(b) FAB 2018 programında çatı bilgilerinin ve zemin bilgilerinin girilmesi

Projemizde kullanılan beton sınıfları TBDY 2018'e göre belirlenen beton sınıfları kullanılmıştır. Türkiye bina deprem yönetmeliğinde en düşük hazır beton sınıfı C25, öngertimli beton elemanlar için C30 olarak belirlemiştir. Şekil 3.17.'de görüldüğü üzere öngermeli elemanlarda C40, öngermesiz elemanlarda C30 beton sınıfı kullanılarak programa girilmiştir.



Şekil 3.17. FAB 2018 programında beton sınıflarının girilmesi

Taşıyıcı elemanlarında özellikleri girildikten sonra analiz ve tasarım menüsünden Şekil 3.18.'de görüldüğü gibi analiz yapılır. Sistem kiriş elemanlarının analizini, yüksek süneklik hesaplarını, rijitlik merkezlerini, kat kütlelerini, kütle merkezlerini, spektrum analizlerini, yanal ötelenmeleri, kolon burkulmalarını, sistem rijitliklerini, düzensizlikleri, ikinci mertbe analizini, kolon analizlerini ve temel analizlerini yaparak analizi tamamladı.

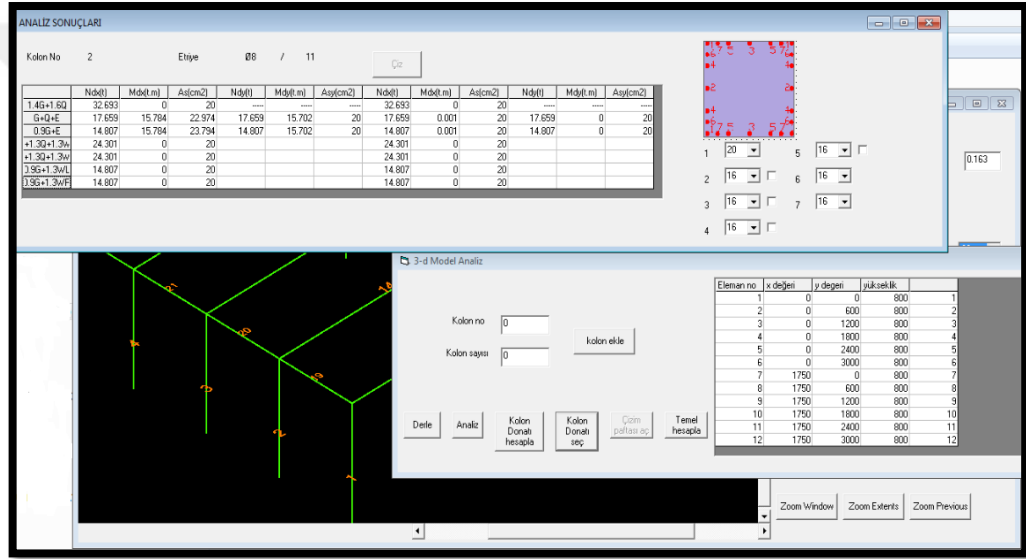


Şekil 3.18. FAB 2018 programında proje analizi yapılması

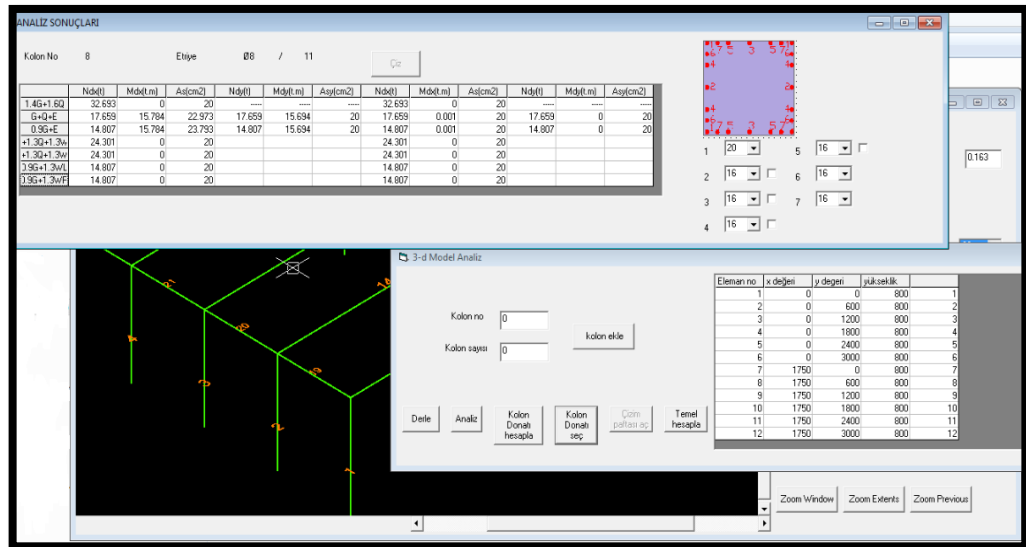
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Precast Design 2019 Programı Analiz Sonuçları

Program analizi tamamladıktan sonra kolon donatısı hesaplama butonuna tıklanır. Program eleman numarasına göre seçtiğimiz kolonun donatısını hesaplayıp Şekil 4.1.(a)'da görüldüğü üzere ekrana getirir. Kolonu kısımlara ayırıp her bir kısım için kuvvet tesirlerini ve donatı alanlarını göstererek hesap yapılır. İki farklı kolon numarasına göre hesap yapılır. Yük kombinasyonlarından maksimum değerlere göre maksimum moment $M_{dx}=15.784$ ton.m, maksimum normal kuvvet $N_{dx}=32.693$ ton, maksimum alan $A_s = 23.794 \text{ cm}^2$ olarak çıkmıştır.



Şekil 4.1 (a)



Şekil 4.1 (b)

Şekil 4.1. Precast design kolon analiz sonuçları

Şekil 4.2.'de program aşık kirişi hesabını yaparak program klasörüne atar. Maksimum aşık aralığı 1.65 m, çatı kaplama 0.01 t/m², kar yükü 0.115 t/m², ölü yük 0.12 t/m, hareketli yük 0.19 t/m, çatıdan gelen yük 0.016 t/m, aşık ağırlığı 0.103 t/m olduğu için moment $M_d = 2.108 \text{ ton.m}$, $V_d = 1.41 \text{ ton}$ ve donatı alanı $A_s = 2.34 \text{ cm}^2$ olarak çıktı.

```

PRECAST DESIGN 2019
Ters sarkaç tipi prefabrike yapılar için hesap,çizim,güçlendirme içeren entegre CAD programı
=====
ASIK KIRISI HESABI

Fcd =2143ton/m2
Fctd =136ton/m2
fyd =36500ton/m2
b =0.18m
hf =0.12m
bw1 =0.1m
h1 =0m
bw =0.12m
h =0.3m
d' =0.04m
Lhes =5.98m

Maks. asik araligi=1.65m
Çati Kaplama =0.01ton/m2
Kar yükü =0.115ton/m2

Asik ağırligi=0.103ton/m
Çatıdan gelen=0.016ton/m
Kar yuku =0.19ton/m
-----
g=0.12ton/m
p=0.19ton/m
Md=2.108ton*m
a=2.6cm
As=2.34cm2
R = 0.0075
Rf= 0.0115
R-Rf=-0.004 <= 0.235*fcd/fyd=0.0138
Vd=1.41ton
Asw=1.12cm2/m

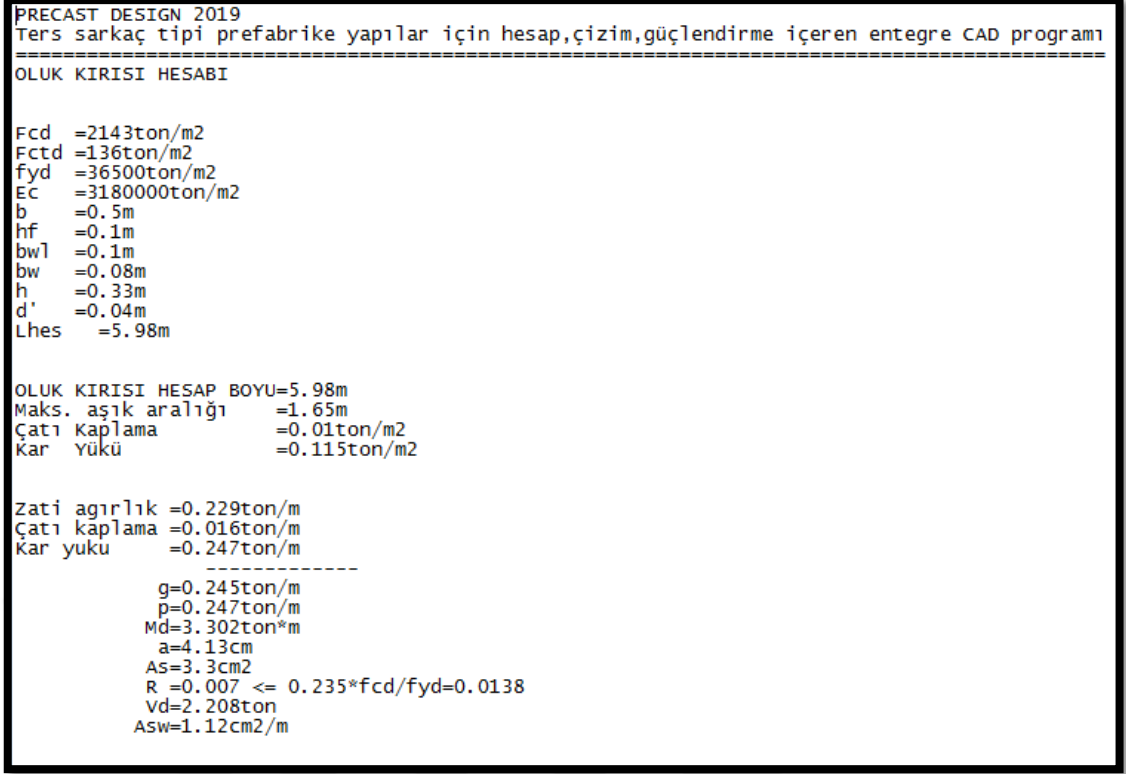
inceltilmiş uçta etriye hesabi(vd < vres=0.25*fcd*b*d)
Vcr =1.592ton
Asw=-3.49cm2/m

mesnet bölgesi alt donatı hesabi
R=1.41ton
M=0.06*R=0.085ton
Asinc=0cm2

```

Şekil 4.2. Precast design aşık kirişi hesabı

Şekil 4.3.'de program oluk kirişi hesabını yaparak ve program klasörüne atar. Maksimum oluk kirişi hesap boyu 5.98 m, çatı kaplama 0.01 t/m², kar yükü 0.115 t/m², ölü yük 0.245 t/m, hareketli yük 0.247 t/m, çatıdan gelen yük 0.016 t/m, oluk ağırlığı 0.229 t/m olduğu için moment $M_d = 3.302 \text{ ton.m}$, $V_d = 2.208 \text{ ton}$ ve donatı alanı $A_s = 3.3 \text{ cm}^2$ olarak çıktı.



Şekil 4.3. Precast design oluk kirişi hesabı

Makas kirişi projelendirilirken program kullanıcıya ilk olarak boyuna donatı çapını sorar. Boyuna donatı çapı pencereye girilince makas üst pah yüksekliğini soran pencere açıldı. Program kirişin analizi ve donatı hesabında kiriş üst başlığını ve alt başlığını dikdörtgen olarak idealleştirir. Üst başlık için başlık genişliği ($b_{üst}$) ve başlık yüksekliği “ h_f “, alt başlık içinse başlık genişliği “ b_{wl} “ ve alt başlık yüksekliği “ h_l “ projecinin kalıbına göre menüye girilmiştir. Kiriş çizimi sırasında program, kullanıcıdan sırasıyla üst pah ve alt pah yüksekliğini öğrenerek, makas kirişinin alt ve üst başlığının idealize edilmiş halini gerçek haline dönüştürdü. Program da makas kirişleri kiriş sol ucundan dolu kesit mesafesine (D_k) kadar değişken yükseklikte sabit dikdörtgen kesitten açıklık ortasına kadar değişken yükseklikte sabit kesitli elemanlar olarak tanımlıdır. Ancak gerçekte dikdörtgen kesitten kesit direkt geçilmez arada bir geçiş bölgesi mevcuttur. Makas dolu kesit değişken kesit mesafesini girdikten sonra program kiriş detay paftasını çizdi.

```

MAKAS KIRISI HESABI
ASIK SAYISI =10adet
ASIK AGIRLIGI =0.103ton
MAKAS HESAP BOYU =16.65m
CATI ORTUSU AGIRLIGI=0.01ton/m2
KAR YUKU =0.115ton/m2
AKS ARASI =6m
b =0.4m
hf =0.125m
bw=0.4m
hl =0.165m
bw =0.1m
h =0.3m
d' =0.055m
Dk =1.5m
Egim = 15
Fcd =2143ton/m2
Fctd =136ton/m2
fyd =36500ton/m2
Ec =3180000ton/m2
zati ağırlık(uniform)=0.328ton/m
zati ağırlık(linear) =0.312ton/m
asık ağırlığı =0.373ton/m
çatı kaplama =0.06ton/m
kar yuku =0.69ton/m
-----
g(uniform)=0.761ton/m
g(linear) =0.312ton/m
p =0.69ton/m
Vg =8.025ton
Vp =6.038ton

```

```

MAKAS KIRISI KESİT TARAMASI
*****
X/L = 0
Md =0ton*m
Vd =19.881ton
b =40cm
bw =10cm
h =44.2cm
d =38.8cm
hf =12.5cm
a =0cm
As =0cm2
Vcr =13.711ton
Asw =6.3cm2 / m
R = 0
Rf = 0
R-Rf=0 <= 0.235*fcd/fyd=0.0138
*****

```

Şekil 4.4 (a)

```

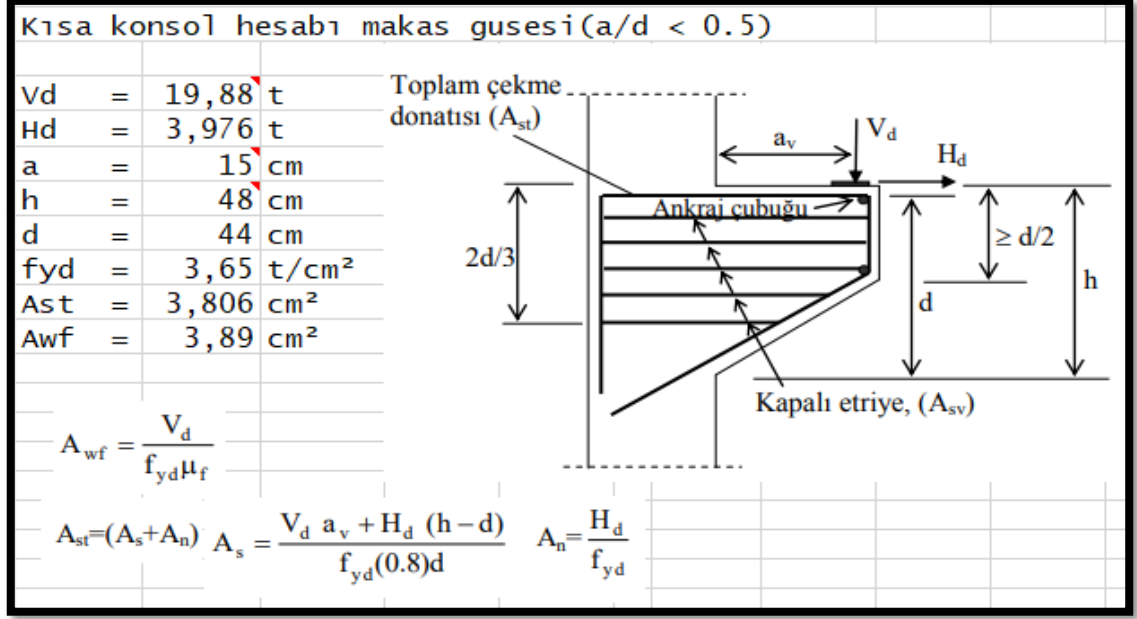
X/L = 0.15
Md =42.749ton*m
Vd =14.299ton
b =40cm
bw =10cm
h =81.7cm
d =76.2cm
hf =12.5cm
a =8.12cm
As =16.22cm2
Vcr =26.967ton
Asw =4.47cm2 / m
R = 0.0213
Rf = 0.0246
R-Rf=-0.0033 <= 0.235*fcd/fyd=0.0138
*****
X/L = 0.2
Md =53.851ton*m
Vd =12.365ton
b =40cm
bw =10cm
h =94.2cm
d =88.7cm
hf =12.5cm
a =8.75cm
As =17.48cm2
Vcr =31.385ton
Asw =4.47cm2 / m
R = 0.0197
Rf = 0.0211
R-Rf=-0.0014 <= 0.235*fcd/fyd=0.0138
*****
X/L = 0.25
Md =63.327ton*m
Vd =10.395ton
b =40cm
bw =10cm
h =106.7cm
d =101.2cm
hf =12.5cm
a =8.99cm
As =17.94cm2
Vcr =35.804ton
Asw =4.47cm2 / m
R = 0.0177
Rf = 0.0185

```

Şekil 4.4 (b)

Şekil 4.4. (a),(b) Precast design makas kirişi hesabı

Şekil 4.4'de X/L oranlarına göre program kesme kuvveti, moment değeri, donatı alanı gibi değerleri hesapladı. Makas kirişinde X/L oranında en kritik değer $X/L=0.25$ olduğu için o değerleri makas kirişinde kullanmaktayız. Makas kirişi hesap momenti $M_d=63.327$ ton.m, donatı alanı $A_s=17.94$ cm² olarak bulunur. Kesme kuvvetinin maksimum olduğu uzaklık makas başlığından 0-10 cm uzaklıkta olduğu için $V_d=19.88$ ton olarak bulunur.

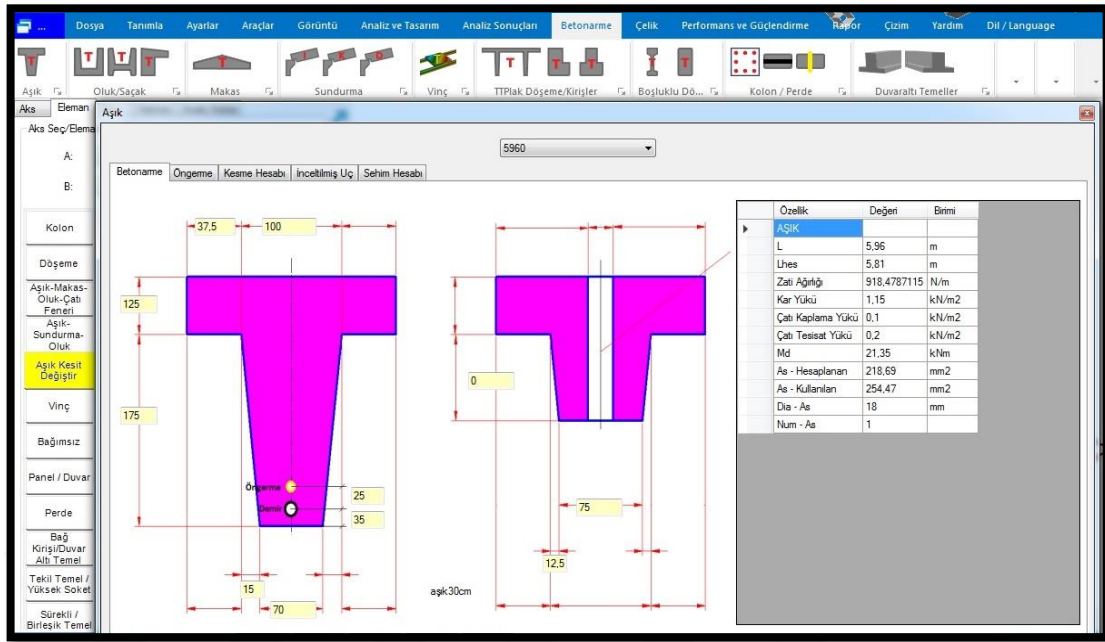


Şekil 4.5. Precast design kısa konsol hesabı

Makas kirişi X/L oranının sıfır olduğu kısımda kısa konsola yük bindirdiği için Şekil 4.5'de görüldüğü üzere kısa konsol hesabını o bölgedeki kesme kuvveti $V_d=19.88$ ton olduğu duruma göre yapılır. Girilen V_d (konsol yüzündeki kesme kuvveti) değerine göre A_{st} (toplam çekme donatısı alanı) ve A_{wf} (kayma sürtünme donatısı alanı) değerleri $A_{wf}=3.89$ cm², $A_{st}=3.806$ cm² bulunur. A_{wf} donatısı kısa konsollarda kesme kuvveti nedeniyle mesnette oluşacak çatlakları engellemek için kullanılır.

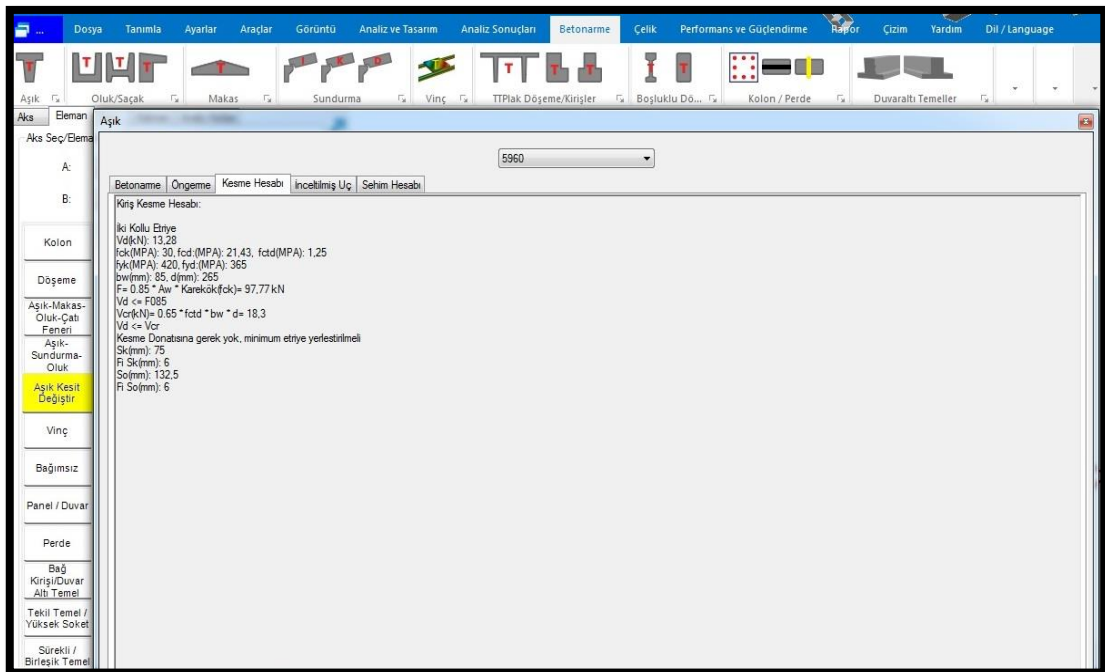
4.2. FAB 2018 Programı Analiz Sonuçları

Şekil 4.6.'da program aşık kirişi betonarme hesabı yaparak aşık boyu (L) 5.96 m, aşık zati ağırlığı, kar yükü, çatı kaplama yükü, çatı tesisat yükünü de hesaba katarak $M_d=21.35$ kNm, hesaplanan donatı alanı $A_s=2.18$ cm², kullanılan donatı alanı $A_s=2.54$ cm² olarak bulunur.



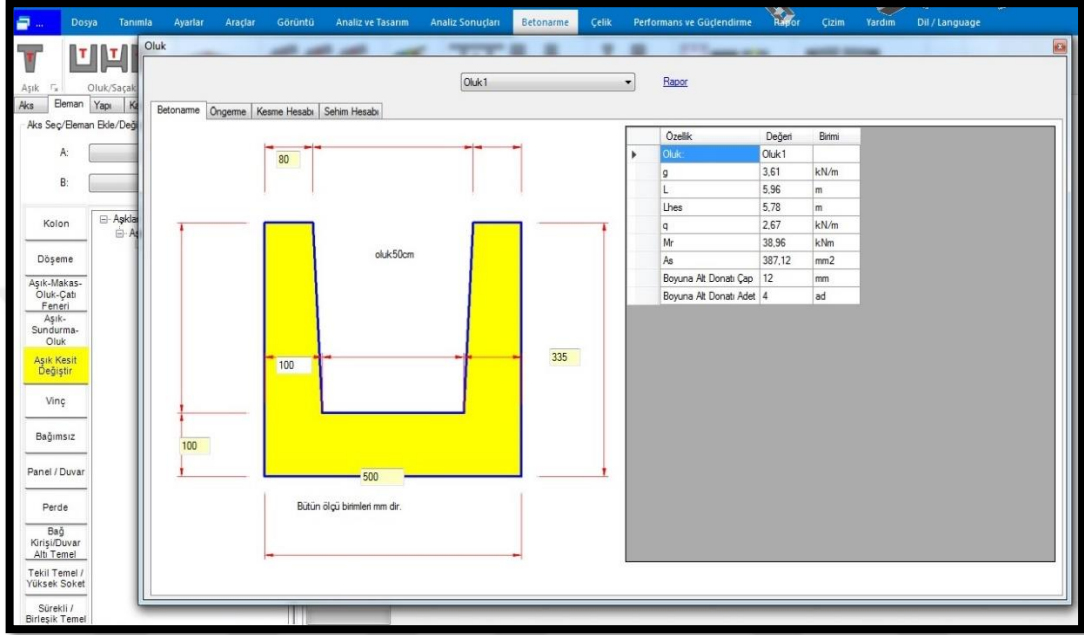
Şekil 4.6. FAB 2018 programında aşıklı kirişi betonarme hesabı

Şekil 4.7.'de aşıklı kirişi kesme hesabı için $V_d = 13.28$ kN, $V_{cr} = 18.3$ kN, $V_d \leq V_{cr}$ olduğu için kesme donatısına gerek yoktur. Minimum etriye yerleştirilmelidir.

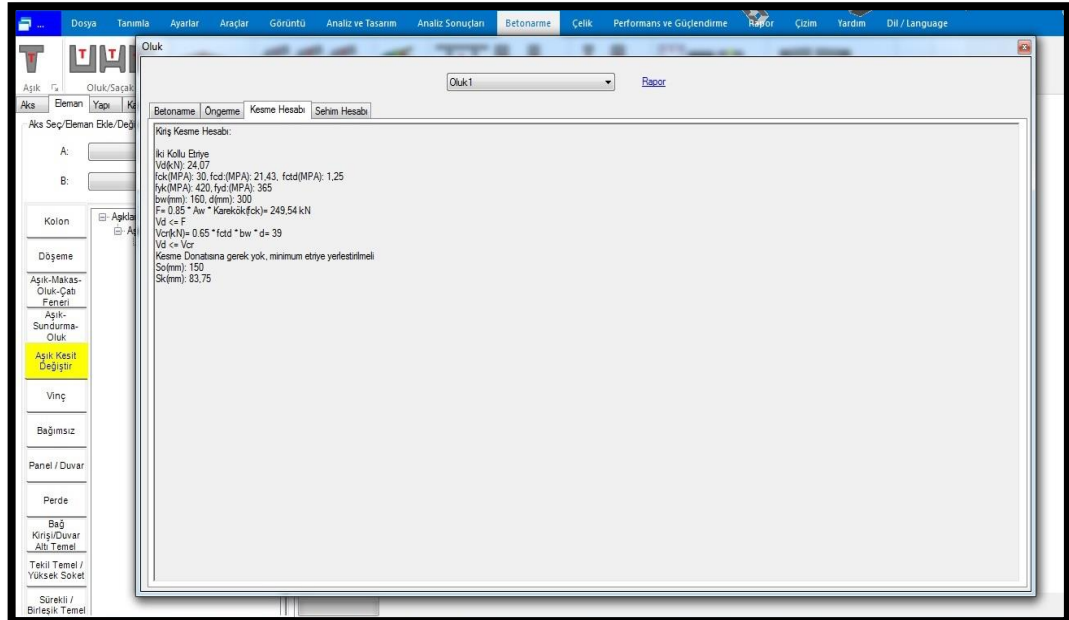


Şekil 4.7. FAB 2018 programında aşıklı kirişi kesme hesabı

Program Şekil 4.8’de oluk kirişi betonarme hesabı ve kesme hesabı yaparak oluk boyu 5.96 metrede de ölü yük (g) 3.61 kN/m, hareketli yük (q) 2.67 kN/m, taşıma gücü momenti $M_r = 38.96$ kNm, donatı alanı $A_s = 3.87$ cm² bulunur. Oluk kirişi kesme hesabı için $V_d = 24.07$ kN, $V_{cr} = 39$ kN ve $V_d \leq V_{cr}$ olduğu için kesme donatısına gerek yoktur. Minimum etriye yerleştirilmelidir.



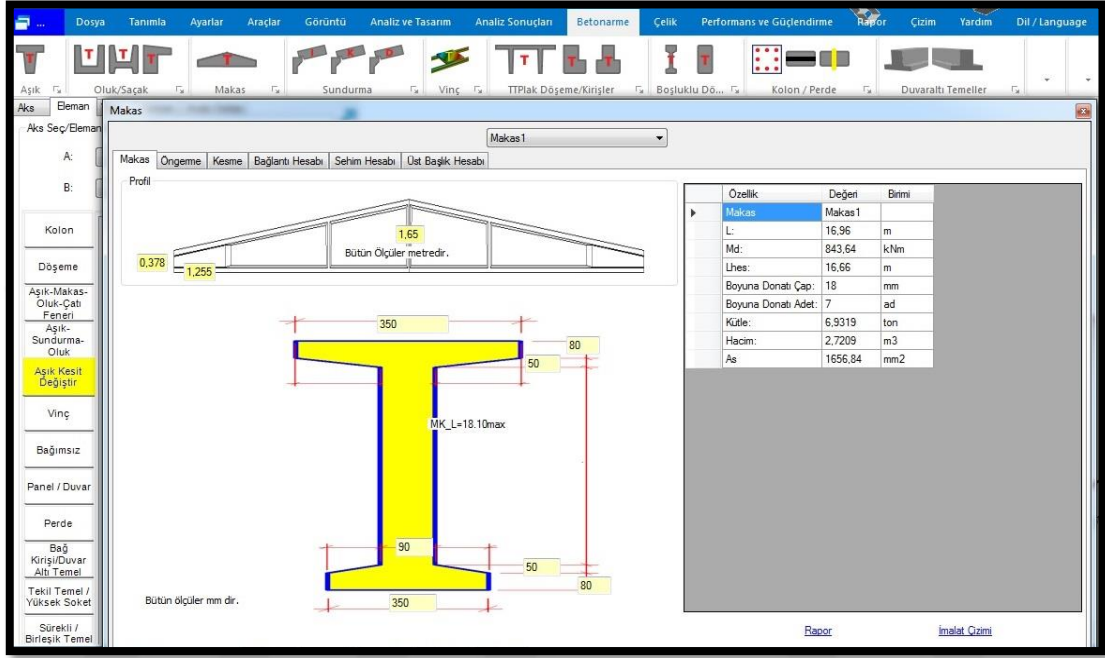
Şekil 4.8. (a)



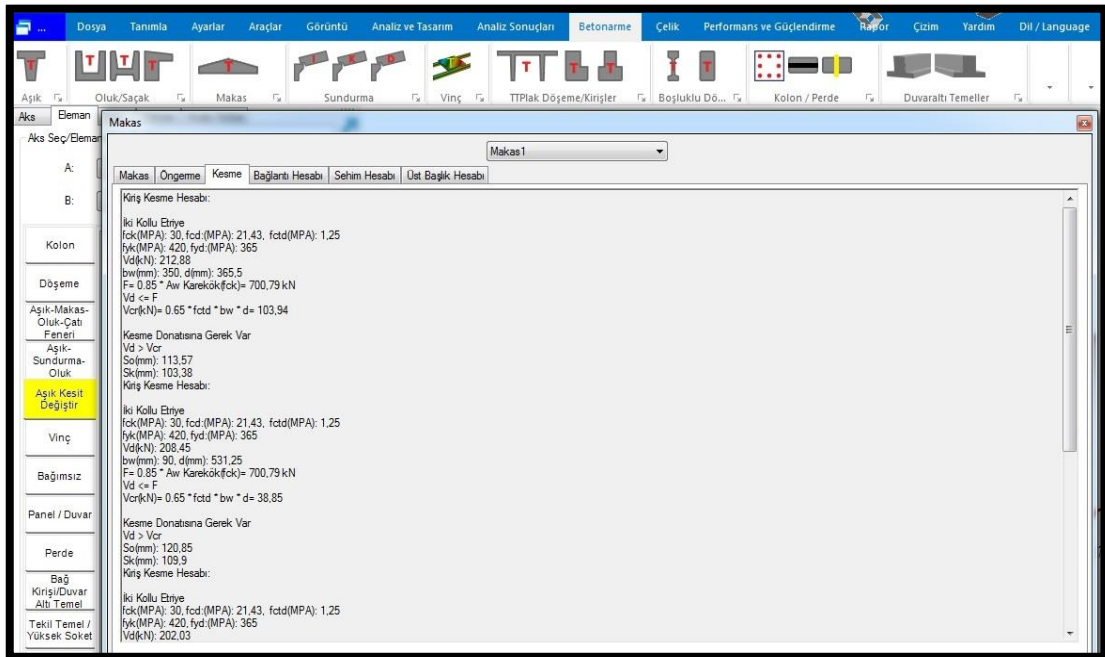
Şekil 4.8. (b)

Şekil 4.8. (a),(b), FAB 2018 programında oluk kirişi betonarme ve kesme hesabı

Oluk kirişi hesabı tamamlandıktan sonra şekil 4.9’da görüldüğü üzere makas kirişi hesabı yapılır. Makas net boyu (L) 16.96 metre, moment $M_d = 843.64$ kNm, program kesme kuvvetini maksimum değerde almakta olup $V_d = 212.88$ kN ve $A_s = 16.56$ cm² olarak bulunur. Program hesaplar doğrultusunda 7 adet 18 mm boyuna donatı kullanmasını uygun görmektedir.



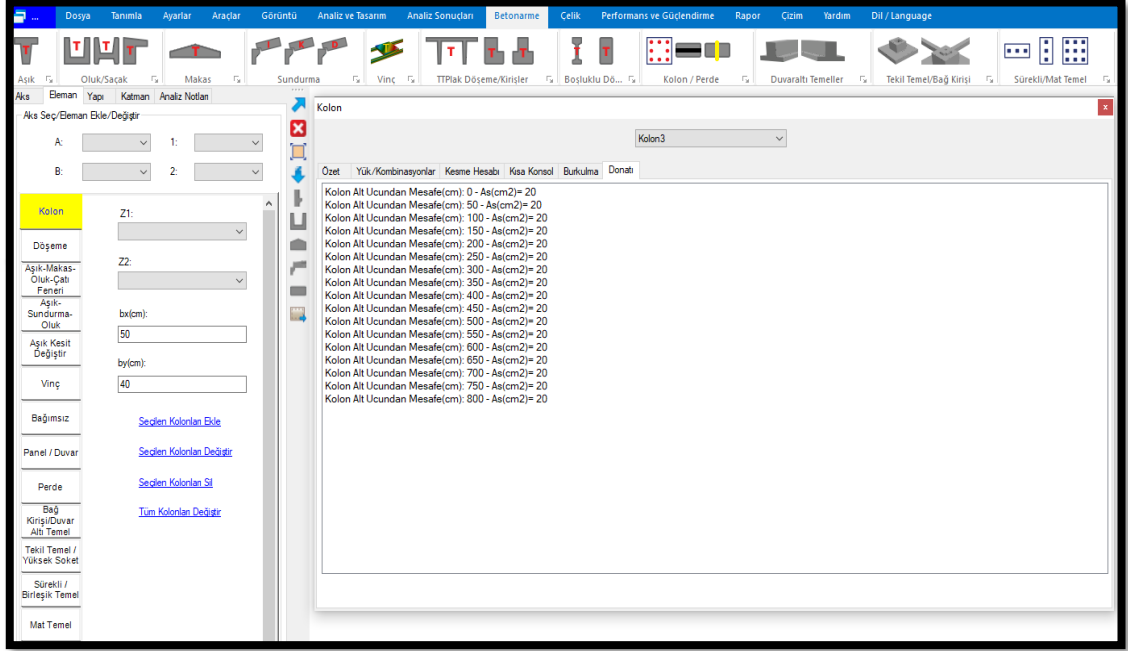
Şekil 4.9. (a)



Şekil 4.9. (b)

Şekil 4.9. (a),(b), FAB 2018 programında makas kirişi betonarme ve kesme hesabı

Yatay taşıyıcı elemanların hesabı tamamlandıktan sonra kolon donatı hesabı yapılır. Şekil 4.10'da görüldüğü üzere 50 cm aralıklarla program kolonun boyuna donatılarını hesaplayarak $A_s=20 \text{ cm}^2$ olarak verdi. Bütün yük kombinasyonlarının da minimum donatı alanı 20 cm^2 , $M_d=M_x+M_y$ en büyük moment $M_d=115 \text{ kNm}$, maksimum normal kuvvet $N_d=24.04 \text{ ton}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.10. (a)

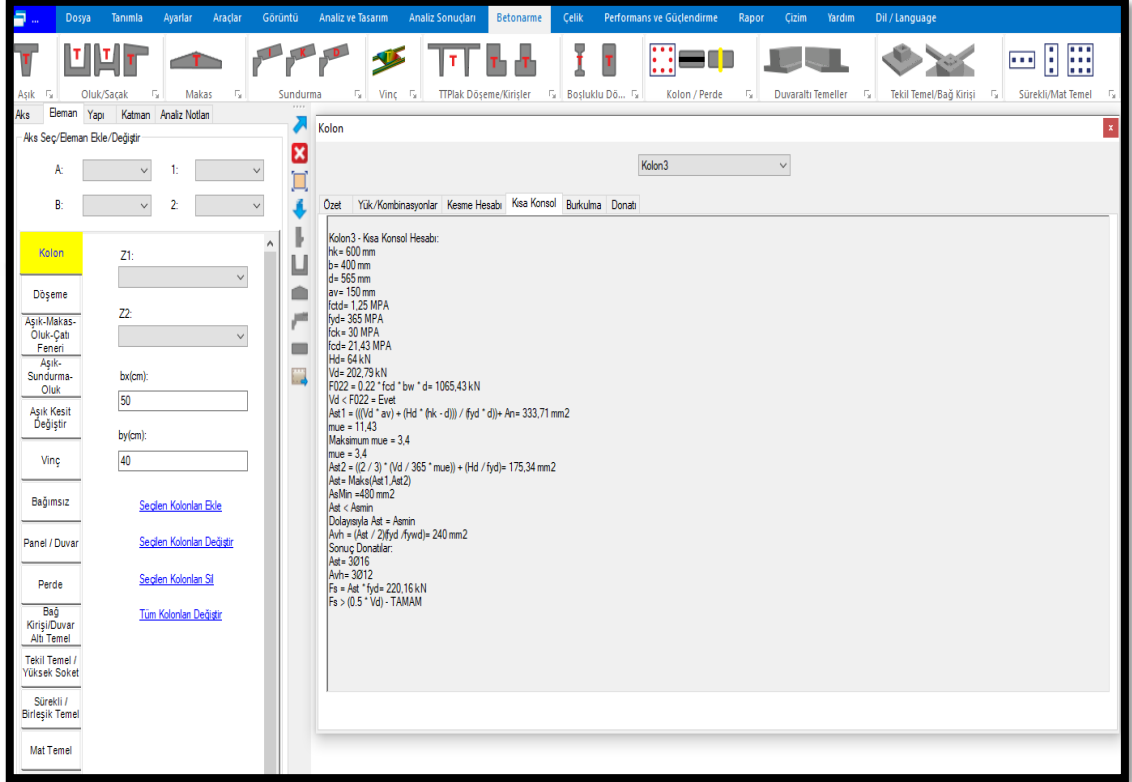
Kolon Adı	M ₀ (Nm)	M _y (Nm)	M _x (Nm)	M _{xy} (Nm)	F ₀ (kN)	F _y (kN)	F _x (kN)	F _{xy} (kN)	F _{yx} (kN)
Kolon3									
G	0,01	0	-19,32	38,99	-140,55	-7,29	-7,29	0	0
Q	0	0	0	0	-58,51	0	0	0	0
EX1	-0,01	0,01	56,09	0	0	7,01	7,01	0	0
EX2	-0,01	0,01	56,09	0	0	7,01	7,01	0	0
EY1	-44,87	0	0	0	0	0	0	5,61	5,61
EY2	-44,87	0	0	0	0	0	0	5,61	5,61
MEX1	0,01	-0,01	-56,09	0	0	-7,01	-7,01	0	0
MEX2	0,01	-0,01	-56,09	0	0	-7,01	-7,01	0	0
MEY1	44,87	0	0	0	0	0	0	-5,61	-5,61

Kombinasyon Adı	M ₀ (Nm)	M _y (Nm)	N ₀ (kN)	b _x (m)	b _y (m)	n ₀ (b _x ·b _y ·f _{yk})	m ₀ (M ₀ ·b _x ·b _y ·f _{yk})	pt	A _s (mm ²)
Kolon3									
Kolon3#0 9G+H+EX1+0.3EY1+H+0.3EZ	18,05	64,06	132,77	0,4	0,5	0,02213	0,0234	0,00251	2000
Kolon3#0 9G+Q+EY2+0.3EX1+0.25+0.3EZ	60,15	55,87	240,44	0,5	0,4	0,04007	0,03137	0,00247	2000
Kolon3#0 9G+H+EX1+0.3EY1+0.3EZ	18,04	64,06	132,77	0,4	0,5	0,02213	0,0234	0,00251	2000
Kolon3#0 9G+H+EX2+0.3EY1+0.3EZ	18,06	114,13	132,77	0,4	0,5	0,02213	0,04009	0,00587	2000
Kolon3#0 9G+Q+EX1+0.3EY1+0.25+0.3EZ	18,05	61,28	240,44	0,4	0,5	0,04007	0,02283	0,00075	2000
Kolon3#0 9G+Q+EX2+0.3EY1+0.25+0.3EZ	18,03	116,91	240,44	0,4	0,5	0,04007	0,04137	0,00449	2000
Kolon3#0 9G+H+EY2+0.3EX1+0.3EZ	60,16	51,76	132,77	0,5	0,4	0,02213	0,03008	0,00385	2000
Kolon3#0 9G+H+EY2+0.3EY1+0.3EZ	18,04	114,13	132,77	0,4	0,5	0,02213	0,04009	0,00587	2000
Kolon3#0 9G+H+EX2+0.3EY1+0.3EZ	18,04	64,06	132,77	0,4	0,5	0,02213	0,0234	0,00251	2000
Kolon3#0 9G+Q+EX1+0.3EY1+0.25+0.3EZ	18,03	116,91	240,44	0,4	0,5	0,04007	0,04137	0,00449	2000
Kolon3#0 9G+Q+EX2+0.3EY1+0.25+0.3EZ	60,16	55,87	240,44	0,5	0,4	0,04007	0,03137	0,00247	2000

Şekil 4.10. (b)

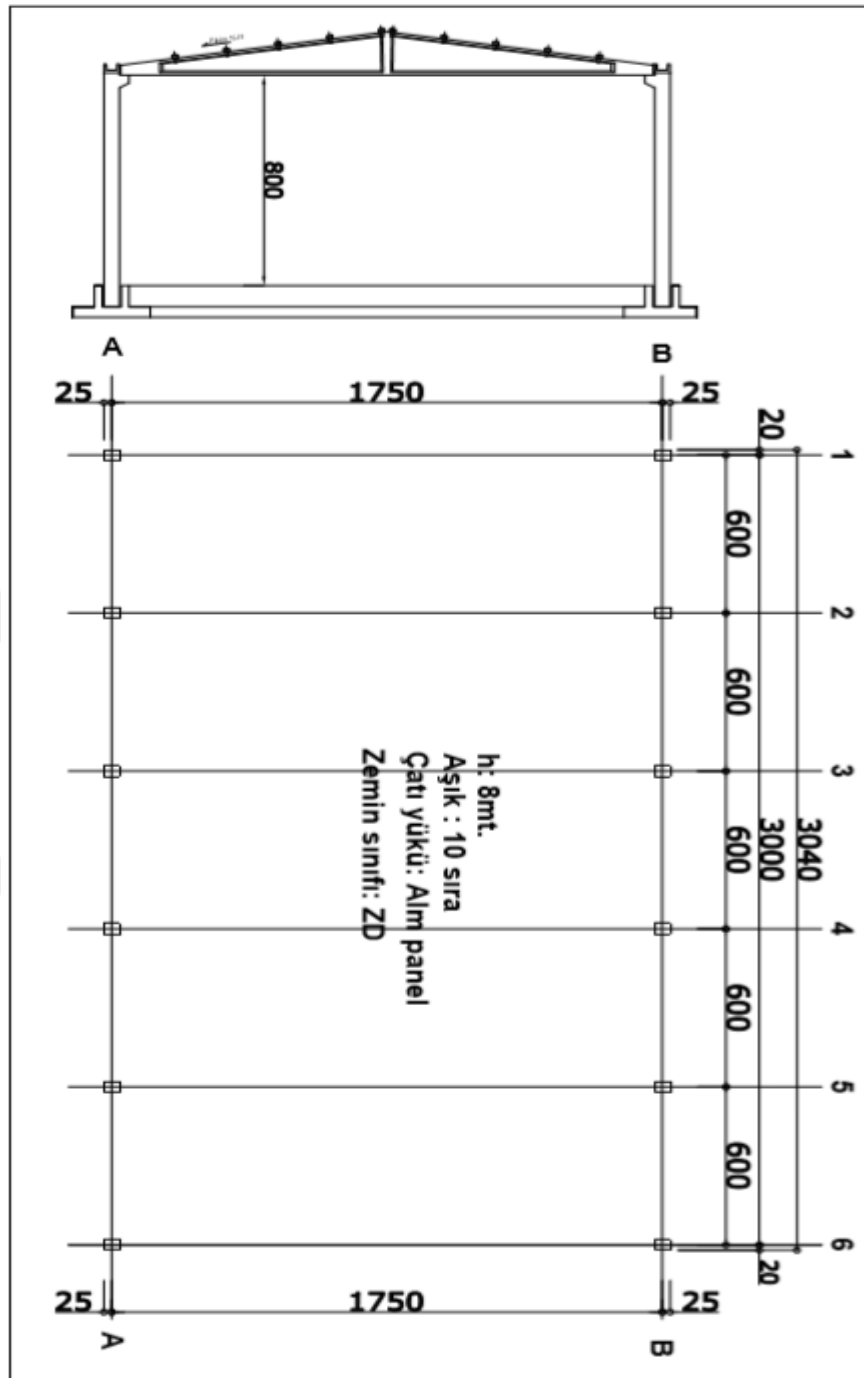
Şekil 4.10. (a),(b), FAB 2018 programında kolon donatı hesabı

Şekil 4.11’de kısa konsol hesabını o bölgedeki kesme kuvveti $V_d=20.272$ t olduğu duruma göre yapılır. V_d (konsol yüzündeki kesme kuvveti) değerine göre toplam çekme donatısı alanı A_{st1} ve A_{st2} değerlerinden maksimum olan donatı alanı alınır. A_{smin} değeri maksimum A_{st} değerinden büyük olduğu için $A_{smin}=4,8$ cm² olarak bulunur. Kayma donatısı alanı ise $A_{vh}= 2.4$ cm² olarak bulunur.



Şekil 4.11. FAB 2018 programında kısa konsol hesabı

4.3. Statik Eşdeğer Deprem Yüküne Göre Analiz Sonuçları



Şekil 4.12. Prefabrik endüstri yapısı uygulama projesi görseli

Malzeme: C30- S420, Kolon boyu: 8 metre, L=30 m, Çerçeve aralığı= 6 metre

Aşık yatay aralığı =167 cm

Çatı eğimi: $\text{tg}\alpha=0.15 \Rightarrow \alpha=8.53^0$ ($\text{Cos}\alpha=0.988$; $\text{Sin}\alpha=0.148$)

$$f_{cd}= 200 \text{ kg/cm}^2, f_{ctd}=12.5 \text{ kg/cm}^2, f_{yd}= 3650 \text{ kg/cm}^2$$

Kaplama= 10 kg/m²

4.3.1. Çatı Yük Analizi

Kar yükü:

$$q_k = 115 \text{ kg/m}^2 \text{ (TS498 } \alpha \leq 30^\circ \Rightarrow \text{Kar yükünde azaltma yapılmaz.)}$$

$$\text{Çatı kaplaması: } g_k = 10 \text{ kg/m}^2$$

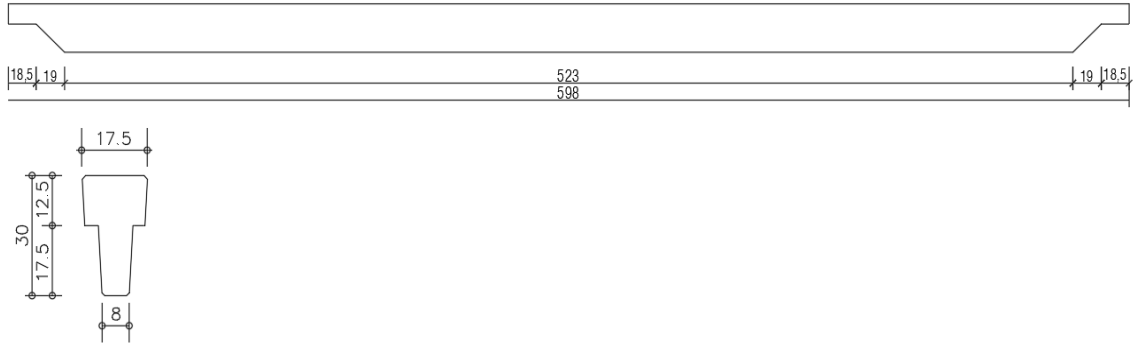
Rüzgâr yükü:

$$w_1 = 1.2 \times \sin \alpha \times w = 1.2 \times 0.148 \times 80 = 14.20 \text{ kg/m}^2$$

$$w_r = 1.25 \times w_1 = 1.25 \times 11.42 = 17.75 \text{ kg/m}^2$$

Not: Aşık ve benzeri münferit yapı elemanlarının hesabında rüzgar yükleri %25 arttırılmaktadır. Aşık hesaplarında rüzgarın basınç tesiri göz önüne alınmaktadır (TS 498).

4.3.2. Aşık Kirişi Hesabı



Şekil 4.13. Prefabrik aşık kirişi

Orta Aşık:

$$\text{Kar yükü: } 115 \text{ kg/m}^2 \text{ (} g_{kar} \text{)}$$

$$\text{Kaplama yükü: } 10 \text{ kg/m}^2 \text{ (} g_k \text{)}$$

$$\text{Aşık zati ağırlığı: } 104 \text{ kg/m}^2 \text{ (} g_0 \text{)}$$

$$\text{Aşık aralığı (a): } 168 \text{ cm, } a_{mes} = 14 \text{ cm}$$

$$L: 5.84 \text{ m (} l = 5.98 - 14 = 5.84 \text{ m)}$$

Aşığın 1 metresine gelen yük (g/q):

$$g = g_k + g_0 = 10 \times 1.68 + 104 = 120.8 \text{ kg/m}$$

$$q = g_{kar} \times a = 115 \times 1.68 = 193.2 \text{ kg/m}$$

$$g/q = 0.62 \text{ kg/m}$$

Aşık betonarme basit kiriş:

Yüklemeler I: (1.4g+1.6q)

$$P_{d1}=1.4g+1.6q=1.4 \times 120.8+1.6 \times 193.2= 478.27 \text{ kg/m}$$

$$P_{d1x}=P_{d1} \times \cos \alpha = 478.27 \times 0.988 = 472.50 \text{ kg/m}$$

$$P_{d1y}=P_{d1} \times \sin \alpha = 478.27 \times 0.148 = 70.78 \text{ kg/m}$$

Yüklemeler II : (g+1.3q+1.3q_w) :

$$q_w=17.75 \times 1.68=29.82 \text{ kg/m}$$

$$P_{d2x}=g + 1.3q_x + 1.3q_w = 120.8+(1.3 \times 193.2) \times 0.988+1.3 \times 29.82= 407.71 \text{ kg/m}$$

$$P_{d2y}= g + 1.3q_y + 1.3q_w = 120.8+(1.3 \times 193.2) \times 0.148+1.3 \times 29.82= 196.73 \text{ kg/m}$$

Hesap yükleri:

$P_{d1x} > P_{d2x}$ olduğundan $P_{d1x} = 478.27 \text{ kg/m}$ alınır.

$$M_d = \frac{P_d \times l^2}{8} = \frac{472.50 \times 5.84^2}{8} = 2,014 \text{ kgm} = 2.014 \text{ tm}$$

Donatı Hesabı:

$$M_r = M_d$$

$$M_r = 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w \times \left(d - \frac{k_1 c}{2}\right) = 0.85 \times 0.20 \times k_1 c \times 18 \times \left(28 - \frac{k_1 c}{2}\right) = 201.4 \text{ tcm}$$

$$k_1 c = 2.48 \text{ cm} < 10 \text{ cm} \quad (12.5 - 2.5 = 10 \text{ cm faydalı yükseklik})$$

Tabla içinde kalmıştır.

$$F_c = F_s$$

$$F_s = 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w \quad \text{ve} \quad F_c = A_s \times f_{yd}$$

$$0.85 \times 0.20 \times 2.48 \times 18 = A_s \times 3.650$$

$$A_s = 2.08 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 2\emptyset 14 (3.07 \text{ cm}^2)$$

Kayma Hesabı:

$$(b_w / h = 7/30 \text{ cm}, d=28 \text{ cm})$$

$$V_d = \frac{P_d \times l}{2} = \frac{472.50 \times 5.84}{2} = 1,380 \text{ kg}$$

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d = 0.65 \times 12.5 \times 7 \times 28 = 1,592.5 \text{ kg}$$

$$V_{max} = 0.22 \times f_{cd} \times b_w \times d = 0.22 \times 200 \times 7 \times 28 = 8,624 \text{ kg}$$

$V_d < V_{cr} = 1380 < 1,592.5 \text{ kg}$ olduğundan minimum donatı gerekir.

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.30 \times \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \times b_w = 0.0071$$

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \times s} = 0.30 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.30 \times \frac{12.5}{3650} = 0.00102$$

$$\min \rho_w \times b_w = 0.00102 \times 7 = 0.00714 > 0.00389$$

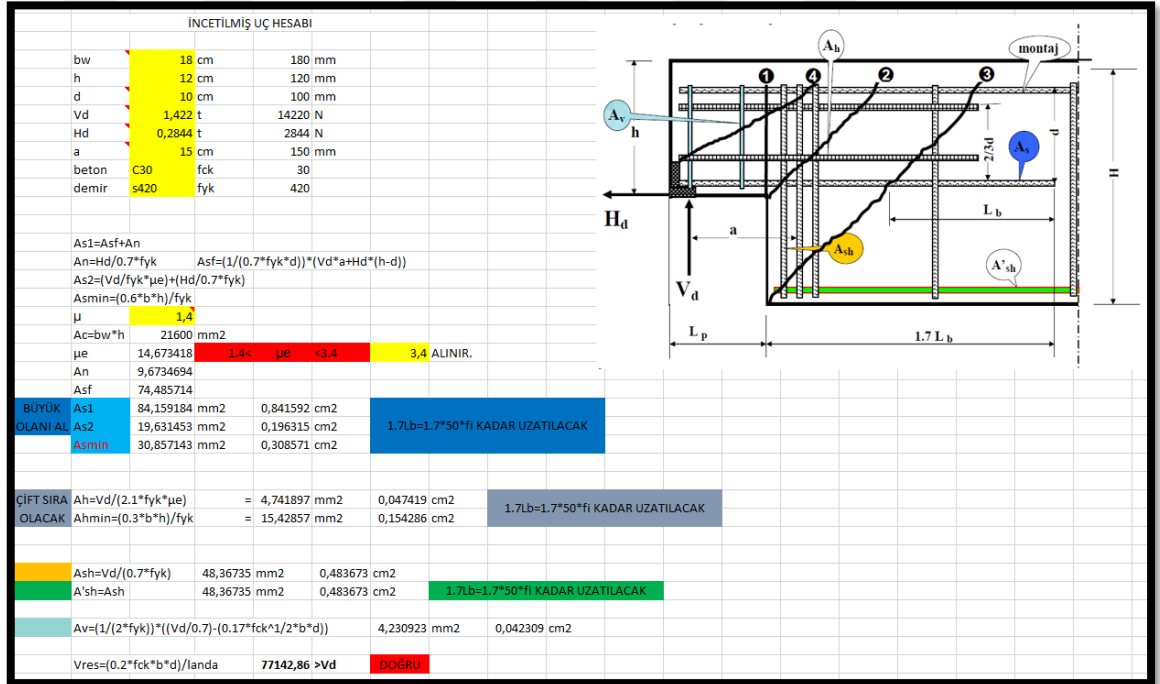
$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.00714$$

$$\varnothing 8 \text{ etriye için } A_0 = 0.50 \text{ cm}^2 \text{ (n=2 için } A_{sw} = 2 \times A_0)$$

$$\frac{1}{s} = 0.00714 \Rightarrow s = 140 \text{ cm} \Rightarrow s \leq \frac{d}{2} = \frac{28}{2} = 14 \text{ cm}$$

Etriye: $\varnothing 8/14$

İnceltilmiş uç hesabı:

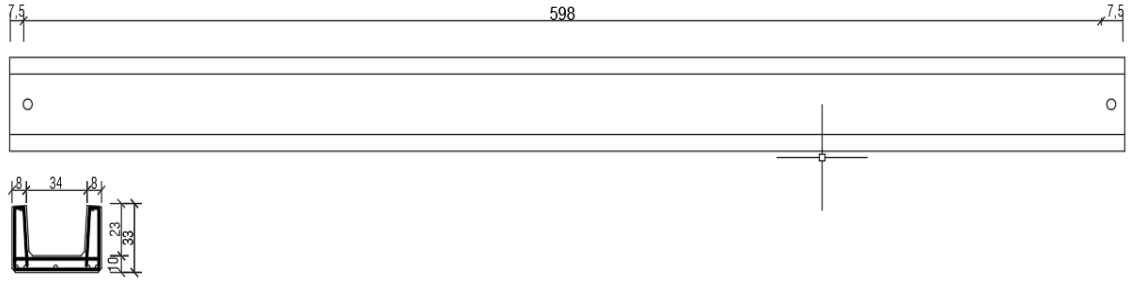


Şekil 4.14. Aşık inceltilmiş uç hesabı

V_d (kesme kuvveti), aşık kirişi üzerine gelen hareketli yük olan kar yükü (115 kg/m^2) ve ölü yükler olan aşık zati yükü (104 kg/m^2), kaplama yükü (10 kg/m^2) bulunarak hesap yapılır. $1.4g + 1.6q$ yük kombinasyonuna göre $V_d=1.422$ ton, yatay kesme kuvveti $H_d = \frac{V_d}{5} = 0.2844$ ton olarak bulunup hesap kombinasyonuna yazılır. Türk standardı betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları(TS500) de belirtilen donatı hesabı formülleri Şekil 4.14.'de gösterildiği gibi tabloya girilerek donatı alanları bulunur. A_{s1} ,

A_{s2} ve A_{smin} donatı alanlarından büyük olan donatı seçilir. Eğilme donatısı $A_{s1}=0.84 \text{ cm}^2$ olarak bulunup 2Ø8 donatı kullanılması uygundur. Kesme sürtünme donatısı $A_h= 0.15 \text{ cm}^2$, askı donatıları $A_v= 0.042 \text{ cm}^2$ ve $A_{sh}= 0.48 \text{ cm}^2$, çekme donatısı $A'_{sh}= 0.48 \text{ cm}^2$ olarak bulunup 2Ø8 donatı kullanılması uygundur. TS 500 de bulunan donatıların çift sıra olarak yerleştirilmesi öngörülmüştür.

4.3.3. Oluk Kirişi Hesabı



Şekil 4.15. Prefabrik oluk kirişi

Orta Oluk:

Kar yükü: 115 kg/m^2 (g_{kar})

Kaplama yükü: 10 kg/m^2 (g_k)

Oluk zati ağırlığı: 155 kg/m^2 (g_0)

Aşık aralığı (a): 168 cm,

L: 5.84m ($l=5.98-14=5.84\text{m}$)

Oluğun 1 metresine gelen yük (g /q):

$$g=g_k+g_0=10 \times 1.68+155= 171.8 \text{ kg/m}$$

$$q=g_{kar} \times a=115 \times 1.68= 193.2 \text{ kg/m}$$

$$g/q= 0.88 \text{ kg/m}$$

Yükleme I: ($1.4g+1.6q$)

$$P_{d1}=1.4g+1.6q=1.4 \times 171.8+1.6 \times 193.2= 549.64 \text{ kg/m}$$

$$P_{d1x}= 549.64 \text{ kg/m}$$

$$P_{d1y}= 0 \text{ kg/m}$$

Hesap yükleri:

$P_d = 549.64 \text{ kg/m}$ alınır.

$$M_d = \frac{P_d \times l^2}{8} = \frac{549.64 \times 5.84^2}{8} = 2,343.2 \text{ kgm} = 234.3 \text{ tcm}$$

Donatı Hesabı:

$$M_r = M_d$$

$$M_r = 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w \times \left(d - \frac{k_1 c}{2}\right) = 0.85 \times 0.20 \times k_1 c \times 18 \times \left(31 - \frac{k_1 c}{2}\right) = 234.3 \text{ tcm}$$

$$k_1 c = 2.5 \text{ cm} < 10 \text{ cm} \quad (12.5 - 2.5 = 10 \text{ cm faydalı yükseklik})$$

Tabla içinde kalmıştır.

$$F_c = F_s$$

$$F_s = 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w \quad \text{ve} \quad F_c = A_s \times f_{yd}$$

$$0.85 \times 0.20 \times 2.5 \times 18 = A_s \times 3.650$$

$$A_s = 2.09 \text{ cm}^2 \text{ Seçilen donatı } 2\emptyset 12 (2.26 \text{ cm}^2)$$

Kayma Hesabı:

$$(b_w / h = 7/30 \text{ cm}, d = 28 \text{ cm})$$

$$V_d = \frac{P_d \times l}{2} = \frac{549.64 \times 5.84}{2} = 1,604.9 \text{ kg}$$

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d = 0.65 \times 12.5 \times 18 \times 31 = 4,533.7 \text{ kg}$$

$V_d < V_{cr} = 1,604.9 < 4,533.7 \text{ kg}$ olduğundan minimum kayma donatısı yeterlidir.

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \times s} = 0.30 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.30 \times \frac{12.5}{3650} = 0.00102$$

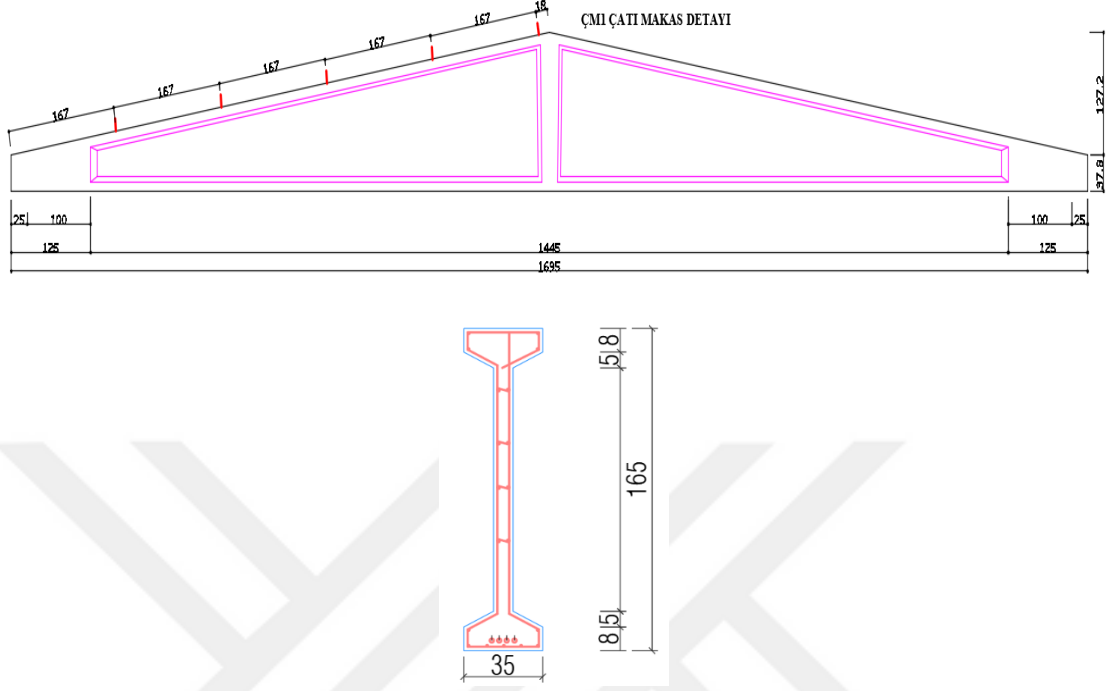
$$\min \rho_w \times b_w = 0.00102 \times 18 = 0.01836$$

$$\emptyset 8 \text{ etriye için } A_0 = 0.50 \text{ cm}^2 \quad (n=2 \text{ için } A_{sw} = 2 \times A_0)$$

$$\frac{1}{s} = 0.01836 \Rightarrow s = 54.46 \text{ cm} \Rightarrow s \leq \frac{d}{2} = \frac{31}{2} = 15.5 \text{ cm}$$

Etriye: $\emptyset 8/15$

4.3.4. Makas Kirişi Hesabı



Şekil 4.16. Prefabrik makas kirişi

Makas boyu: $L_{\text{makas}} = 1750 - 2 \times (25 + 2.5) = 1,695 \text{ cm} = 16.95 \text{ m}$

Makasa paralel kolon kenarı: $h = 50 \text{ cm}$

$L_{\text{hesap}} = L_{\text{makas}} - 2 \times 12.5 = 1695 - 25 = 1670 \text{ cm} = 16.70 \text{ m}$

Makas konsol net uzunluğu: 30 cm

Makas Yük Analizi:

Kaplama ağırlığı: 10 kg/m²

Aşık zati ağırlığı: $104/1.67$ 62 kg/m²

$$\sum g_0 = 72 \text{ kg/m}^2$$

Kar yükü: 115 kg/m²

Makas Yükleri:

$a = 6\text{m}$ (Makas aralığı)

Sabit Yükler:

1) Dikdörtgen Uç Kısımında Kenarda : ($h_k = 37.8\text{ cm}$)

Üst yükler: $72 \times 6 = 432\text{ kg/m}$

Makas zati ağırlığı: $0.35 \times 0.378 \times 2500 = 330.7\text{ kg/m}$

$$\sum g_k = 762.7\text{ kg/m}$$

2) Dikdörtgen Kesit Sonunda ($h_o = 56.5\text{ cm}$):

Üst yükler: $72 \times 6 = 432\text{ kg/m}$

Makas zati ağırlığı: $0.35 \times 0.565 \times 2500 = 494\text{ kg/m}$

$$\sum g_{or} = 926\text{ kg/m}$$

3) I Kesit Başlangıcında: ($h_o = 56.5\text{ cm}$)

Üst yükler: $72 \times 6 = 432\text{ kg/m}$

Makas zati ağırlığı: $(0.35 \times 0.15 + 0.05 \times 0.1 + 0.15 \times 0.1 + 0.35 \times 0.1) \times 2500 = 268\text{ kg/m}$

$$\sum g_k = 700\text{ kg/m}$$

4) I Kesit Ortasında: ($h_o = 165\text{ cm}$)

Üst yükler: $72 \times 6 = 432\text{ kg/m}$

Makas zati ağırlığı: $(0.0725 + 1.35 \times 0.1) \times 2500 = 518\text{ kg/m}$

$$\sum g_{or} = 950\text{ kg/m}$$

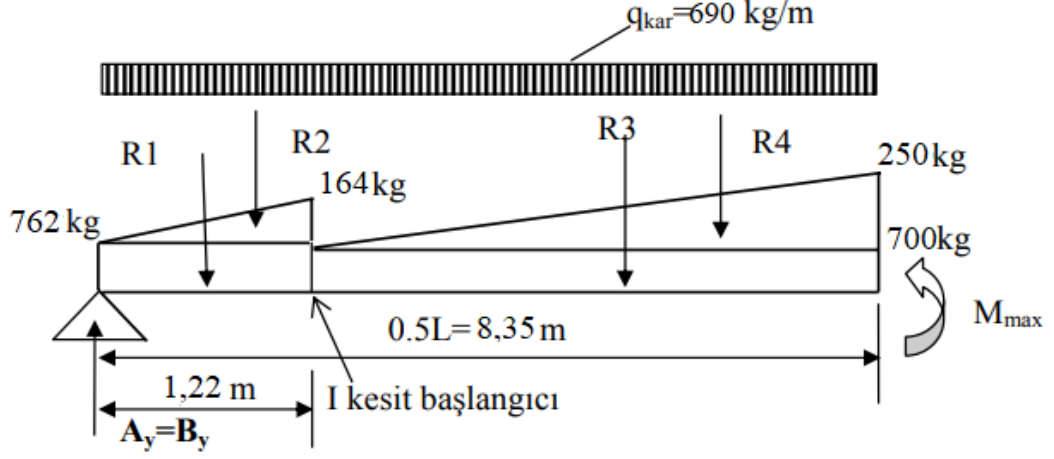
Hareketli Yükler:

Kar yükü : $q_{kar} = 115 \times 6 = 690\text{ kg/m}$

Eğilme Donatısı Hesabı:

$$f_{cd}=200 \text{ kg/cm}^2; f_{ctd}=12.5 \text{ kg/cm}^2; f_{yd}=3,650 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{a) } L_1=L/2=16,7/2= 8.35 \text{ m için;}$$



$$R_1=0.762 \times 1.22=0.92 \text{ t,}$$

$$R_2=0.5 \times 0.164 \times 1.22=0.10 \text{ t,}$$

$$R_3=0.700 \times (8.35-1.22)=4.99 \text{ t,}$$

$$R_4=0.5 \times (8.35-1.22) \times 0.250=0.89 \text{ t,}$$

$$A_{yg}=B_{yg}=R_1+R_2+R_3+R_4=0.92+0.10+4.99+0.89= 6.9 \text{ ton}$$

$$A_{yq}=B_{yq}=0.5L \times q_{kar}=8.35 \times 0.690=5.76 \text{ ton}$$

$$V_d=1.4 \times 6.9+1.6 \times 5.76 =18.88 \text{ ton}$$

$$\max M_g= 6.9 \times 8.35 - 0.92 \times 7.74 - 0.10 \times 7.53 - 4.99 \times 3.56 - 0.89 \times 2.37= 29.87 \text{ tm}$$

$$\max M_q= 5.76 \times 8.35 - 0.69 \times 8.35^2 / 2= 24.04 \text{ tm}$$

$$\max M_d= 1.4 \times \max M_g+1.6 \times \max M_q=1.4 \times 29.87 + 1.6 \times 24.04= 80.28 \text{ tm}= 8,028 \text{ tcm}$$

$$L_1+0.12 = 8.35+0.12=8.47 \text{ m' de kiriş yüksekliği (makas kenarından itibaren):}$$

$$\text{Üstte } 3\phi 14 \text{ montaj donatısı için } A_s'=1.54 \times 3=4.62 \text{ cm}^2$$

$$F_s' = A_s' \times f_{yd} = 4.62 \times 3.65 = 16.86 \text{ ton}$$

$$M_r = M_d$$

$$M_r = F_c \times \left(d - \frac{k_1 c}{2}\right) + F_s' \times (d - d') = M_d$$

$$M_r = 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w \times \left(d - \frac{k_1 c}{2}\right) + A_s' \times f_{yd} \times (d - d') = M_d$$

$$M_r = 0.85 \times 0.20 \times 35 \times k_1 c \times \left(161 - \frac{k_1 c}{2}\right) + 4.62 \times 3.65 \times (161 - 4) = 8,028 \text{ tcm}$$

$$k_1 c = 5.72 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$$

$$F_c + F_s' = F_s \Rightarrow 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w + A_s' \times f_{yd} = A_s \times f_{yd}$$

$$0.85 \times 0.20 \times 5.72 \times 35 + 4.62 \times 3.65 = A_s \times 3.65$$

$$A_s = 14 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4\phi 22 (15.20 \text{ cm}^2)$$

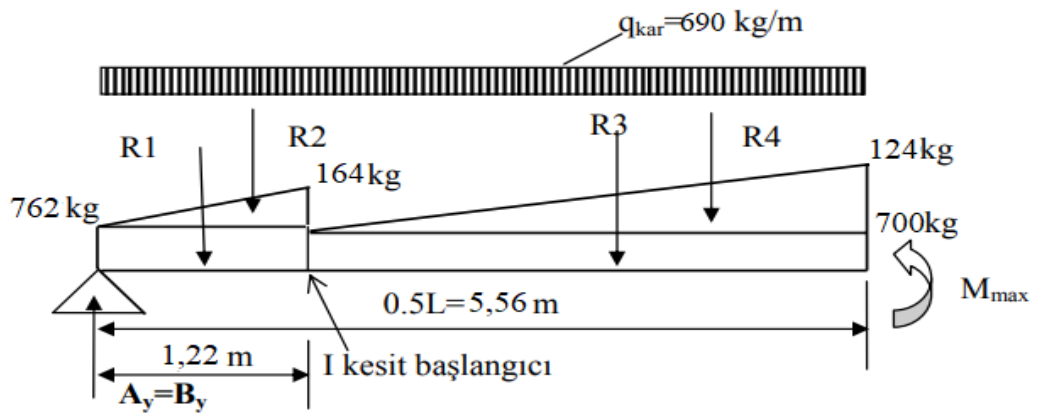
b) $L_2 = L/3 = 16,7/3 = 5.56 \text{ m}$ için;

$L_2 = 5.56 \text{ m}$ 'de yük analizi ($h_0 = 39 + (556 + 12) \times 0.12 = 124 \text{ cm}$)

Üst yükler $72 \times 6 = 432 \text{ kg/m}$

Makas zati ağırlığı $(0.0725 + 0.89 \times 0.1)2500 = 403 \text{ kg/m}$

$$\sum g_{or} = 835 \text{ kg/m}$$



$$R_1 = 0.762 \times 1.22 = 0.92 \text{ t},$$

$$R_2 = 0.5 \times 0.164 \times 1.22 = 0.10 \text{ t},$$

$$R_3 = 0.700 \times (5.56 - 1.22) = 3.03 \text{ t},$$

$$R_4 = 0.5 \times (5.56 - 1.22) \times 0.124 = 0.30 \text{ t},$$

Mesnet reaksiyonları $L/2$ kısmından alınır.

$$A_{yg} = B_{yg} = 6.9 \text{ ton}$$

$$A_{yq} = B_{yq} = 5.76 \text{ ton}$$

$$M_g = 6.9 \times 5.56 - 0.92 \times 4.95 - 0.10 \times 4.74 - 3.03 \times 2.17 - 0.27 \times 1.44 = 26.37 \text{ tm}$$

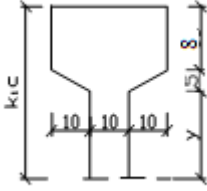
$$M_q = 5.76 \times 5.56 - 0.69 \times 5.56^2 / 2 = 21.36 \text{ tm}$$

$$M_d = 1.4 \times M_g + 1.6 \times M_q = 1.4 \times 26.37 + 1.6 \times 21.36 = 72 \text{ tm} = 7,200 \text{ tcm}$$

$$L_2 + 0.12 = 5.56 + 0.12 = 5.68 \text{ m' de kiriş yüksekliği (makas kenarından itibaren):}$$

$$h_2 = 129 \text{ cm} \Rightarrow d = 129 - 4 = 125 \text{ cm}$$

Donatı Hesabı:



$$\text{Üstte } 2\phi 12 \text{ montaj donatısı için } A_s' = 1.13 \times 2 = 2.26 \text{ cm}^2$$

$$F_s' = A_s' \times f_{yd} = 2.26 \times 3.65 = 8.25 \text{ ton}$$

$$M_r = M_d$$

$$M_r = F_c \times \left(d - \frac{k_1 c}{2}\right) + F_s' \times (d - d') = M_d$$

$$M_r = 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w \times \left(d - \frac{k_1 c}{2}\right) + A_s' \times f_{yd} \times (d - d') = M_d$$

$$M_r = 0.85 \times 0.20 \times 35 \times k_1 c \times \left(125 - \frac{k_1 c}{2}\right) + 2.26 \times 3.65 \times (125 - 4) = 7,200 \text{ tcm}$$

$$k_1 c = 8.45 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$$

$$F_c + F_s' = F_{c1} + F_{c2} + F_s \Rightarrow 0.85 \times f_{cd} \times k_1 c \times b_w + 0.85 \times f_{cd} \times (b - b_w) \times h_f + A_s' \times f_{yd} = A_s \times f_{yd}$$

$$0.85 \times 0.20 \times 8.45 \times 10 + 0.85 \times 0.20 \times (35 - 10) \times 13 + 2.26 \times 3.65 = A_s \times 3.65$$

$$A_s = 21.3 \text{ cm}^2 \Rightarrow 6\phi 22 (22.8 \text{ cm}^2)$$

Kesme Donatısı Hesabı:

Mesnet yüzünden 0-10 cm uzaklıkta kesme kuvveti maksimum değere sahiptir.

$$A_{yd}=1.4A_{yg}+1.6A_{yq}= 1.4 \times 6.9 + 1.6 \times 5.76 = 18.87 \text{ ton}$$

$$V_d = (18.87 - 1.65 \times 0.10 - 0.0155 \times 0.10^2) \times 1.4 = 26.1 \text{ ton} \quad d = 0.15 \times 33 + 33 = 38 \text{ cm}$$

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d = 0.65 \times 12.5 \times 35 \times 38 = 10,806 \text{ kg} = 10.80 \text{ ton}$$

$$V_{max} = 0.22 \times f_{cd} \times b_w \times d = 0.22 \times 0.20 \times 35 \times 38 = 58.52 \text{ ton}$$

$V_{max} > V_d > V_{cr} \Rightarrow 58.52 > 26.1 > 10.8$ olduğundan kayma donatısı gerekir.

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_d - 0.8 \times V_{cr}}{f_{ywd} \times d} = \frac{25.65 - 0.8 \times 10.8}{3.65 \times 38} = 0.122$$

$$\min \rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \times s} = 0.30 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.30 \times \frac{12.5}{3650} = 0.00102$$

$$\min \frac{A_{sw}}{b_w \times s} = \min \rho_w \times b_w = 0.00102 \times 35 = 0.035 < 0.122$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.122$$

$\phi 10$ etriye için $A_0 = 0.79 \text{ cm}^2$ ($n=2$ için $A_{sw} = 2 \times A_0 = 1.58 \text{ cm}^2$)

$$\frac{1.58}{s} = 0.122 \Rightarrow s = 12.95 \Rightarrow s \leq \frac{d}{2}$$

Etriye $\phi 10/12.95$

4.3.5. Kolon Hesabı

Kolon hesabı için FAB 2018 programından aldığımız moment ve normal kuvvet değerleri kullanılmaktadır.

$$M_x = 60 \text{ kNm} = 60 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (x ekseninde döndüren moment)}$$

$$M_y = 55 \text{ kNm} = 55 \times 10^6 \text{ Nmm} \text{ (y ekseninde döndüren moment)}$$

$$N_d = 240 \text{ kN} = 240 \times 10^3 \text{ N} \text{ (tasarım aksinel kuvveti)}$$

$$\frac{d''}{h} = \frac{450}{500} = 0.9$$

Bressler yöntemiyle çözüm yapacak olursak;

$$A_c \geq \frac{N_d}{0,5 \times f_{ck}} = \frac{240000}{0,5 \times 30} = 16,000 \text{ mm}^2$$

$$M_d = M_x + M_y = 60 + 55 = 115 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_d}{b \times h \times f_{cd}} = \frac{240000}{400 \times 500 \times 20} = 0.06$$

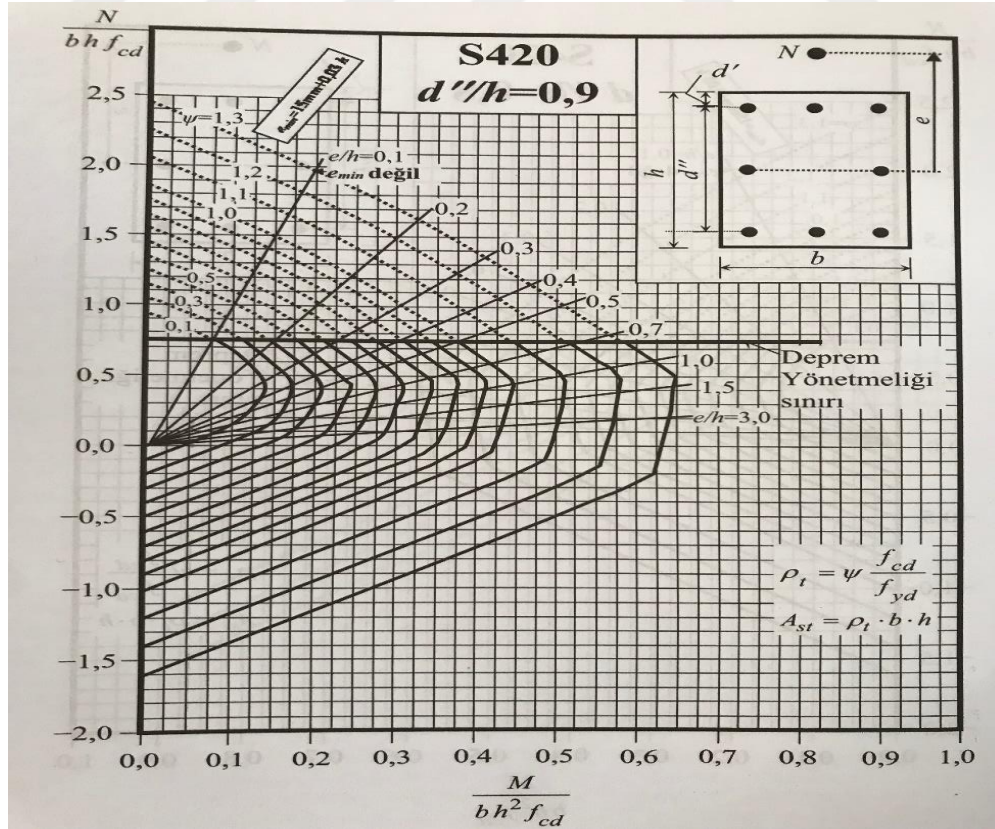
$$\frac{M_d}{b \times h^2 \times f_{cd}} = \frac{115 \times 10^6}{400 \times 500^2 \times 20} = 0.05$$

Aşağıda bulunan abaktan yaklaşık olarak $\Psi = 0.2$ olarak bulunur.

$$\rho_t = \Psi \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.2 \times \frac{20}{365} = 0.0109$$

Bulunan donatı oranı minimum ve maksimum sınır değerleri arasındadır.

$$A_{st} = \rho_t \times b \times h = 0,0109 \times 400 \times 500 = 2,180 \text{ cm}^2 = 21.80 \text{ mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 4.17. S420 Sınıfı donatı ve tek sıra ara donatılı kolonlar için kullanılan diyagram

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında TBDY 2018'e göre örnek bir prefabrik endüstri yapısının FAB 2018, Precast Design 2019 ve Statik Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemine göre analizi yapılmıştır. Girilen parametreler; beton sınıfı C30, donatı çeliği S420, zemin sınıfı ZC, bina önem katsayısı $I=1$, çatı kaplama ağırlığı 10 kg/m^2 , kar yükü 115 kg/m^2 , çatı makas uzunluğu 17.5 metre, aşık kiriş uzunluğu 6 metre, kolon boyutları 40/50 cm ve yüksekliği 8 metre olarak girilmiştir.

Kullanılan üç farklı yöntemin kolon, makas kirişi, oluk kirişi ve aşık kirişinin normal kuvvet, moment kuvveti ve donatı alanı sonuçları Tablo 5.1.'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.1. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

	KOLON			MAKAS KİRİŞİ			OLUK KİRİŞİ			AŞIK KİRİŞİ		
	N_{dmax} (ton)	M_{max} (t.m)	A_s (cm^2)	V_d (ton)	M_{max} (t.m)	A_s (cm^2)	V_d (ton)	M_{max} (t.m)	A_s (cm^2)	V_d (ton)	M_{max} (t.m)	A_s (cm^2)
Precast Design Analiz Sonuçları	32,69	15,78	23,79	19,88	63,32	17,94	2,208	3,302	3,30	1,41	2,108	2,34
FAB 2018 Analiz Sonuçları	24,04	11,5	20	21,28	84,36	16,56	2,4	3,89	3,87	1,32	2,135	2,18
SEDY Analiz Sonuçları	24,04	11,5	21,80	26,1	72	21,3	1,6	2,34	2,09	1,38	2,014	2,08

Tablodaki sonuçlar incelendiğinde kolon analiz sonuçlarının precast design 2019 programında güvenlik açısından biraz daha fazla hesaplandığı fakat mevcut yöntemlerin hepsinin minimum ve maksimum donatı koşullarını sağladığı görülmüştür. Makas kirişinde kesme kuvveti makas başlığından 0-10 cm uzaklıkta maksimum değer çıktığı için üç yöntemde de makas başlığındaki kesme kuvveti değerleri, moment kuvveti de makas kirişinde en kritik değer yaklaşık 0.25 m mesafede olduğu için yaklaşık o mesafeye karşılık gelen moment kuvveti değerleri alınmıştır. SEDY analiz sonuçları, precast design ve FAB 2018 programına göre normal kuvvet, moment kuvveti ve donatı alanını biraz daha fazla hesaplamıştır. Mevcut bilgisayar programları daha ekonomik olarak analiz yapmıştır. Oluk kirişi analizinde precast design ve FAB 2018 programı yaklaşık olarak

aynı sonuçları vermiştir. Fakat SEDY göre analiz sonuçlarında oluk kirişine tek yönden gelen kuvvetin hesabı dikkati alındığı için diğer iki yöntemle göre daha az kuvvet ve donatı hesabı yapmıştır. Mevcut bilgisayar programları oluk kirişine gelen kuvveti iki taraftan gelen kuvvet gibi analiz ettiği için sonuçları daha güvenli bölgede kalmıştır. Aşık kirişi analiz sonuçları ise üç yöntemde de yaklaşık aynı değerleri vermiştir. Sonuç olarak ön üretimli betonarme binalar analiz ve tasarım programları olan FAB 2018 ve Precast Design 2019 programı bütün yük durumlarında ikinci mertebe momentlerinin de hesabını yaparak üç boyutlu statik ve dinamik analiz yapması, binaların hasar durumu kontrollerini yapması, deprem yüklemeleri için eleman iç kuvvetleri ve yapı düğüm deformasyon davranışlarını üç boyutlu ekranda görüntülemesi, taşıyıcı elemanlara ve düğüm noktalarına ek yüklemeler tanımlayabilmesi açısından avantajlar sunarak SEDY yöntemine göre daha tercih edilir durumdadır. Yapılan sonuçlarda ise prefabrik endüstri yapısının analiz sonuçları üç farklı analiz yöntemine göre güvenli bölgede kalmıştır.

5.1 Öneriler

Prefabrik yapı elemanlarının üretim maliyetinin fazla olduğu yargısını kırarak dayanıklı, uzun ömürlü ve performans güvenliğinin olduğunu yapılan çalışmalarda gösterip devlet tarafından desteklenmesini sağlayarak kullanımını artırabiliriz. Ön üretimli betonarme binalar analiz ve tasarımını yapan programların üç boyutlu ortamda modelleme yapması, TS 500, TS 3233, TS 9967, TS 498 ve TBDY 2018'e göre analiz yapması, programların en optimum tasarım ve metrajını yaparak program kullanıcılarının çok hızlı teklif vererek projeleri hızlı bir şekilde hazırlaması gibi olanaklar sunar. Biz mühendisler de bu ve buna benzer ön üretimli hesap ve analiz yapan programların geliştirilmesini sağlayarak inşaat sektöründe ekonomik, güvenilir, dayanıklı ve uzun ömürlü binaların yapımına katkı sağlamalıyız.

KAYNAKLAR

- Acar, M.Ş., 2006, Türkiye’de Beton Prefabrikasyonun Tarihçesi, *Türkiye Prefabrik Birliği*, İstanbul.
- Akısan, L.,1984, Prefabrikasyonun gelişmesinde karşılaşılan engeller, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Aktihan, S., 2008, Betonarme prefabrik sanayi yapılarının deprem etkisinde davranışının incelenmesi, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Amani, A., A. Niyazi, (2018). Türkiye’de Prefabrik Yapı Sektörünün Hızlı Gelişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 487-494.
- Arditi D., Ergin U., Gunhan S., 2000, Factors affecting the use of precast concrete systems, *Journal of Architectural Engineering*, 6(3), ss. 79-86.
- Ata, N., 2002, Çelik ve prefabrik betonarme hangar inşaatlarının ekonomik karşılaştırılması, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Ayaydın, Y., 1981, Büyük Açıklıklı Prefabrike Betonarme Yapılar, *Birsan Kitabevi Yayınları*, İstanbul.
- Bemis, A., 1936, A. Rational Design, Technology Press, MIT, Massachusetts.
- Caferov, O., 2005, “Öngerilmeli Betondan Boşluklu Plak Köprülerin Yapay Sinir Ağları ile Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü*, Kayseri.
- Erdoğan, T. Y., 2007, “Beton”, *ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.*, Ankara.
- Eşiyok, Ü., 2000, Konut üretiminde prefabrikasyona bağlı teknolojiler, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Gjerde, M., Munn, C., Bellamy, L., 2003, Yeni Zelanda’da beton ve hafif konut sistemlerinin maliyet ve ısı performanslarının karşılaştırılması, *Avustralya beton enstitüsü’nün 21. bienali konferansı bildirileri*, Avustralya.
- Gönül, H., 2000, Tek katlı-geniş açıklıklı betonarme prefabrike iskelet sistemlerle üretilen endüstri yapıları-sorunların analizi ve Diyarbakır birinci organize sanayi bölgesi örneği, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Gönül, H., 2003, Demirel F., Prefabrike endüstri yapıları üzerine bir alan araştırması: Diyarbakır birinci organize sanayi bölgesi, *Gazi Üniversitesi Müh.-Mimarlık Fak. Dergisi* Cilt 18, No 1, 169-184.

- Kurnalı, M. (2015). İç mekanda prefabrikasyon ve günümüz prefabrik iç mekan ürünlerine yönelik bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, *Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.
- Özden, Ş., Meydanlı Atalay, H., Akpınar, E., Doyranlı, B. ve İmren, Ö., 2012. Betonarme Prefabrik Yapıların 23 Ekim 2011 Van Depreminde Gözlenen Performansı, *Beton Prefabrikasyon Dergisi*, 103, 11-19.
- Öztoprak, B., 1999, Kompozit ve betonarme prefabrik karkasbir endüstri yapısının maliyet karşılaştırması, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Öztürk, M., 2018, Türkiye bina deprem yönetmeliği ve Türkiye deprem tehlike haritası ile ilgili İç Anadolu Bölgesi bazında bir değerlendirme, *Selçuk-Teknik Dergisi* 17(2); 31-42 Konya.
- Palancı, M. (2014). Prefabrik Endüstri Yapılarının Armoni Araştırması Yöntemiyle Optimum Tasarımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 (3), 85-91
- Retik, A., Warszawski, A., 1994, Automated design of prefabricated building, *Building and Environment*, 29(4), 421-436.
- Sunca, F. (2016). Kısmi bağlı prefabrik yapıların sismik performansının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Şenel, Ş. M., Palancı, M., Kalkan, A., Yılmaz, Y., 2013, Mevcut Prefabrik Binaların Mafsallı Birleşimlerinin Kesme ve Devrilme Güvenliğinin Araştırılması. *Teknik Dergi*, 24(119).
- Şentürer, A., 1983, Endüstrileşmenin bina alanında gelişimi ve Türkiye'nin geçiş dönemi teknolojileri üzerine bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Taş, N., 2004, Türkiye'de prefabrikasyon ve konut üretimi, *İnşaat Dünyası*, 254.
- Taştekin, M. S. (2006), Sanayi yapılarında prefabrik betonarme ve çelik konstrüksiyon uygulamalarının ekonomik yönden karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya
- Tokman B., Eryılmaz M. G., 2004, Prefabrike beton endüstrisinin dünü, bugünü, yarını, *Yapı*, 271, 95-100.
- Topçu, İ. B., 2006, "Beton Teknolojisi", *Uğur Ofset A.Ş.*, Eskişehir.
- Toprak, Z., 2002, Prefabrike sanayi yapılarının deprem etkisine göre değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

- TS 3233., Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1979
- TS 498., “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987
- TS 500., “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- TS 9967., “Taşıyıcı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar-Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan- Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, 2018, <https://tdth.afad.gov.tr>
- URL-1, 2018, *Prefabrik konut yapısı örneği* [Online], <http://www.konteyniryapi.com/> [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2019].
- URL-2, 2018, *Prefabrik sanat yapısı örneği* [Online], <http://www.yesilyurtbeton.com.tr/uygulamalar/prefabrik-viyaduk/> [Ziyaret Tarihi: 7.02.2018].
- URL-3, 2018, *Prefabrik çelik taşıyıcı sistem üretim alanı örneği* [Online], <http://www.sistemcelik.com/> [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2019].
- URL-4, 2018, *Prefabrik spor salonu yapısı örneği* [Online], <http://m.turkish.prefabricatedsteelstructures.com/> [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2019].
- URL-5, 2018, *Prefabrik kamu kurumu örneği* [Online], <http://www.prefabrikyapi.com/kamu-ve-idari-yapilar/> [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2019].
- URL-6, 2018, *Prefabrik yemekhane binası örneği* [Online], <http://www.topuzlargrup.com/prefabrik-yemekhane-binalari/> [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2019].
- URL-7, 2018, *Prefabrik yatakhane binası örneği* [Online], <http://www.balprefab.com/portfolio-item/prefabrik-yemekhane-binalari/> [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2019].
- URL-8, 2018, *Prefabrik şantiye örneği* [Online], <https://karmod.com/prefabrik-santiye-projeleri.html> [Ziyaret Tarihi: 1 Kasım 2019].
- URL-9, 2018, *Prefabrik ofis binası örneği* [Online], <https://tr.foursquare.com/v/presan-prefabrik/> [Ziyaret Tarihi: 30 Ekim 2019].

URL-10, 2018, *Prefabrik çiftlik örneği* [Online], <http://www.serprofil.com/celik-iskeletli-ahir/> [Ziyaret Tarihi: 29 Ekim 2019].

URL-11, 2018, *Prefabrik okul örneği* [Online], <https://www.homify.com.tr/projeler/569513/prefabrik-okul/> [Ziyaret Tarihi: 30 Ekim 2019].

URL-12, 2018, *Prefabrik depo ve taşıyıcı sistem park alanı örneği* [Online], <https://www.anadolusigorta.com.tr/> [Ziyaret Tarihi: 30 Ekim 2019].

URL-13, 2018, *Düz donatı ve nervürlü donatı çeliği* [Online], <http://www.turgutdemircelik.com.tr/> [Ziyaret Tarihi: 30 Ekim 2019].

URL-14, 2018, *Prefabrik sanat yapısının montajı* [Online], <http://ilcemuhendislik.com/> [Ziyaret Tarihi: 2 Aralık 2019].

URL-15, 2018, *Türkiye deprem tehlike haritası* [Online], <http://tdth.afad.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2018].

URL-16, 2018, *Öngerme işlemi tamamlanan halatların son durumu* [Online], <http://ersinbal.blogspot.com/2014/12/on-gerilmeli-beton-betonarme-yapılarda/> [Ziyaret Tarihi: 28 Ağustos 2019].

Uzun, M., & Çöğürçü, M. T. (2019). Prefabrike Yapıların Rüzgar Yüğü Güvenliğinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, *Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 171-188.

Yavuz, M., 1993, Tek katlı prefabrik sanayi yapılarının karşılaştırılması ve bir sistem önerisi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Yılmaz, Y., 2013, Tek katlı mevcut prefabrik sanayi yapılarının deprem performansını etkileyen yapısal parametrelerin araştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.

ÖZGEÇMİŞİM

KİŞİSEL BİLGİLERİM

İsim Soyisim : Oğuzhan KOÇAK
Uyruğu : T.C.
e-mail : oguzhankocak50@gmail.com

EĞİTİM

Okul **Adı, İlçe, İl**
Lise : Nevşehir Anadolu Lisesi
Üniversite : Selçuk Üniversitesi

YABANCI DİLLER

İngilizce, Almanca

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Erkoyuncu İnşaat Ltd. Şti.	Şantiye Şefi
2017	Presan Prefabrik Ltd. Şti.	Saha ve Üretim Sorumlusu
2018	Konya Organize Sanayi Müdürlüğü	Proje ve Yapı Kontrol Şefi