



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**NORMAL BETON VE TAŞIYICI HAFİF
BETONLA PROJELENDİRİLEN BİR ÖRNEK
YAPININ MALİYET VE YAPISAL YÖNDEN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Furkan HAYIRLIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı Anabilim Dalı

Şubat-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Furkan HAYIRLIOĞLU tarafından hazırlanan “Normal Beton Ve Taşıyıcı Hafif Betonla Projelendirilen Bir Örnek Yapının Maliyet Ve Yapısal Yönden Karşılaştırılması” adlı tez çalışması .../.../20.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Hakkı ERKAN

.....

Danışman

Prof. Dr. Hicran AÇIKEL

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Hakkı ERKAN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE 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.

Furkan HAYIRLIOĞLU

Tarih: .././20..

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NORMAL BETON VE TAŞIYICI HAFİF BETONLA PROJELENDİRİLEN BİR ÖRNEK YAPININ MALİYET VE YAPISAL YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Furkan HAYIRLIOĞLU

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hicran AÇIKEL

2022, 143 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Hicran AÇIKEL
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Hakkı ERKAN
Dr. Öğr. Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ

Standartların getirdiği katı kurallar yapıların, yapı taşıyıcı elemanlarının boyutlarını büyültürken, bu büyümede yapı ağırlığını ve yapıya etkileyen yükleri önemli derecede artırırken, aynı zamanda artan yapı malzemelerinin fiyatları da yapıların maliyetini artıran bir diğer önemli etkidir. Hem yapıyı hem de maliyetleri hafifletmek için inşaat sektöründe yeni arayışlar araştırılmaktadır.

Bu tez çalışmasında hem normal beton hem de taşıyıcı hafif beton kullanılarak örnek bir yapı 3 katlı, 5 katlı ve 7 katlı olarak projelendirilerek ve gerekli hesaplamaları yapılmıştır ve üç farklı kata ve 2 farklı beton türü kullanılarak toplam 6 tane tasarım birbirleri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama yapıların kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanlarının boyutlandırılması, yapı ağırlığında meydana gelen değişimler, kullanılan beton miktarındaki değişim, yapısal konulardaki değişimler, kaba yapı maliyetlerindeki değişimler gibi bir çok konuda yapılmıştır. Karşılaştırmalar için gerekli hesaplamalar STA4CAD v14.1 Structural Analysis for Computer Aided Design programı kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan analiz sonuçlarına göre aynı eleman boyutlarına sahip yapılarda taşıyıcı hafif beton kullanılması durumunda yapı ağırlığında, temele gelen yüklerde azalmalar kaydedilirken kaba yapı maliyetlerinde artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca taşıyıcı hafif betonla imal edilmiş yapıların yapısal özelliklerinde herhangi bir sorunla karşılaşmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Kaba İnşaat Maliyeti, Normal Beton, Tasarım Programı, Taşıyıcı Hafif Beton, Yapısal Analiz

ABSTRACT

MS THESIS

COMPARISON OF A SAMPLE BUILDING DESIGNED WITH NORMAL CONCRETE AND STRUCTURAL LIGHTWEIGHT CONCRETE IN TERMS OF COST AND STRUCTURE

Furkan HAYIRLIOĞLU

**The Graduate School of Natural And Applied Science of
Necmettin Erbakan University
The Degree of Master of Science
In Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Hicran AÇIKEL

2022, 143 Pages

Jury

Prof. Dr. Hicran AÇIKEL

Asst. Prof. Dr. İbrahim Hakkı ERKAN

Asst. Prof. Dr. Ali Serdar ECEMİŞ

While the strict rules brought by the standards increase the dimensions of the structural bearing elements of the structures, this growth significantly increases the weight of the structure and the loads acting on the structure, while at the same time increasing prices of building materials are another important factor that increases the cost of the structures. In order to alleviate both the structure and the costs, new searches are being sought in the construction sector.

In this thesis, a sample building with 3 floors, 5 floors and 7 floors was designed and necessary calculations were made by using both normal concrete and lightweight concrete. A total of 6 designs were compared with each other using 3 different floors and 2 different types of concrete. Comparison has been made on many issues such as dimensioning the load-bearing elements such as columns and beams, changes in the weight of the structure, changes in the amount of concrete used, changes in structural issues, and changes in rough construction costs. The necessary calculations for the comparisons were made using the STA4CAD v14.1 Structural Analysis for Computer Aided Design program.

According to the results of the analysis, in the case of using lightweight concrete in buildings with the same element dimensions, decreases were recorded in the weight of the structure and loads on the foundation, while an increase in the costs of the rough construction occurred. In addition, no problems were encountered in the structural properties of the structures manufactured with lightweight concrete.

Keywords: Rough Construction Cost, Normal Concrete, The Design Program, Carrier Lightweight Concrete, Structural Analysis

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi sürecimde katkılarını ve desteklerini benden esirgemeyen, çalışmalarımın her aşamasında sabır ve özveri göstererek bilgi ve önerileri ile beni yönlendiren değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Hicran Açık'el'e, çok değerli arkadaşım İbrahim Oruç'a ve bugüne kadar her çalışmamda yanımda olan ve desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Furkan HAYIRLIOĞLU
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------------|
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| ÖNSÖZ | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Hafif Betonun Olumlu Yönleri ve Olumsuz Yönleri..... | 4 |
| 1.1.1. Hafif betonun olumlu yönleri | 4 |
| 1.1.2. Hafif betonun olumsuz yönleri | 4 |
| 1.2. Hafif Betonlarda Kullanılan Agregalar..... | 5 |
| 1.3. Hafif Betonların Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri..... | 5 |
| 1.3.1. Hafif betonun işlenebilirliği..... | 5 |
| 1.3.2. Hafif betonun dayanımı | 5 |
| 1.3.3. Hafif betonun kısa süreli yük altında şekil değiştirme | 6 |
| 1.3.4. Hafif betonun ısı yalıtım özelliği | 6 |
| 1.3.5. Hafif betonun rötre özelliği..... | 6 |
| 1.3.6. Hafif betonun su emme miktarı | 6 |
| 1.3.7. Hafif betonun ses emme katsayısı | 7 |
| 1.3.8. Hafif betonun donmaya dayanıklılığı | 7 |
| 1.3.9. Hafif betonun yangına dayanıklılığı | 7 |
| 1.3.10. Hafif betonun elastisite modülü..... | 7 |
| 1.3.11. Hafif betonun donatı çeliği ile aderansı özelliği | 8 |
| 1.3.12. Hafif betonun aşınma dayanımı | 8 |
| 1.4. Tezin Amacı..... | 9 |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI | 10 |
| 3. MATERYAL VE METOT..... | 17 |
| 3.1. Materyal | 17 |
| 3.1.1. Statik Hesaplarda Kullanılan Bilgisayar Programı | 17 |
| 3.1.2. Yapılara Ait Genel Bilgiler | 19 |
| 3.1.3. Çimento..... | 25 |
| 3.1.4. Agregalar..... | 25 |
| 3.1.5. Beton Sınıfı ve Özellikleri | 26 |
| 3.1.6. Donatı Çeliğinin Sınıfı ve Özellikleri | 27 |
| 3.1.7. Beton Suyu..... | 28 |
| 3.1.8. Kimyasal Katkı Malzemeleri | 28 |
| 3.2. Metot..... | 29 |
| 3.2.1. Kullanılacak İlgili Standart ve Yönetmelikler | 29 |
| 3.2.2. Yapı Güvenliği..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.2.1. Temel güvenliği | 31 |
| 3.2.2.2. Kolon güvenliği | 31 |
| 3.2.2.3. Kiriş güvenliği | 32 |
| 3.2.2.4. Döşeme (plak) güvenliği..... | 32 |
| 3.2.3. Yapı Elemanlarının Oluşturulması | 33 |
| 3.2.3.1. Yapı temelinin sisteme tanımlanması | 34 |
| 3.2.3.2. Yapı kolonlarının sisteme tanımlanması..... | 35 |
| 3.2.3.3. Yapı kirişlerinin sisteme tanımlanması..... | 36 |
| 3.2.3.4. Yapı döşemelerinin sisteme tanımlanması | 37 |
| 3.2.3.5. Yapı duvarlarının sisteme tanımlanması..... | 38 |
| 3.2.4. Malzeme Atamalarının Gerçekleştirilmesi | 39 |
| 3.2.5. Yapı Analizinin Gerçekleştirilmesi | 41 |
| 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA..... | 43 |
| 4.1. Giriş | 43 |
| 4.2. TBDY 2018 Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü | 43 |
| 4.2.1. Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması | 43 |
| 4.2.1.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 44 |
| 4.2.1.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 46 |
| 4.2.1.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 47 |
| 4.2.1.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 48 |
| 4.2.1.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 49 |
| 4.2.1.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 51 |
| 4.2.2. İkinci merteye etkileri..... | 53 |
| 4.2.2.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 54 |
| 4.2.2.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 55 |
| 4.2.2.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 56 |
| 4.2.2.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 57 |
| 4.2.2.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 59 |
| 4.2.2.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 60 |
| 4.2.3. Düzensizlik durumları..... | 62 |
| 4.2.3.1. A1-Burulma düzensizliği..... | 62 |
| 4.2.3.1.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 63 |
| 4.2.3.1.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 65 |
| 4.2.3.1.3 Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 66 |
| 4.2.3.1.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 67 |
| 4.2.3.1.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 68 |
| 4.2.3.1.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 70 |
| 4.2.3.2. B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)..... | 72 |
| 4.2.3.2.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 73 |
| 4.2.3.2.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 73 |
| 4.2.3.2.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 74 |
| 4.2.3.2.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 75 |
| 4.2.3.2.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 76 |
| 4.2.3.2.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 76 |

| | |
|---|------------|
| 4.2.3.3. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)..... | 77 |
| 4.2.3.3.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 78 |
| 4.2.3.3.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları..... | 79 |
| 4.2.3.3.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 81 |
| 4.2.3.3.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları..... | 82 |
| 4.2.3.3.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 83 |
| 4.2.3.3.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları..... | 85 |
| 4.3. Yapıların Betonarme Hesapları | 86 |
| 4.3.1. Döşemeler | 87 |
| 4.3.2. Kirişler | 87 |
| 4.3.3. Kolonlar | 87 |
| 4.3.4. Temeller | 87 |
| 4.4. Metrajlar..... | 93 |
| 4.4.1. Kalıp Metrajları..... | 93 |
| 4.4.1.1. 3 katlı yapıların kalıp metrajları..... | 93 |
| 4.4.1.2. 5 katlı yapıların kalıp metrajları..... | 94 |
| 4.4.1.3. 7 katlı yapıların kalıp metrajları..... | 95 |
| 4.4.2. Beton Metrajları | 95 |
| 4.4.2.1. 3 katlı yapıların beton metrajları..... | 95 |
| 4.4.2.2. 5 katlı yapıların beton metrajları..... | 96 |
| 4.4.2.3. 7 katlı yapıların beton metrajları..... | 97 |
| 4.4.3. Donatı Metraji..... | 97 |
| 4.4.3.1. 3 katlı yapıların donatı metrajları..... | 97 |
| 4.4.3.2. 5 katlı yapıların donatı metrajları..... | 99 |
| 4.4.3.3. 7 katlı yapıların donatı metrajları..... | 101 |
| 4.4.4. Temel Metraji | 104 |
| 4.4.5. Yapıların Genel Metraji | 104 |
| 4.5. Yapıların Maliyet Hesaplamaları..... | 105 |
| 4.5.1. 3 katlı yapıların maliyet hesabı | 105 |
| 4.5.2. 5 katlı yapıların maliyet hesabı | 106 |
| 4.5.3. 7 katlı yapıların maliyet hesabı | 106 |
| 4.6. Normal ve Hafif Betonlu Yapıların Kıyaslanması | 108 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 123 |
| 6. KAYNAKLAR | 126 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_c : Enkesit alanı, mm^2

A_0 : Etkin Yer İvme Katsayısı

cm: santimetre

C30: 28 gün suda bekletilmiş silindir basınç dayanımı 30 MPa olan beton

E: Elastisite Modülü

E: Deprem yükü, Mpa

e: Birim şekil değiştirme

f_{cd} : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı, MPa

f_{ck} : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı, MPa

f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı, MPa

f_{ctf} : Betonun eğilmede çekme dayanımı, MPa

f_{ctk} : Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı, MPa

f_{yd} : Donatının tasarım akma dayanımı, MPa

f_{yk} : Donatının karakteristik akma dayanımı, MPa

f_{ywd} : Enine donatının tasarım akma dayanımı, MPa

f_c : Basınç dayanımı, MPa (N/mm^2)

G: Ölü yük, Mpa

GPa: Giga Pascal (N/m^2)

I: Yapı Önem Katsayısı

kg: Kilogram

kgf: Kilogram-kuvvet

LC30: 28 gün suda bekletilmiş silindir basınç dayanımı 30 MPa olan hafif beton

MPa: Mega Pascal, N/mm^2

m: Metre

mm: Milimetre

N: Newton

N_d : Tasarım eksenel basınç kuvveti

η_{bi} : i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı

Q: Hareketli yük, Mpa

R: Yapı Davranış Katsayısı

s: Saniye

S_s : Yerel Spectral İvme Katsayısı

$S_{d,s}$: Tasarım Spectral İvme Katsayısı

S420: Donatı akma dayanımı 420 MPa olan donatı

t: ton

T: Periyod

T: Sıcaklık değişimi, büzülme, farklı oturma vb şekil değiştirmelerden kaynaklanan yük, Mpa

TL: Türk Lirası

V_e : Kesme kuvveti, Mpa

W: Rüzgar yükü, Mpa

λ : Isı iletkenlik katsayısı

σ : Gerilme, MPa

ϕ : Donatı çapı, mm

ρ_{min} : Minimum donatı oranı

ρ_t : Boyuna donatı oranı

% : Yüzde

Kısaltmalar

ASTM: Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu

ACI: The American Concrete Institute

BYS: Bina Yükseklik Sınıfı

BKS: Bina Kullanım Sınıfı

CEB-FIB: Uluslararası Yapısal Beton Federasyonu

CEM I 42.5: Çimento dayanım sınıfı 42.5 MPa olan çimento sınıfı

DTS: Deprem Tasarım Sınıfı

NS: Norveç Standartları

pH: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi.

TBDY: Türk Bina Deprem Yönetmeliği

TS: Türk Standardı

TS EN: Türk Standardı Avrupa Standartları

1. GİRİŞ

Hafif betonların, normal betonlardan üstünlüklerinin olduğu bilinmektedir. Bu yüzden sanayisi gelişmiş bir çok ülkede hafif beton kullanımı tercih edilmesine karşın ülkemizde taşıyıcı elemanların hafif betonla üretildiği az/çok katlı yapıların olmadığı görülmektedir. Halbuki ülkemizde hafif beton üretimi yapabilecek kapasitede beton üretim tesisinin var olduğu bilinmektedir. Bu tesislerin yaptığı üretimlerle genellikle düşük dayanımlı ve yalıtım amaçlı olarak üretilmektedir. Taşıyıcı hafif betonun üretiminin ve kullanımının artması için bu beton türünün mekanik özelliklerinin tespitinin doğru ve maliyetinin kullanımı teşvik edici olması gerekmektedir. Hafif betonun fiyatı, normal betonla karşılaştırıldığında genellikle fazla olduğu bilinmektedir, ancak hafif betonla üretilen yapıların ölü yüklerinin ve deprem yüklerinin azalmasından ötürü taşıyıcı elemanlarının boyutlarında küçülme sağlanmasından dolayı yapının toplam maliyetinde azalma olabilmektedir (Kaldı, 2011).

Hafif beton üretiminin maliyetli olması ve geleneksel normal beton üretimine göre daha fazla işgücü gerektirmesinden dolayı beton üretimi yapan tesisler hafif beton üretiminde bir takım soru işaretlerine sahiptirler. Bunların başında üretim maliyetinin yüksek olduğu bir malzemeyi piyasaya sunmanın arz-talep dengesinde getirdiği belirsizliktir. İkinci olarak da bu konuda fazla tecrübeli personelin bulunmamasıdır (Kaldı, 2011).

Hafif beton üretiminin üreticiler için olumsuz yanları olduğu gibi yapılar üzerinde olumlu yanları mevcuttur. Ülkemizin en hayati problemlerinden biri olan depremsellik nedeniyle yapılardaki ölü yüklerin azaltılması gerekmektedir. Bununla birlikte taşıyıcı amaçla kullanılan bu tarz betonların kısmen de olsa ısı yalıtımına katkı sağladığı bilinen bir gerçektir. Bu yüzden ülkemizde doğal hafif agrega kaynaklarının etkin kullanımı için bu tarz özel betonların yaygınlaşması önem taşımaktadır.

Taşıyıcı hafif betonlar, hafif betonun üretimi konusunda, birim kütleleri ve dayanımları konusunda ve yapımlarında kullanılan agregaların konusunda, birçok ülke yönetmeliklerinde ve standartlarında tanımlamaları mevcuttur. Hafif beton, TS EN 206-1 (2000)'de etüv kurusu durumundaki birim hacim ağırlığı, 800 kg/m^3 'ten büyük, 2000 kg/m^3 'ten küçük olan beton olarak tanımlanırken, TS 2511 (1977)'e göre de

karakteristik basınç dayanımı 17 MPa'dan yüksek ve birim hacim ağırlığı da en fazla 1900 kg/m³ olan hafif agregalı betonlar, taşıyıcı hafif beton olarak tanımlanmaktadır. ASTM C330 (1969) ve ACI 213R (1979)'de izolasyon için kullanılacak hafif betonları kuru birim hacim ağırlığı 800 kg/m³'den az, 28 günlük basınç dayanımlarının ise 0.7 MPa - 7 MPa arasında olacak şekilde, taşıyıcı amaçlar içinse hafif betonlarda söz konusu birim hacim ağırlığının 1850 kg/m³ 'den az olmasının (1900 kg/m³'e kadar çıkmasına izin verilmektedir), 28 günlük basınç dayanımının ise 17 MPa'nın altına düşmemesini öneriyorken, CEB-FIB (1980) ise taşıyıcı hafif betonda kuru birim hacim ağırlığının 1900 kg/m³ değerinin geçilmemesini önermektedir. Norveç betonarme yapılar şartnamesi NS 3473 (1989)'de, hafif betonlar için verilen 85 N/mm² değeri, beton sınıfları için birçok şartname tarafından verilen beton sınıflarından daha yüksektir.

Hafif beton, beton teknolojisinde yeni bir gelişme değildir. Yapılarda kullanımı uzun yıllardır var olan bir konudur. Ancak son 50 yıldır, hafif beton kullanımı Belçika, Hollanda, Almanya, İngiltere, A.B.D ve Japonya gibi birçok sanayi ülkesinde çok hızlı bir şekilde artmıştır. Bu ülkelerde hafif betonla inşa edilmiş birçok yapı bulunmaktadır. Taşıyıcı hafif beton, ABD, Avrupa ve Japonya'da köprü kirişleri, köprü ayakları, panel duvar ve kompozit elemanların üretiminde sıkça kullanılmaktadır.

1929'da Southwestern Bell Telephone Company Building (Kansas, A.B.D)'in tasarım aşamasında hafif agrega kullanılarak sağlanan hafifleme ile yapının 14 kat yerine 28 katlı yapılabileceği görülmüştür. Hafif agrağa olarak geliştirilmiş arduvaz agregası kullanılmıştır. 28 günlük basınç dayanımı 24 MPa olan bina o döneme göre çok dikkate değer bir basınç dayanımına sahiptir.

1936'da San Francisco'da inşa edilen Oakland Bay Bridge'in tabliyesinde geliştirilmiş şist agregalı beton kullanılmasıyla 3 milyon \$'lık tasarruf sağlanmıştır. Los Angeles'ta inşa edilmiş bir binada hafif agregalı beton kullanılmasıyla, normal agrega kullanılarak inşa edilmiş betona göre 20800 USD'lik fazla harcama yapılmışken hafif betonda 39000 USD'lik daha az çelik kullanılarak 18200 USD'lik bir tasarruf yapılmıştır (Gündüz, 1998).

ABD'nin Houston kentinde One Shell Plaza Tower binası başlangıçta normal beton ile yapılması ve 35 katlı olması planlanmıştır. Daha sonra, aynı temel derinliği ile 52 katlı hafif beton yapısının yapabileceği düşünülmüş ve planlanan tasarım değiştirilmiştir. Beton yoğunluğu 1850 kg/m^3 betonun basınç dayanımı perde, kolon ve radye temelde 42 MPa döşemelerde ise 23 MPa civarındadır (Chandra and Berntsson 2003).

Avustralya, Sidney'de 1967 yılında tamamlanan "Australia Square" 50 katlı, 184 m yüksekliğinde, beton yoğunluğu 1792 kg/m^3 ve 28 günlük basınç dayanımı 34,3 MPa'dır. Yine aynı ülkede bulunan inşaatı 1967 yılında tamamlanan 'Park Regis' gökdeleni de hafif beton kullanılan yapılardandır.

Avrupa'da ise hafif beton kullanımının ilk örnekleri, 1972 yılında Münih, Almanya'da inşa edilen BMW ana yönetim binasında karşımıza çıkmaktadır. Doğal kum ve geliştirilmiş kil kullanılarak üretilen hafif betonun yoğunluğu 1660 kg/m^3 , 28 günlük basınç dayanımı 410 kgf/cm^2 (41 MPa) olacak şekilde tasarlanmıştır. Nijmegen, Hollanda'da 1970'li yıllarda 'Mass-Well kanalı' üzerine inşa edilen Dukenburg Köprüsü hafif betonun köprülerde kullanımına en güzel örneklerdendir. Beton kum ve geliştirilmiş kil kullanılarak üretilmiştir. Yoğunluğu 1750 kg/m^3 , 28 günlük silindir dayanımı 385 kgf/cm^2 (38.5 MPa)'dır (Gül ve Geçten 1994).

2000 yılında inşaatı tamamlanan Wellington Stadium, Yeni Zelanda'da hafif agrega kullanılmış ilk büyük ölçekli projedir. Öngermeli T kirişler, kolonlar ve merdivenlerde yüksek performanslı hafif beton kullanılmıştır.

Ülkemizde dünyanın kaliteli ve zengin hafif agrega yatakları bulunmaktadır ve yüz ölçümünün %20'si volkanik kayalara sahiptir. Hafif agregalar farklı amaçlar için yurtdışına da ihracatı gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde hammadde olarak hafif agrega bu kadar yaygın bir şekilde bulunmasına rağmen; taşıyıcı niteliği bulunmayan, yalıtım amacıyla kullanılan kagir elemanlar veya hafif paneller niteliğinde olan malzemelerin üretmekten öteye geçememiş olmasının nedeni bu çeşit betonların özelliklerinin geleneksel betonunkiler kadar bilinmiyor olmasıdır.

1.1. Hafif Betonun Olumlu Yönleri ve Olumsuz Yönleri

1.1.1. Hafif betonun olumlu yönleri

- Hafif betonla üretilen elemanların düşük birim ağırlıkları sebebiyle yapıdaki zati yükleri azalmaktadır. Bu azalma ile; betonarme elemanlarının donatısının azalması, betonarme elemanlarının kesitlerinin küçülmesi, temel maliyetinin azalması, kalıp ve iskele maliyetlerinin azalması, taşıma ve yerleştirme maliyetinin azalması mümkün olur.
- Isı iletkenlik katsayısının normal betonun yaklaşık yarısı kadar olmasından dolayı ısı yalıtımı daha iyidir.
- Sıcaklık genleşme katsayısı yaklaşık olarak normal betondan %25 daha düşük olmasından dolayı ses yalıtımında da yararlar sağlamaktadır.
- Hafif betonun kullanıldığı yapılar yoğunluğun azalmasından dolayı depremlerden daha az etkilenir, böylece can ve mal kaybı daha az olur.
- İzolasyon için ikinci bir malzeme gerektirmeyeceğinden ötürü ekonomik sağlamaktadır.
- Yangına dayanıklılıkları normal betonlara göre çok yüksektir.
- Donma-çözölmeye karşı dayanıklılıkları normal betonlara göre daha iyidir (Taşdemir, 1982).
- Betonun birim ağırlığındaki azalma sonucunda kalıba uygulanan basınç azalır (Altun, 2005).

1.1.2. Hafif betonun olumsuz yönleri

- Aşınmaya karşı dayanıksızdır (Altun, 2005).
- Boşluklu olmalarından dolayı mukavemetleri düşüktür. Yüksek mukavemetli beton uygulamalarında bu yüzden tercih edilmez.
- Mekanik özellikleri normal betona göre düşüktür.
- Hafif betonları karıştırma, yerleştirme ve sıkıştırma işlemleri daha fazla özen ister. Kalifiye insan gücü gerektirir.
- Rutubete ve suya karşı yalıtım gerektirir (Altun, 2005).
- Rötne ve sünmelerinin genellikle yüksek olmaktadır (Altun, 2005).
- Beton üretiminde kullanılan agregalar bölgeseldir (Anonim).

- Düşük çekme dayanımına sahip oldukları için daha fazla kayma donatısı gerekir (Taşdemir, 1982).

1.2. Hafif Betonlarda Kullanılan Agregalar

Agrega, beton yapımında kullanılan, organik olmayan, kum, çakıl, kırma taş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemelerdir (Yavuz, 2011). Agregalar, oldukça yaygın olarak kullanılan yapı malzemesi olduğu için yapı maliyetlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden uygun niteliklerdeki agregayı, yeteri kadar ve en yakındaki ocaktan, en ekonomik şekilde elde edebilmesi önemli bir konudur (Akkaş, 2011). Hafif agregalar altı temel grupta sıralanabilir (RILEM, 1975; Neville, 1975;):

- Doğal hafif agregalar: Ponza taşı, volkanik cüruf, volkanik tuf,
- Doğal malzemelerden üretilen yapay hafif agregalar: Genleştirilmiş arduvaz, perlit, vermikülit,
- Endüstriyel atıkların yan ürünü olarak elde edilen agregalar: Cüruf, uçucu kül
- Endüstriyel atıkların işlenmesi ile üretilen hafif agregalar: Genleştirilmiş cüruf, genleştirilmiş uçucu kül, sinterlenmiş uçucu kül,
- Organik hafif agregalar: Hububat tanecikleri, ağaç parçacıkları, ahşap artıkları, Polimer kökenli malzemeler: Genleştirilmiş polistren

1.3. Hafif Betonların Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri

1.3.1. Hafif betonun işlenebilirliği

Betonun işlenebilme özelliği kıvamı ile belirlenmektedir. Hafif betonun kıvamı, betonun kullanımına, yerleştirilmesine, sıkıştırılmasına, iletim olanaklarına (pompa, kova vs.) bağlı olarak dikkat ve titizlikle seçilmesi gerekir (Öztürk, 2012).

1.3.2. Hafif betonun dayanımı

Hafif agregalı betonlardaki dayanım artışı, betonda kullanılan agreganın birim hacim ağırlığı ile bağlantılıdır. Başka bir deyişle, agreganın yoğunluğu arttırıldıkça hafif betonun dayanımı da arttırılabilmektedir (Öztürk, 2012).

Hafif betonda kullanılan hafif agregaların dayanımları bağlayıcının dayanımından daha düşük olduğundan, yüksek dayanımda bağlayıcı kullanılarak hafif betonun dayanımı artırılabilir (Öztürk, 2012).

1.3.3. Hafif betonun kısa süreli yük altında şekil değiştirme

Normal betonlarda, çimento hamurunun elastisite modülü agregalarinkinden daha küçük değerler almaktadır. Hafif agregalı betonlarda ise bu durumun tam tersi olduğu için, hafif agrega ve çimento hamurunun elastisite modülleri arasındaki fark daha küçüktür. Bu farkın düşük olması, iki malzeme arasında iyi bir bağ oluşmasını ve betonun iyi kompozit davranış göstermesini sağlamaktadır (Neville, 1996).

1.3.4. Hafif betonun ısı yalıtım özelliği

Hafif betonların ısıl genleşme katsayısı normal betonlarınkine ile aynı olmasına rağmen içeriğinde bulunan fazla miktardaki hava boşluğundan dolayı ısı iletkenliği çok düşüktür (Yalçınalp, 2000). Normal betonun ısı iletkenliği birim ağırlığına göre 1,4 ile 3,6 W/mK arasında değişirken; hafif beton için bu değer 0,2 ile 1,0 W/mK arasındadır.

1.3.5. Hafif betonun rötre özelliği

Çimento miktarının fazla oluşu ve agrega rijitliğinin düşüklüğü rötreyi artırır. Gerçek E/C oranı değerinin az oluşu ise bunu önleyen bir etki yapar. Sonuçta agreganın rijitliğine bağlı olarak normal betonunkine oranla, çok zayıf agregalar için %20 oranında daha fazla rötre değerleri görülür (Anonim).

1.3.6. Hafif betonun su emme miktarı

Hafif beton, normal betona oranla %12-22 arasında daha fazla su emdiği görülmüştür. Hafif betonlarda gözlemlenen su emme değerindeki artış kullanılan beton karışımında kullanılan agreganın su emme özelliklerinden etkilenmektedir. Hacimce fazla gözenek yapısına sahip agregaların su emmesi de fazladır. Agreganın bu özelliği doymamış ya da kısmen doymuş agregalar ile üretilen betonların işlenebilirlik, birim

ağırlık, ısı yalıtımı ve donma direnci gibi özelliklerine de tesir etmektedir (Clarke, 1993).

1.3.7. Hafif betonun ses emme katsayısı

Havadaki ses enerjisi betonun çok küçük kanallarında ısıya dönüştürülmesinden dolayı hafif betonun ses emme özelliğinin iyi olduğu belirtilmiş, dolayısıyla normal betonun ses emme katsayısının hafif betonun yarısı kadar olduğu gözlemlenmiştir. Betonun yoğunluğu arttıkça ses emmesi de kötüleşmektedir (Konuk, 2003).

1.3.8. Hafif betonun donmaya dayanıklılığı

Hafif agregada içindeki boşluklar su ile dolu olmamak şartıyla, donmaya dayanıklılık bakımından, hava sürüklenmiş bir betondaki gibi yararlı olduğu hava katkılı hafif betonların donmaya karşı normal betonlara göre daha fazla veya eşit dayanım gösterdiği, genel olarak çimento oranının artması ve toplam su oranının azalmasının betonun bu özelliğini iyileştirdiği belirtilmektedir (Anonim).

1.3.9. Hafif betonun yangına dayanıklılığı

Hafif beton yapılarının ısı yalıtımının yüksek ve ısıl genişlemesinin daha düşük olması bu yapıların normal betonlu yapılara göre üstün bir yangın dayanıma sahip olmasını sağlamaktadır. Hafif betonların yangına dayanım süresi normal betonlarınkinden %20-30 daha fazladır (Konuk, 2003).

1.3.10. Hafif betonun elastisite modülü

Hafif betonların elastisite modülü basınç dayanımı, agregada çeşidi ve katılma kum miktarına bağlı olarak $9.9 \cdot 10^4$ - $2.1 \cdot 10^5$ kgf/cm² arasında değerler alabilmektedir. Hafif betonların elastisite modülü genel olarak aynı dayanımdaki normal betona kıyasla %20-50 arası daha düşük olabilir (Türkmen, 1997).

Betonun elastisite modülü, çimento matrisin elastisite modülüne, agregada tipine, su/bağlayıcı oranına ve çimento hacmiyle ilişkilidir. Betonun sahip olduğu en yüksek gerilme değeri azaldıkça, sahip olduğu doğrusal bölge de gerilme değerine bağlı olarak

azalmaktadır. Buna bağlı olarak da elastisite modülü daha düşük değerler alabilmektedir. Normal betonla karşılaştırılacak olursak, hafif agregaların daha kırılğan yapıda olmaları, aynı bileşenlere sahip olsalar da normal agregalı betondan daha düşük basınç gerilmesine sahip olmaktadır. Dolayısıyla aynı gerilmeler altında hafif betonların şekil değiştirme kabiliyetleri de daha fazla olmaktadır. Sonuç olarak hafif agregalı betonların elastisite modülü değerleri normal agregalı betonların sahip olduğu elastisite modülüne göre daha düşük değerler almaktadır (Haque ve diğer., 2004).

1.3.11. Hafif betonun donatı çeliği ile aderansı özelliği

Beton ve donatı arasındaki aderans genel olarak betonun basınç ve çekme dayanımının bir işlevidir (Kocaman, 2000). Hafif beton-donatı aderansı konusunda gerçekleştirilen çalışmalar ise sınırlıdır. Sınırlı olsa da bu deneylerden elde edilen sonuçlar çoğunlukla hafif beton–donatı aderansının normal beton-donatı aderansından %20 oranında daha az olduğunu göstermektedir. Buna karşın aradaki farkın düz yüzeyli donatılara göre nervürlü donatılardan ve küçük çaplı donatılara göre büyük çaplılarda azaldığını göstermektedir. Hafif betonların çimento hamuru-agrega bağlantısı üzerine yapılan bir araştırmada, agrega-çimento hamuru aderansına ilişkin dayanımın genellikle agreganın çekme dayanımından daha yüksek olduğu ve çimento hamuru dayanımda daha az etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Kocaman, 2000). Bu yüzden Alman yönetmeliği gibi yönetmeliklerde donatı çapı 22 mm ile sınırlandırılmıştır. Bazılarıysa bu şekil bir sınırlandırmanın yerine büyük çaplı donatılar için aderans emniyet gerilmelerini azaltmayı tercih etmektedir (Hüsem, 1995).

1.3.12. Hafif betonun aşınma dayanımı

Normal betondaki gibi, hafif betonlarda da aşınma direnci basınç mukavemetiyle artmaktadır. Fakat beton kütlesi agregalar ortaya çıkacak kadar aşırıysa hızlı bir şekilde zayıflayacaktır. Yumuşak iri taneli agregalarla sert ince taneli agregaların karıştırılması, harç kalitesinin artırılması ve yüzey betonunun iyileştirilmesi suretiyle aşınma direnci artırılabilir (Clarke, 2010).

1.4. Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, örnek bir projenin 3 katlı, 5 katlı ve 7 katlı olarak hem normal betonla hem de taşıyıcı hafif betonla imal edilerek kullanılması durumu karşılaştırılmış ve bu karşılaştırmaya göre taşıyıcı hafif betonun ve normal beton kullanımının getireceği yapıdaki zati ağırlığında meydana gelecek değişiklikler, bu değişikliklerin kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanların kesit boyutlarında meydana getireceği değişiklikler, bu etkilerin yapı maliyeti üzerindeki etkisi ve bunlarla beraber taşıyıcı hafif betonun yapısal özellikler üzerinde meydana gelebilecek değişiklikler incelenmiştir.

Taşıyıcı hafif beton kullanılarak üretilmiş az katlı bir yapı tasarlanarak statik hesapları gerçekleştirilmiş ve geleneksel normal betonla imal edilmiş bir yapı ile taşıyıcı hafif betondan imal edilmiş olan benzer yapı arasındaki maliyet farkı belirlenmiştir. Bunlardan ayrı olarak kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanlarda da maliyetten ayrı olarak yapısal farklılıklar da incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, aynı tasarımdaki binalarda hafif beton kullanımının hem yapısal, hem de ekonomik yönlerini ortaya sürmesi bakımından inşaat sektörüne faydalı olacak bilgiler barındırmaktadır. Yapılmış olan yüksek lisans tez konusunun yapısal analiz ve maliyet analizi gibi farklı alanlardaki sonuçlarını birlikte içermesinden ötürü ortaya çıkan sonuçların bilim dünyasında ilgi çekici olması beklenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Öztürk (2019), çalışmasında son yıllarda hem Türkiye hem de yurtdışındaki hafif betonla alakalı yeni bulguların literatür taraması yapılarak güncel verileri elde etmiştir. Hafif betonun genel özelliklerini, kullanım alanlarını, avantajlarını ve dezavantajlarını farklı parametrelerle belgelemiştir. Normal betonla hafif betonun mukavemet, donatı aderansı dolayısıyla betonarme karşılaştırılmasını yapmıştır.

Akçekale ve Temiz (2014) tarafından ponza agregası kullanarak üretilen hafif beton numunelerin yalıtım özellikleri ve dayanım araştırılmışlardır. Ayrıca ahşap talaşı, uçucu kül ve öğütülmüş portakal kabuğu kırıntısından katkı maddesi olarak yararlanılmışlardır. Deneysel sonuçlara göre ahşap talaşı, uçucu kül ve portakal kabuğu kırıntısının pomzalarla birlikte kullanılmasıyla ısı yalıtımı ve ses yalıtımı iyi bir malzeme üretmişlerdir.

Zandi (2012), çalışmasında taşıyıcı hafif betonla üretilen tekparça ve prefabrike yapı elemanlarının davranışlarını teorik ve deneysel olarak incelemiştir. Çalışmasında geliştirilmiş perlit agregasının kullanımı ile taşıyıcı hafif beton üretimini araştırmıştır. Yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda üretilen taşıyıcı hafif betonun, üretilebilirliği, donatı-beton aderansı, üretilen betonarme kiriş ve kolon elemanlarının, eğilme ve merkezi basınç etkisindeki davranışları dikkate alındığında, tekparça ve prefabrike yapılarda kullanılabileceği tespit etmiştir.

Koçal ve Özturan (2011), çalışmalarında uçucu küllü hafif agrega ile ürettikleri hafif betonun dayanıklılığını araştırmışlardır. Beton üretiminde, çimento yanında bentonit, cam tozu ve silis dumanı kullanmışlardır.

Kaldı (2011), yaptığı tez çalışmasında taşıyıcı hafif betonun çok katlı yapılarda kullanımının etkilerini araştırmıştır. Ayrıca bu araştırmada yapının normal betonlu kullanımındaki özellikler ve analizler de incelenmiş ve aynı beton dayanımına sahip normal ve taşıyıcı hafif betonlu yapılar karşılaştırılmıştır.

Kap ve Subaşı (2009), yaptıkları çalışmada geliştirilmiş kil agrega kullanılarak üretilen hafif betonun yapı davranışını ve kaba yapı maliyetine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda yapıda normal beton yerine geliştirilmiş kil agregası kullanımı yapının zati ağırlığının %42 azaldığını, bu azalış sayesinde zemine gelen yükün yaklaşık 1,9 t/m² azaldığını, yapı elemanlarının kesitleri %15, yapı temel kalınlığının %33, yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin %15 azaldığını ve kaba yapı maliyetinin de normal betona göre %0,3 azaldığını tespit etmişlerdir.

Türkel ve Kadiroğlu (2007), Kayseri ili bölgesine ait pomza agregasını temin edilerek taşıyıcı özeliği sağlayan hafif betonlar üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Üretilen hafif beton karışımlarında hidrolik bağlayıcı olarak CEM I 42.5 çimentosu ve mineral katkı olarak uçucu kül ve silis dumanı kullanmışlardır. Hafif betonlar üzerinde taze durumda iken birim hacim ağırlık, hava içeriği ve çökme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sertleşmiş hafif betonların ise yarmada çekme dayanımı basınç dayanımı ve eğilme dayanımı belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, pomza agregası kullanılarak üretilen hafif betonlar, TS EN 206-1 standardında hafif betonlar için belirtilen LC 20/22 ve LC 25/28 dayanım sınıflarını sağlamıştır. Ayrıca bu çalışmada ACI 213R-87’de belirtilen taşıyıcı hafif betonlar için 17.2 MPa dayanım değerinin çok üzerinde bir dayanıma sahip taşıyıcı hafif beton üretilebileceğini göstermiştir.

Kılıçarslan vd (2007), yaptıkları çalışmada yüksek dayanımlı hafif betonların taşıyıcılık özelliklerini araştırmışlardır. C30 sınıfında hafif ve normal beton üreterek basınç ve eğilme dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Aynı dayanım sınıfın olup %30 daha hafif olan, basınç dayanımı 30.86 N/mm^2 ve 1730 kg/m^3 birim hacim ağırlığına sahip hafif beton elde etmişlerdir. Normal ağırlıkta beton, donatılı ve donatısız yapılan deneylerde yaklaşık %10 daha yüksek eğilme dayanımı sağlanmıştır.

2007’de yüksek sismik aktivite ve zayıf zemin koşullarında inşa edilen mühendislik yapısı New Benicia Martinez Bridge’in tasarımında; diğer tüm alternatifler içinde, hafif agregalı yüksek performanslı beton’dan öngermeli beton segment üretimi seçeneği kabul görmüştür.

Türkmen ve Kantarcı (2006), yaptıkları çalışmada, hafif agregaya katkılı betonlarda dayanımın, betona eklenen hafif agregaya miktarının artmasıyla azaldığını belirlemişlerdir.

Maraşlı (2005)’de yaptığı çalışmada Türkiye’de çok katlı tünel kalıp sistemle imal edilen konutlarda hafif betonun uygulanabilirliğinin ev yapımının araştırılmasını statik-betonarme programların yardımıyla incelemiştir.

Kayali (2005), yaptığı çalışmada, uçucu külün sinterleştirilmesiyle elde edilen agregayı kullanarak yüksek dayanımlı hafif beton üretmiştir. Üretilen betonun; hafif, düşük poroziteli, yüksek dayanım ve dayanıklılığa sahip olduğunu Çalışmasında söz konusu agregaya kullanılarak, 370 kg çimento ile 67 MPa basınç dayanımına sahip hafif beton üretiminin mümkün olduğunu belirtmektedir.

Gündüz ve Uğur (2005), yaptığı çalışmada pomza agregası ile mineral ve akışkanlaştırıcı katkı kullanmaksızın taşıyıcı hafif beton üretilebilirliğini

araştırmışlardır. Bunun için agrega ve çimento oranlarında farklı karışımlar hazırlayarak ve kuru birim kütlesi 1270 kg/m^3 , 28 günlük basınç dayanımını 28 MPa, statik elastisite modülünü 11.129 MPa ve çekme dayanımı 6.38 MPa olan betonlar üretmişlerdir.

Chen ve Liu (2004) yaptıkları araştırmalarında yüksek dayanımlı hafif betonlarda liflerin etkilerine bakmışlardır. Bu çalışmada ise liflerin taze betonun işlenebilirliğini, kıvam ve segragasyonu azalttığını açıklamışlardır. Taze olmayan yani dayanım almış betonlarda ise dayanım ve süneklik artışını sağladığı belirtilmiştir.

Doğan ve Şener (2004), yaptıkları çalışmalarında ısı yalıtımlı malzemelerin yapılardaki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada 10 katlı ve 40 daireli bir yapıda hafif malzeme kullanılarak sağlanacak sıva tasarrufunun 104 m^3 olduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde hafif malzeme kullanılarak yapılarda 230 tonluk zati yükten hafiflik sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca normal betona göre perlit agregalı betonun 10 kat, pomza agregalı betonun ise 7 kat daha iyi yalıtımlı olduğunu söylemişlerdir. Üstelik pomza ve perlit yataklarının iyi bir bölgesel dağılıma sahip olduğunu da vurgulamışlardır.

Kılıç vd (2003), scoria agregası ve mineral katkı kullanarak yüksek dayanımlı hafif beton üretilebilirliği üzerinde çalışmıştır. Çalışmada, hava kurusu birim hacimkütleleri 1800 ile 1850 kg/m^3 arasında değişen ve uçucu kül katkılı betonlarda 28 günlük basınç dayanımı 30 MPa, silis dumanı katkılı betonlarda ise 40 MPa' a ulaşmışlardır.

Chang, Chi, Yang ve Huang (2003), yaptıkları çalışmada agrega özelliklerinin hafif beton dayanımına, elastisite modülüne ve rijitliğine etkisini araştırmışlardır. Farklı 3 tip agrega, değişik oranlarda uçucu külü beton yapımında kullanmışlardır. Deneysel veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş, sonuç olarak agreganın özellikleri ve su/çimento oranının basınç dayanımını ve elastisite modülünü önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir.

Altun (2003), çalışmasında normal agregalı beton ve Erciyes Dağı etrafından alınan iri bims agrega ve Kocahacılı Köyü etrafından alınan bims kumu karışımından elde ettiği hafif betonlu projelerin kolon, kiriş ve döşemelerin boyutlarını belirlemiş, taşıyıcı çerçevenin üç boyutlu dinamik ve statik analizlerini yapmıştır. Kiriş ve döşemelerdeki maksimum deplasmanları ve katlardaki yanal deplasmanları irdelemiştir. Normal betonlu ve hafif betonlu tasarımlarda binanın beton ve donatı çeliği metrajlarını hesaplamıştır.

2000 yılında tamamlanan Wellington Stadium, Yeni Zelanda'da hafif agrega kullanılmış ilk büyük ölçekli projedir. Öngermeli T kirişler, kolonlar ve merdivenlerde yüksek performanslı hafif beton kullanılmıştır.

Yanai ve ark. (1999), kendiliğinden yerleşebilen yüksek dayanımlı hafif beton üretimi üzerinde çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada hafif betonun özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerin su-çimento oranı, iri agreganın birim hacim ağırlığı, matrisin birim hacim ağırlığı olduğunu açıklamışlardır. Bu değişkenler değiştirilerek kendiliğinden yerleşebilen, donma çözülme mukavemeti yüksek, segregasyon direncine sahip ve basınç dayanımı 60MPa olan hafif beton üretiminin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Faust ve Konik (1997), yüksek dayanımlı hafif beton üretiminde, farklı hafif agrega, granülometri ve çimento miktarları kullanmışlar ve birim hacim kütlesi 1000-2000 kg/m³ ve basınç dayanımı 15-100 MPa arasında değişen hafif beton üretiminin olanaklı olduğunu göstermişlerdir.

Hüsem (1995), çalışmasında Doğu Karadeniz Bölgesi doğal hafif agregaların birisiyle yapılan hafif betonu norma betonla karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Elde ettiği bulgular, Doğu Karadeniz Bölgesi doğal hafif agregaların birisiyle gerçekleştirilen hafif betonun tekparça ve prefabrike beton yapılarında kullanılabilceğini ve kullanımın birçok yönden normal beton kullanımına göre daha uygun olduğunu tespit etmiştir.

Ayberk (1995), perlitin yalıtım ve yangına dayanım özellikleri ile yapılarda farklı kullanımları üzerinde araştırma yapmıştır. Bu çalışmada perlitin kullanılması ile yapılarda zati yükün azaldığı (yapı yükünü azaltması), alan kazandırıldığı ve yakıt tasarrufu sağlandığını belirlenmiş ve buna bağlı olarak da yapı maliyetlerinin de azaldığını ifade etmiştir.

1995'de tamamlanan Heidrun Offshore Oil Platform dünyada yüzen ilk açık deniz petrol platformudur, kablolar ile 345 m derinlikteki zemine ankre edilmiş, 60 MPa dayanımlı 58000 m³ hafif agregalı beton kullanılmıştır.

1992'de inşa edilen Bank of America Corporate Center'in kiriş ve döşemelerinde, hem gerekli hafiflemeyi sağlamak hem de gerekli yangın dayanımını sağlamak amacıyla yüksek dayanımlı hafif agregalı beton kullanılmıştır. 28 günlük basınç dayanımı 48 MPa, birim hacim ağırlığı 1890 kg/m³'dür.

Zhang ve Gjorv (1991) yaptıkları çalışmada, yüksek dayanımlı hafif beton üretiminde dayanıma etkiyen en önemli özelliğin hafif agreganın dayanımı olduğu belirlemişlerdir.

Smadi ve Migdady (1990), Doğal tuf agregası kullanarak, 90 günlük basınç dayanımı 60 MPa olan yüksek dayanımlı hafif beton üreterek bu betonların betonarme ve öngerilmeli betonarme elamanların üretiminde kullanılabileceğini belirtmişleridir.

Cengizhan (1986), pomza agregasıyla yaptığı taşıyıcı betonların, basınç ve çekme dayanımlarına, elastisite modülüne ve gerilme-şekil değiştirme ilişkilerine etkiyen faktörleri ve bu betonun dayanımının zamanla değişimini ve rötire özelliklerini incelemiştir. Taşıyıcı betonla yaptığı betonarme kirişlerin kesme, eğilme ve sünme davranışlarını incelemiş ve pomza agregasının taşıyıcı betonun üretiminde kullanılabileceğini belirlemiştir.

Argunhan (1984), süper akışkanlaştırıcı katkı maddesinin, iri pomza agregası ve normal kum ile kullanarak hafif betondan üretilmiş betonarme elemanların özelliklerine etkisini incelemiştir. Taşıyıcı hafif betonlu kirişlerde katkı maddesi kullanılmasının taşıma gücünde önemli bir artış sağlamadığını belirtmiştir.

The Concrete Society –Lightweight Concrete Committee (1979), yapılan çalışmada hafif betondan üretilen döşeme betonları ekonomiklik yönünden normal beton ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda %14'e varan ekonomiklik sağlandığı görülmüştür.

1972 yılında inşa edilen BMW ana yönetim binasında doğal kum ve geliştirilmiş kil kullanılarak üretilen hafif beton yoğunluğu 1660 kg/m^3 , 28 günlük basınç dayanımı 410 kgf/cm^2 (41 MPa)'tır.

1972 yılında Almanya'nın Obertsdorf bölgesinde inşa edilen kayak atlama platformu hafif beton kullanılarak inşa edilen bir yapıdır. Dağ zirvesinde olduğundan dolayı rüzgardan başka kendi ağırlığı yüklemenin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Yapıda kullanılan hafif betonun yoğunluğu 1800 kg/m^3 , 28 günlük basınç dayanımı 450 kgf/cm^2 (45 MPa)'tır.

Kong ve Robins (1971), yaptıkları çalışmaya göre, hafif agrega ile yapılan betonarme yüksek kirişlerin kırılma yükleri normal betonlu yapılardan küçük, çatlama yüklerinin ise daha büyük olduğu belirlemişlerdir.

1971'de tamamlanan 50 katlı One Shell Plaza (Houston, A.B.D), o dönem dünyanın en yüksek betonarme yapısı olarak kayıtlara girmiştir. Tüm taşıyıcı elemanları hafif agregalı beton ile yapılmış ilk yapıdır ve tüp-içinde-tüp sistemin ilk örneklerinden biridir. Houston'ın zayıf zemin koşulları, normal agregalı beton ile ancak 35 katlı bir yapıya uygundu; 2.5 m kalınlıklı radye temel üzerine, hafif agregalı beton kullanılarak 35 yerine 50 kat çıkılabilmektedir. Hafif agregalı betondan dolayı çekirdek ve çevre

kolonlar arasındaki farklı rötre, sünme düzeylerini kontrol etmek için, tüm düşey taşıyıcı sistem elemanlarında aynı gerilmelerin oluşması esas alınmıştır.

1970’li yıllarda ‘Mass-Well kanalı’ üzerine inşa edilen Dukenburg Köprüsü kum ve geliştirilmiş kil kullanılarak üretilen hafif beton ile inşa edilmiştir. Yoğunluğu 1750 kg/m^3 , 28 günlük silindirik dayanımı 385 kgf/cm^2 (38.5 MPa)’dır.

1969’da Coronado Bridge (San Diego, A.B.D)’in öngermeli kirişlerinde kullanılmıştır. 1840 kg/m^3 hava kuru yoğunluk ve 40 MPa ’a kadar basınç dayanımı elde edilmiştir. Kirişlerde sağlanan hafifleme ile nakliye 160 km uzaklığa yapılmıştır, 35 m . açıklığa kadar kirişler tırlar ile, daha uzun olanlar tren ile taşınmıştır.

1967’de tamamlanan 50 katlı, 184 m yüksekliğindeki “Australia Square”ın beton yoğunluğu 1792 kg/m^3 ve 28 günlük basınç dayanımı $34,3 \text{ MPa}$ ’dır.

1967’de Chiago’da inşa edilen Lake Point Tower hafif betonun kullanıldığı bir başka yapıdır.

Sükan (1966), ülkemizde bulunan bazı doğal hafif agrega çeşitlerini ve bunların fiziksel özelliklerini belirlemiştir. Sonrasında, bu agregalarla ürettiği betonların 7 ve 28 günlük basınç ve çekme dayanımlarını saptamıştır.

Erciyes (1963), yaptığı çalışmada pomza agregası ile ürettiği beton duvarların özelliklerini incelemiştir.

1962 yılında tamamlanan Dulles Airport (Virginia, A.B.D)’un çatı kabloları arasına ön üretimli yapay hafif agregalı $2.5 \text{ cm} \times 3 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ boyutlarında 1800 adet beton döşeme plağı yerleştirilmiştir.

1962’de inşa edilen 65 katlı Marina City Towers’da (Chicago, A.B.D) öz ağırlığı azaltmak için döşeme ve kirişlerde $21-23 \text{ MPa}$ dayanımlı hafif agregalı beton kullanılmıştır.

1961’de Nevada Çölü’ndeki atom bombası testinde (Yucca Flats) 1400 m mesafedeki tek katlı hafif agregalı beton bloklardan donatılı yığma yapı ile hafif agregalı betondan ön üretimli yapı, diğer yapıların aksine, şok tesirini çok hafif şekilde atlatmıştır.

Niederhoff (1949), hafif beton üretiminde pomza agregasını ilk kullanan araştırmacılardandır. Araştırmacı, pomza agregasıyla yaptığı hafif betonun özelliklerini ve yapısal davranışlarını incelemiştir.

Kluge vd (1949), “Konut ve Konut Finansmanı Ajansı”nın desteğiyle, National Bureau laboratuvarlarında hafif agrega türlerinin büyük bir kısmıyla beton üretmişler ve

bu betonların özelliklerini belirleyerek, hangi tip hafif agreganın beton üretiminde kullanılabileceğini araştırmışlardır.

1936'de San Francisco'da inşa edilen Oakland Bay Bridge'in tabliyesinde geliştirilmiş şist agregalı beton kullanılarak 3 milyon \$ tasarruf sağlanmıştır.

Richart ve Jensen (1930), çalışmalarında hasar görmüş köprü tabliyelerini ve yapı çerçevelerini hafif beton kullanarak onarmışlardır.

1929'da Southwestern Bell Telephone Company Building (Kansas, A.B.D)'in tasarım aşamasında hafif agrega kullanılarak sağlanan hafifleme ile yapının 14 kat yerine 28 katlı yapılabileceği görülmüştür. Genleştirilmiş arduvaz agregası kullanılmış, 28 günlük 24 MPa basınç dayanımı, o döneme göre çok dikkate değer bir basınç dayanımıydı. Bu yapı, sonraki 80 yıl boyunca hafif agreganın kullanım avantajları açısından örnek olarak gösterilmiştir.

1929 yılında tamamlanan 28 katlı Chase-Park Plaza (St. Louis, A.B.D), hafif agreganın taşıyıcı sistemde kullanıldığı ilk yüksek yapı olarak kabul edilmektedir. Hem çerçeve sistemde, hem de döşeme sisteminde kullanılmış, aynı zamanda yangın geciktirici olarak da işlev görmüştür.

1920 yılında tamamlanan 14 katlı Oak Tower (Kansas, A.B.D) daha sonraları yeni katların inşasına ihtiyaç duyulmuş, yapılan analizlerde normal agregalı beton ile ancak 6 kat ilave edilebileceği görülmüş, onu yerine hafif agregalı beton kullanılarak yapıya 14 kat daha ilave edilebilmiştir.

J.Hayde, yaptığı çalışmalar sonucunda geliştirilmiş şist türündeki hafif agreganın patentini almıştır (1918). Bu gelişme, doğal hafif agregalarla kıyaslandığında istenen performans düzeyine daha kolay ulaşabilen; üretimi, tane biçimi ve ebatı kontrol altında olan, daha yüksek mukavement elde edilebilen yapay agregayı uygulama alanına sokmuştur. Proje kapsamında donatılı-hafif agregalı betondan 22 gemi üretilmiştir. En büyüğü 1919'da denize indirilen 130 m ve 6340 tonluk SS Selma idi. 1917-1920 döneminde normal agregalı yapılarda beton dayanımı sadece 17 MPa iken, hafif agregalı-donatılı beton gemilerde 1760 kg/m^3 yoğunluk ile 38 MPa basınç dayanımı ve 23 GPa elastisite modülü elde edilmiştir.

Londra'da bulunan Redbridge Magistrates Mahkeme Binası, New London Architecture (NLA) binası, National Westminster Bank yapıları İngiltere'de bulunan yapılara örnek olarak verilebilir.

New York John F. Kennedy International Airport' da TWA binasının kabuk çatısı taşıyıcı hafif beton kullanımına başka bir örnektir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu bölümde projesi hazırlanmış yapının statik hesaplaması yapılırken kullanılan bilgisayar programından, yapı ve beton ile ilgili genel bilgilerden, yapı elemanlarının boyutlandırılması ve donatılması sırasında dikkat edilmesi gereken hususlardan, kullanılan malzemelerin ilgili standart ve yönetmeliklerde aranan şartlara uygun olup olmadığına değinilmiştir.

3.1.1. Statik Hesaplarda Kullanılan Bilgisayar Programı

Konvansiyonel kalıp sistemi ile yapılmış 3 katlı, 5 katlı ve 7 katlı binaların normal ve hafif betonlu olarak iki ayrı şekilde STA4CAD v14.1 Structural Analysis for Computer Aided Design kullanılarak statik hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada C30/37 ve LC30/33 benzer dayanımlar vermesine rağmen TS EN 206-1 (2000)'e göre farklı beton sınıflarında olduklarından dolayı karakteristik basınç değerleri farklıdır ve statik hesap programına basınç dayanımları manuel girilemediğinden hesaplarda TS EN 206-1 (2000)'e göre aynı sınıfta olan LC30/33 ile C30/37 betonları kıyaslanmıştır.

Sta4CAD, ülkemizde bulunan STA firmasına ait inşaat mühendisliğine yönelik endüstriyel çok katlı bina tasarım sistem yazılımıdır.

Sta4CAD; çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgâr ve betonarme analizini entegre olarak yapma amaçlı kullanımlar için üretilmiştir. Tamamıyla ülkemizdeki deprem yönetmelikleri ve inşaat ile ilgili diğer yasalara ve standartlara uygun olarak hesaplamalar yapabilmektedir.

Sta4CAD yazılımı, her türlü çelik ve beton için; döşeme elemanlarını, kiriş elemanlarını, kolon elemanlarını, temel elemanlarını, istinat duvarı ve deprem izolatörlerinin hesaplamalarını yapabilme yeteneğine sahiptir.

Program, statik analizde rijit kat diyaframını dikkate almakta, her noktada 6 serbestlikli 3 boyutlu stiffness metodu ile kullanılmaktadır. Plan aplikasyon olarak grafik

ortamda girilen yapı bilgileri, eş zamanlı olarak planda ve 3 boyutlu görüntüde işlenmektedir.

Statik ve dinamik sonlu elemanlar analizi, dizaynı, çizimi ve metrajı ile yapısal modelleme, yük hesapları, onarım ve güçlendirme projeleri, betonarme hesapları, temel sistemleri, interaktif/otomatik çizimler gibi temel inşaat mühendisliği alanlarında tam katkı veren bir yazılımdır.

Statik hesabı yapılacak olan yapının program ile analizinde aşağıdaki adımlar uygulanmıştır.

- 1. Yapı Modelinin Oluşturulması:** İlk olarak uygulanan bu adımda Sta4CAD programı içerisindeki şablonlar kullanılarak;
 - Yapının aksları,
 - Yapının kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanları,
 - Duvar gibi taşıyıcı olmayan elemanlarıtanımlanarak sistem modeli oluşturulmuştur.
- 2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması:** Sta4CAD programında standartlara göre hazır olarak verilmiş beton ve donatı çeliğinin sınıfları yapıda kullanılacak özelliklere göre ayarlanmıştır. Kullanılacak özellikler Bölüm 3.1.2.'de verilmiştir.
- 3. Eleman Boyutlarının Tanımlanması:** Sta4CAD programında yapı elemanlarının oluşturulması seçeneği kullanılarak kolon, kiriş gibi elemanların boyutlandırılması işlemi gerçekleştirilmiştir.
- 4. Yüklerin Tanımlanması:** Sta4CAD programında yük tanımlama menüsünden elemanlara etkiyen ölü ve hareketli yükler tanımlanmıştır.
- 5. Analiz:** Sistem modelinin malzeme, kesit özellikleri ve yükleme işlemlerinin tanımlanmasından sonra analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanlarının boyutlarının yeterli olup olmadığının

tespiti, elemanlarda kullanılacak donatı miktarları gibi veriler program üzerinden alınıp excel tablolarına aktarılmış ve aktarılan işlemler karşılaştırılmıştır.

3.1.2. Yapılara Ait Genel Bilgiler

Bu bölümdeki hesaplamaların tamamı Türk Deprem Yönetmeliği 2018, Türk Standartları 500 ve ilgili tüm yönetmeliklerde aranan şartlara uygun olarak yapılmıştır.

Yapıların Genel Geometrik Bilgileri

Yapıların genel geometrik bilgileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yapıların genel geometrik bilgileri

| Genel Geometrik Bilgiler | 3 Katlı | 5 Katlı | 7 Katlı |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Yapı Yüksekliği (m) | 9.00 | 15.00 | 21.00 |
| Rijit Bodrum Üstü Yapı Yüksekliği (m) | 9.00 | 15.00 | 21.00 |
| Rijit Bodrum Katı Sayısı | 0 | 0 | 0 |
| Rijit Bodrum Katı Sayısı | -1 | -1 | -1 |
| Maksimum Kat Yüksekliği (m) | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Maksimum Kiriş Açıklığı (m) N. Beton | 4.58 | 4.58 | 4.58 |
| Maksimum Kiriş Açıklığı (m) H. Beton | 4.83 | 4.83 | 4.83 |
| Rijit Diyafram Sayısı | 3 | 5 | 7 |
| Planlanan Kullanım Türü | Konut | Konut | Konut |

Yapılara Ait Deprem Parametreleri

Yapılara ait deprem parametreleri aynıdır ve Çizelge 3.2.’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yapıların deprem parametreleri

| Deprem Parametreleri | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| Yapı Önem Katsayısı [I] | 1 |
| Yapı Davranış Katsayısı [RX / RY] | 8 |
| Süneklik düzeyi [X / Y] | Yüksek |
| Deprem Yer Hareketi Düzeyi | DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10 |
| Yerel Spectral İvme Katsayısı (Ss) | 0.995 |

| | |
|--|-------|
| Yerel Spectral İvme Katsayısı (S1) | 0.262 |
| Tasarım Spectral İvme Katsayısı (Sds) | 1.194 |
| Tasarım Spectral İvme Katsayısı (Sd1) | 0.393 |
| Sistem Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) | 3 |
| Deprem Tasarım Sınıfı [DTS] | 1 |
| Bina Yükseklik Sınıfı [BYS] | 7 |
| Bina Kullanım Sınıfı [BKS] | 3 |

Hesaba Katılan Mod Sayısı yeterlidir. Hesaba 3 katlı yapı için 9 mod, 5 katlı yapı için 15 mod ve 7 katlı yapı için 21 mod katılmıştır

Zemine Ait Parametreler

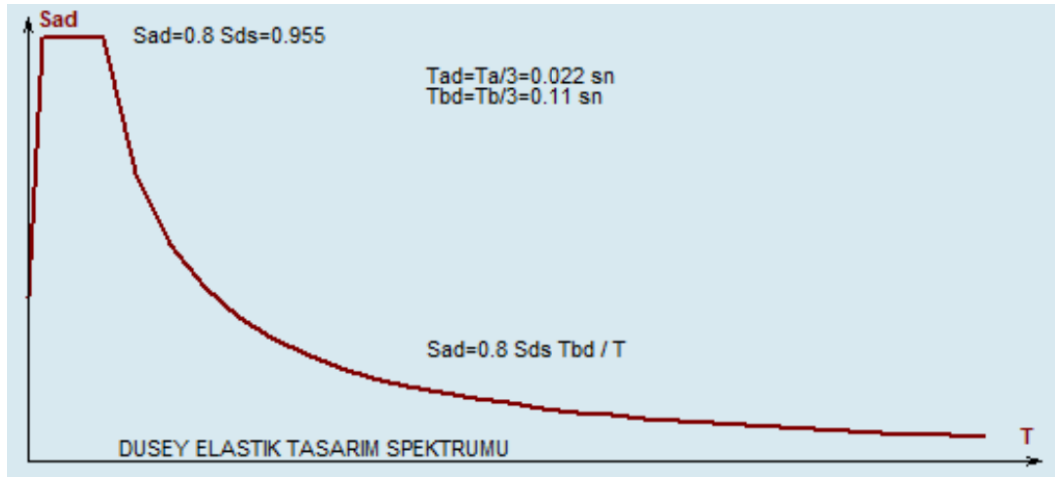
Yapıların zeminine ait parametreleri aynıdır ve Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Yapıların zeminine ait parametreler

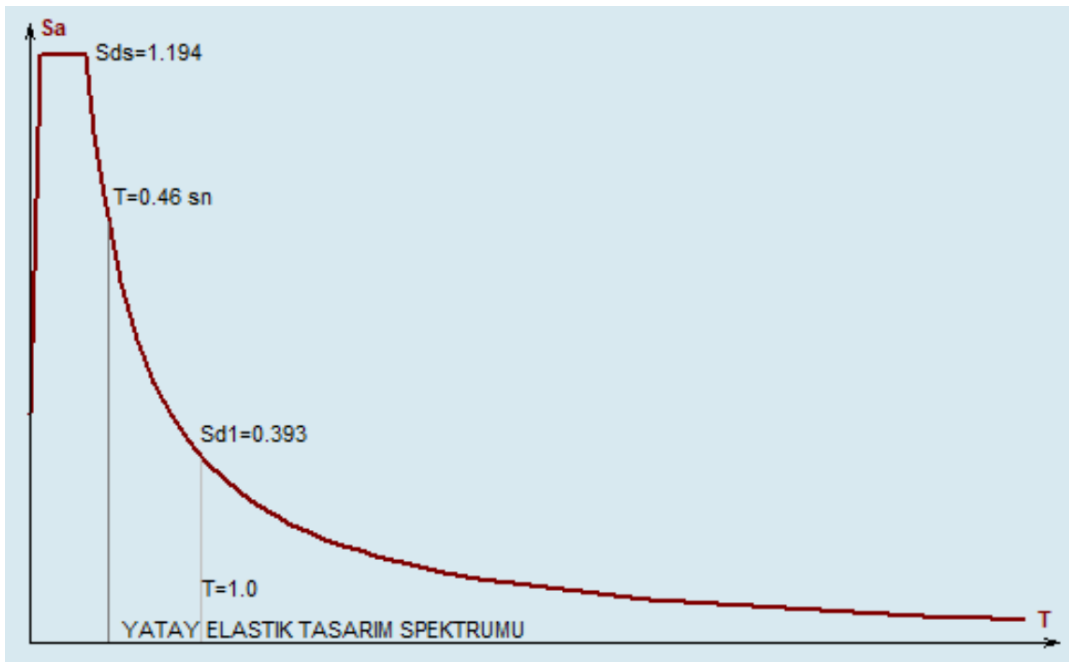
| Zemin Parametreleri | |
|-------------------------------------|-------|
| Zemin Sınıfı (t/m ²) | ZC |
| Zemin Emniyet Gerilmesi | 35.70 |
| Yatak Katsayısı (t/m ³) | 2700 |

Normal betonlu 3 katlı yapının düşey ve yatay elastik tasarım spektrum eğrileri Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.'de, 5 katlı yapının düşey ve yatay elastik tasarım spektrum eğrileri Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.'de, 7 katlı yapının düşey ve yatay elastik tasarım spektrum eğrileri Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.'de sırasıyla verilmiştir.

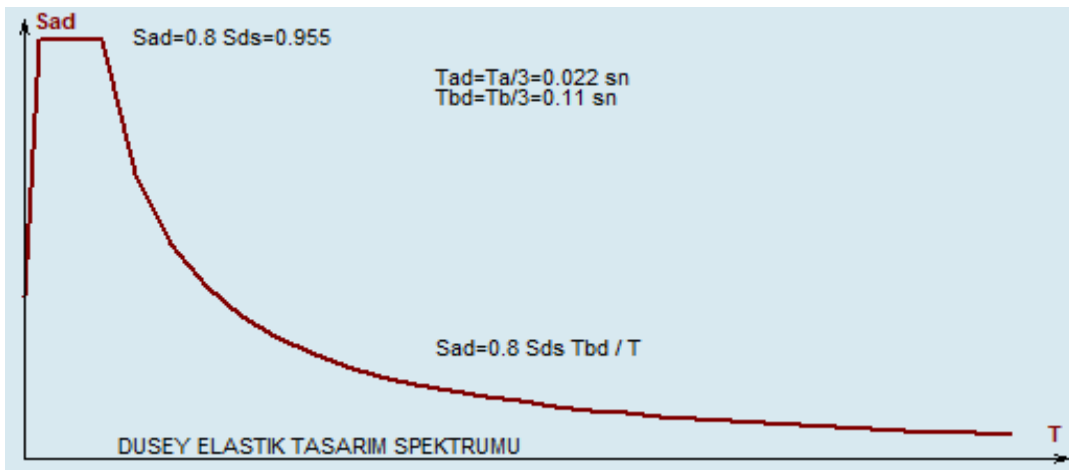
Hafif betonlu 3 katlı yapının düşey ve yatay elastik tasarım spektrum eğrileri Şekil 3.7. ve Şekil 3.8.'de, 5 katlı yapının düşey ve yatay elastik tasarım spektrum eğrileri Şekil 3.9. ve Şekil 3.10.'da, 7 katlı yapının düşey ve yatay elastik tasarım spektrum eğrileri Şekil 3.11. ve Şekil 3.12.'de sırasıyla verilmiştir.



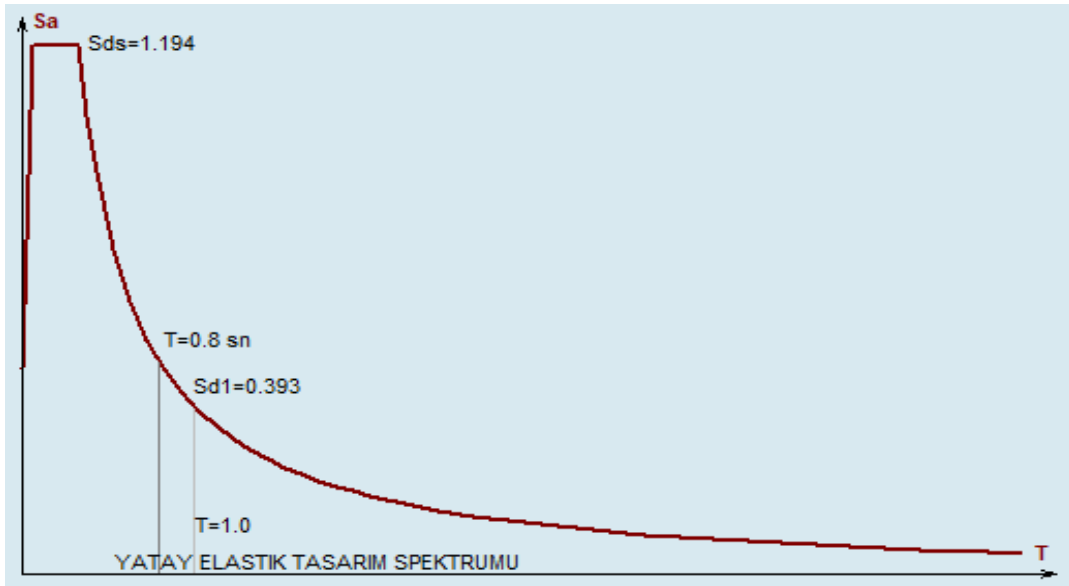
Şekil 3.1. Normal betonlu 3 katlı yapının düşey elastik tasarım spektrumu



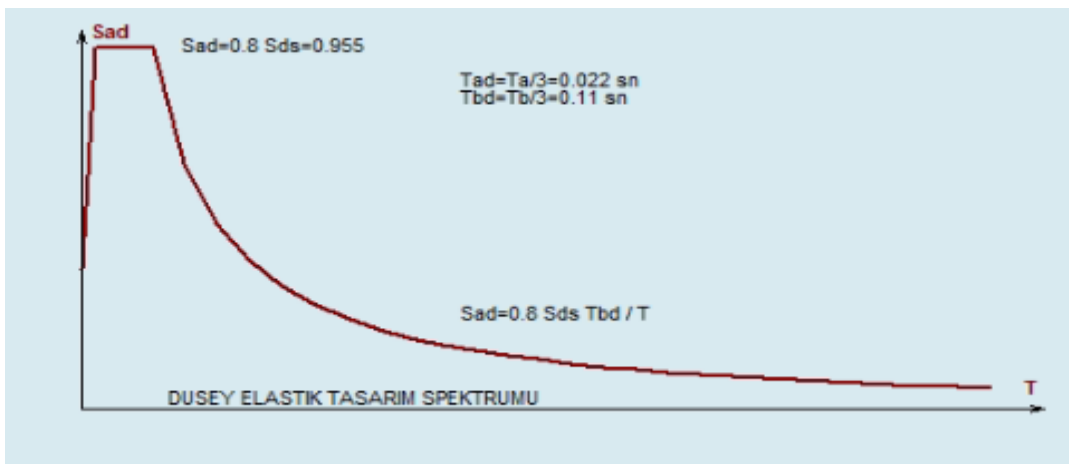
Şekil 3.2. Normal betonlu 3 katlı yapının yatay elastik tasarım spektrumu



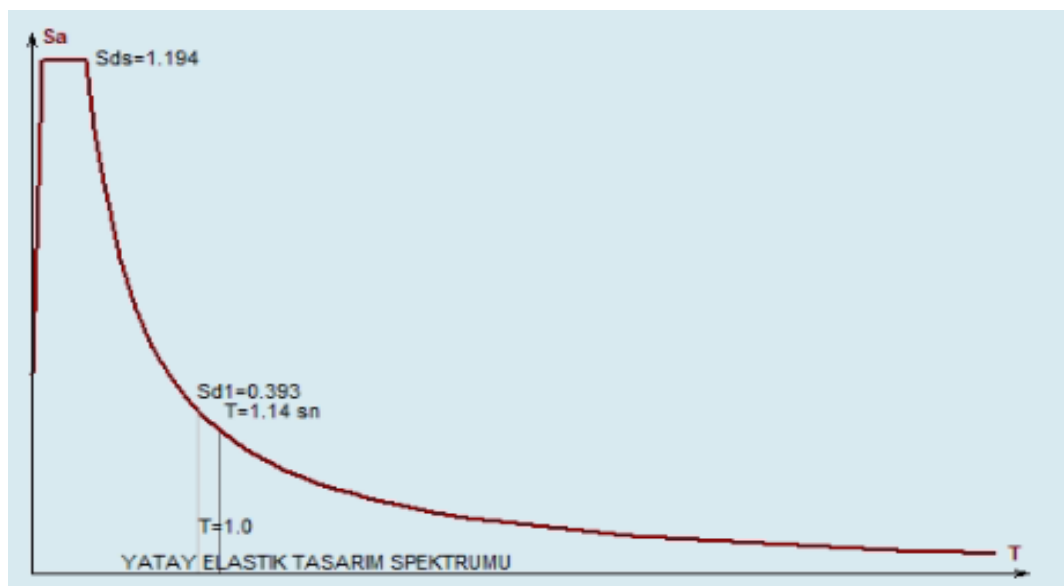
Şekil 3.3. Normal betonlu 5 katlı yapının düşey elastik tasarım spektrumu



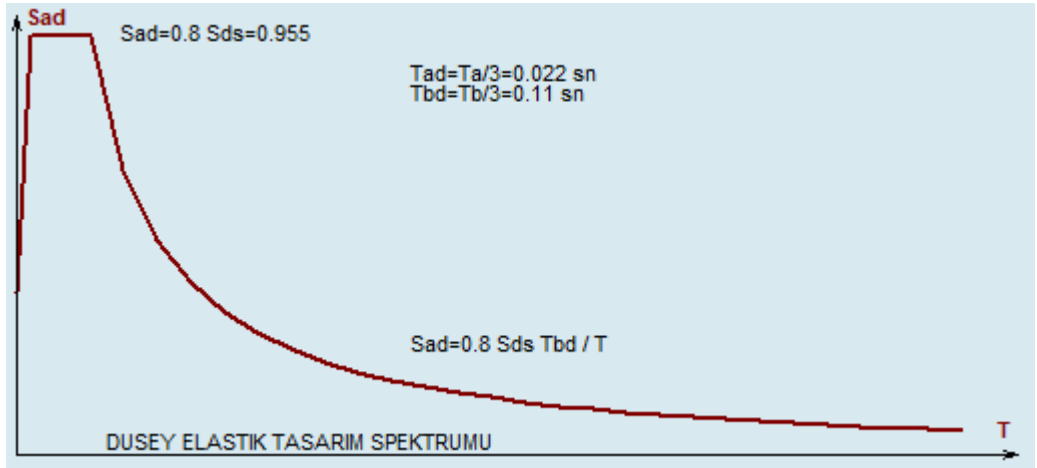
Şekil 3.4. Normal betonlu 5 katlı yapının yatay elastik tasarım spektrumu



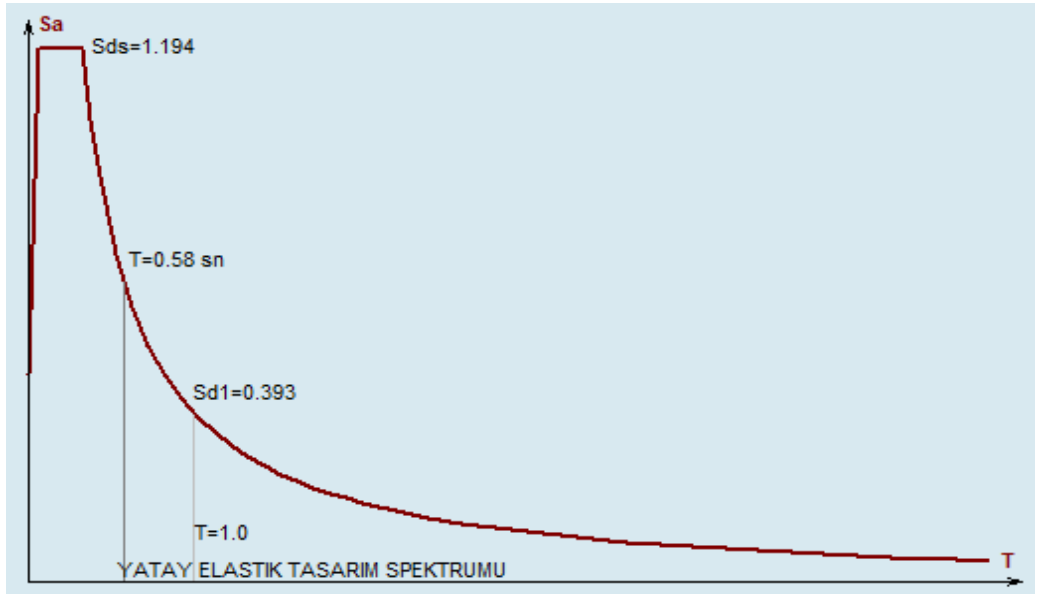
Şekil 3.5. Normal betonlu 7 katlı yapının düşey elastik tasarım spektrumu



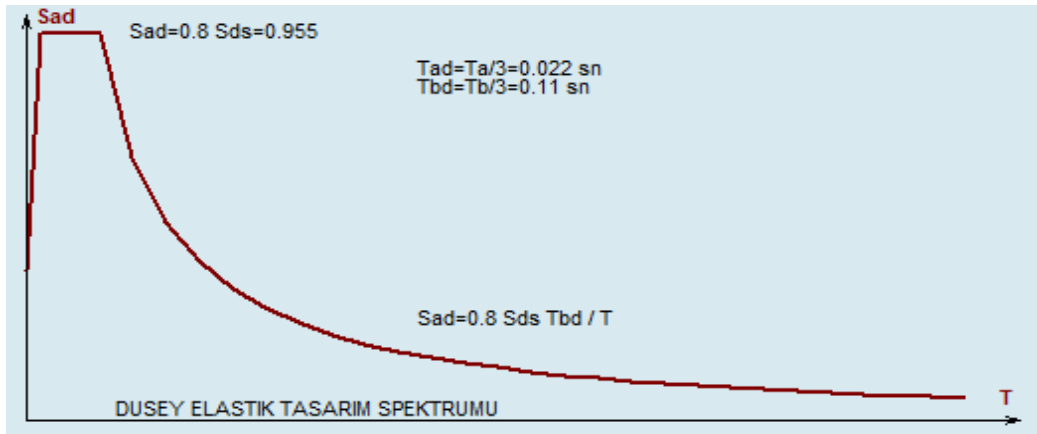
Şekil 3.6. Normal betonlu 7 katlı yapının yatay elastik tasarım spektrumu



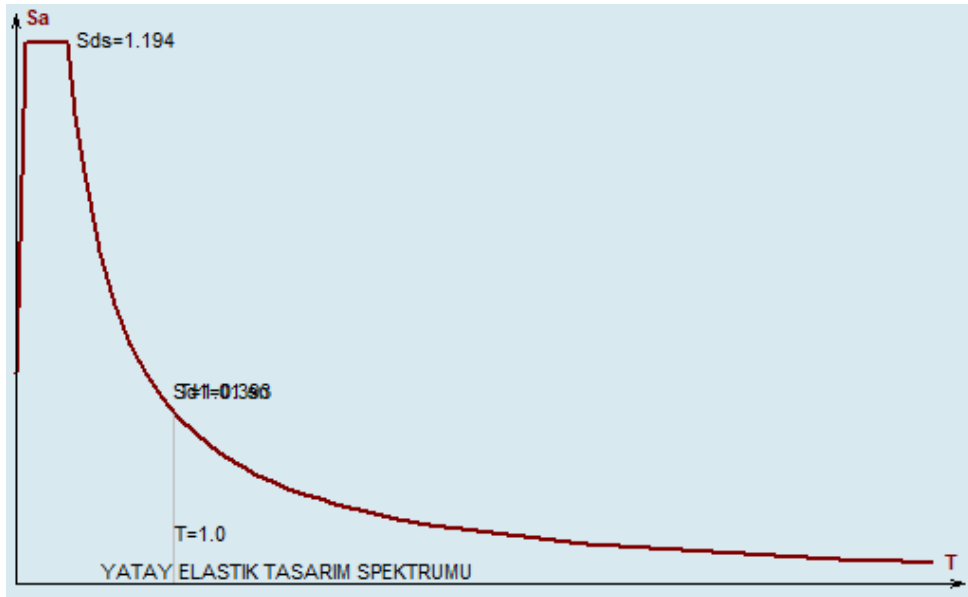
Şekil 3.7. Hafif betonlu 3 katlı yapının düşey elastik tasarım spektrumu



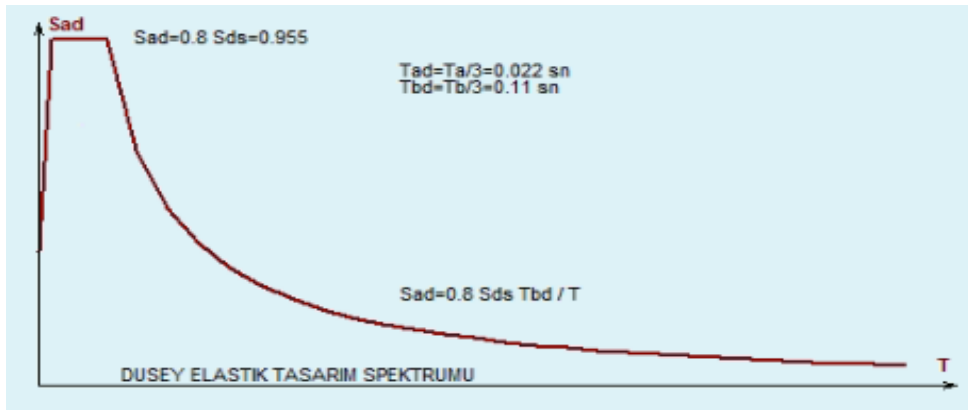
Şekil 3.8. Hafif betonlu 3 katlı yapının yatay elastik tasarım spektrumu



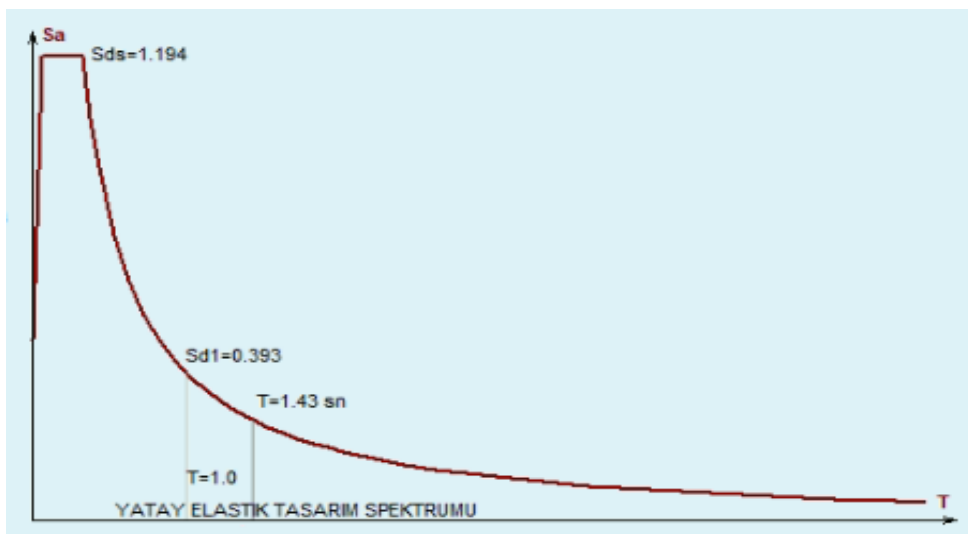
Şekil 3.9. Hafif betonlu 5 katlı yapının düşey elastik tasarım spektrumu



Şekil 3.10. Hafif betonlu 5 katlı yapının yatay elastik tasarım spektrumu



Şekil 3.11. Hafif betonlu 7 katlı yapının düşey elastik tasarım spektrumu



Şekil 3.12. Hafif betonlu 7 katlı yapının yatay elastik tasarım spektrumu

Yapı Elemanlarına Ait Malzeme Bilgileri

Yapı elemanlarına ait malzeme bilgileri Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yapı elemanlarına ait bilgiler

| | Normal Betonlu Yapılar | Hafif Betonlu Yapılar |
|--|------------------------|-----------------------|
| Kolonlar | C30 S420 | LC30 S420 |
| Kirişler | C30 S420 | LC30 S420 |
| Döşemeler | C30 S420 | LC30 S420 |
| Temeller | C30 S420 | LC30 S420 |
| Beton Güvenlik Katsayısı | 1.50 | 1.50 |
| Çelik Güvenlik Katsayısı | 1.15 | 1.15 |
| Beton Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³) | 2.40 | 1.70 |
| Beton Elastisite Modülü (kg/cm ²) | 318000 | 200000 |

Yapıların yüksekliği 9.0 m, 15.0 m ve 21.0 m'dir. 25 m'yi geçmeyen yapılarda hem dinamik hem de statik analizler yapılmıştır. Deprem analizi için mod süperpozisyonu yöntemiyle lineer analiz kullanılmıştır.

3.1.3. Çimento

CEM I 42.5 R Portland Çimento beton karışımında beton içerisinde bağlayıcı madde olarak kullanılabilir.

3.1.4. Agrega

Betonda kullanılacak agregası, yapının kullanılma şekli ve yapı çevresindeki durum da dikkate alınarak TS 706'ya uygun olarak seçilmiştir.

Agregası granülometrisinin beton niteliği üzerindeki önemli etkisi nedeniyle, kullanılacak agregası amaca en uygun granülometri değerleri belirlenmiştir. Betonda kullanılacak agregasının en büyük dane büyüklüğü;

- Kalıp genişliğinin 1/5'inden,
- Döşeme kalınlığının 1/3'ünden,
- İki donatı çubuğu arasındaki uzaklığın 3/4 ünden,

- Beton örtüsünden büyük olamayacağı sınırlamaları dikkate alınarak en uygun agrega boyutu olacak şekilde tasarlanmıştır.

Agreganın dane büyüklüğü dağılımı, yassılık–uzunluk indeksi, donma/çözülmeye dayanıklılığı, aşınmaya dayanıklılığı, incelik modülü gibi özellikleri:

- Yapım (inşaat) yöntemi,
- Betonun yapıda kullanım amacı,
- Betonun maruz kalacağı çevre şartları,
- Yüzey bitirme işlemlerinin gerektirdiği diğer özellikler dikkate alınarak seçilmiştir.

Yapıların inşaatlarında kullanılacak betonun içerisinde kullanılacak agregalar standartlarda belirtilen sınır değerlerinin içerisinde kalacak şekilde tasarımları gerçekleştirilmiştir.

3.1.5. Beton Sınıfı ve Özellikleri

Beton sınıfları ile basınç ve çekme değerlerine ait değerler Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Beton Sınıfları ve Dayanımları

| Beton Sınıfı | Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck} MPa | Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Dayanımı, MPa | Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ck} MPa | 28 Günlük Elastisite Modülü E_c MPa |
|--------------|--|---|---|--|
| C16 | 16 | 20 | 1,4 | 27000 |
| C18 | 18 | 22 | 1,5 | 27500 |
| C20 | 20 | 25 | 1,6 | 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 |

Yapı elemanlarında kullanılan hazır beton TS 11222’ye uygundur

Basınç dayanımı, çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olan standart deney silindirlerinin 28 gün sonunda, TS 3068'e uygun olacak şekilde tasarımı planlanmıştır.

Yapılacak olan projede betonun hedef basınç dayanımı C30/33, LC30/37'dir

3.1.6. Donatı Çeliğın Sınıfı ve Özellikleri

Beton donatısı olarak kullanılacak çelikler TS 708'e uygun olacak şekilde S420 nervürlü donatı çelikleri kullanılmıştır. Çeşitli donatı sınıflarının TS 708'de verilen mekanik özelliklerinden bazıları, Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Ek olarak, Beton donatısı olarak kullanılacak donatı çeliklerinde aşağıda verilen "çekme dayanımı/akma dayanımı" denkleminde istenen değeri sağlayacak niteliktedir.

$$\frac{R_m}{R_e} < 1.35 \quad (3.1)$$

Ayrıca TBDY-2018'de belirtilen 'Eşdeğer karbon oranının %0.55'i geçmemesi koşulu ile S420 beton çeliği de kullanılabilir.' maddesi göz önünde bulundurularak beton donatısı olarak kullanılan S420 nervürlü donatı çeliklerinin eşdeğer karbon oranı %0.55'i geçmeyecek şekilde tasarıma dahil edilmiştir.

Çizelge 3.6. Donatı Çeliklerinin Mekanik Özellikleri (TS708)

| Mekanik Özellikler | Donatı Çubukları | | | | Hasır Donatı | |
|---|------------------|-------|-------|----------------------|--------------|--------|
| | Doğal Sertlikte | | | Soğukta İşlem Görmüş | | |
| | S220a | S420a | S500a | S420b | S500bs | S500bk |
| Minimum akma dayanımı f_{yk} (MPa) | 220 | 420 | 500 | 420 | 500 | 500 |
| Minimum kopma dayanımı f_{yk} (MPa) | 340 | 500 | 550 | 550 | 550 | 550 |
| $\emptyset \leq 32$ Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%) | 18 | 12 | 12 | 10 | 8 | 5 |
| Minimum kopma uzaması ϵ_{su} (%) | 18 | 10 | 10 | 10 | 8 | 5 |

3.1.7. Beton Suyu

Beton bileşiminde kullanılan su, standartlara uygun olarak seçilmiştir. Karma suyunun pH değeri 7'den büyüktür ve asidik özelliği taşımamaktadır. Beton karışımında zararlı etkilere sebep olacak oranda karbonik asit, mangan bileşikleri, amonyum tuzları, serbest klor, madensel yağlar, organik maddeler ve endüstri atıkları bulunmamaktadır.

3.1.8. Kimyasal Katkı Malzemeleri

Betonda kullanılacak olan katkı malzemeleri TS 3452'ye uygun olarak seçilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Kullanılacak İlgili Standart ve Yönetmelikler

Çalışmalarda kullanılacak malzemeler ve elemanların boyutlandırılmasında dikkat edilmesi gereken kurallar ile ilgili olarak; beton özellik, performans, imalat ve uygunluk standardı ‘Türk Standardı Avrupa Normları 206 (TS EN 206)’, yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri ‘Türk Standardı 498 (TS 498)’, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları ‘Türk Standardı 500 (TS 500)’ ve ‘Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)’de belirtilen önermeler ve şartlar dikkate alınacaktır.

3.2.2. Yapı Güvenliği

Yapı tasarımında yapının kullanım süresi boyunca, yapının kullanım amacına da hizmet edecek şekilde, yıkılmaya karşı güvenliği sağlanmalıdır. Ayrıca çatlama, şekil değiştirme, titreşim gibi hadiseleri yapının kullanımını ve zaman içindeki dayanıklılığını etkileyebilecek düzeye ulaşması önlenmelidir. Bu amaç doğrultusunda yapı üzerindeki yük etkileri, belli oranlarda büyütülerek, malzeme dayanımları ise belli oranlarda küçültülerek hesaplamalar yapılmıştır.

Yapı üzerindeki yük etkilerinin büyütülmesi işlemi aşağıda verilen denklemler dikkate alınarak yapılmıştır:

Sadece düşey yükler söz konusu ise:

$$Fd = 1.4G + 1.6Q \quad (3.2)$$

Sıcaklık değişimi, büzülme, farklı oturma vb şekil değiştirmeler ve yer değiştirmeler mevcut ise:

$$Fd = 1.0G + 1.2Q + 1.2T \quad (3.3)$$

Rüzgar yükünün söz konusu ise:

$$Fd = 1.0G + 1.3Q + 1.3W \quad (3.4)$$

veya

$$Fd = 0.9G + 1.3W \quad (3.5)$$

Deprem etkisi söz konusu ise:

$$Fd = 1.0G + 1.0Q + 1.0E \quad (3.6)$$

veya

$$Fd = 0.9G + 1.0E \quad (3.7)$$

denklemlerinden en kritik değere sahip olan denklem artırılmış yük etkisi olarak kullanılmıştır.

Malzeme dayanımlarının belli oranlarda küçültülerek hesaplanması işlemi ise;

Beton:

$$fcd = \frac{fck}{\gamma_{mc}} \quad (3.8)$$

$$fctd = \frac{fctk}{\gamma_{mc}} \quad (3.9)$$

Çelik:

$$fyd = \frac{fyk}{\gamma_{ms}} \quad (3.10)$$

denklemleri kullanılarak malzeme dayanımları azaltılmıştır.

Yerinde dökülen betonlar için $\gamma_{mc} = 1,5$ alınmıştır, donatı çeliğinin tüm sınıfları için $\gamma_{ms}=1,15$ alınacaktır (TS500).

Yapı elemanlarının her birinin azaltılmış malzeme dayanımları kullanılarak hesaplanan taşıma gücü değerlerinin, artırılmış tasarım yükü ile hesaplanan iç kuvvet değerlerinden hiçbir zaman küçük olmayacaktır (TS500):

$$Rd \geq Fd \quad (3.11)$$

3.2.2.1. Temel güvenliği

Deprem etkisi altında bina temel tasarımının amacı, temel taşıma gücünün aşılmaması ve zemin yer değiştirmelerinin izin verilebilir sınırlar altında kalması sağlanmıştır.

Tasarımı yapılan temellerde, beton örtüsü 50 mm'den az olmayacak şekilde planlaması yapılmıştır.

Boyutlandırma ve donatı hesabı yapılırken, eğilme, kesme kuvveti ve zımbalama için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır.

3.2.2.2. Kolon güvenliği

Kolon tasarımında tasarım aksenal basınç kuvveti olan;

$$Nd \leq 0,90 * fcd * Ac \quad (3.12)$$

denkleminde verilen koşul sağlanmıştır.

Kolonlarda toplam boyuna donatı oranı;

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_c} \geq 0,01 \quad (3.13)$$

değerinden büyüktür.

Kolon boyuna donatısı, kolon yüksekliği boyunca enine donatı ile sarılmıştır.

Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük enkesit boyutu 300 mm'den küçük olmayacak şekilde tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacak şekilde tasarımlar gerçekleştirilmiştir.

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.14)$$

Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti:

$$V_e = \frac{(M_a + M_{\ddot{u}})}{l_n} \quad (3.15)$$

şeklinde hesaplanmıştır.

3.2.2.3. Kiriş güvenliği

Kiriş tasarımında tasarım aksenal basınç kuvveti olan;

$$Nd \leq 0,10 * fck * Ac \quad (3.16)$$

denkleminde verilen koşul sağlanmıştır.

Kirişlerde boyuna donatı olarak 12 mm'den küçük çaplı çubuklar kullanılmamıştır.

Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacak şekilde seçilmiştir.

3.2.2.4. Döşeme (plak) güvenliği

Döşemeler, katlardaki kütlelere etkileyen deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle dağıtılmasını sağlayacak rijitlik ve dayanıma sahip olacak şekilde tasarımları gerçekleştirilmiştir.

Plak kalınlığının serbest açıklığa oranı, aşağıda verilen değerlerden az olmayacak şekilde seçilmiştir:

- Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde: 1/25
- Sürekli döşemelerde: 1/30
- Konsol döşemelerde: 1/12

Plak mesnetlerinin kiriş olduğu durumlarda, tasarım mesnet momenti, mesnet ortasındaki momentten

$$\Delta M = V * \frac{a}{3} \quad (3.17)$$

değerinin çıkartılması ile bulunur. Burada, "V" hesap yapılan açıklığa ait mesnet kesme kuvveti, "a" ise mesnet genişliğidir. Azaltılmış moment;

$$pd * \frac{L^2}{14} \quad (3.18)$$

değerinden az olamaz.

Döşemelerde büyük boşluklardan kaçınılmıştır.

3.2.3. Yapı Elemanlarının Oluşturulması

Sta4CAD programı kullanılarak oluşturulan yapılarda ilk işlem olarak yapıya ait genel bilgilerin girilmesi ile başlanmıştır. Yapı genel bilgileri Şekil 3.13'de gösterilmiştir.

| YAPI GENEL BİLGİLERİ | | ÖRNEK YAPI A BLOK | |
|------------------------------------|------------------------|-------------------|--|
| Yapı Proje İsmi | | | |
| Kat Sayısı | 3 | | |
| Spektral ivme Katsayısı (DD2) | Sds/Sdi | 1.194/0.393 | |
| Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı | Rx/Ry | 7.96 | |
| Dayanım Fazlalığı Katsayısı | D | 3 | |
| Deprem Yapı Önem Katsayısı | I | 1 | |
| Hareketli Yük Katsayısı | n | 0.3 | |
| Deprem Yüğü Alt Yüksekliği | Hx/Hy (m) | 0 | |
| Zemin Yatak Katsayısı | Ko (t/m ²) | 2700 | |
| Zemin Taşıma Gücü Gerilmesi | qt (t/m ²) | 35.7 | |
| Hareketli Yük Azaltma Katsayısı | Cz | 0 | |
| Deprem Yüğü Eksantrisitesi | | | |
| Modal Analiz Min. Yük Oranı | β | 0.9 | |
| Üst Kat no (TDY için) | 3 | | |
| Aplikasyon Kot Farkı | (m) | -1 | |

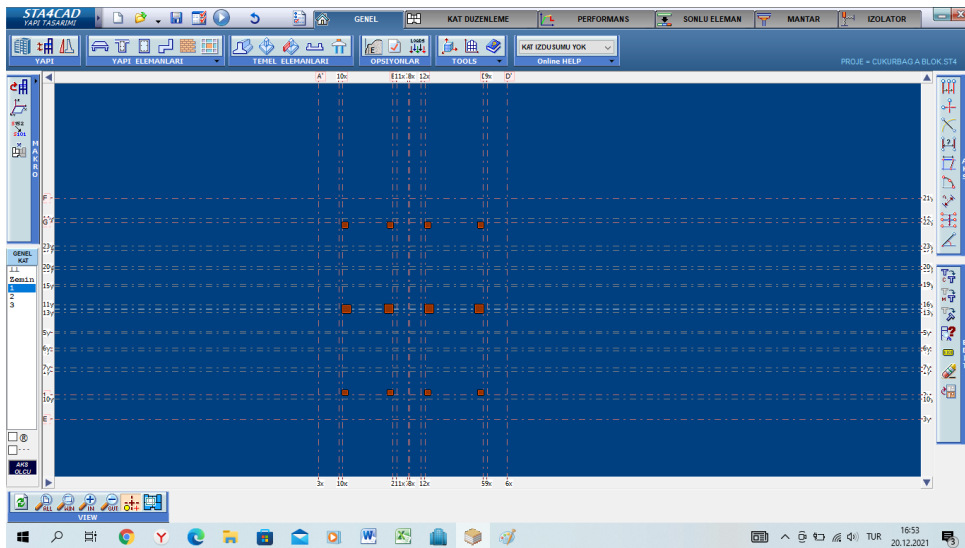
UserKey

PERFORMANS ANALİZ OPSİYONU

YENİ YAPI PROJESİ DEPREM STANDARDI: TBDY2018 TASARIM STANDARDI: TS500t

Şekil 3.13. Yapı genel bilgileri

Yapı genel bilgilerinin girilmesinin ardından kat bilgileri sisteme işlenmiştir ve hem x hem de y yönündeki akslar tanımlanmıştır. Oluşturulan akslardan bir kesit Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

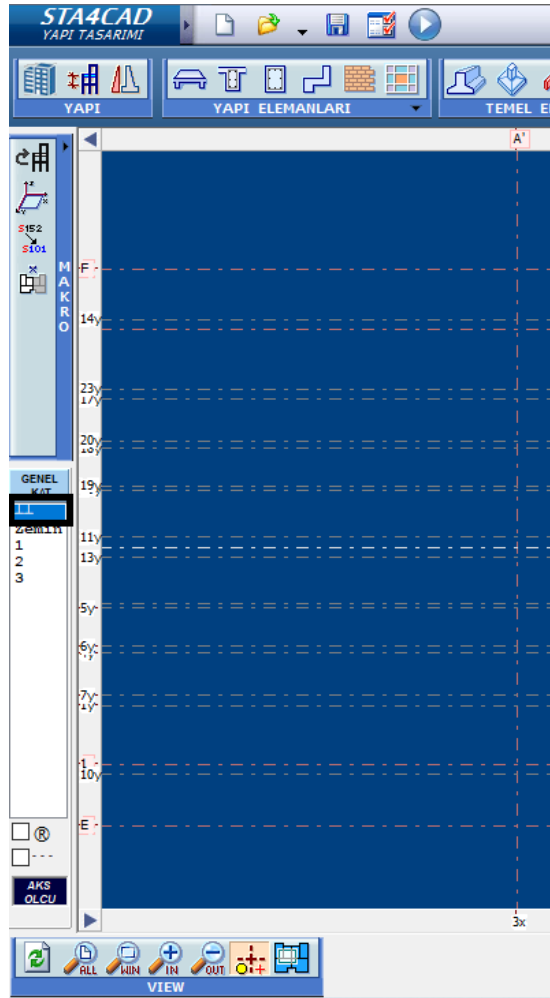


Şekil 3.14. Yapı aksları

Aksların tanımlanmasından sonra yapının temel, kolon, giriş ve döşeme elemanlarının tanımlanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. Yapı temelini sisteme tanımlanması

Yapı temelini oluşturulurken programın soldaki menüsünden temel bölümüne geçiş yapılmış (Şekil 3.15.) ve daha önceden çizilmiş akslardan faydalanarak temelin yerleşimi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin ardından üst menüde yer alan 'Temel Elemanları' bölümünden (Şekil 3.16.) yapı temelini tipine göre (radye plak) seçilerek temel tanımlanma işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 3.15. Temel bölümüne geçme işlemi



Şekil 3.16. Temel elemanlarının seçim menüsü

3.2.3.2. Yapı kolonlarının sisteme tanımlanması

Yapı taşıyıcı elemanlarından kolonların oluşturulması işleminde Şekil 3.17.'de gösterilen, programın üst menüsünde yer alan 'yapı elemanları' bölümünden 'kolon bilgisi' komutundan kolon adı, uzunluk ve genişliği, kolon tipi, x ve y yönündeki aks bilgileri, varsa kaçıklık değerleri ve Şekil 3.18'de gösterilen diğer bilgiler girilerek kolon elemanlarının tanımlanması işlemleri tamamlanmıştır.



Şekil 3.17. Kolon elemanlarının seçim menüsü

37. KOLON BİLGİSİ
✕

| | | |
|-------------------|----|----|
| KOLON NO | | 0 |
| Bx | cm | 0 |
| By | cm | 0 |
| Kolon tipi | | 0 |
| Kolon x aksı | | 0 |
| Kolon y aksı | | 0 |
| Dx | cm | 0 |
| Dy | cm | 0 |
| Kolon acısı | ° | 0 |
| Kolon alt kotu | m | 0 |
| Egik Kolon alt Zx | cm | 0 |
| Egik Kolon alt Zy | cm | 0 |
| Kolon uc kosulu | | 0 |
| Malzeme | | E1 |
| Kolon egriligi | cm | 0 |

Kolon uç düzenleme

Ust kat kolon boyutlarının degisimi
 Alt kolon (bx,by) >= Ust kolon (bx,by)

Betonarme

YENİ KOLON : S113

LISTE >>

Şekil 3.18. Kolon elemanlarının bilgi giriş menüsü

3.2.3.3. Yapı kirişlerinin sisteme tanımlanması

Yapı taşıyıcı elemanlarından kirişlerin oluşturulması işleminde Şekil 3.19.'de gösterilen, programın üst menüsünde yer alan 'yapı elemanları' bölümünden 'kiriş bilgisi' komutundan kiriş adı, yükseklik ve genişliği, sabit yük değeri, aks yerleşim bilgileri ve Şekil 3.20'de gösterilen diğer bilgiler girilerek kiriş elemanlarının tanımlanması işlemleri tamamlanmıştır.



Şekil 3.19. Kiriş elemanlarının seçim menüsü

84. KIRIŞ BİLGİSİ

| | | |
|---------------|-------|---|
| KIRIŞ NO | T | 0 |
| B | cm | 0 |
| D | cm | 0 |
| G | t/m | 0 |
| Kiriş aksı/Rh | | 0 |
| Sol aks | | 0 |
| Sag aks | | 0 |
| Dxy | cm | 0 |
| Do | cm | 0 |
| La | cm | 0 |
| Lb | cm | 0 |
| Sol kot | cm | 0 |
| Sag kot | cm | 0 |
| Malzeme | E1/B1 | |
| Tugla B/H | cm | |

PANEL
 Kiriş (sol kot = sag kot)
 BOSLUKLU PERDE BAĞ KIRIŞI

Betonarme

YENİ KIRIŞ : K131

Şekil 3.20. Kiriş elemanlarının bilgi giriş menüsü

3.2.3.4. Yapı döşemelerinin sisteme tanımlanması

Yapı taşıyıcı elemanlarından döşemelerin oluşturulması işleminde Şekil 3.21.'de gösterilen, programın üst menüsünde yer alan 'yapı elemanları' bölümünden 'plak bilgisi' komutundan döşeme adı, döşeme kalınlığı, sabit ve hareketli yük değerleri, sağ, sol, alt ve üst aks yerleşim bilgileri ve Şekil 3.22'de gösterilen diğer bilgiler girilerek döşeme elemanlarının tanımlanması işlemleri tamamlanmıştır.



Şekil 3.21. Döşeme elemanlarının seçim menüsü

47. PLAK BİLGİSİ

| | | |
|-------------------|------------------|----|
| PLAK NO | | 0 |
| D | cm | 0 |
| G | t/m ² | 0 |
| Q | t/m ² | 0 |
| Sol aks /Rh | | 0 |
| Sag aks /Rh | | 0 |
| Ust aks /Rh | | 0 |
| Alt aks /Rh | | 0 |
| Plak yon opsiyonu | | 0 |
| Bo | cm | 0 |
| Bt | cm | 0 |
| t | cm | 0 |
| Dusey egim yonu | | 0 |
| Ust Kot | cm | 0 |
| Alt Kot | cm | 0 |
| Malzeme | | E1 |

UserKey

PLAK Bo=0 Bt=0

ASMOLEN

Yon=0 Yon=1 Yon=2

YENI DOSEME : D117

Şekil 3.22. Döşeme elemanlarının bilgi giriş menüsü

3.2.3.5. Yapı duvarlarının sisteme tanımlanması

Yapı duvarlarının oluşturulması işleminde Şekil 3.23.'de gösterilen, programın üst menüsünde yer alan 'yapı elemanları' bölümünden 'duvar bilgisi' komutundan duvar kat numarası, duvar tipi, duvar genişlik ve yükseklik tipi, sabit yük değeri ve Şekil 3.24'de gösterilen diğer bilgiler girilerek döşeme elemanlarının tanımlanması işlemleri tamamlanmıştır.



Şekil 3.23. Duvar elemanlarının seçim menüsü

10. DUVAR BİLGİSİ

| | |
|------------|---------|
| Kat No | 1 |
| Tugla tipi | 0-TUGLA |
| B | cm 9 |
| H | cm 100 |
| G | t/m 0.2 |
| Duvar aksi | 0 |
| Sol aks | 0 |
| Sag aks | 0 |
| Dxy | cm 0 |
| Alt kot | m 0 |
| Malzeme | B1 |

UserKey

0-TUGLA DUVAR
1-GazBeton
2-CAM BOLME
3-HAFIF PANEL BOLME
4-FABRIKASYON PANEL
5-TAS DUVAR
6-BIMS DUVAR
7-Betonarme parapet

Şekil 3.24. Duvar elemanlarının bilgi giriş menüsü

3.2.4. Malzeme Atamalarının Gerçekleştirilmesi

Yapı elemanlarının sisteme tanımlanması işlemlerinin tamamlanmasıyla birlikte yapıda kullanılacak beton, donatı demiri vb. malzemelerin özellikleri sisteme girilmiş ve bu işlem taşıyıcı elemanlara atanarak kolon, kiriş vb. elemanlarda kullanılacak malzemeleri belirlenmiştir.

Malzeme özellikleri programın en üst menüsünde yer alan ‘performans’ menüsünden gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.25.).



Şekil 3.25. Performans menüsü

Elemanlar oluşturulurken program ilk önce ‘E1 = Yeni Elemanlar’ bölümünde gösterilen hafızasında kayıtlı olan sınıflandırmayı atamaktadır (Şekil 3.26.).



Şekil 3.26. Yeni elemanların malzeme menüsü

Eğer malzeme özelliklerinde değiştirme yapmamız gerekiyorsa ‘E2-E9 = Mevcut Elemanlar’ menüsünden düzenlenebilmektedir (Şekil 3.27.).



Şekil 3.27. Mevcut elemanların malzeme menüsü

Mevcut elemanlar bölümünde kiriş, kolon ve döşeme (plak) elemanları üzerinde işlem yapabilmemiz için seçilmiştir. ‘Malzeme’ kısmından çalışacağımız malzeme türü seçilmiştir (Şekil 3.28.). Malzeme bölümünün altında yer alan kısımda beton sınıfımızın elastisite modülü tanımlanmaktadır (Şekil 3.29.).



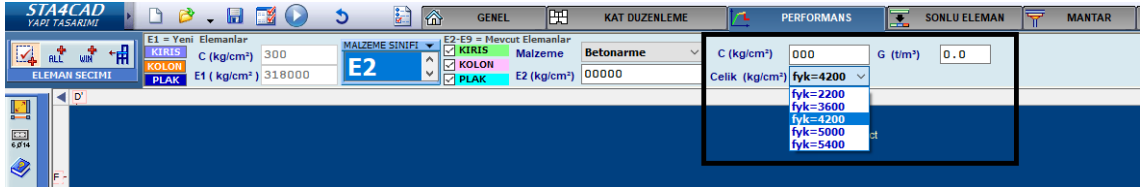
Şekil 3.28. Malzeme menüsünde seçebileceğimiz malzemeler

Elastisite modülü program tarafından seçtiğimiz beton sınıfına göre otomatik olarak atanmaktadır. Ancak deneysel bir çalışma gerçekleştirilmişse ve farklı bir değer bulunmuşsa manuel olarak da girilebilmektedir.



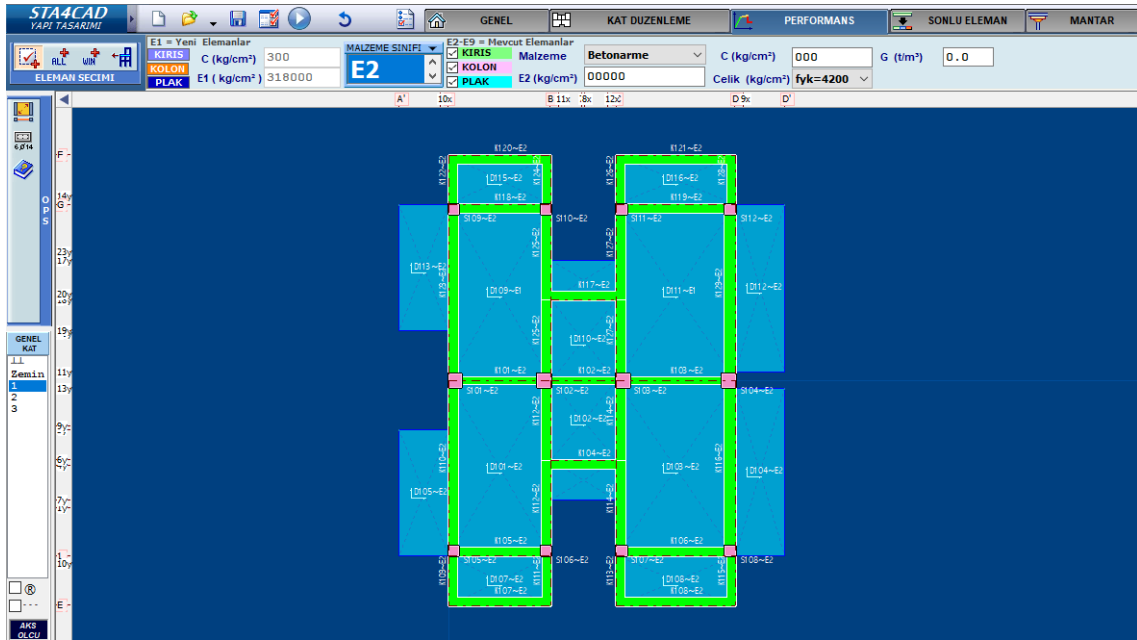
Şekil 3.29. Elastisite modülünün belirlenmesi

C (kg/cm²) ile gösterilen bölümden beton dayanımı girilmiştir. Çelik (kg/cm²) ile gösterilen bölümden donatı çeliğinin türü belirlenmiştir. Son olarak ise G (t/m³) ile gösterilen bölüme de betonumuzun birim hacim ağırlığı tanımlanmıştır (Şekil 3.30.).



Şekil 3.30. Beton ve çelik dayanımının belirlenmesi ve beton birim hacim ağırlığının tanımlanması

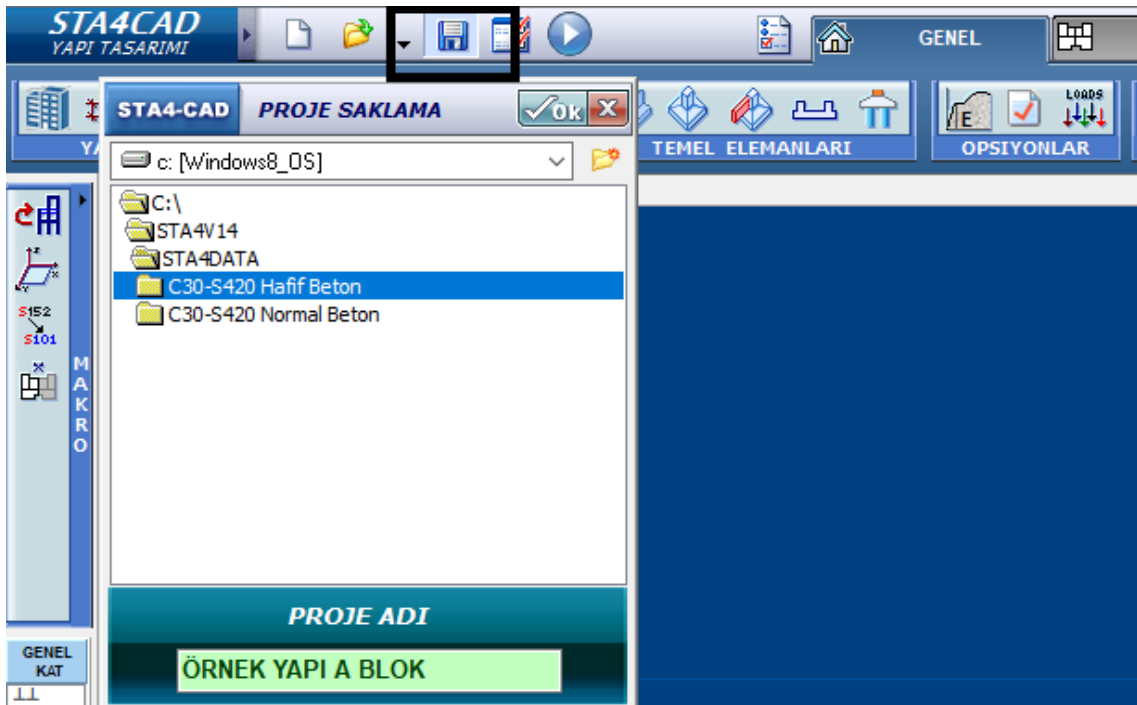
Bu işlemlerin ardından eleman seçimi menüsünden materyal seçimi yapılacak elemanlar seçilmiştir ve elemanların malzeme atamaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.31.).



Şekil 3.31. Elemanlara malzeme atanması

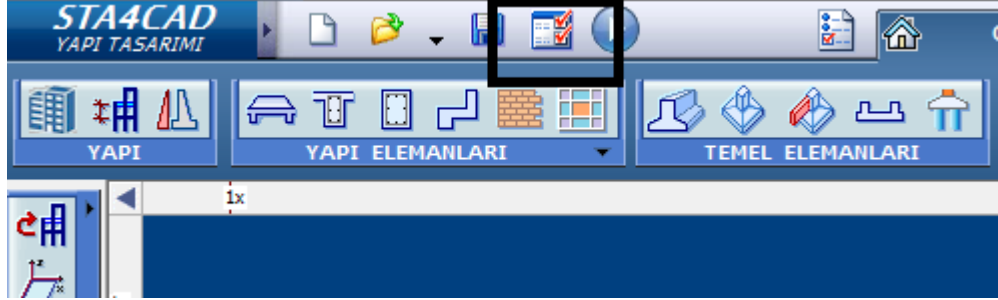
3.2.5. Yapı Analizinin Gerçekleştirilmesi

Taşıyıcı elemanların oluşturulması ve gerekli bütün verilerin girilerek programa tanımlanmasının ardından proje dosyası isimlendirilerek kaydedilmiştir (Şekil 3.32.).

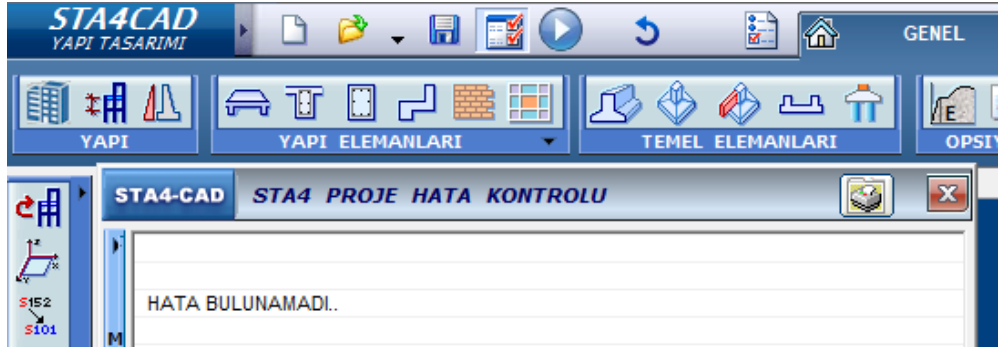


Şekil 3.32. Dosyanın programa kaydedilmesi

Dosyanın programa kayıt edilmesinin ardından kayıt komutunun yanında bulunan Şekil 3.33.'te gösterilmiş olan 'data kontrol' komutu ile programa girilen veriler üzerinde bir hata olup olmadığının kontrolü gerçekleştirilmiştir ve herhangi bir hata bulunamamıştır (Şekil 3.34.).

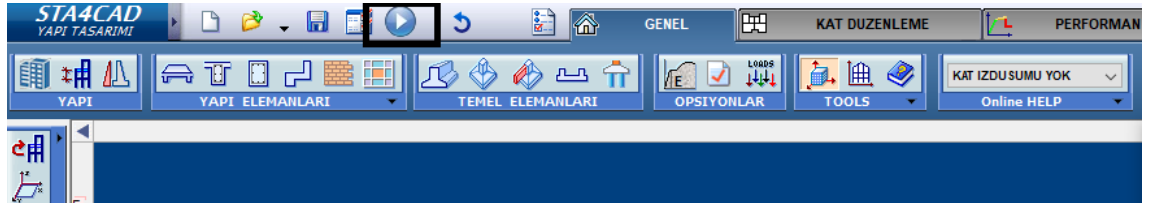


Şekil 3.33. Data kontrol menüsü



Şekil 3.34. Proje hata kontrolü

Proje hata kontrolünde de herhangi bir hata ile karşılaşılmasının ardından Şekil 3.35.'de siyah kutucuk ile işaretlenmiş olan 'yapı analizi' komutuna basılarak tasarlanan yapıların analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.35. Yapı analizinin başlatılması

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Giriş

Bu bölümde konvansiyonel kalıp sistemi ile yapılmış 3 katlı binanın normal ve hafif betonlu olarak iki ayrı şekilde STA4CAD v14.1 Structural Analysis for Computer Aided Design kullanılarak statik hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada C30/37 ve LC30/33 benzer dayanımlar vermesine rağmen TS EN 206-1 (2000)'e göre farklı beton sınıflarında olduklarından dolayı karakteristik basınç değerleri farklıdır ve statik hesap programına basınç dayanımları manuel girilemediğinden hesaplarda TS EN 206-1 (2000)'e göre aynı sınıfta olan LC30/33 ile C30/37 betonları kıyaslanmıştır.

Bu çalışmada 3 katlı binanın, normal ve hafif beton kullanılarak, kolon, kiriş ve döşemelerdeki boyutları belirlenmiş, ayrıca kiriş ve döşemelerdeki maksimum sehimler hesaplanmıştır. Katlardaki yanal ve düşey deplasmanlar bulunmuş, bunların kabul edilecek sınırlar içinde kaldığı gösterilmiştir. Deprem yönetmeliğindeki düzensizlik durumları incelenmiştir. Binaların, normal ve hafif betonlu tasarımlarında beton, kalıp ve donatı metrajları çıkartılmıştır.

4.2. TBDY 2018 Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü

4.2.1. Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması

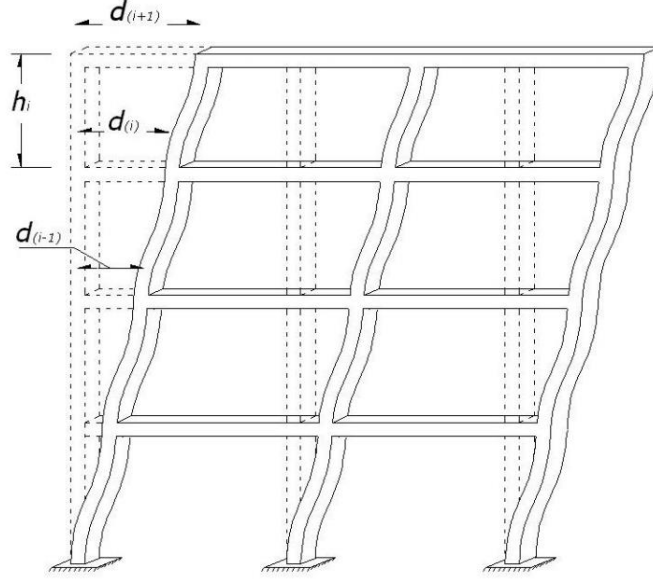
Hem x hem de y yönündeki deprem doğrultuları için, binanın herhangi bir i'inci katı katındaki kolon veya perdelerde hesaplanan etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$, aşağıdaki elverişsiz koşulu sağlamalıdır. (Şekil 4.1)

$$\Delta_i = u_i - u_{i-1}$$

$$\delta_{i(x)} = R/I * \Delta_i$$

$$\lambda \frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0.008 * \kappa$$

$$\lambda \frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0.016 * \kappa \quad \text{formülleri ile kontroller yapılabilmektedir.}$$



Şekil 4.1. Görel kat ötelenmesi

u_i : Herhangi bir deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, i 'inci kattaki azaltılmış yerdeğiştirme değerini [m]

Δ_i : Herhangi bir deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görel kat ötelenmesi değerini [m],

δ_i : Herhangi bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görel kat ötelenmesi değerini [m],

$\delta_{i(\max)}$: Herhangi bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki etkin görel kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri değerini [m] ifade etmektedir.

λ : Görel kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı

κ : İzin verilen görel kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı

4.2.1.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.1., Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. 'de görel kat ötelemeleri ve kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. X yönü +%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0014279 | 0,0019055 | 0,0016667 | 0,000097 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0024873 | 0,0032843 | 0,0028858 | 0,00166 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0021771 | 0,0028313 | 0,0025042 | 0,00144 | √ |

Çizelge 4.2. X yönü -%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0019061 | 0,0014272 | 0,0016667 | 0,000097 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0032869 | 0,0024847 | 0,0028858 | 0,00166 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0028339 | 0,0021745 | 0,0025042 | 0,00144 | √ |

Çizelge 4.3. Y yönü +%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0017765 | 0,0022892 | 0,0020328 | 0,00110 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0024990 | 0,0033253 | 0,0029121 | 0,00159 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0017614 | 0,0024315 | 0,0020965 | 0,00117 | √ |

Çizelge 4.4. Y yönü -%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0021849 | 0,0018941 | 0,0020215 | 0,00103 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0031032 | 0,0026842 | 0,0028937 | 0,00149 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0022524 | 0,0019105 | 0,0020815 | 0,00108 | √ |

4.2.1.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.5., Çizelge 4.6., Çizelge 4.7. ve Çizelge 4.8. 'de görelî kat ötelemeleri ve kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. X yönü +%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0020412 | 0,0027219 | 0,0023816 | 0,00138 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0033708 | 0,0044519 | 0,0039113 | 0,00226 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0028425 | 0,0036995 | 0,0032710 | 0,00188 | √ |

Çizelge 4.6. X yönü -%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0027226 | 0,0020406 | 0,0023816 | 0,00138 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0044544 | 0,0033683 | 0,0039113 | 0,00226 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0037022 | 0,0028399 | 0,0032710 | 0,00188 | √ |

Çizelge 4.7. Y yönü +%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0024411 | 0,0031648 | 0,0028029 | 0,00160 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0033089 | 0,0044202 | 0,0038646 | 0,00224 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0022689 | 0,0031408 | 0,0027053 | 0,00159 | √ |

Çizelge 4.8. Y yönü -%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY_{dsol} (m) | $\Delta Y_{dsağ}$ (m) | $\Delta Y_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0029586 | 0,0026157 | 0,0027872 | 0,00150 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0041095 | 0,0035708 | 0,0038402 | 0,00208 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0029002 | 0,0024718 | 0,0026860 | 0,00147 | √ |

4.2.1.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.9., Çizelge 4.10., Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12. 'de görel kat ötelemeleri ve kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 4.9. X yönü +%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | $\Delta X_{düst}$ (m) | ΔX_{dalt} (m) | $\Delta X_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0013472 | 0,0017699 | 0,0015585 | 0,00090 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0022651 | 0,0029832 | 0,0026241 | 0,00151 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0028690 | 0,0037933 | 0,0033311 | 0,00192 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0032075 | 0,0042371 | 0,0037223 | 0,00215 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024082 | 0,0031367 | 0,0027724 | 0,00159 | √ |

Çizelge 4.10. X yönü -%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | $\Delta X_{düst}$ (m) | ΔX_{dalt} (m) | $\Delta X_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0017703 | 0,0013467 | 0,0015585 | 0,00090 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0029849 | 0,0022633 | 0,0026241 | 0,00151 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0037961 | 0,0028662 | 0,0033311 | 0,00192 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042407 | 0,0032039 | 0,0037223 | 0,00215 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0031394 | 0,0024054 | 0,0027724 | 0,00159 | √ |

Çizelge 4.11. Y yönü +%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY_{dsol} (m) | $\Delta Y_{dsağ}$ (m) | $\Delta Y_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0015778 | 0,0020252 | 0,0018015 | 0,00103 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0023806 | 0,0031131 | 0,0027468 | 0,00158 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0029760 | 0,0039053 | 0,0034407 | 0,00198 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0031376 | 0,0041676 | 0,0036526 | 0,00211 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0019428 | 0,0026708 | 0,0023068 | 0,00135 | √ |

Çizelge 4.12. Y yönü -%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY_{dsol} (m) | $\Delta Y_{dsağ}$ (m) | $\Delta Y_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0018978 | 0,0016856 | 0,0017917 | 0,00096 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0029081 | 0,0025534 | 0,0027307 | 0,00147 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0036475 | 0,0031930 | 0,0034202 | 0,00185 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0038832 | 0,0033765 | 0,0036298 | 0,00197 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024704 | 0,0021109 | 0,0022907 | 0,00125 | √ |

4.2.1.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.13., Çizelge 4.14., Çizelge 4.15. ve Çizelge 4.16. 'de görel kat ötelenmeleri ve kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 4.13. X yönü +%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | $\Delta X_{düst}$ (m) | ΔX_{dalt} (m) | $\Delta X_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0017675 | 0,0023223 | 0,0020449 | 0,00118 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0029167 | 0,0038414 | 0,0033790 | 0,00195 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0036455 | 0,0048202 | 0,0042329 | 0,00244 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0040588 | 0,0053618 | 0,0047103 | 0,00272 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030431 | 0,0039637 | 0,0035034 | 0,00201 | √ |

Çizelge 4.14. X yönü -%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0023228 | 0,0017670 | 0,0020449 | 0,00118 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0038435 | 0,0029146 | 0,0033790 | 0,00195 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0048237 | 0,0036421 | 0,0042329 | 0,00244 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0053662 | 0,0040544 | 0,0047103 | 0,00272 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0039672 | 0,0030397 | 0,0035034 | 0,00201 | √ |

Çizelge 4.15. Y yönü +%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0020351 | 0,0026154 | 0,0023253 | 0,00133 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0030184 | 0,0039483 | 0,0034833 | 0,00200 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0037254 | 0,0048883 | 0,0043068 | 0,00248 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0039098 | 0,0051930 | 0,0045514 | 0,00263 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024195 | 0,0033255 | 0,0028725 | 0,00169 | √ |

Çizelge 4.16. Y yönü -%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0024500 | 0,0021752 | 0,0023126 | 0,00124 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0036876 | 0,0032382 | 0,0034629 | 0,00187 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0045650 | 0,0039975 | 0,0042813 | 0,00231 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0048383 | 0,0042079 | 0,0045231 | 0,00245 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030764 | 0,0026284 | 0,0028524 | 0,00156 | √ |

4.2.1.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.17., Çizelge 4.18., Çizelge 4.19. ve Çizelge 4.20. 'de görel kat ötelenmeleri ve kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 4.17. X yönü +%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0014601 | 0,0018672 | 0,0016636 | 0,00095 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0023485 | 0,0030411 | 0,0026948 | 0,00154 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0028885 | 0,0037694 | 0,0033290 | 0,00191 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0032580 | 0,0042729 | 0,0037655 | 0,00217 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0035466 | 0,0046681 | 0,0041073 | 0,00237 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0036815 | 0,0048472 | 0,0042643 | 0,00246 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0026631 | 0,0034642 | 0,0030636 | 0,00176 | √ |

Çizelge 4.18. X yönü -%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0018677 | 0,0014596 | 0,0016636 | 0,00095 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0030428 | 0,0023468 | 0,0026948 | 0,00154 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0037721 | 0,0028859 | 0,0033290 | 0,00191 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0042764 | 0,0032546 | 0,0037655 | 0,00217 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0046722 | 0,0035425 | 0,0041073 | 0,00237 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0048516 | 0,0036770 | 0,0042643 | 0,00246 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0034673 | 0,0026599 | 0,0030636 | 0,00176 | √ |

Çizelge 4.19. Y yönü +%5 için görel kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0015232 | 0,0019286 | 0,0017259 | 0,00098 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0022366 | 0,0028970 | 0,0025668 | 0,00147 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0028071 | 0,0036370 | 0,0032220 | 0,00184 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0032368 | 0,0041904 | 0,0037136 | 0,00212 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0035630 | 0,0045890 | 0,0040625 | 0,00233 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0034931 | 0,0045863 | 0,0040397 | 0,00232 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0021088 | 0,0028570 | 0,0024829 | 0,00145 | √ |

Çizelge 4.20. Y yönü -%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY_{dsol} (m) | $\Delta Y_{dsağ}$ (m) | $\Delta Y_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0018196 | 0,0016175 | 0,0017186 | 0,00092 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0027241 | 0,0023841 | 0,0025541 | 0,00138 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0034192 | 0,0029921 | 0,0032057 | 0,00173 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0039391 | 0,0034499 | 0,0036945 | 0,00200 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0043107 | 0,0037716 | 0,0040411 | 0,00218 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042982 | 0,0037369 | 0,0040175 | 0,00218 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0026633 | 0,0022731 | 0,0024682 | 0,00135 | √ |

4.2.1.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.21., Çizelge 4.22., Çizelge 4.23. ve Çizelge 4.24. 'de görelî kat ötelenmeleri ve kontrolleri verilmiştir.

Çizelge 4.21. X yönü +%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | $\Delta X_{düst}$ (m) | ΔX_{dalt} (m) | $\Delta X_{i ort}$ (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0023797 | 0,0030448 | 0,0027122 | 0,00154 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0037610 | 0,0048705 | 0,0043159 | 0,00247 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0045932 | 0,0059940 | 0,0052936 | 0,00304 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0051806 | 0,0067940 | 0,0059873 | 0,00344 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0056319 | 0,0074127 | 0,0065223 | 0,00376 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0058327 | 0,0076798 | 0,0067563 | 0,00389 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0042298 | 0,0055019 | 0,0048658 | 0,00279 | √ |

Çizelge 4.22. X yönü -%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0030456 | 0,0023789 | 0,0027122 | 0,00154 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0048734 | 0,0037584 | 0,0043159 | 0,00247 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0059981 | 0,0045891 | 0,0052936 | 0,00304 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0067993 | 0,0051753 | 0,0059873 | 0,00344 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0074189 | 0,0056257 | 0,0065223 | 0,00376 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0076867 | 0,0058259 | 0,0067563 | 0,00389 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0055068 | 0,0042248 | 0,0048658 | 0,00279 | √ |

Çizelge 4.23. Y yönü +%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0024850 | 0,0031502 | 0,0028176 | 0,00160 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0035846 | 0,0046433 | 0,0041139 | 0,00235 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0044621 | 0,0057812 | 0,0051216 | 0,00293 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0051367 | 0,0066511 | 0,0058939 | 0,00337 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0056004 | 0,0072693 | 0,0064349 | 0,00368 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0055240 | 0,0072529 | 0,0063884 | 0,00368 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0033435 | 0,0045311 | 0,0039373 | 0,00230 | √ |

Çizelge 4.24. Y yönü -%5 için görelî kat ötelemesi ve kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | $\lambda^*(R/I)*\Delta x/h$ | $\lambda^*R/I*\Delta x/h < 0.008 * \kappa$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0029711 | 0,0026401 | 0,0028056 | 0,00151 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0043655 | 0,0038218 | 0,0040936 | 0,00221 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0054343 | 0,0047570 | 0,0050957 | 0,00275 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0062513 | 0,0054758 | 0,0058635 | 0,00317 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0068275 | 0,0059746 | 0,0064011 | 0,00346 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0067965 | 0,0059102 | 0,0063534 | 0,00344 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0042232 | 0,0036046 | 0,0039139 | 0,00214 | √ |

4.2.2. İkinci merteye etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışlarının esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci merteye etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde göz önüne alınabilir (TBDY2018). (Şekil 4.2)

$$\theta_{II,i} = ((\Delta_i)_{ort} * \Sigma w_i) / (V_i * h_i) \leq 0.12D / (C_h * R)$$

$\theta_{II,i}$: Herhangi bir deprem doğrultusunda her bir i'inci kat için tanımlanan ikinci merteye gösterge değeri

$(\Delta_i)_{ort}$: Herhangi bir deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]

w_i : i'inci kata etkiyen toplam ağırlık [kN]

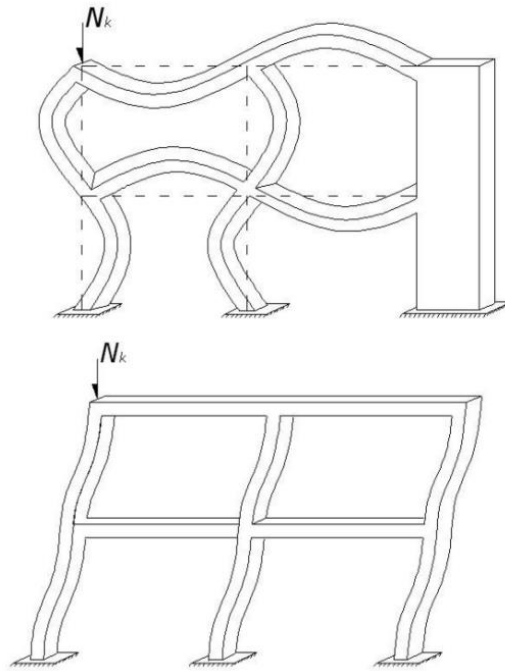
V_i : Herhangi bir deprem doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti [kN]

h_i : i'inci katın yüksekliği [m]

D : Dayanım Fazlalığı Katsayısı

C_h : İkinci merteye hesabında kullanılan ampirik katsayı

R : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı



Şekil 4.2. İkinci merteye etkileri

4.2.2.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.25., Çizelge 4.26., Çizelge 4.27. ve Çizelge 4.28. 'de ikinci mertebeye etki değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.25. X yönü +%5 için ikinci mertebeye etki değerleri

| X Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0016667 | 0,00302 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0028858 | 0,00722 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0025042 | 0,00788 | √ |

Çizelge 4.26. X yönü -%5 için ikinci mertebeye etki değerleri

| X Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0016667 | 0,00302 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0028858 | 0,00722 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0025042 | 0,00788 | √ |

Çizelge 4.27. Y yönü +%5 için ikinci mertebeye etki değerleri

| Y Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0020328 | 0,00317 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0029121 | 0,00665 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0020965 | 0,00608 | √ |

Çizelge 4.28. Y yönü -%5 için ikinci mertebe etki değerleri

| Y Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0020215 | 0,00316 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0028937 | 0,00601 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0020815 | 0,00604 | √ |

4.2.2.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.29., Çizelge 4.30., Çizelge 4.31. ve Çizelge 4.32. 'de ikinci mertebe etki değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.29. X yönü +%5 için ikinci mertebe etki değerleri

| X Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0023816 | 0,00591 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0039113 | 0,01380 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0032710 | 0,01395 | √ |

Çizelge 4.30. X yönü -%5 için ikinci mertebe etki değerleri

| X Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0023816 | 0,00591 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0039113 | 0,01380 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0032710 | 0,01395 | √ |

Çizelge 4.31. Y yönü +%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| Y Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0028029 | 0,00617 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0038646 | 0,01276 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0027053 | 0,01083 | √ |

Çizelge 4.32. Y yönü -%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| Y Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0027872 | 0,00613 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0038402 | 0,01268 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0026860 | 0,01075 | √ |

4.2.2.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.33., Çizelge 4.34., Çizelge 4.35. ve Çizelge 4.36. 'de ikinci mertbe etki değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.33. X yönü +%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| X Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0015585 | 0,00417 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0026241 | 0,00992 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0033311 | 0,01559 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0037223 | 0,02008 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0027724 | 0,01658 | √ |

Çizelge 4.34. X yönü -%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| X Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0015585 | 0,00417 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0026241 | 0,00992 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0033311 | 0,01559 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0037223 | 0,02008 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0027724 | 0,01658 | √ |

Çizelge 4.35. Y yönü +%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| Y Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0018015 | 0,00427 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0027468 | 0,00976 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0034407 | 0,01531 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0036526 | 0,01879 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0023068 | 0,01314 | √ |

Çizelge 4.36. Y yönü -%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| Y Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0017917 | 0,00425 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0027307 | 0,00970 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0034202 | 0,01522 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0036298 | 0,01867 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0022907 | 0,01305 | √ |

4.2.2.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.37., Çizelge 4.38., Çizelge 4.39. ve Çizelge 4.40. 'de ikinci mertbe etki değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.37. X yönü +%5 için ikinci mertebe etki değerleri

| X Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0020449 | 0,00653 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0033790 | 0,01572 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0042329 | 0,02485 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0047103 | 0,03196 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0035034 | 0,02604 | √ |

Çizelge 4.38. X yönü -%5 için ikinci mertebe etki değerleri

| X Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0020449 | 0,00653 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0033790 | 0,01572 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0042329 | 0,02485 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0047103 | 0,03196 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0035034 | 0,02604 | √ |

Çizelge 4.39. Y yönü +%5 için ikinci mertebe etki değerleri

| Y Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0023253 | 0,00666 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0034833 | 0,01548 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0043068 | 0,02444 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0045514 | 0,02993 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0028725 | 0,02062 | √ |

Çizelge 4.40. Y yönü -%5 için ikinci merteye etki değerleri

| Y Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0023126 | 0,00662 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0034629 | 0,01539 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0042813 | 0,02429 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0045231 | 0,02974 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0028524 | 0,02048 | √ |

4.2.2.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.41., Çizelge 4.41., Çizelge 4.43. ve Çizelge 4.44. 'de ikinci merteye etki değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.41. X yönü +%5 için ikinci merteye etki değerleri

| X Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0016636 | 0,00468 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0026948 | 0,01074 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0033290 | 0,01669 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0037655 | 0,02235 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0041073 | 0,02750 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042643 | 0,03101 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030636 | 0,02387 | √ |

Çizelge 4.42. X yönü -%5 için ikinci merteye etki değerleri

| X Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0016636 | 0,00468 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0026948 | 0,01074 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0033290 | 0,01669 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0037655 | 0,02235 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0041073 | 0,02750 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042643 | 0,03101 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030636 | 0,02387 | √ |

Çizelge 4.43. Y yönü +%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| Y Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0017259 | 0,00447 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0025668 | 0,01009 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0032220 | 0,01612 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0037136 | 0,02205 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0040625 | 0,02725 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0040397 | 0,02946 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024829 | 0,01934 | √ |

Çizelge 4.44. Y yönü -%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| Y Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0017186 | 0,00446 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0025541 | 0,01004 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0032057 | 0,01603 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0036945 | 0,02194 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0040411 | 0,02711 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0040175 | 0,02929 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024682 | 0,01923 | √ |

4.2.2.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.45., Çizelge 4.46., Çizelge 4.47. ve Çizelge 4.48. 'de ikinci mertbe etki değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.45. X yönü +%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| X Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0027122 | 0,00730 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0043159 | 0,01710 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0052936 | 0,02661 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0059873 | 0,03553 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0065223 | 0,04371 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0067563 | 0,04941 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0048658 | 0,03791 | √ |

Çizelge 4.46. X yönü -%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| X Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔX_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0027122 | 0,00730 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0043159 | 0,01710 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0052936 | 0,02661 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0059873 | 0,03553 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0065223 | 0,04371 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0067563 | 0,04941 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0048658 | 0,03791 | √ |

Çizelge 4.47. Y yönü +%5 için ikinci mertbe etki değerleri

| Y Yönü +%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0028176 | 0,00694 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0041139 | 0,01610 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0051216 | 0,02572 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0058939 | 0,03503 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0064349 | 0,04332 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0063884 | 0,04699 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0039373 | 0,03067 | √ |

Çizelge 4.48. Y yönü -%5 için ikinci merteye etki değerleri

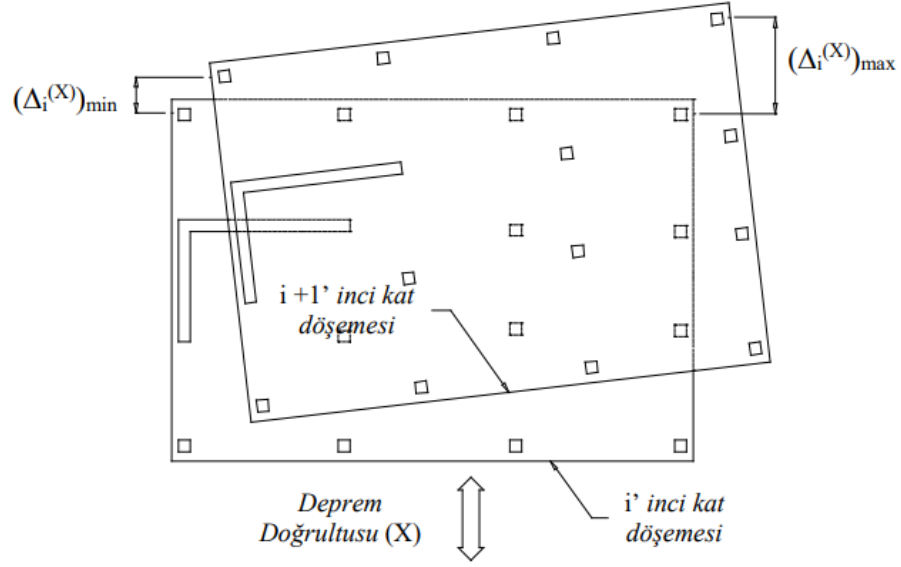
| Y Yönü -%5 | | | | KONTROL |
|------------|-------|----------------------|-----------------|------------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_i ort (m) | $\theta_{II,i}$ | $\theta_{II,i} < 0,12$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0028056 | 0,00691 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0040936 | 0,01602 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0050957 | 0,02559 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0058635 | 0,03485 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0064011 | 0,04309 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0063534 | 0,04673 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0039139 | 0,03049 | √ |

4.2.3. Düzensizlik durumları

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken özel durumlar bulunmaktadır. Bu durumlar yönetmeliklerde düzensizlik olarak tanımlanmıştır (Maraşlı, 2005).

4.2.3.1. A1-Burulma düzensizliği

A1 Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranı olarak ifade edilen burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} nin 1.2'den büyük olması durumudur (Maraşlı, 2005). (Şekil 4.3)



Şekil 4.3. Burulma düzensizliği

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda;

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

$$\text{Burulma düzensizliği katsayısı: } \eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu: $\eta_{bi} > 1.2$ (TBDY2018)

Δ_i : Herhangi bir deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi değerini [m],

$(\Delta_i)_{ort}$: Herhangi bir deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]

η_{bi} : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

4.2.3.1.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.49, Çizelge 4.50, Çizelge 4.51 ve Çizelge 4.52'de burulma düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.49. X yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0014279 | 0,0019055 | 0,0016667 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0024873 | 0,0032843 | 0,0028858 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0021771 | 0,0028313 | 0,0025042 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.50. X yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0019061 | 0,0014272 | 0,0016667 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0032869 | 0,0024847 | 0,0028858 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0028339 | 0,0021745 | 0,0025042 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.51. Y yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0017765 | 0,0022892 | 0,0020328 | 1,13 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0024990 | 0,0033253 | 0,0029121 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0017614 | 0,0024315 | 0,0020965 | 1,16 | √ |

Çizelge 4.52. Y yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0021849 | 0,0018941 | 0,0020215 | 1,06 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0031032 | 0,0026842 | 0,0028937 | 1,07 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0022524 | 0,0019105 | 0,0020815 | 1,08 | √ |

4.2.3.1.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.53, Çizelge 4.54, Çizelge 4.55 ve Çizelge 4.56'de burulma düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.53. X yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0020412 | 0,0027219 | 0,0023816 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0033708 | 0,0044519 | 0,0039113 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0028425 | 0,0036995 | 0,0032710 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.54. X yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0027226 | 0,0020406 | 0,0023816 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0044544 | 0,0033683 | 0,0039113 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0037022 | 0,0028399 | 0,0032710 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.55. Y yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0024411 | 0,0031648 | 0,0028029 | 1,13 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0033089 | 0,0044202 | 0,0038646 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0022689 | 0,0031408 | 0,0027053 | 1,16 | √ |

Çizelge 4.56. Y yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_{dsol} (m) | $\Delta Y_{dsağ}$ (m) | $\Delta Y_{i ort}$ (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0029586 | 0,0026157 | 0,0027872 | 1,06 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0041095 | 0,0035708 | 0,0038402 | 1,07 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0029002 | 0,0024718 | 0,0026860 | 1,08 | √ |

4.2.3.1.3 Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.57, Çizelge 4.58, Çizelge 4.59 ve Çizelge 4.60'da burulma düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.57. X yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | $\Delta X_{düst}$ (m) | ΔX_{dalt} (m) | $\Delta X_{i ort}$ (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0013472 | 0,0017699 | 0,0015585 | 1,14 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0022651 | 0,0029832 | 0,0026241 | 1,14 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0028690 | 0,0037933 | 0,0033311 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0032075 | 0,0042371 | 0,0037223 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024082 | 0,0031367 | 0,0027724 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.58. X yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | $\Delta X_{düst}$ (m) | ΔX_{dalt} (m) | $\Delta X_{i ort}$ (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0017703 | 0,0013467 | 0,0015585 | 1,14 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0029849 | 0,0022633 | 0,0026241 | 1,14 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0037961 | 0,0028662 | 0,0033311 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042407 | 0,0032039 | 0,0037223 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0031394 | 0,0024054 | 0,0027724 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.59. Y yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0015778 | 0,0020252 | 0,0018015 | 1,12 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0023806 | 0,0031131 | 0,0027468 | 1,13 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0029760 | 0,0039053 | 0,0034407 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0031376 | 0,0041676 | 0,0036526 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0019428 | 0,0026708 | 0,0023068 | 1,16 | √ |

Çizelge 4.60. Y yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0018978 | 0,0016856 | 0,0017917 | 1,06 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0029081 | 0,0025534 | 0,0027307 | 1,06 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0036475 | 0,0031930 | 0,0034202 | 1,07 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0038832 | 0,0033765 | 0,0036298 | 1,07 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024704 | 0,0021109 | 0,0022907 | 1,08 | √ |

4.2.3.1.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.61, Çizelge 4.62, Çizelge 4.63 ve Çizelge 4.64'de burulma düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.61. X yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX üst (m) | ΔX alt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0017675 | 0,0023223 | 0,0020449 | 1,14 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0029167 | 0,0038414 | 0,0033790 | 1,14 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0036455 | 0,0048202 | 0,0042329 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0040588 | 0,0053618 | 0,0047103 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030431 | 0,0039637 | 0,0035034 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.62. X yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0023228 | 0,0017670 | 0,0020449 | 1,14 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0038435 | 0,0029146 | 0,0033790 | 1,14 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0048237 | 0,0036421 | 0,0042329 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0053662 | 0,0040544 | 0,0047103 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0039672 | 0,0030397 | 0,0035034 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.63. Y yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0020351 | 0,0026154 | 0,0023253 | 1,12 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0030184 | 0,0039483 | 0,0034833 | 1,13 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0037254 | 0,0048883 | 0,0043068 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0039098 | 0,0051930 | 0,0045514 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024195 | 0,0033255 | 0,0028725 | 1,16 | √ |

Çizelge 4.64. Y yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0024500 | 0,0021752 | 0,0023126 | 1,06 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0036876 | 0,0032382 | 0,0034629 | 1,06 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0045650 | 0,0039975 | 0,0042813 | 1,07 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0048383 | 0,0042079 | 0,0045231 | 1,07 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030764 | 0,0026284 | 0,0028524 | 1,08 | √ |

4.2.3.1.5. Normal Betonlu 7 Kath Proje Sonuçları

Çizelge 4.65, Çizelge 4.66, Çizelge 4.67 ve Çizelge 4.68'de burulma düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.65. X yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0014601 | 0,0018672 | 0,0016636 | 1,12 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0023485 | 0,0030411 | 0,0026948 | 1,13 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0028885 | 0,0037694 | 0,0033290 | 1,13 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0032580 | 0,0042729 | 0,0037655 | 1,13 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0035466 | 0,0046681 | 0,0041073 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0036815 | 0,0048472 | 0,0042643 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0026631 | 0,0034642 | 0,0030636 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.66. X yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0018677 | 0,0014596 | 0,0016636 | 1,12 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0030428 | 0,0023468 | 0,0026948 | 1,13 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0037721 | 0,0028859 | 0,0033290 | 1,13 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0042764 | 0,0032546 | 0,0037655 | 1,13 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0046722 | 0,0035425 | 0,0041073 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0048516 | 0,0036770 | 0,0042643 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0034673 | 0,0026599 | 0,0030636 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.67. Y yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsag (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0015232 | 0,0019286 | 0,0017259 | 1,12 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0022366 | 0,0028970 | 0,0025668 | 1,13 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0028071 | 0,0036370 | 0,0032220 | 1,13 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0032368 | 0,0041904 | 0,0037136 | 1,13 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0035630 | 0,0045890 | 0,0040625 | 1,13 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0034931 | 0,0045863 | 0,0040397 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0021088 | 0,0028570 | 0,0024829 | 1,15 | √ |

Çizelge 4.68. Y yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY_{dsol} (m) | $\Delta Y_{dsağ}$ (m) | $\Delta Y_{i ort}$ (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0018196 | 0,0016175 | 0,0017186 | 1,06 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0027241 | 0,0023841 | 0,0025541 | 1,07 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0034192 | 0,0029921 | 0,0032057 | 1,07 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0039391 | 0,0034499 | 0,0036945 | 1,07 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0043107 | 0,0037716 | 0,0040411 | 1,07 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042982 | 0,0037369 | 0,0040175 | 1,07 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0026633 | 0,0022731 | 0,0024682 | 1,08 | √ |

4.2.3.1.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.69, Çizelge 4.70, Çizelge 4.71 ve Çizelge 4.72'de burulma düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.69. X yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | $\Delta X_{düst}$ (m) | ΔX_{dalt} (m) | $\Delta X_{i ort}$ (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0023797 | 0,0030448 | 0,0027122 | 1,12 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0037610 | 0,0048705 | 0,0043159 | 1,13 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0045932 | 0,0059940 | 0,0052936 | 1,13 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0051806 | 0,0067940 | 0,0059873 | 1,13 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0056319 | 0,0074127 | 0,0065223 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0058327 | 0,0076798 | 0,0067563 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0042298 | 0,0055019 | 0,0048658 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.70. X yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔX düst (m) | ΔX dalt (m) | ΔX_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0030456 | 0,0023789 | 0,0027122 | 1,12 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0048734 | 0,0037584 | 0,0043159 | 1,13 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0059981 | 0,0045891 | 0,0052936 | 1,13 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0067993 | 0,0051753 | 0,0059873 | 1,14 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0074189 | 0,0056257 | 0,0065223 | 1,14 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0076867 | 0,0058259 | 0,0067563 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0055068 | 0,0042248 | 0,0048658 | 1,13 | √ |

Çizelge 4.71. Y yönü +%5 için burulma düzensizliği kontrolü

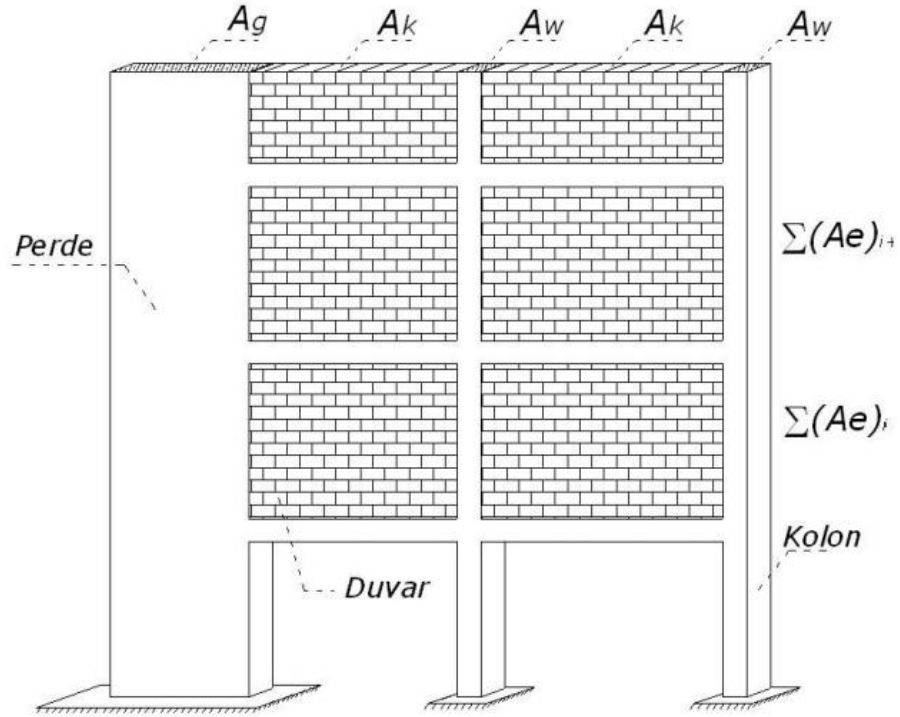
| Y Yönü +%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0024850 | 0,0031502 | 0,0028176 | 1,12 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0035846 | 0,0046433 | 0,0041139 | 1,13 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0044621 | 0,0057812 | 0,0051216 | 1,13 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0051367 | 0,0066511 | 0,0058939 | 1,13 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0056004 | 0,0072693 | 0,0064349 | 1,13 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0055240 | 0,0072529 | 0,0063884 | 1,14 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0033435 | 0,0045311 | 0,0039373 | 1,15 | √ |

Çizelge 4.72. Y yönü -%5 için burulma düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| KAT | h (m) | ΔY dsol (m) | ΔY dsağ (m) | ΔY_i ort (m) | η_{bi} | $\eta_{bi} < 1.2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0029711 | 0,0026401 | 0,0028056 | 1,06 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0043655 | 0,0038218 | 0,0040936 | 1,07 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0054343 | 0,0047570 | 0,0050957 | 1,07 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0062513 | 0,0054758 | 0,0058635 | 1,07 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0068275 | 0,0059746 | 0,0064011 | 1,07 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0067965 | 0,0059102 | 0,0063534 | 1,07 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0042232 | 0,0036046 | 0,0039139 | 1,08 | √ |

4.2.3.2. B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki ‘toplam etkili kesme alanının’, bir üst kattaki ‘toplam etkili kesme alanına’ oranı olarak tanımlanan ‘Dayanım Düzensizliği Katsayısı’ η_{ci} ’nin 0.80’den küçük olması durumu zayıf kat olarak adlandırılır (TBDY2018). (Şekil 4.4)



Şekil 4.4. Zayıf kat düzensizliği

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.8$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k$$

η_{ci} : i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı

ΣA_w : Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı [m^2]

ΣA_g : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı [m^2]

ΣA_k : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı [m^2]

ΣA_e : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı [m^2]

4.2.3.2.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.73 ve 4.74’de zayıf kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.73. X yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| X YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 1,65 | 2,31 | 0,89 | √ |

Çizelge 4.74. Y yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| Y YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 4,05 | 2,67 | 0,81 | √ |

4.2.3.2.2. Hafif Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.75 ve 4.76’de zayıf kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.75. X yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| X YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 1,65 | 2,31 | 0,89 | √ |

Çizelge 4.76. Y yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| Y YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 4,05 | 2,67 | 0,81 | √ |

4.2.3.2.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.77 ve 4.78’de zayıf kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.77. X yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| X YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 5.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 1,65 | 2,31 | 0,89 | √ |

Çizelge 4.78. Y yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| Y YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 5.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 4,05 | 2,67 | 0,81 | √ |

4.2.3.2.4. Hafif Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.79 ve 4.80'de zayıf kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.79. X yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| X YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 5.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 3,58 | 2,60 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 1,65 | 2,31 | 0,89 | √ |

Çizelge 4.80. Y yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| Y YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 5.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 8,23 | 3,29 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,06 | 0,00 | 4,05 | 2,67 | 0,81 | √ |

4.2.3.2.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.81 ve 4.82’de zayıf kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.81. X yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| X YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 7.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 6.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 5.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 1,65 | 2,36 | 0,89 | √ |

Çizelge 4.82. Y yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| Y YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 7.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 6.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 5.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 4,05 | 2,72 | 0,81 | √ |

4.2.3.2.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.83 ve 4.84’de zayıf kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.83. X yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

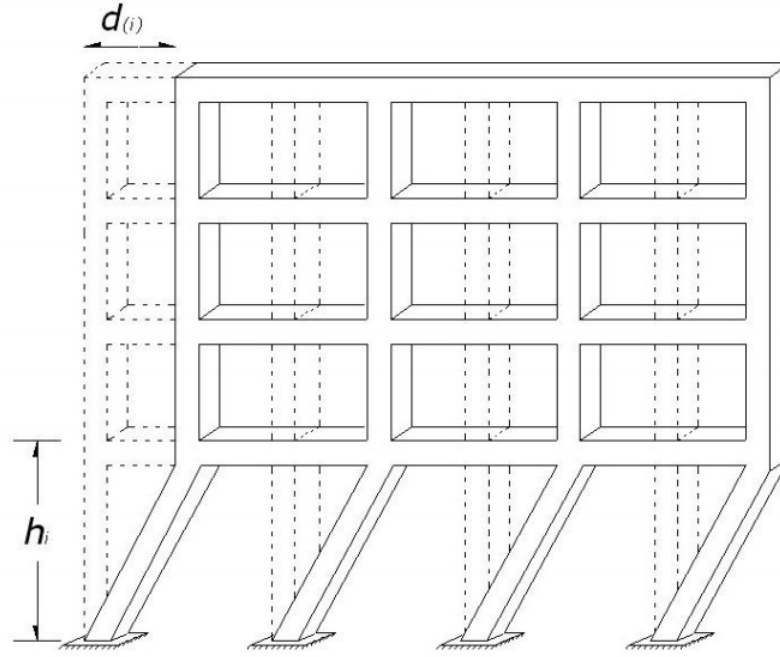
| X YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 7.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 6.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 5.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 3,58 | 2,65 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 1,65 | 2,36 | 0,89 | √ |

Çizelge 4.84. Y yönü zayıf kat düzensizliği kontrolü

| Y YÖNÜ | | | | | | | KONTROL |
|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| KAT | h (m) | ΣA_w | ΣA_g | ΣA_k | ΣA_e | η_{ci} | $\eta_{ci} > 0,80$ |
| | | Kolon Alan | Perde Alan | Duvar Alan | Kesme Alan | | |
| 7.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 6.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 5.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 4.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 3.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 2.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 8,23 | 3,34 | 1,00 | √ |
| 1.KAT | 3 | 2,11 | 0,00 | 4,05 | 2,72 | 0,81 | √ |

4.2.3.3. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan 'Rijitlik Düzensizliği Katsayısı' η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu yumuşak kat olarak adlandırılır (TBDY2018). (Şekil 4.5)



Şekil 4.5. Yumuşak kat düzensizliği

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \text{ veya}$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$$

η_{ki} : i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

$(\Delta_i)_{ort}$: Herhangi bir deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görel kat ötelemesi [m]

4.2.3.3.1. Normal Betonlu 3 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.85, Çizelge 4.86, Çizelge 4.87 ve Çizelge 4.88'de yumuşak kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.85. X yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0016667 | 0,000555567 | | - | 0,58 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0028858 | 0,000961933 | 0,000555567 | 1,73 | 1,15 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0025042 | 0,000834733 | 0,000961933 | 0,87 | - | √ |

Çizelge 4.86. X yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0016667 | 0,000555567 | | - | 0,58 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0028858 | 0,000961933 | 0,000555567 | 1,73 | 1,15 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0025042 | 0,000834733 | 0,000961933 | 0,87 | - | √ |

Çizelge 4.87. Y yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0020328 | 0,000677600 | | - | 0,70 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0029121 | 0,000970700 | 0,000677600 | 1,43 | 1,39 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0020965 | 0,000698833 | 0,000970700 | 0,72 | - | √ |

Çizelge 4.88. Y yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0020215 | 0,000673833 | | - | 0,70 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0028937 | 0,000964567 | 0,000673833 | 1,43 | 1,39 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0020815 | 0,000693833 | 0,000964567 | 0,72 | - | √ |

4.2.3.3.2. Hafif Betonlu 3 Kathi Proje Sonuçları

Çizelge 4.89, Çizelge 4.90 Çizelge 4.91 ve Çizelge 4.92'de yumuşak kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.89. X yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0023816 | 0,000793867 | | - | 0,61 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0039113 | 0,001303767 | 0,000793867 | 1,64 | 1,20 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0032710 | 0,001090333 | 0,001303767 | 0,84 | - | √ |

Çizelge 4.90. X yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0023816 | 0,000793867 | | - | 0,61 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0039113 | 0,001303767 | 0,000793867 | 1,64 | 1,20 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0032710 | 0,001090333 | 0,001303767 | 0,84 | - | √ |

Çizelge 4.91. Y yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0024411 | 0,000813700 | | - | 0,74 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0033089 | 0,001102967 | 0,000813700 | 1,36 | 1,46 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0022689 | 0,000756300 | 0,001102967 | 0,69 | - | √ |

Çizelge 4.92. Y yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 3.KAT | 3 | 0,0027872 | 0,000929067 | | - | 0,73 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0038402 | 0,001280067 | 0,000929067 | 1,38 | 1,43 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0026860 | 0,000895333 | 0,001280067 | 0,70 | - | √ |

4.2.3.3.3. Normal Betonlu 5 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.93, Çizelge 4.94, Çizelge 4.95 ve Çizelge 4.96'de yumuşak kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.93. X yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0015585 | 0,000519500 | | - | 0,59 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0026241 | 0,000874700 | 0,000519500 | 1,68 | 0,79 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0033311 | 0,001110367 | 0,000874700 | 1,27 | 0,89 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0037223 | 0,001240767 | 0,001110367 | 1,12 | 1,34 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0027724 | 0,000924133 | 0,001240767 | 0,74 | - | √ |

Çizelge 4.94. X yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0015585 | 0,000519500 | | - | 0,59 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0026241 | 0,000874700 | 0,000519500 | 1,68 | 0,79 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0033311 | 0,001110367 | 0,000874700 | 1,27 | 0,89 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0037223 | 0,001240767 | 0,001110367 | 1,12 | 1,34 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0027724 | 0,000924133 | 0,001240767 | 0,74 | - | √ |

Çizelge 4.95 Y yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0018015 | 0,000600500 | | - | 0,66 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0027468 | 0,000915600 | 0,000600500 | 1,52 | 0,80 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0034407 | 0,001146900 | 0,000915600 | 1,25 | 0,94 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0036526 | 0,001217533 | 0,001146900 | 1,06 | 1,58 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0023068 | 0,000768933 | 0,001217533 | 0,63 | - | √ |

Çizelge 4.96. Y yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0017917 | 0,000597233 | | - | 0,66 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0027307 | 0,000910233 | 0,000597233 | 1,52 | 0,80 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0034202 | 0,001140067 | 0,000910233 | 1,25 | 0,94 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0036298 | 0,001209933 | 0,001140067 | 1,06 | 1,58 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0022907 | 0,000763567 | 0,001209933 | 0,63 | - | √ |

4.2.3.3.4. Hafif Betonlu 5 Kathi Proje Sonuçları

Çizelge 4.97, Çizelge 4.98, Çizelge 4.99 ve Çizelge 4.100'de yumuşak kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.97. X yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0020449 | 0,000681633 | | - | 0,61 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0033790 | 0,001126333 | 0,000681633 | 1,65 | 0,80 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0042329 | 0,001410967 | 0,001126333 | 1,25 | 0,90 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0047103 | 0,001570100 | 0,001410967 | 1,11 | 1,34 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0035034 | 0,001167800 | 0,001570100 | 0,74 | - | √ |

Çizelge 4.98. X yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0020449 | 0,000681633 | | - | 0,61 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0033790 | 0,001126333 | 0,000681633 | 1,65 | 0,80 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0042329 | 0,001410967 | 0,001126333 | 1,25 | 0,90 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0047103 | 0,001570100 | 0,001410967 | 1,11 | 1,34 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0035034 | 0,001167800 | 0,001570100 | 0,74 | - | √ |

Çizelge 4.99. Y yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0023253 | 0,000775100 | | - | 0,67 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0034833 | 0,001161100 | 0,000775100 | 1,50 | 0,81 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0043068 | 0,001435600 | 0,001161100 | 1,24 | 0,95 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0045514 | 0,001517133 | 0,001435600 | 1,06 | 1,58 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0028725 | 0,000957500 | 0,001517133 | 0,63 | - | √ |

Çizelge 4.100. Y yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 5.KAT | 3 | 0,0024500 | 0,000816667 | | - | 0,66 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0036876 | 0,001229200 | 0,000816667 | 1,51 | 0,81 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0045650 | 0,001521667 | 0,001229200 | 1,24 | 0,94 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0048383 | 0,001612767 | 0,001521667 | 1,06 | 1,57 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030764 | 0,001025467 | 0,001612767 | 0,64 | - | √ |

4.2.3.3.5. Normal Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.101, Çizelge 4.102, Çizelge 4.103 ve Çizelge 4.104'de yumuşak kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.101. X yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0016636 | 0,000554533 | | - | 0,62 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0026948 | 0,000898267 | 0,000554533 | 1,62 | 0,81 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0033290 | 0,001109667 | 0,000898267 | 1,24 | 0,88 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0037655 | 0,001255167 | 0,001109667 | 1,13 | 0,92 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0041073 | 0,001369100 | 0,001255167 | 1,09 | 0,96 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042643 | 0,001421433 | 0,001369100 | 1,04 | 1,39 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030636 | 0,001021200 | 0,001421433 | 0,72 | - | √ |

Çizelge 4.102. X yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0016636 | 0,000554533 | | - | 0,62 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0026948 | 0,000898267 | 0,000554533 | 1,62 | 0,81 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0033290 | 0,001109667 | 0,000898267 | 1,24 | 0,88 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0037655 | 0,001255167 | 0,001109667 | 1,13 | 0,92 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0041073 | 0,001369100 | 0,001255167 | 1,09 | 0,96 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0042643 | 0,001421433 | 0,001369100 | 1,04 | 1,39 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0030636 | 0,001021200 | 0,001421433 | 0,72 | - | √ |

Çizelge 4.103. Y yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0017259 | 0,000575300 | | - | 0,67 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0025668 | 0,000855600 | 0,000575300 | 1,49 | 0,80 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0032220 | 0,001074000 | 0,000855600 | 1,26 | 0,87 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0037136 | 0,001237867 | 0,001074000 | 1,15 | 0,91 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0040625 | 0,001354167 | 0,001237867 | 1,09 | 1,01 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0040397 | 0,001346567 | 0,001354167 | 0,99 | 1,63 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024829 | 0,000827633 | 0,001346567 | 0,61 | - | √ |

Çizelge 4.104. Y yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0017186 | 0,000572867 | | - | 0,67 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0025541 | 0,000851367 | 0,000572867 | 1,49 | 0,80 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0032057 | 0,001068567 | 0,000851367 | 1,26 | 0,87 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0036945 | 0,001231500 | 0,001068567 | 1,15 | 0,91 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0040411 | 0,001347033 | 0,001231500 | 1,09 | 1,01 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0040175 | 0,001339167 | 0,001347033 | 0,99 | 1,63 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0024682 | 0,000822733 | 0,001339167 | 0,61 | - | √ |

4.2.3.3.6. Hafif Betonlu 7 Katlı Proje Sonuçları

Çizelge 4.105, Çizelge 4.106, Çizelge 4.107 ve Çizelge 4.108’de yumuşak kat düzensizliği kontrolü verilmiştir.

Çizelge 4.105. X yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0027122 | 0,000904067 | | - | 0,63 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0043159 | 0,001438633 | 0,000904067 | 1,59 | 0,82 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0052936 | 0,001764533 | 0,001438633 | 1,23 | 0,88 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0059873 | 0,001995767 | 0,001764533 | 1,13 | 0,92 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0065223 | 0,002174100 | 0,001995767 | 1,09 | 0,97 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0067563 | 0,002252100 | 0,002174100 | 1,04 | 1,39 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0048658 | 0,001621933 | 0,002252100 | 0,72 | - | √ |

Çizelge 4.106. X yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| X Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔX ort (m) | $\Delta X/h$ | $(\Delta X_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0027122 | 0,000904067 | | - | 0,63 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0043159 | 0,001438633 | 0,000904067 | 1,59 | 0,82 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0052936 | 0,001764533 | 0,001438633 | 1,23 | 0,88 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0059873 | 0,001995767 | 0,001764533 | 1,13 | 0,92 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0065223 | 0,002174100 | 0,001995767 | 1,09 | 0,97 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0067563 | 0,002252100 | 0,002174100 | 1,04 | 1,39 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0048658 | 0,001621933 | 0,002252100 | 0,72 | - | √ |

Çizelge 4.107. Y yönü +%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü +%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0028176 | 0,000939200 | | - | 0,68 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0041139 | 0,001371300 | 0,000939200 | 1,46 | 0,80 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0051216 | 0,001707200 | 0,001371300 | 1,24 | 0,87 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0058939 | 0,001964633 | 0,001707200 | 1,15 | 0,92 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0064349 | 0,002144967 | 0,001964633 | 1,09 | 1,01 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0063884 | 0,002129467 | 0,002144967 | 0,99 | 1,62 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0039373 | 0,001312433 | 0,002129467 | 0,62 | - | √ |

Çizelge 4.108. Y yönü -%5 için yumuşak kat düzensizliği kontrolü

| Y Yönü -%5 | | | | | | | KONTROL |
|------------|-------|--------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KAT | h (m) | ΔY ort (m) | $\Delta Y/h$ | $(\Delta Y_{i+1})/(h_{i+1})$ | η_{ki} (+) | η_{ki} (-) | $\eta_{ki} < 2$ |
| 7.KAT | 3 | 0,0028056 | 0,000935200 | | - | 0,69 | √ |
| 6.KAT | 3 | 0,0040936 | 0,001364533 | 0,000935200 | 1,46 | 0,80 | √ |
| 5.KAT | 3 | 0,0050957 | 0,001698567 | 0,001364533 | 1,24 | 0,87 | √ |
| 4.KAT | 3 | 0,0058635 | 0,001954500 | 0,001698567 | 1,15 | 0,92 | √ |
| 3.KAT | 3 | 0,0064011 | 0,002133700 | 0,001954500 | 1,09 | 1,01 | √ |
| 2.KAT | 3 | 0,0063534 | 0,002117800 | 0,002133700 | 0,99 | 1,62 | √ |
| 1.KAT | 3 | 0,0039139 | 0,001304633 | 0,002117800 | 0,62 | - | √ |

4.3. Yapıların Betonarme Hesapları

Bu bölümdeki yapılan bütün hesaplamalarda Türk Standartlarının yayınladığı ‘Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri’ (TS 498, 1997), ‘Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları’ (TS 500, 2000) ve ‘Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ (TBDY, 2018) dikkate alınmıştır.

4.3.1. Döşemeler

Döşemeler, TS500’de verilen tasarım kriterlerine ve gerekli yüklemelere göre tasarlanmış olup döşeme kalınlıkları TS500’de verilen formüllerle bulunarak, 6 yapıdaki tüm döşemelerde 12 cm kalınlık yeterli olmuştur.

Döşemeler için STA4CAD v14.1 programı yardımıyla sehim kontrolü yapılmıştır ve gerekli kriterleri sağlamıştır.

4.3.2. Kirişler

Bütün kirişlerin tasarımı TS 500 ve TBDY2018’e göre yapılmış olup, moment değerleri ve donatılar STA4CAD v14.1 programı yardımıyla bulunmuştur. Kirişlerin 66 tanesinde 25/50 minimum kesit ölçülerini sağlamış olup sadece 9 kiriş için 30/50 boyutları yeterli olduğundan tercih edilmiştir. Ayrıca kirişlerde kesme güvenliği, burulma, çatlak ve sehim kontrolleri yapılmıştır ve gerekli kriterleri sağlamıştır.

4.3.3. Kolonlar

Bütün kolonların tasarımı TS500 ve TBDY2018’e göre yapılmış olup, moment değerleri ve donatılar STA4CAD v14.1 programı yardımıyla bulunmuştur.

Kolonların kesme güvenliği kontrolleri yapılmış ve herhangi bir olumsuzlukla karşılaşılmamıştır.

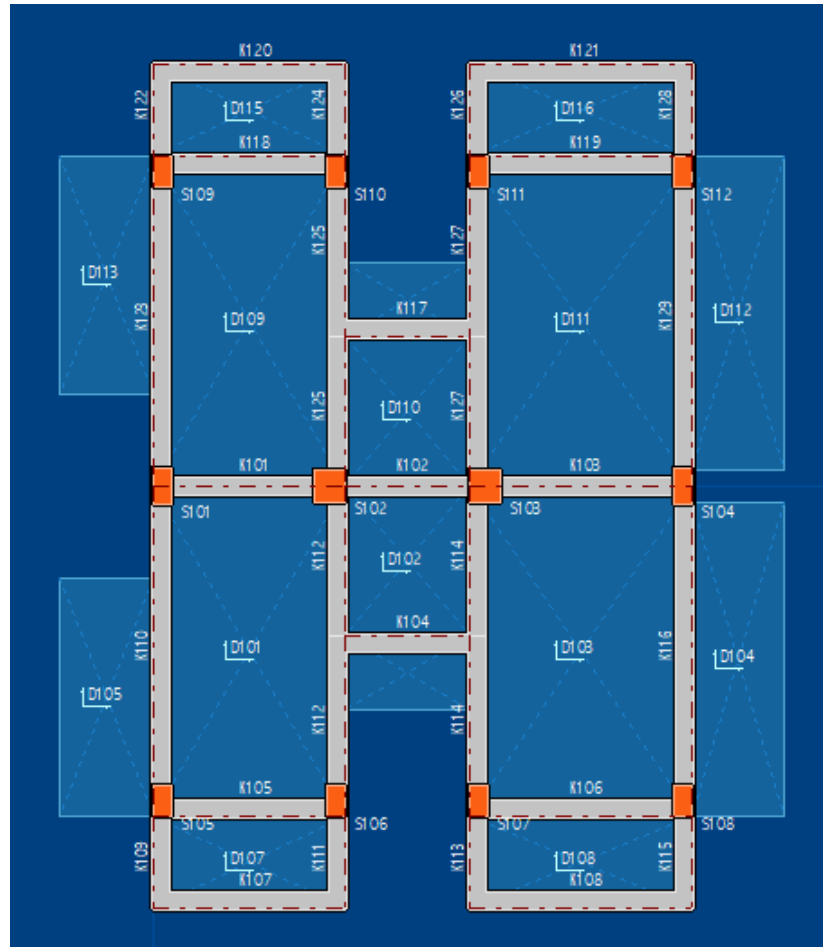
Yapının asıl boyutlandırılmasına göre 3 katlı ve 5 katlı projelerde yapılarımız için kat sayısı artmasına rağmen hem normal beton kullanımı durumu için hem de hafif beton kullanımı durumu için kolonlarımızın boyutlarında herhangi bir değişiklik gerçekleşmemişken, 7 katlı projenin normal beton kullanımı durumu için S703 ve S711 kolonlarında kuşatılmış kolon sorunu ile karşılaşıldığı için S03 ve S11 kolonlarının 30*50 olan boyutları 35*50 olarak değiştirilerek sorun ortadan kaldırılmıştır.

4.3.4. Temeller

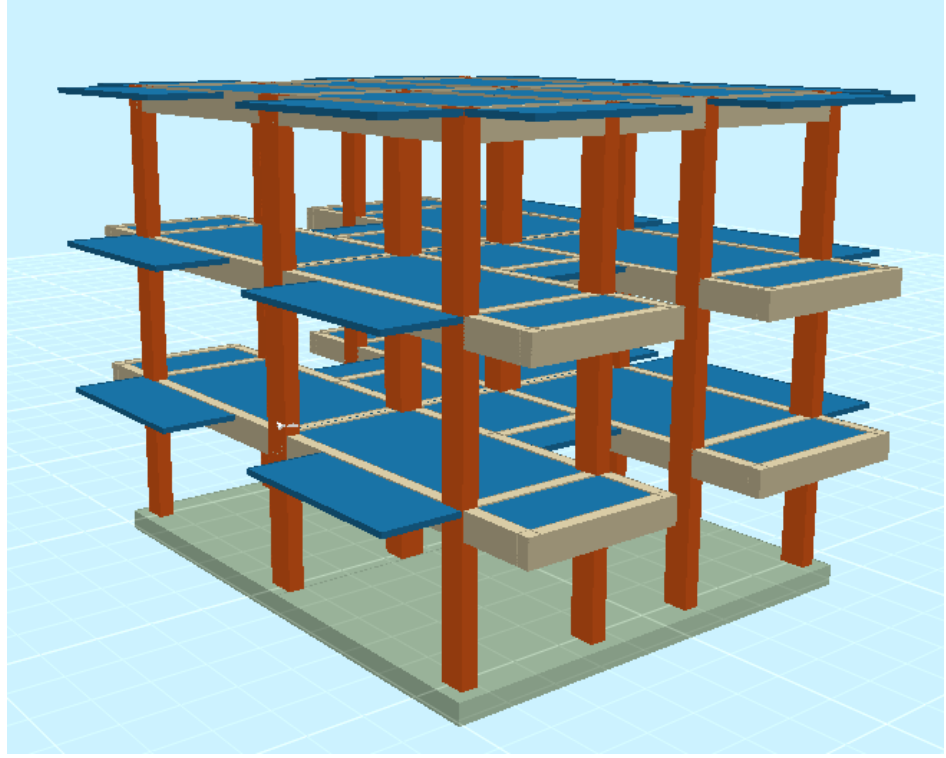
Radye temellerin tasarımı TS500 ve TBDY2018’e göre yapılmış olup, her proje için temel kalınlıkları 40 cm olarak tasarlanmıştır.

Temeller için eğilme, kesme ve zımbalama kuvvetleri için kontroller yapılmıştır ve gerekli kriterleri sağlamıştır.

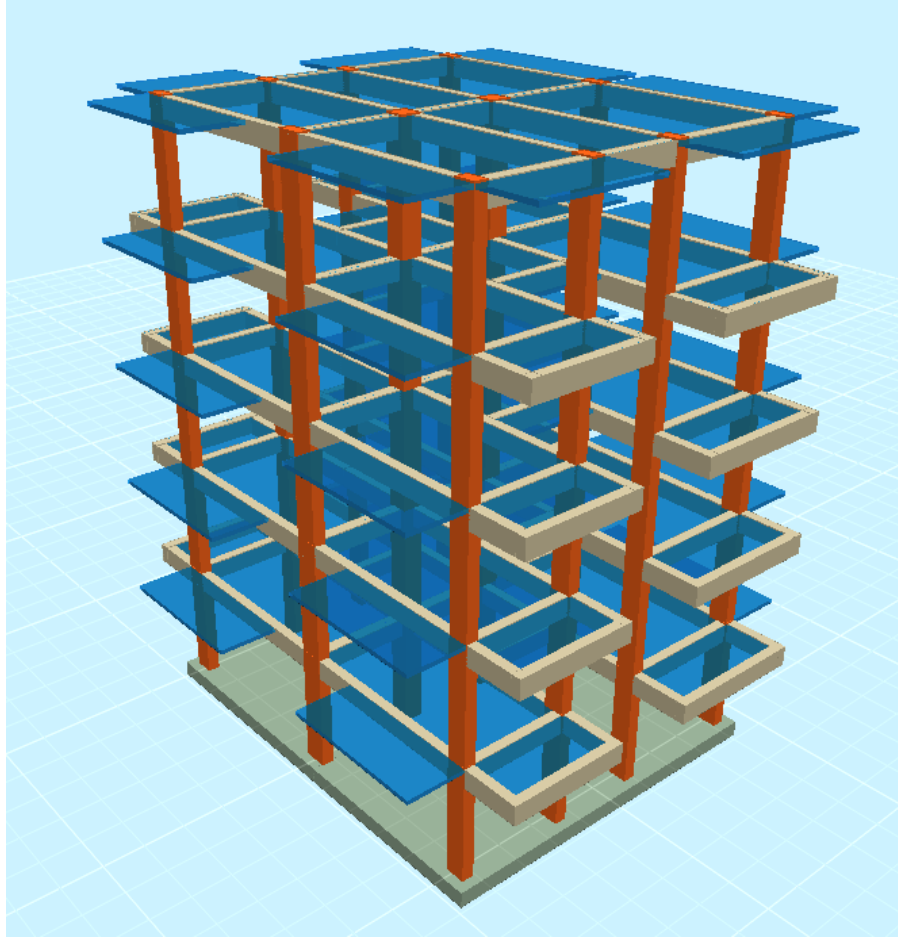
Tasarımı gerçekleştirilen tüm yapıların kat kalıp planları aynıdır ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.7'de 3 katlı yapının, Şekil 4.8'de 5 katlı yapının, Şekil 4.9'da ise 7 katlı yapının perspektif görünüşleri verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de 3 katlı yapının normal ve hafif betona göre, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de 5 katlı yapının normal ve hafif betona göre ve Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de 7 katlı yapının normal ve hafif betona göre deplasman yapmış halleri sırasıyla verilmiştir.



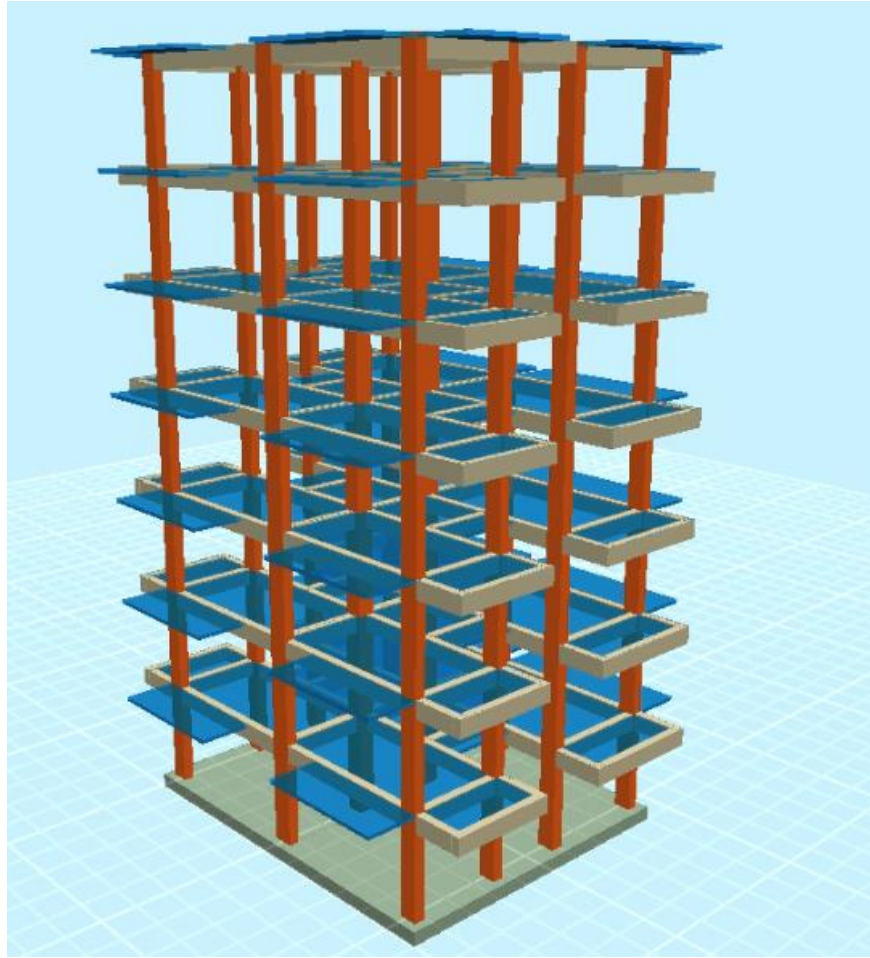
Şekil 4.6. Yapıların kat kalıp planı



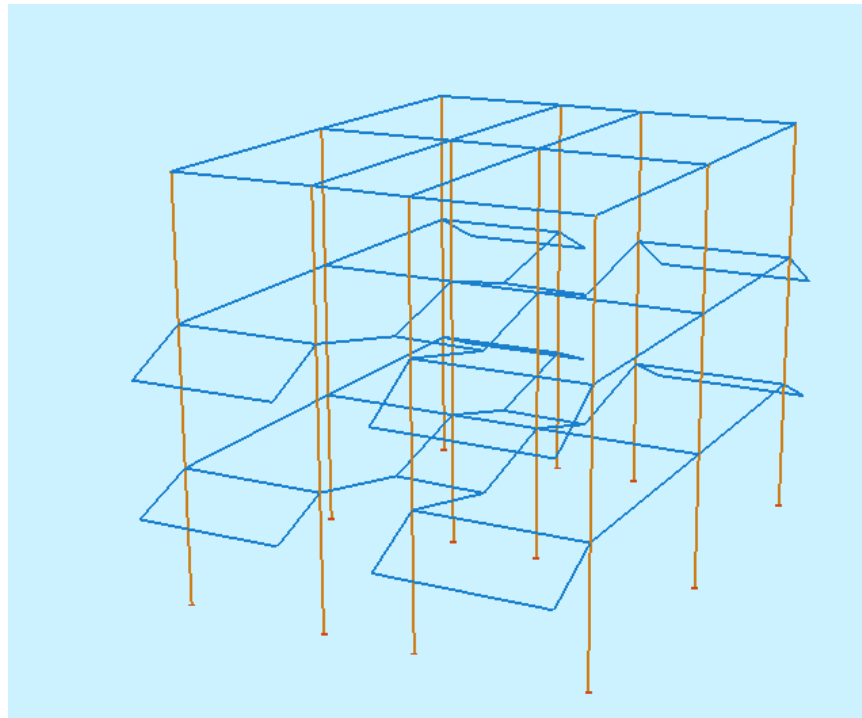
Şekil 4.7. 3 katlı yapının perspektif görünümü



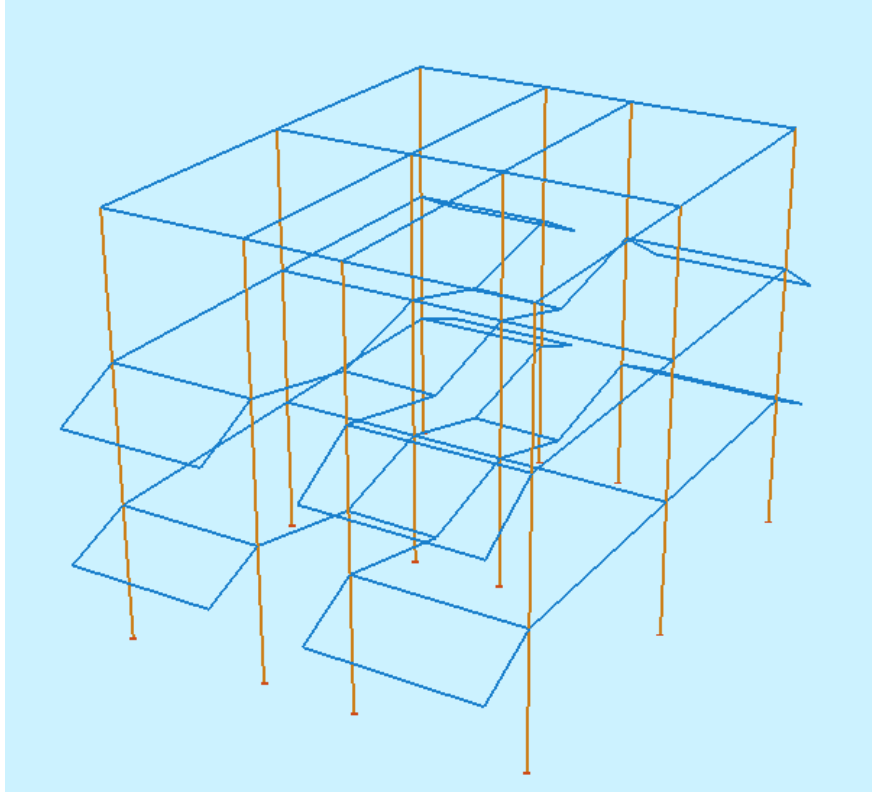
Şekil 4.8. 5 katlı yapının perspektif görünüm



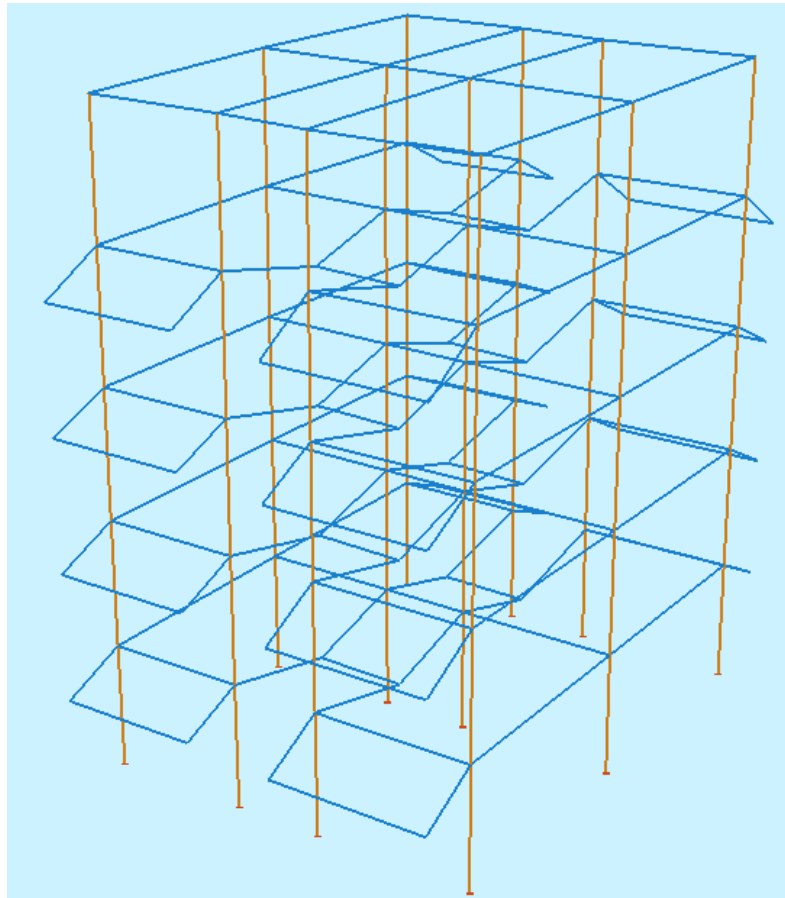
Şekil 4.9. 7 katlı yapının perspektif görünüm



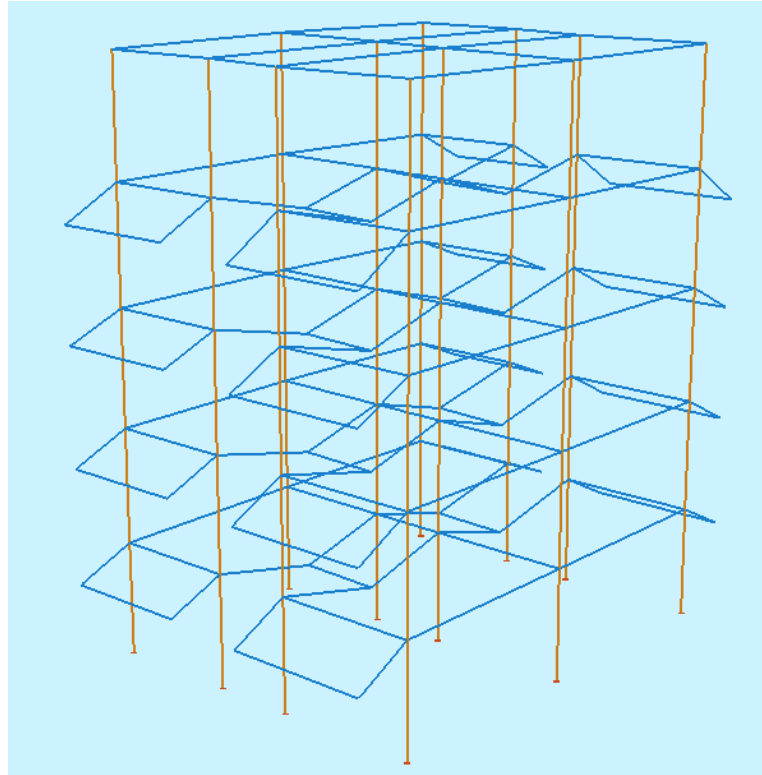
Şekil 4.10. 3 katlı, normal betonlu yapının deplasman hali



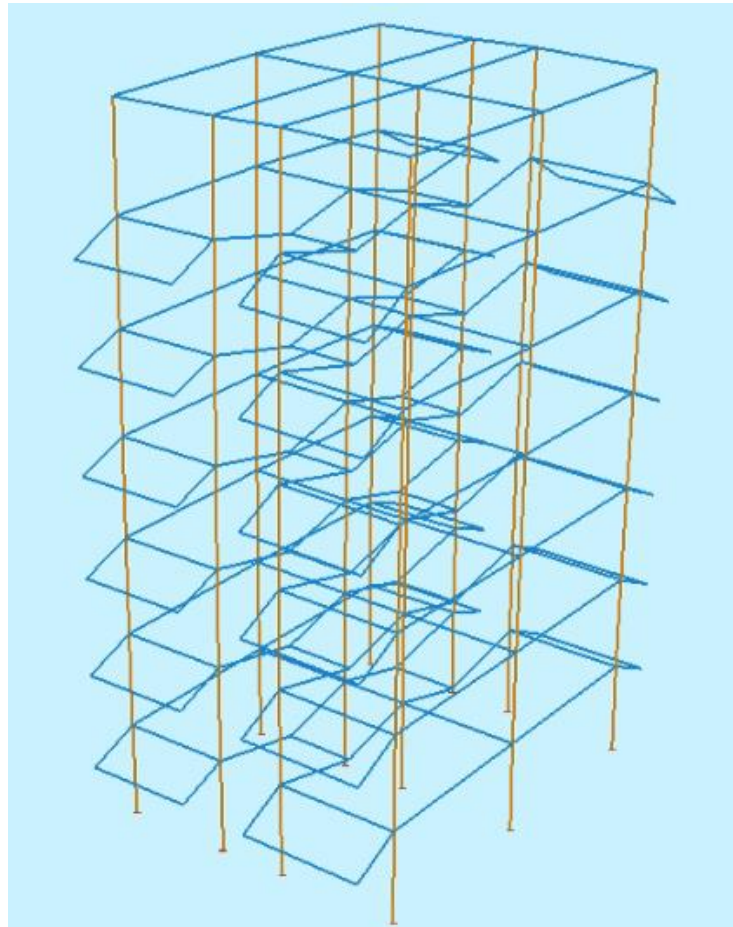
Şekil 4.11. 3 katlı, hafif betonlu yapının deplasman hali



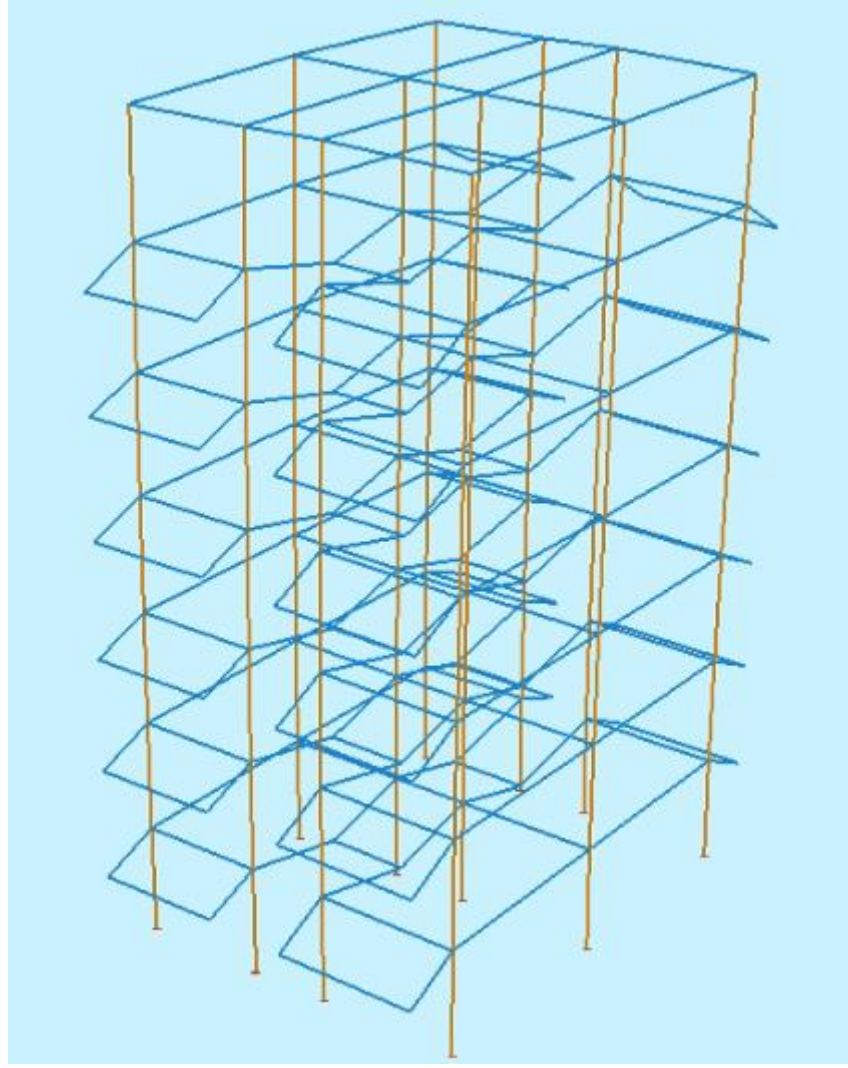
Şekil 4.12. 5 katlı, normal betonlu yapının deplasman hali



Şekil 4.13. 5 katlı, hafif betonlu yapının deplasman hali



Şekil 4.14. 7 katlı normal betonlu yapının deplasman hali



Şekil 4.15. 7 katlı, hafif betonlu yapının deplasman hali

4.4. Metrajlar

Projelendirilen yapıların kalıp, beton ve donatı metrajları aşağıdaki çizelgelerde sırasıyla verilmiştir.

4.4.1. Kalıp Metrajları

4.4.1.1. 3 katlı yapıların kalıp metrajları

3 katlı normal ve hafif betonlu yapıların kalıp metrajları Çizelge 4.109 ve Çizelge 4.110'da verilmiştir.

Çizelge 4.109. 3 katlı normal betonlu yapının kalıp metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ²) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 2.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 3.Kat | 122,57 | 60,72 | 56,50 | 239,79 |
| Genel Toplam (m ²) | | | | 748,72 |

Çizelge 4.110. 3 katlı hafif betonlu yapının kalıp metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ²) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 2.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 3.Kat | 122,57 | 60,72 | 56,50 | 239,79 |
| Genel Toplam (m ²) | | | | 748,72 |

4.4.1.2. 5 katlı yapıların kalıp metrajları

5 katlı normal ve hafif betonlu yapıların kalıp metrajları Çizelge 4.111 ve Çizelge 4.112’de verilmiştir.

Çizelge 4.111. 5 katlı normal betonlu yapının kalıp metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ²) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 2.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 3.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 4.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 5.Kat | 122,57 | 60,72 | 56,50 | 239,79 |
| Genel Toplam (m ²) | | | | 1257,63 |

Çizelge 4.112. 5 katlı hafif betonlu yapının kalıp metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ²) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 2.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 3.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 4.Kat | 113,99 | 83,67 | 56,80 | 254,46 |
| 5.Kat | 122,57 | 60,72 | 56,50 | 239,79 |
| Genel Toplam (m ²) | | | | 1257,63 |

4.4.1.3. 7 katlı yapıların kalıp metrajları

7 katlı normal ve hafif betonlu yapıların kalıp metrajları Çizelge 4.113 ve Çizelge 4.114’de verilmiştir.

Çizelge 4.113. 7 katlı normal betonlu yapının kalıp metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ²) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 2.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 3.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 4.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 5.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 6.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 7.Kat | 121,98 | 60,62 | 57,10 | 239,70 |
| Genel Toplam (m ²) | | | | 1746,14 |

Çizelge 4.114. 7 katlı hafif betonlu yapının kalıp metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ²) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 2.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 3.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 4.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 5.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 6.Kat | 110,10 | 83,57 | 57,40 | 251,07 |
| 7.Kat | 121,98 | 60,62 | 57,10 | 239,70 |
| Genel Toplam (m ²) | | | | 1746,14 |

4.4.2. Beton Metrajları

4.4.2.1. 3 katlı yapıların beton metrajları

3 katlı normal ve hafif betonlu yapıların beton metrajları Çizelge 4.115 ve Çizelge 4.116’da verilmiştir.

Çizelge 4.115. 3 katlı normal betonlu yapının beton metraji

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ³) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 2.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 3.Kat | 14,71 | 7,87 | 6,18 | 28,76 |
| Genel Toplam (m ³) | | | | 88,82 |

Çizelge 4.116. 3 katlı hafif betonlu yapının beton metraji

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ²) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 2.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 3.Kat | 14,71 | 7,87 | 6,18 | 28,76 |
| Genel Toplam (m ²) | | | | 88,82 |

4.4.2.2. 5 katlı yapıların beton metrajları

5 katlı normal ve hafif betonlu yapıların beton metrajları Çizelge 4.117 ve Çizelge 4.118'de verilmiştir.

Çizelge 4.117. 5 katlı normal betonlu yapının beton metraji

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ³) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 2.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 3.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 4.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 5.Kat | 14,71 | 7,87 | 6,18 | 28,76 |
| Genel Toplam (m ³) | | | | 148,88 |

Çizelge 4.118. 5 katlı hafif betonlu yapının beton metraji

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ³) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 2.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 3.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 4.Kat | 13,68 | 10,17 | 6,18 | 30,03 |
| 5.Kat | 14,71 | 7,87 | 6,18 | 28,76 |
| Genel Toplam (m ³) | | | | 148,88 |

4.4.2.3. 7 katlı yapıların beton metrajları

7 katlı normal ve hafif betonlu yapıların beton metrajları Çizelge 4.119 ve Çizelge 4.120’de verilmiştir.

Çizelge 4.119. 7 katlı normal betonlu yapının beton metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ³) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 2.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 3.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 4.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 5.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 6.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 7.Kat | 14,64 | 7,86 | 6,33 | 28,82 |
| Genel Toplam (m ³) | | | | 207,03 |

Çizelge 4.120. 7 katlı hafif betonlu yapının beton metrajı

| | Döşeme | Kiriş | Kolon | Kat Toplam (m ³) |
|--------------------------------|--------|-------|-------|------------------------------|
| 1.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 2.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 3.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 4.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 5.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 6.Kat | 13,21 | 10,16 | 6,33 | 29,70 |
| 7.Kat | 14,64 | 7,86 | 6,33 | 28,82 |
| Genel Toplam (m ³) | | | | 207,03 |

4.4.3. Donatı Metrajı

4.4.3.1. 3 katlı yapıların donatı metrajları

3 katlı normal ve hafif betonlu yapıların donatı metrajları Çizelge 4.121 ve Çizelge 4.122’de verilmiştir.

| 3.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
|--------------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Döşeme | 685,30 | 0,00 | 159,00 | 0,00 | 844,30 | 844,30 | 0,00 |
| Kiriş | 316,30 | 0,00 | 370,90 | 160,60 | 847,80 | 687,20 | 160,60 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 429,20 | 1002,20 | 573,00 | 429,20 |
| Kat Toplamı (kg) | 1574,60 | 0,00 | 529,90 | 589,80 | 2694,30 | 2104,50 | 589,80 |
| | | | | | | | |
| GENEL TOPLAM (kg) | 5025,70 | 0,00 | 1799,30 | 2217,60 | 9042,60 | 6825,00 | 2217,60 |

4.4.3.2. 5 katlı yapıların donatı metrajları

5 katlı normal ve hafif betonlu yapıların donatı metrajları Çizelge 4.123 ve Çizelge 4.124’de verilmiştir.

Çizelge 4.123. 5 katlı normal betonlu yapının donatı metraji

| 1.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
|------------------|---------|------|--------|--------|---------|---------|--------|
| Döşeme | 697,20 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 781,90 | 781,90 | 0,00 |
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 622,40 | 118,70 | 1183,90 | 1065,20 | 118,70 |
| Kolon | 625,90 | 0,00 | 0,00 | 764,50 | 1390,40 | 625,90 | 764,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1765,90 | 0,00 | 707,10 | 883,20 | 3356,20 | 2473,00 | 883,20 |
| | | | | | | | |
| 2.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 722,30 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 807,00 | 807,00 | 0,00 |
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 586,60 | 164,80 | 1194,20 | 1029,40 | 164,80 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 619,50 | 1192,50 | 573,00 | 619,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1738,10 | 0,00 | 671,30 | 784,30 | 3193,70 | 2409,40 | 784,30 |
| | | | | | | | |
| 3.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 733,00 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 817,70 | 817,70 | 0,00 |
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 554,90 | 138,90 | 1136,60 | 997,70 | 138,90 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 619,50 | 1192,50 | 573,00 | 619,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1748,80 | 0,00 | 639,60 | 758,40 | 3146,80 | 2388,40 | 758,40 |
| | | | | | | | |
| 4.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |

| | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 562,70 | 111,90 | 1117,40 | 1005,50 | 111,90 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 619,50 | 1192,50 | 573,00 | 619,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1683,60 | 0,00 | 562,70 | 731,40 | 2977,70 | 2246,30 | 731,40 |
| | | | | | | | |
| 5.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 643,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 643,00 | 643,00 | 0,00 |
| Kiriş | 316,30 | 0,00 | 370,90 | 160,60 | 847,80 | 687,20 | 160,60 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 429,20 | 1002,20 | 573,00 | 429,20 |
| Kat Toplamı (kg) | 1532,30 | 0,00 | 370,90 | 589,80 | 2493,00 | 1903,20 | 589,80 |
| | | | | | | | |
| GENEL TOPLAM (kg) | 8468,70 | 0,00 | 2951,60 | 3747,10 | 15167,40 | 11420,30 | 3747,10 |

Çizelge 4.124. 5 katlı hafif betonlu yapının donatı metrajı

| | | | | | | | |
|------------------|---------|------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 1.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 697,20 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 781,90 | 781,90 | 0,00 |
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 536,60 | 142,90 | 1122,30 | 979,40 | 142,90 |
| Kolon | 625,90 | 0,00 | 0,00 | 764,50 | 1390,40 | 625,90 | 764,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1765,90 | 0,00 | 621,30 | 907,40 | 3294,60 | 2387,20 | 907,40 |
| | | | | | | | |
| 2.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 722,30 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 807,00 | 807,00 | 0,00 |
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 539,20 | 146,20 | 1128,20 | 982,00 | 146,20 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 619,50 | 1192,50 | 573,00 | 619,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1738,10 | 0,00 | 623,90 | 765,70 | 3127,70 | 2362,00 | 765,70 |
| | | | | | | | |
| 3.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 733,00 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 817,70 | 817,70 | 0,00 |
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 544,80 | 127,20 | 1114,80 | 987,60 | 127,20 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 619,50 | 1192,50 | 573,00 | 619,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1748,80 | 0,00 | 629,50 | 746,70 | 3125,00 | 2378,30 | 746,70 |
| | | | | | | | |
| 4.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |

| | | | | | | | |
|-------------------|---------|------|---------|---------|----------|----------|---------|
| Kiriş | 442,80 | 0,00 | 575,50 | 78,10 | 1096,40 | 1018,30 | 78,10 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 619,50 | 1192,50 | 573,00 | 619,50 |
| Kat Toplamı (kg) | 1683,60 | 0,00 | 575,50 | 697,60 | 2956,70 | 2259,10 | 697,60 |
| | | | | | | | |
| 5.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 643,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 643,00 | 643,00 | 0,00 |
| Kiriş | 316,30 | 0,00 | 356,50 | 160,20 | 833,00 | 672,80 | 160,20 |
| Kolon | 573,00 | 0,00 | 0,00 | 429,20 | 1002,20 | 573,00 | 429,20 |
| Kat Toplamı (kg) | 1532,30 | 0,00 | 356,50 | 589,40 | 2478,20 | 1888,80 | 589,40 |
| | | | | | | | |
| GENEL TOPLAM (kg) | 8468,70 | 0,00 | 2806,70 | 3706,80 | 14982,20 | 11275,40 | 3706,80 |

4.4.3.3. 7 katlı yapıların donatı metrajları

7 katlı normal ve hafif betonlu yapıların donatı metrajları Çizelge 4.125 ve Çizelge 4.126'de verilmiştir.

Çizelge 4.125. 7 katlı normal betonlu yapının donatı metraji

| | | | | | | | |
|------------------|---------|------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 1.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 697,20 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 781,90 | 781,90 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 597,50 | 179,70 | 1224,70 | 1045,00 | 179,70 |
| Kolon | 683,10 | 0,00 | 0,00 | 785,70 | 1468,80 | 683,10 | 785,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1827,80 | 0,00 | 682,20 | 965,40 | 3475,40 | 2510,00 | 965,40 |
| | | | | | | | |
| 2.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 722,30 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 807,00 | 807,00 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 619,10 | 172,10 | 1238,70 | 1066,60 | 172,10 |
| Kolon | 683,10 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1319,80 | 683,10 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1852,90 | 0,00 | 703,80 | 808,80 | 3365,50 | 2556,70 | 808,80 |
| | | | | | | | |
| 3.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 733,00 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 817,70 | 817,70 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 611,70 | 157,00 | 1216,20 | 1059,20 | 157,00 |
| Kolon | 609,80 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1246,50 | 609,80 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1790,30 | 0,00 | 696,40 | 793,70 | 3280,40 | 2486,70 | 793,70 |

| | | | | | | | |
|-------------------|----------|------|---------|---------|----------|----------|---------|
| | | | | | | | |
| 4.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 557,80 | 156,80 | 1162,10 | 1005,30 | 156,80 |
| Kolon | 573,60 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1210,30 | 573,60 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1688,90 | 0,00 | 557,80 | 793,50 | 3040,20 | 2246,70 | 793,50 |
| | | | | | | | |
| 5.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 550,20 | 133,80 | 1131,50 | 997,70 | 133,80 |
| Kolon | 573,60 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1210,30 | 573,60 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1688,90 | 0,00 | 550,20 | 770,50 | 3009,60 | 2239,10 | 770,50 |
| | | | | | | | |
| 6.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 575,60 | 86,30 | 1109,40 | 1023,10 | 86,30 |
| Kolon | 573,60 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1210,30 | 573,60 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1688,90 | 0,00 | 575,60 | 723,00 | 2987,50 | 2264,50 | 723,00 |
| | | | | | | | |
| 7.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 643,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 643,00 | 643,00 | 0,00 |
| Kiriş | 321,30 | 0,00 | 367,60 | 161,20 | 850,10 | 688,90 | 161,20 |
| Kolon | 573,60 | 0,00 | 0,00 | 441,10 | 1014,70 | 573,60 | 441,10 |
| Kat Toplamı (kg) | 1537,90 | 0,00 | 367,60 | 602,30 | 2507,80 | 1905,50 | 602,30 |
| | | | | | | | |
| GENEL TOPLAM (kg) | 12075,60 | 0,00 | 4133,60 | 5457,20 | 21666,40 | 16209,20 | 5457,20 |

Çizelge 4.126. 7 katlı hafif betonlu yapının donatı metrajı

| | | | | | | | |
|------------------|---------|------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 1.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 697,20 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 781,90 | 781,90 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 597,50 | 179,70 | 1224,70 | 1045,00 | 179,70 |
| Kolon | 683,10 | 0,00 | 0,00 | 785,70 | 1468,80 | 683,10 | 785,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1827,80 | 0,00 | 682,20 | 965,40 | 3475,40 | 2510,00 | 965,40 |

| | | | | | | | |
|------------------|---------|------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 2.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 722,30 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 807,00 | 807,00 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 631,50 | 155,20 | 1234,20 | 1079,00 | 155,20 |
| Kolon | 683,10 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1319,80 | 683,10 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1852,90 | 0,00 | 716,20 | 791,90 | 3361,00 | 2569,10 | 791,90 |
| 3.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 733,00 | 0,00 | 84,70 | 0,00 | 817,70 | 817,70 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 611,70 | 157,00 | 1216,20 | 1059,20 | 157,00 |
| Kolon | 609,80 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1246,50 | 609,80 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1790,30 | 0,00 | 696,40 | 793,70 | 3280,40 | 2486,70 | 793,70 |
| 4.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 557,80 | 156,80 | 1162,10 | 1005,30 | 156,80 |
| Kolon | 573,60 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1210,30 | 573,60 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1688,90 | 0,00 | 557,80 | 793,50 | 3040,20 | 2246,70 | 793,50 |
| 5.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 550,20 | 133,80 | 1131,50 | 997,70 | 133,80 |
| Kolon | 573,60 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1210,30 | 573,60 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1688,90 | 0,00 | 550,20 | 770,50 | 3009,60 | 2239,10 | 770,50 |
| 6.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 667,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 667,80 | 667,80 | 0,00 |
| Kiriş | 447,50 | 0,00 | 575,60 | 86,30 | 1109,40 | 1023,10 | 86,30 |
| Kolon | 573,60 | 0,00 | 0,00 | 636,70 | 1210,30 | 573,60 | 636,70 |
| Kat Toplamı (kg) | 1688,90 | 0,00 | 575,60 | 723,00 | 2987,50 | 2264,50 | 723,00 |
| 7.Kat | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Ø14 | Toplam | Ø8-Ø12 | >Ø14 |
| Döşeme | 643,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 643,00 | 643,00 | 0,00 |
| Kiriş | 321,30 | 0,00 | 367,60 | 161,20 | 850,10 | 688,90 | 161,20 |

4.5. Yapıların Maliyet Hesaplamaları

Her iki projede de kullanılan beton, demir ve kalıbın birim maliyet hesaplamaları yapılmış ve iki proje için de yapıların kaba inşaat maliyetleri hesaplanmış ve birbirleri ile kıyaslanmıştır ve sonuçlar sırasıyla aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

4.5.1. 3 katlı yapıların maliyet hesabı

3 katlı yapıların maliyet tabloları Çizelge 4.129. ile Çizelge 4.130'da verilmiştir.

Çizelge 4.1239. 3 katlı yapıların maliyet hesabı

| TÜR | Birim | Normal Beton | | | Hafif Beton | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------|------------------|------------|-------------|------------------|------------|
| | | Miktar | Birim Fiyat (TL) | Tutar (TL) | Miktar | Birim Fiyat (TL) | Tutar (TL) |
| Betonarme Beton | m ³ | 88,82 | 590,21 | 52422,45 | 88,82 | 673,36 | 59807,84 |
| Ø8-Ø12 Aralığındaki Betonarme Demiri | ton | 6,8557 | 13678,13 | 93773,16 | 6,8250 | 13678,13 | 93353,24 |
| Ø14 ve Üzerindeki Betonarme Demiri | ton | 2,2391 | 13630,00 | 30518,93 | 2,2176 | 13630,00 | 30225,89 |
| Playwood Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı | m ² | 748,72 | 129,53 | 96981,70 | 748,72 | 129,53 | 96981,70 |
| Temel Kazısı | m ³ | 41,08 | 12,61 | 518,02 | 41,08 | 12,61 | 518,02 |
| | | | | | | | |
| | | TOPLAM | | 274214,26 | TOPLAM | | 280886,68 |

Çizelge 4.130. 3 katlı yapıların maliyet hesabı

| | | |
|------------------------|--------------|--------------|
| Firma Karları %15 | 41132,14 TL | 42133,00 TL |
| | | |
| Ara Toplam | 315346,40 TL | 323019,68 TL |
| | | |
| KDV %18 | 56762,35 TL | 58143,54 TL |
| | | |
| Ara Toplam | 372108,75 TL | 381163,23 TL |
| | | |
| Beklenmedik Artış %3*2 | 22326,53 TL | 22869,79 TL |
| | | |
| TOPLAM | 394435,28 TL | 404033,02 TL |

4.5.2. 5 katlı yapıların maliyet hesabı

5 katlı yapıların maliyet tabloları Çizelge 4.131. ile Çizelge 4.132'de verilmiştir.

Çizelge 4.131. 5 katlı yapıların maliyet hesabı

| TÜR | Birim | Normal Beton | | | Hafif Beton | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------|------------------|------------|-------------|------------------|------------|
| | | Miktar | Birim Fiyat (TL) | Tutar (TL) | Miktar | Birim Fiyat (TL) | Tutar (TL) |
| Betonarme Beton | m ³ | 148,88 | 590,21 | 87870,46 | 148,88 | 673,36 | 100249,84 |
| Ø8-Ø12 Aralığındaki Betonarme Demiri | ton | 11,4203 | 13678,13 | 156208,35 | 11,2754 | 13678,13 | 154226,39 |
| Ø14 ve Üzerindeki Betonarme Demiri | ton | 3,7471 | 13630,00 | 51072,97 | 3,7068 | 13630,00 | 50523,68 |
| Playwood Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı | m ² | 1257,63 | 129,53 | 162900,81 | 1257,63 | 129,53 | 162900,81 |
| Temel Kazısı | m ³ | 41,08 | 12,61 | 518,02 | 41,08 | 12,61 | 518,02 |
| | | | | | | | |
| | | TOPLAM | | 458570,62 | TOPLAM | | 468418,74 |

Çizelge 4.132. 5 katlı yapıların maliyet hesabı

| | | |
|------------------------|--------------|--------------|
| Firma Karları %15 | 68785,59 TL | 70262,81 TL |
| | | |
| Ara Toplam | 527356,21 TL | 538681,55 TL |
| | | |
| KDV % 18 | 94924,12 TL | 96962,68 TL |
| | | |
| Ara Toplam | 622280,33 TL | 635644,23 TL |
| | | |
| Beklenmedik Artış %3*2 | 37336,82 TL | 38138,65 TL |
| | | |
| TOPLAM | 659617,15 TL | 673782,88 TL |

4.5.3. 7 katlı yapıların maliyet hesabı

7 katlı yapıların maliyet tabloları Çizelge 4.133. ile Çizelge 4.134'de verilmiştir.

Çizelge 4.133. 7 katlı yapıların maliyet hesabı

| TÜR | Birim | Normal Beton | | | Hafif Beton | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------|------------------|------------|-------------|------------------|------------|
| | | Miktar | Birim Fiyat (TL) | Tutar (TL) | Miktar | Birim Fiyat (TL) | Tutar (TL) |
| Betonarme Beton | m ³ | 207,3 | 590,21 | 122350,53 | 207,3 | 673,36 | 139587,53 |
| Ø8-Ø12 Aralığındaki Betonarme Demiri | ton | 16,2092 | 13678,13 | 221711,54 | 16,2216 | 13678,13 | 221881,15 |
| Ø14 ve Üzerindeki Betonarme Demiri | ton | 5,4572 | 13630,00 | 74381,64 | 5,4403 | 13630,00 | 74151,29 |
| Playwood Düz Yüzeyle Betonarme Kalıbı | m ² | 1746,14 | 129,53 | 226177,51 | 1746,14 | 129,53 | 226177,51 |
| Temel Kazısı | m ³ | 41,08 | 12,61 | 518,02 | 41,08 | 12,61 | 518,02 |
| | | | | | | | |
| | | TOPLAM | | 645139,25 | TOPLAM | | 662315,50 |

Çizelge 4.134. 7 katlı yapıların maliyet hesabı

| | | |
|------------------------|--------------|--------------|
| Firma Karları %15 | 96770,89 TL | 99347,33 TL |
| | | |
| Ara Toplam | 741910,13 TL | 761662,83 TL |
| | | |
| KDV % 18 | 133543,82 TL | 137099,31 TL |
| | | |
| Ara Toplam | 875453,96 TL | 898762,14 TL |
| | | |
| Beklenmedik Artış %3*2 | 52527,24 TL | 53925,73 TL |
| | | |
| TOPLAM | 927981,20 TL | 952687,87 TL |

Yapılmış olan çalışmanın analiz ve hesaplama sonuçları incelendiği zaman taşıyıcı hafif beton kullanılarak yapılabilecek olan yapıların donatı demirindeki kısmi azalışa rağmen hafif betonun birim maliyetinin fazla olmasından kaynaklı olarak 3 katlı yapıda %2,43, 5 katlı yapıda %2,15, 7 katlı yapıda ise %2,66 bir maliyet artışı söz konusu olmuştur.

Yapılan hesaplamalarda kullanılan birim fiyatlar Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 1 Ocak 2022 tarihinden itibaren geçerli olan İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları 2022 kitapçığının;

15.120.1101: Makine ile her derinlik ve genişlikte yumuşak ve sert toprak kazılması,

15.180.1003: Playwood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması,

15.160.1003: Ø8-Ø12 mm nervürlü beton çelik çubukların, kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması,

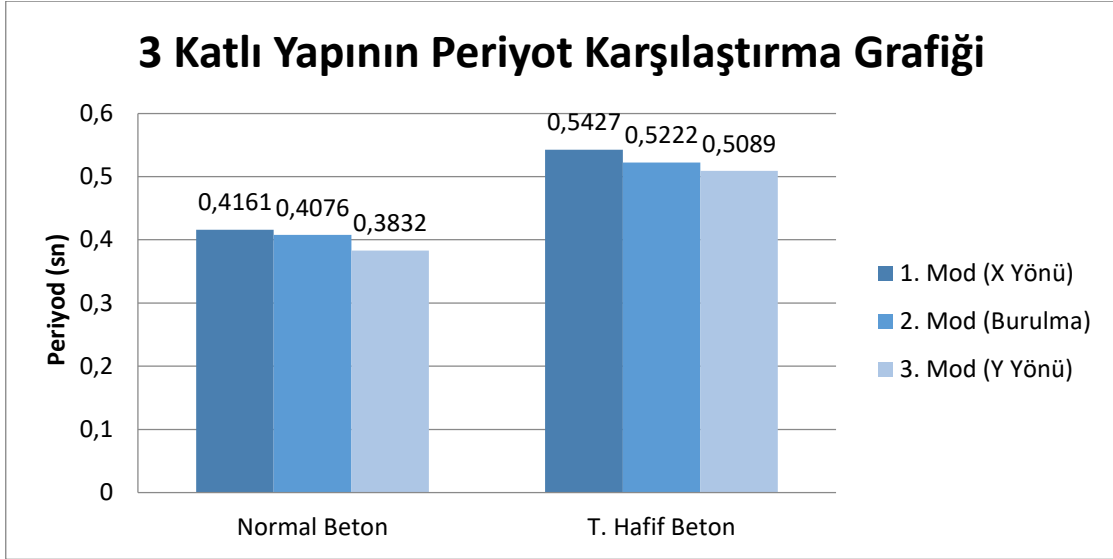
15.160.1004: Ø14-Ø28 mm nervürlü beton çelik çubukların, kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması,

15.150.1006: Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil), maddeleri kullanılmıştır.

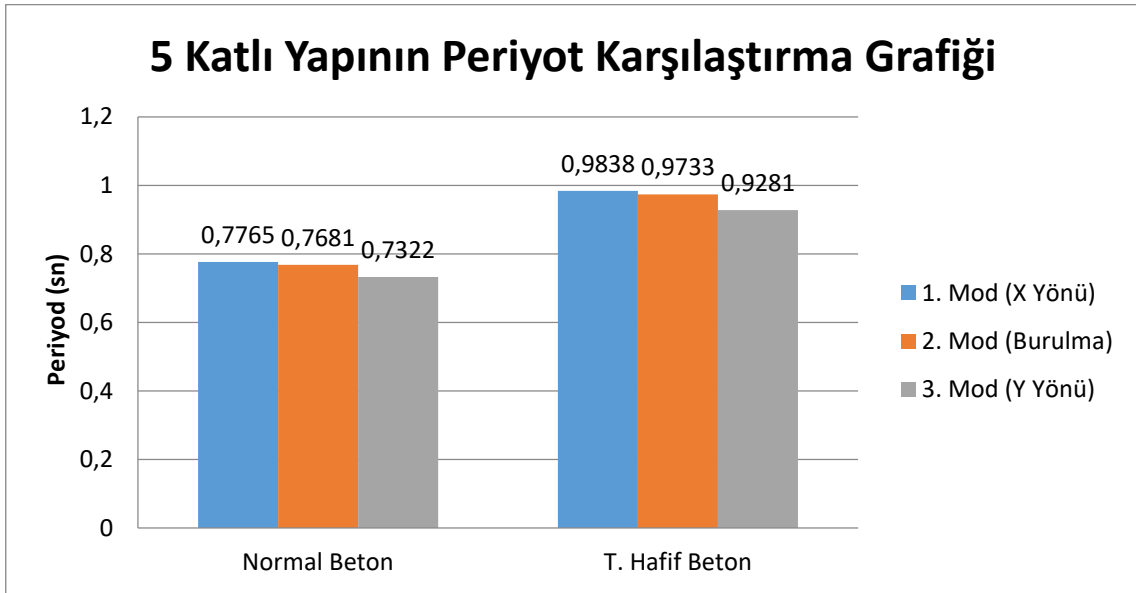
4.6. Normal ve Hafif Betonlu Yapıların Kıyaslanması

Yapılan tez çalışmasında bütün hesap ve analiz işlemleri STA4CAD v14.1 Structural Analysis for Computer Aided Design programı kullanılarak Türk Standartlarının yayınladığı 'Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri' (TS 498, 1997), 'Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları' (TS 500, 2000) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018)'de belirlenen kurallar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

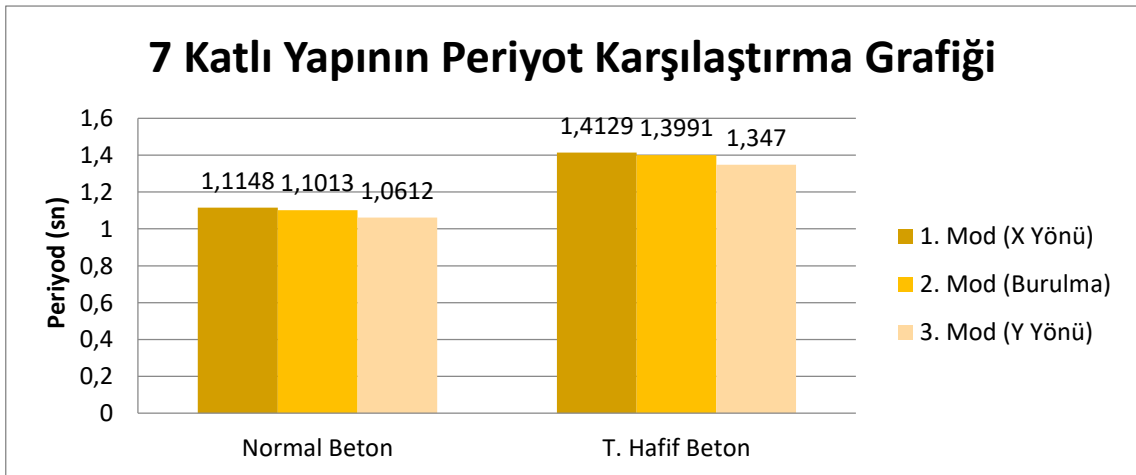
Normal beton ve taşıyıcı hafif beton kullanılarak üretilmiş olan yapıların x yönü, y yönü ve burulma periyotları karşılaştırıldığında taşıyıcı hafif betonlu yapıların normal betonlu yapılara göre periyotlarının arttığı tespit edilmiştir. Sonuçlar ile ilgili grafikler Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.16. 3 katlı yapıların karşılaştırmalı periyot grafiği

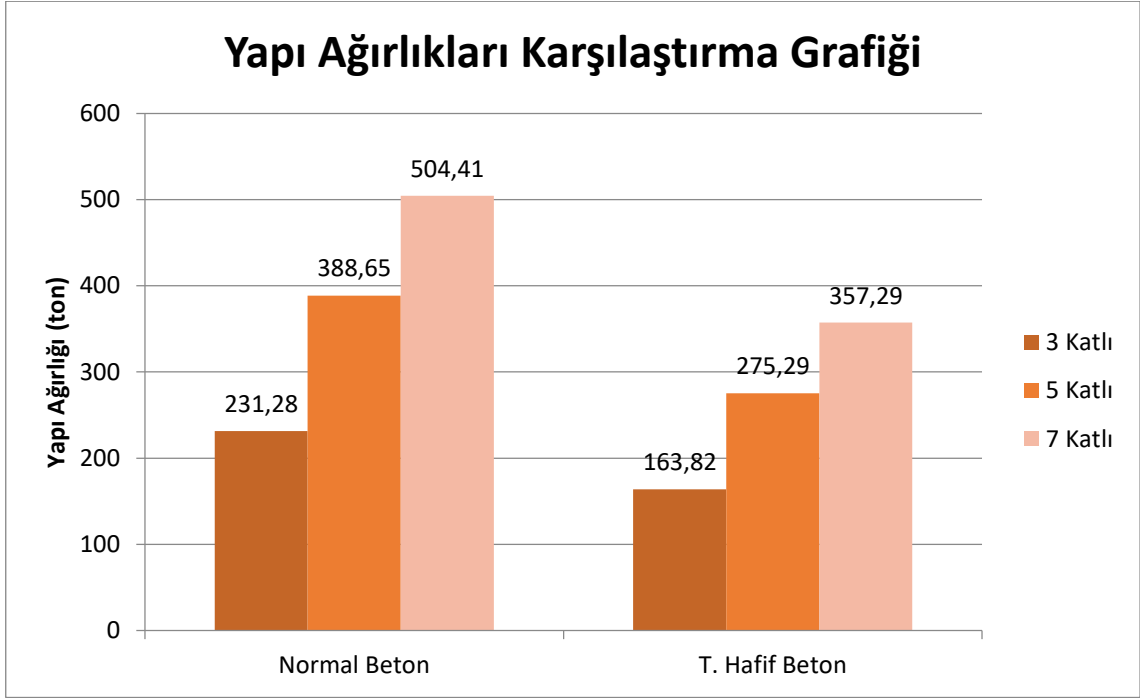


Şekil 4.17. 5 katlı yapıların karşılaştırmalı periyot grafiği



Şekil 4.18. 7 katlı yapıların karşılaştırmalı periyot grafiği

Taşıyıcı hafif beton kullanılarak üretilmiş olan yapıların toplam ağırlıklarında normal beton kullanılarak üretilmiş yapılara göre betonun birim hacim ağırlığının azalmasından kaynaklı olarak %29.17 oranında azalma olduğu görülmüştür. Sonuçlar ile ilgili grafik Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19. Yapı ağırlıkları karşılaştırma grafiği

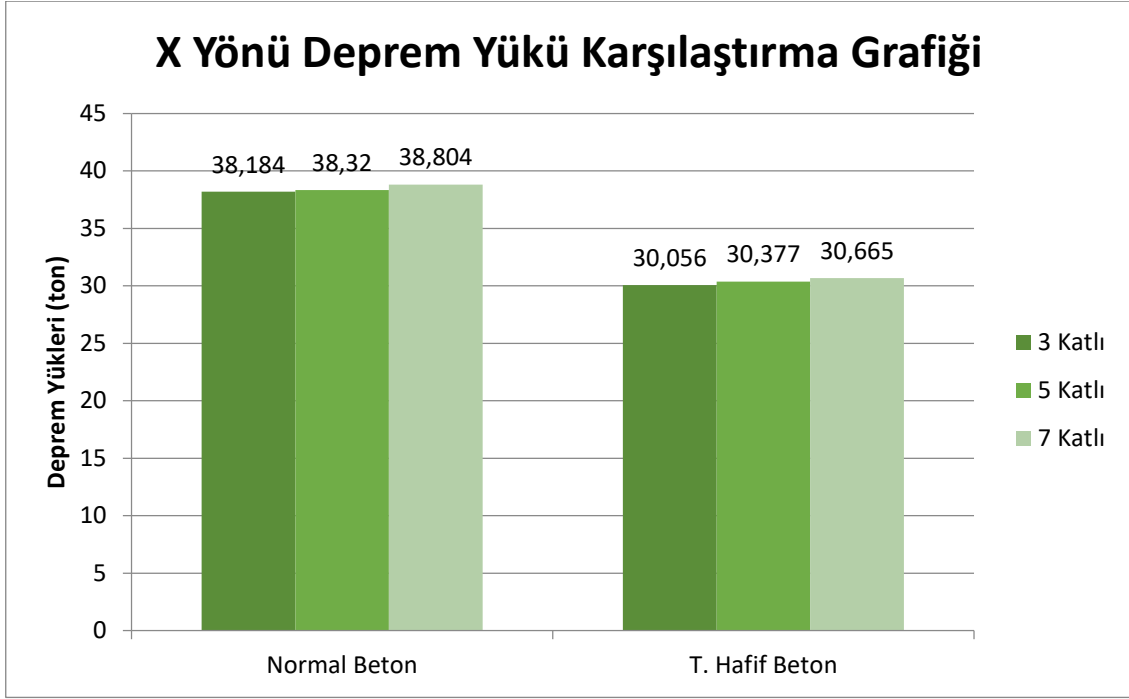
Taşıyıcı hafif beton kullanılarak üretilmiş olan yapıların deprem yükleri, normal beton kullanılarak üretilmiş yapılara göre her iki yönde de azalmıştır. X yönündeki deprem yükü;

- 3 katlı yapıda %19.91,
- 5 katlı yapıda %19,37,
- 7 katlı yapıda ise %20,04 azalırken,

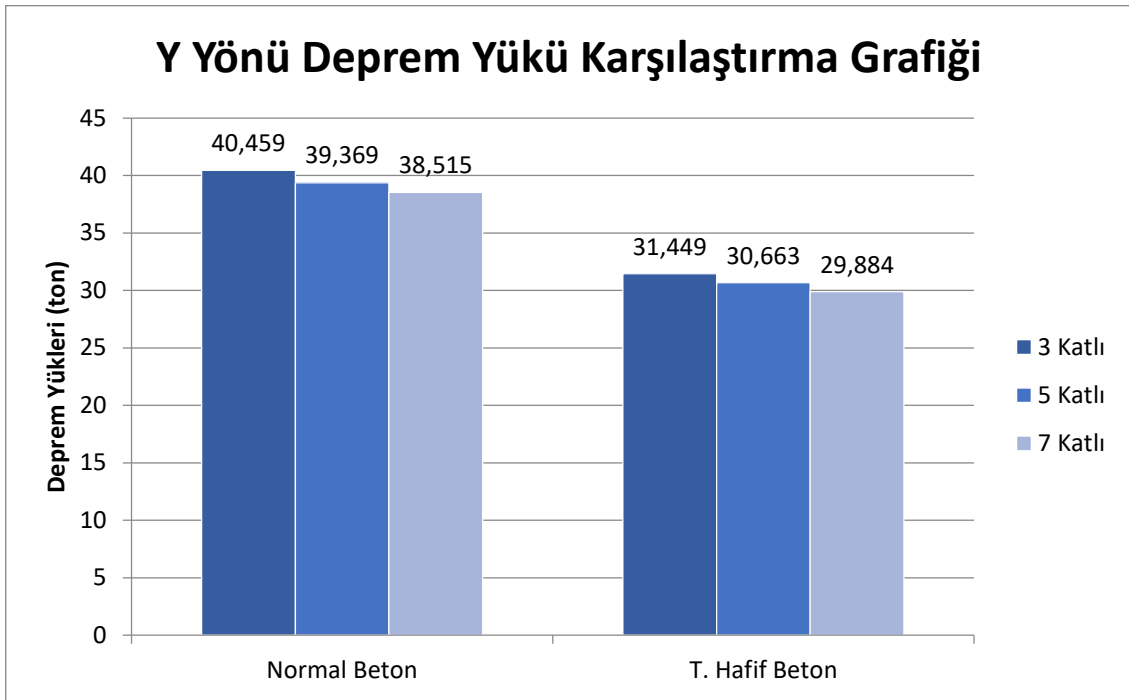
Y yönündeki deprem yükü;

- 3 ve 5 katlı yapıda %20.69,
- 7 katlı yapıda ise %19,69 azalmıştır.

Sonuçlar ile ilgili grafikler Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de verilmiştir.

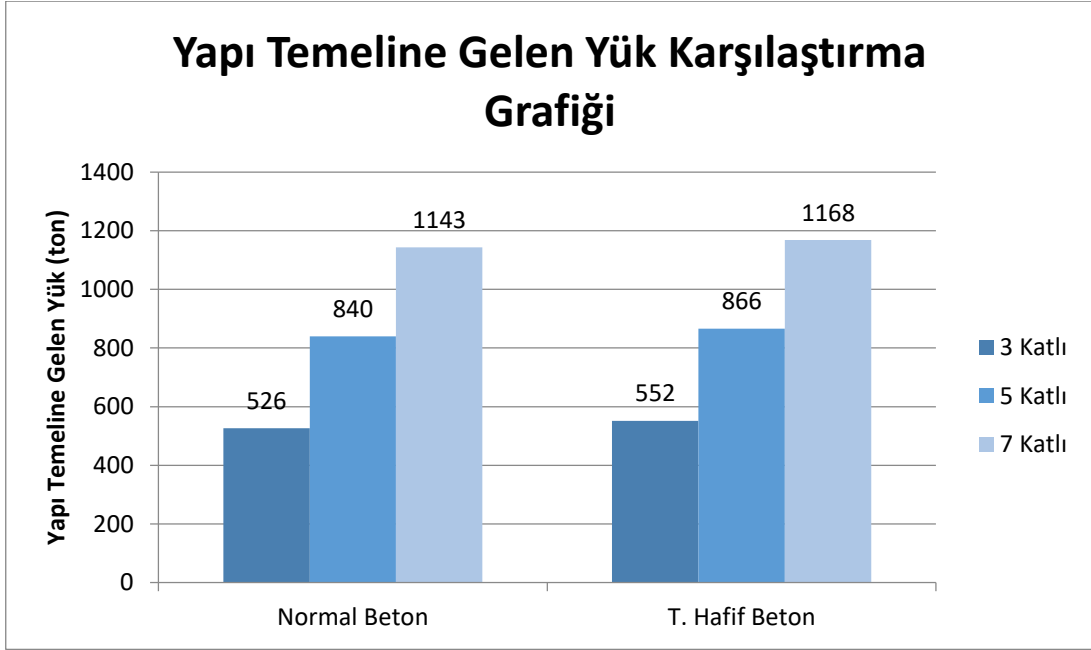


Şekil 4.20. X yönü deprem yüğü karşılaştırma grafiğı



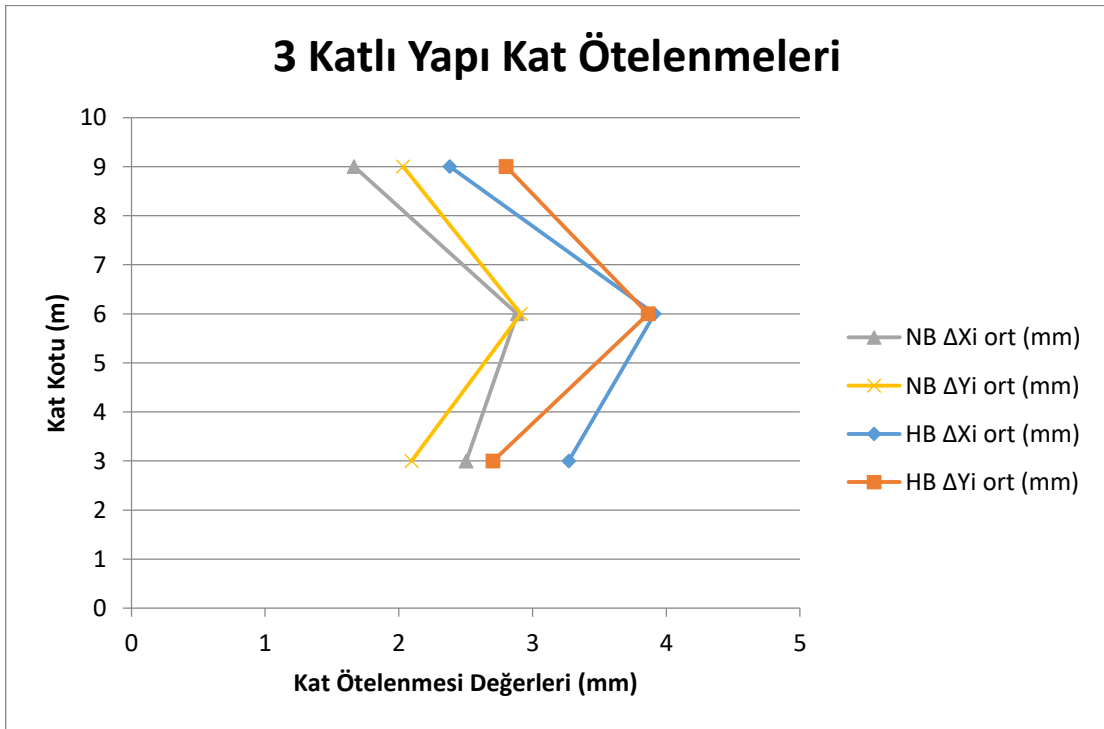
Şekil 4.21. Y yönü deprem yüğü karşılaştırma grafiğı

Taşıyıcı hafif beton kullanılarak üretilmiş olan yapıların temellerine gelen yükler, normal beton kullanılarak üretilmiş yapılara göre azalmıştır. Bu azalışlar 3 katlı yapıda %4,73, 5 katlı yapıda %3,05 ve 7 katlı yapıda ise %2,14'tür. Sonuçlar ile ilgili grafik Şekil 4.22'de verilmiştir.

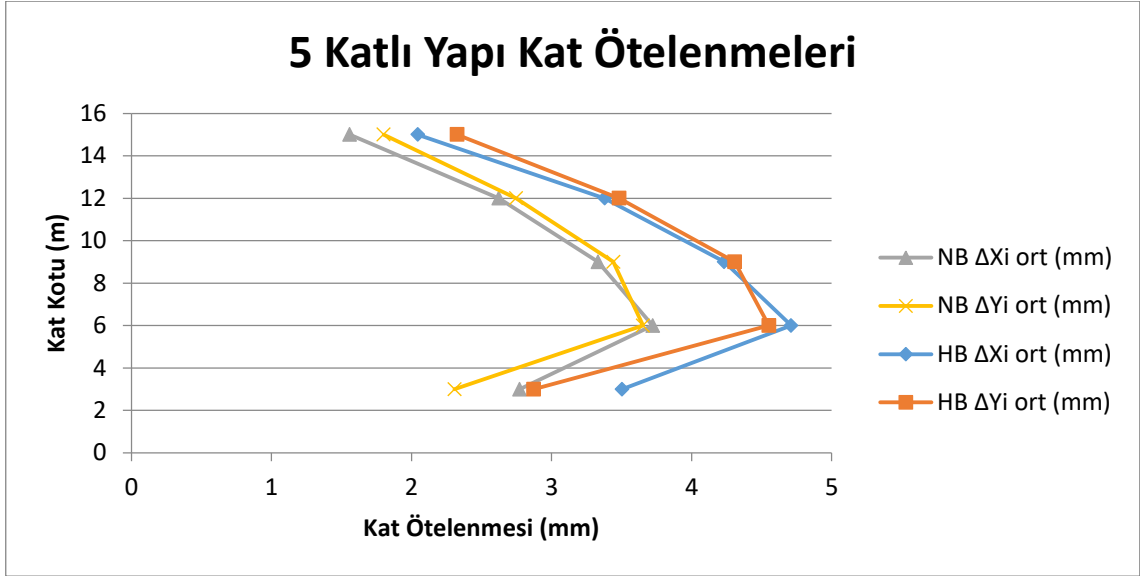


Şekil 4.22. Yapı temeline gelen yük karşılaştırma grafiği

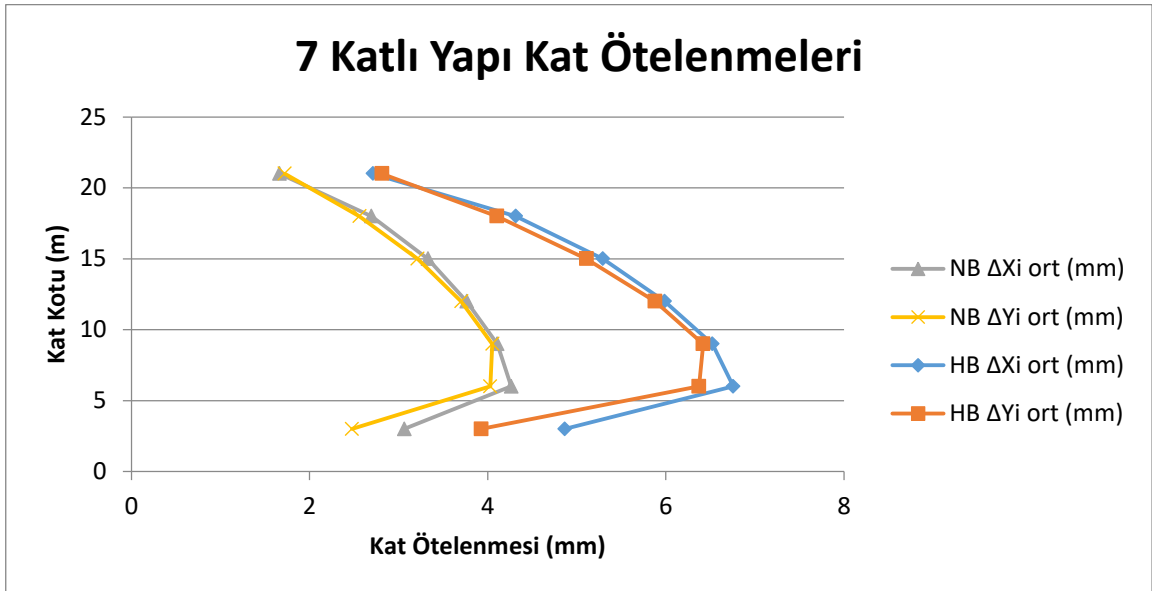
Yapıların TBDY 2018’de uygunluğu istenen şartların her iki beton türü için de sağladığı görülmektedir. Yapılara ait kat ötelenmelerine ait kıyaslamalı grafikler Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’te verilmiştir.



Şekil 4.23. 3 katlı yapıların kat ötelenmeleri karşılaştırma grafiği

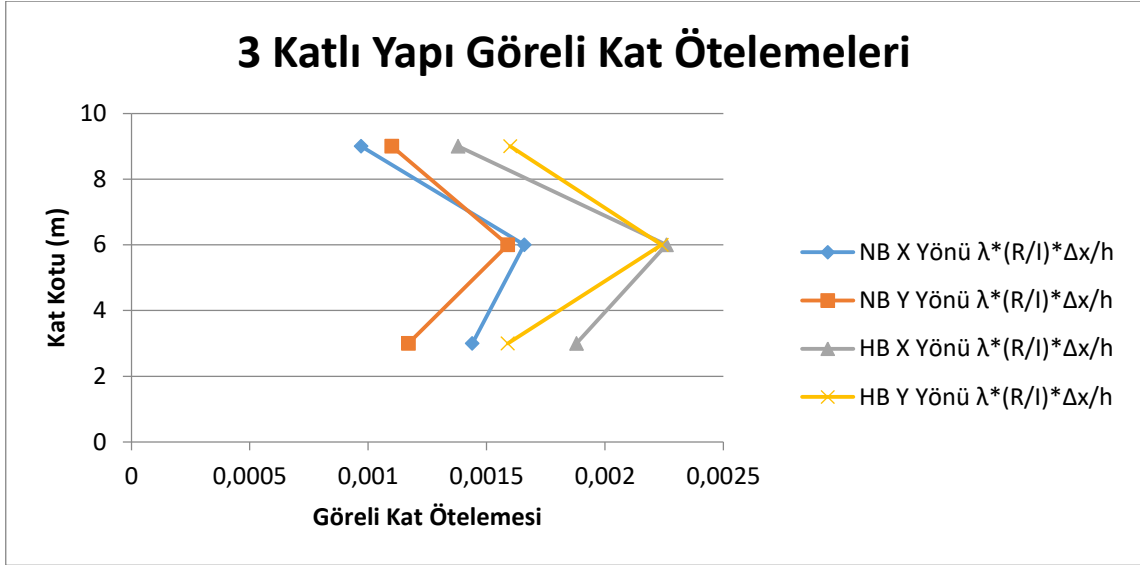


Şekil 4.24. 5 katlı yapıların kat ötelenmeleri karşılaştırma grafiği

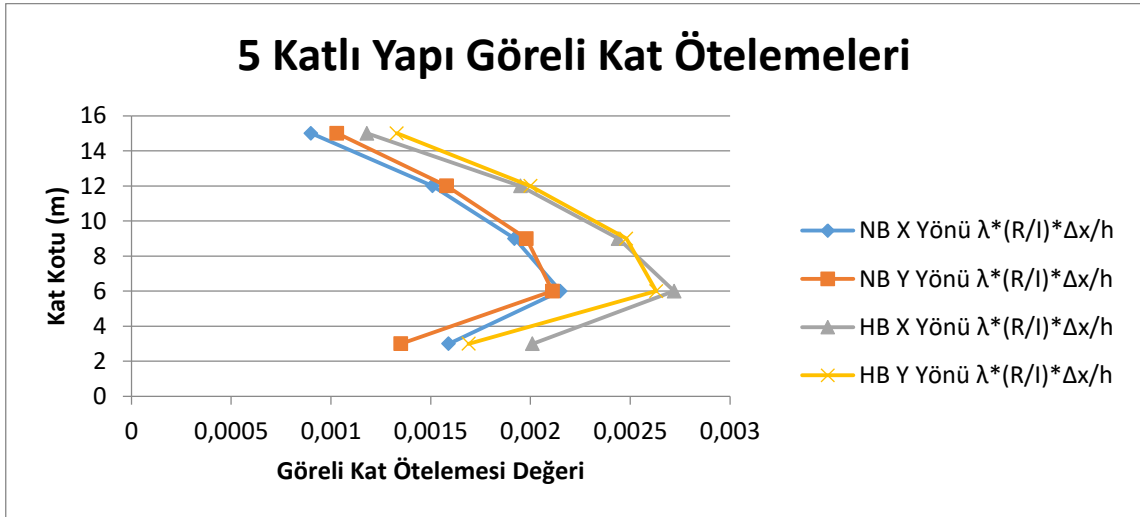


Şekil 4.25. 7 katlı yapıların kat ötelenmeleri karşılaştırma grafiği

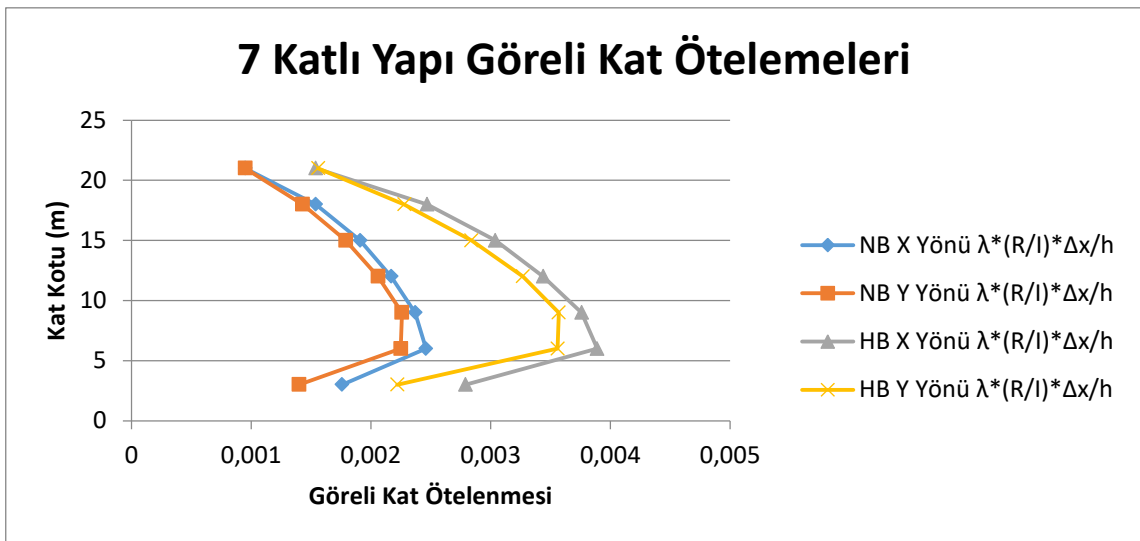
Yapılara ait görece kat öteleme değerlerine ait kıyaslamalı grafikler Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.26. 3 katlı yapıların görelî kat öteleme değerleri karşılaştırma grafiği

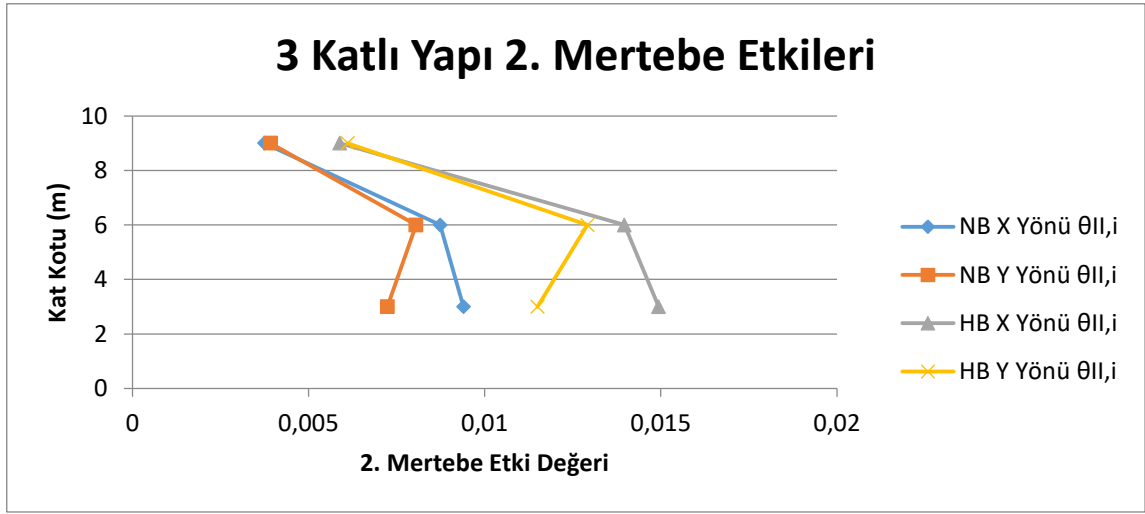


Şekil 4.27. 5 katlı yapıların görelî kat öteleme değerleri karşılaştırma grafiği

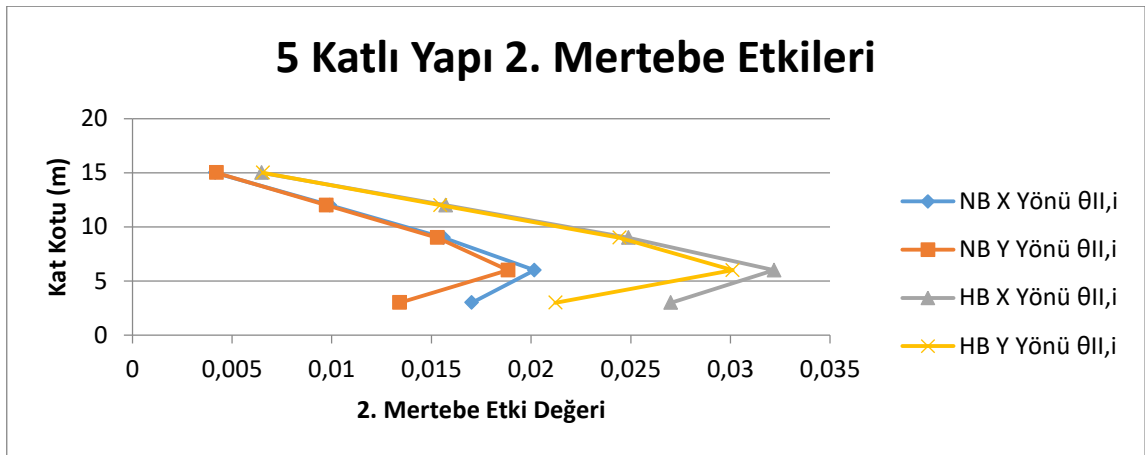


Şekil 4.28. 7 katlı yapıların görelî kat öteleme değerleri karşılaştırma grafiği

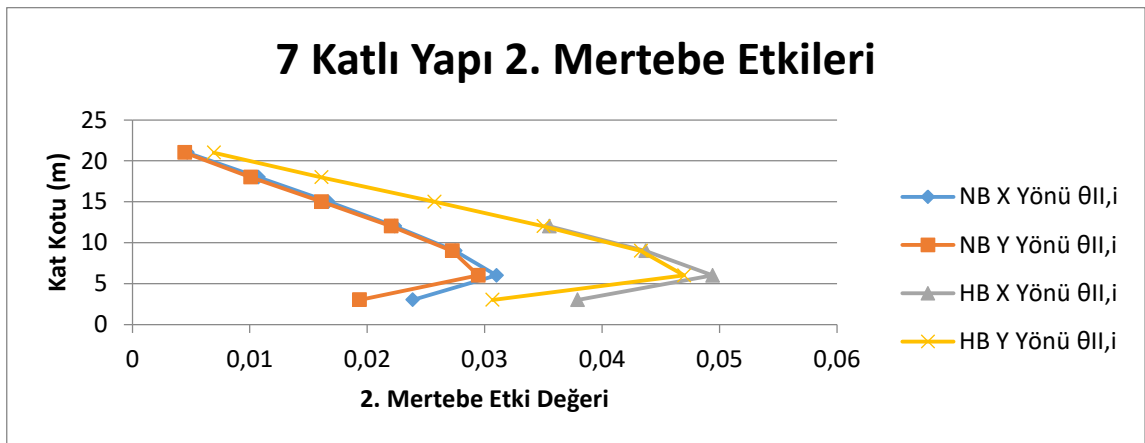
Yapılara ait 2. mertebe etkisi değerlerine ait kıyaslamalı grafikler Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.29. 3 katlı yapıların 2. Mertebe etki değerleri karşılaştırma grafiği

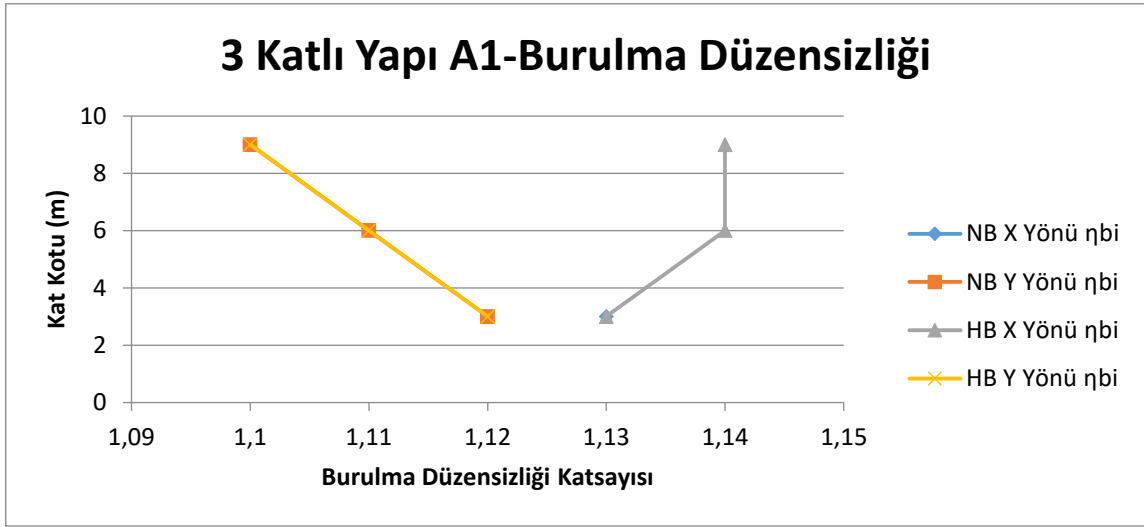


Şekil 4.30. 5 katlı yapıların 2. Mertebe etki değerleri karşılaştırma grafiği

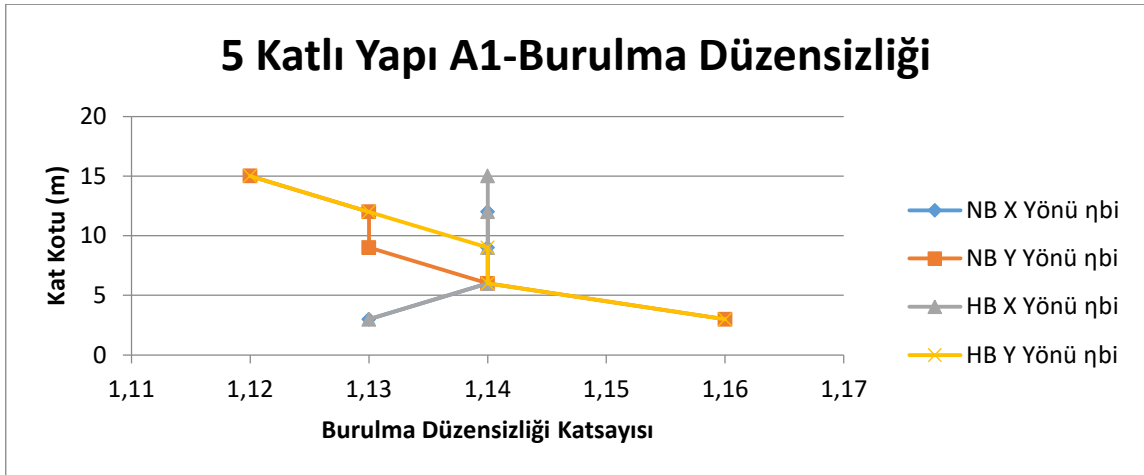


Şekil 4.31. 7 katlı yapıların 2. Mertebe etki değerleri karşılaştırma grafiği

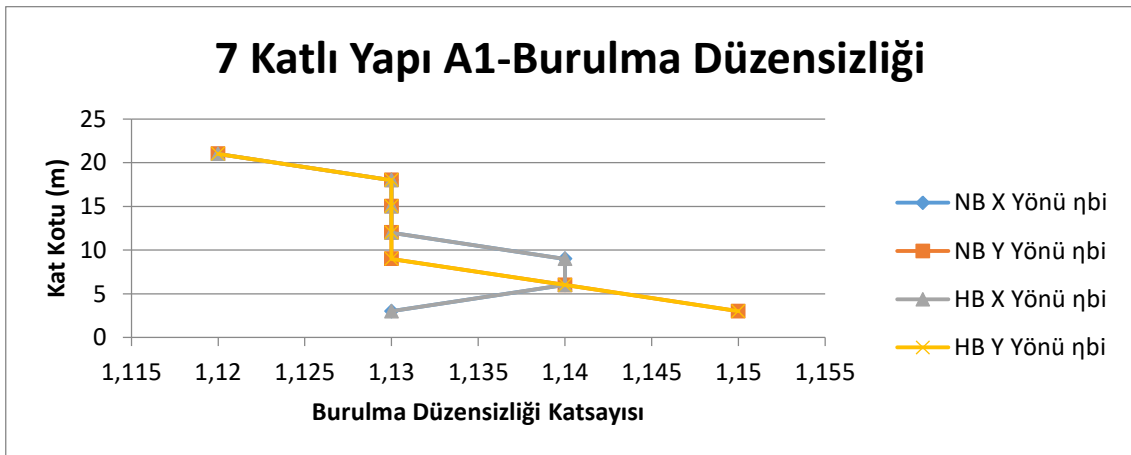
Yapılara ait A1-Burulma düzensizliği değerlerine ait kıyaslamalı grafikler Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.32. 3 katlı yapıların burulma düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği

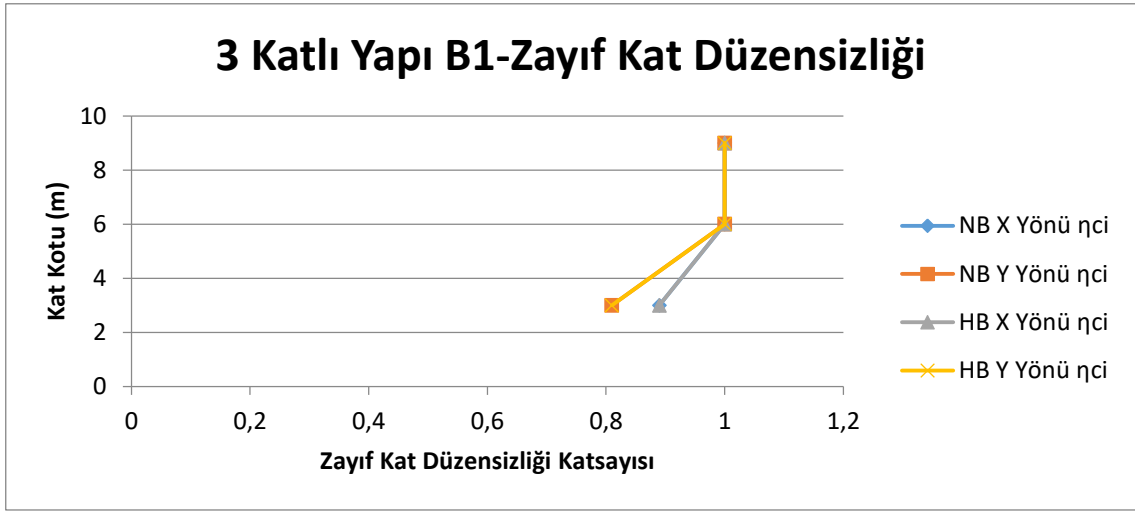


Şekil 4.33. 5 katlı yapıların burulma düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği

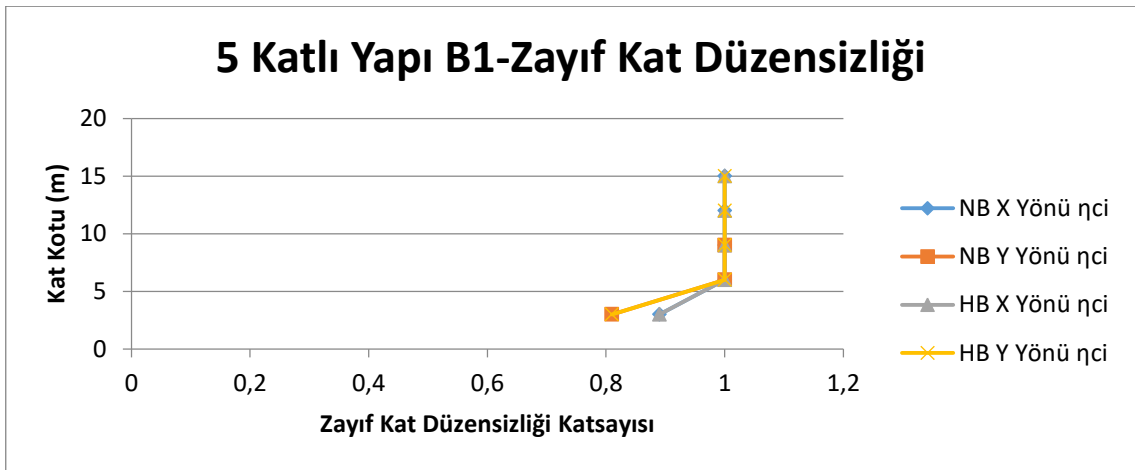


Şekil 4.34. 7 katlı yapıların burulma düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği

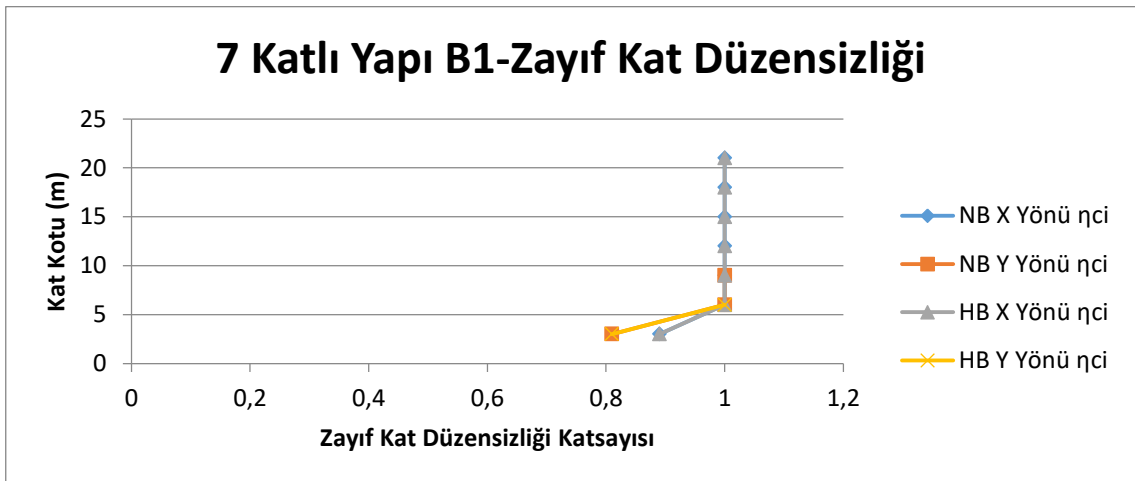
Yapılara ait B1-Zayıf kat düzensizliği değerlerine ait kıyaslamalı grafikler Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de verilmiştir.



Şekil 4.35. 3 katlı yapıların zayıf kat düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği

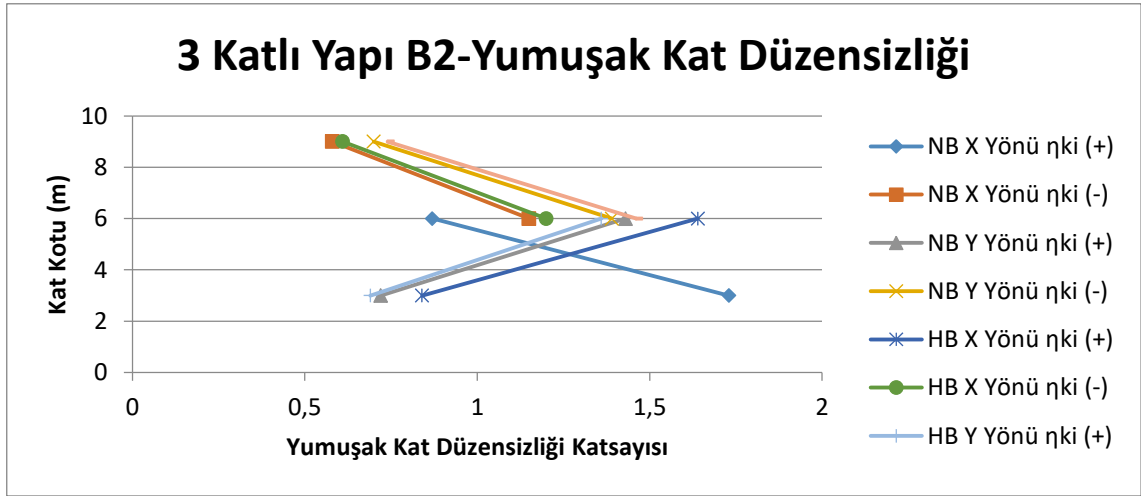


Şekil 4.36. 5 katlı yapıların zayıf kat düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği

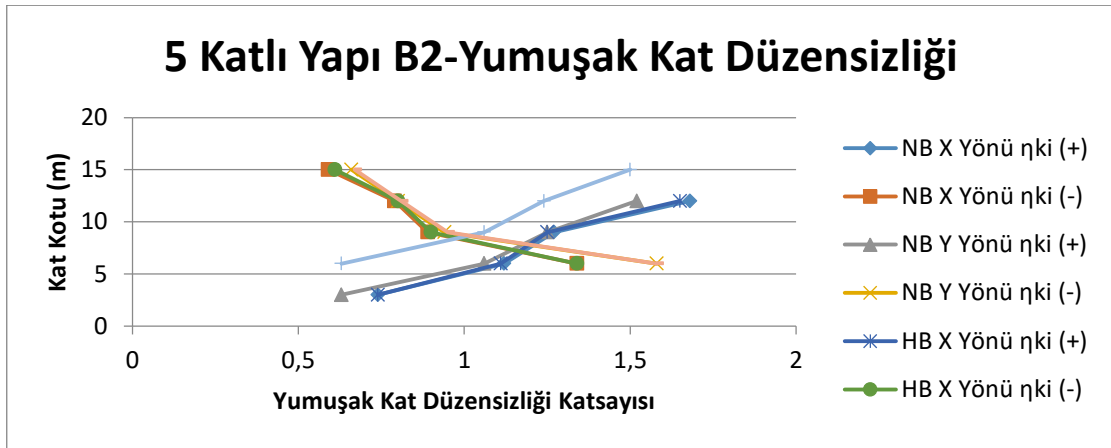


Şekil 4.37. 7 katlı yapıların zayıf kat düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği

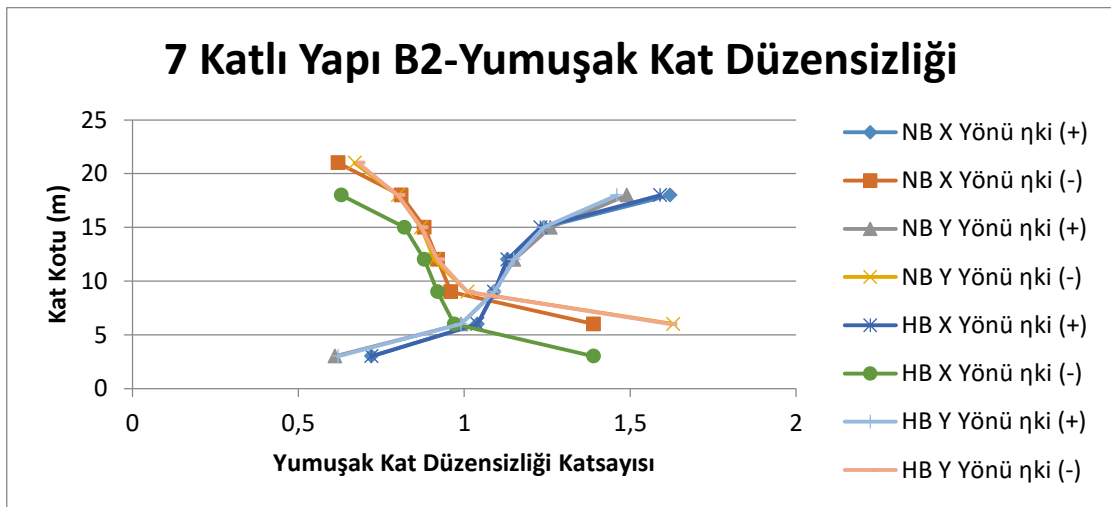
Yapılara ait B2-Yumuşak kat düzensizliği değerlerine ait kıyaslamalı grafikler Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da verilmiştir.



Şekil 4.38. 3 katlı yapıların yumuşak kat düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği



Şekil 4.39. 5 katlı yapıların yumuşak kat düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği



Şekil 4.40. 7 katlı yapıların yumuşak kat düzensizliği değerleri karşılaştırma grafiği

Yapıların genel metrajlarında, kullanılan beton miktarında, kalıp miktarında ve temel kazısında boyutlandırmalarda herhangi bir değişiklik olmadığı için metrajlarında herhangi değişiklik olmamıştır. Kullanılan demir donatı miktarında ise hafif betonlu yapılarda normal betonlu yapılara göre kısmi bir azalış kaydedilmiştir. Sonuçlar ile ilgili detaylı veriler Çizelge 4.135 ve Çizelge 4.136’da verilmiştir.

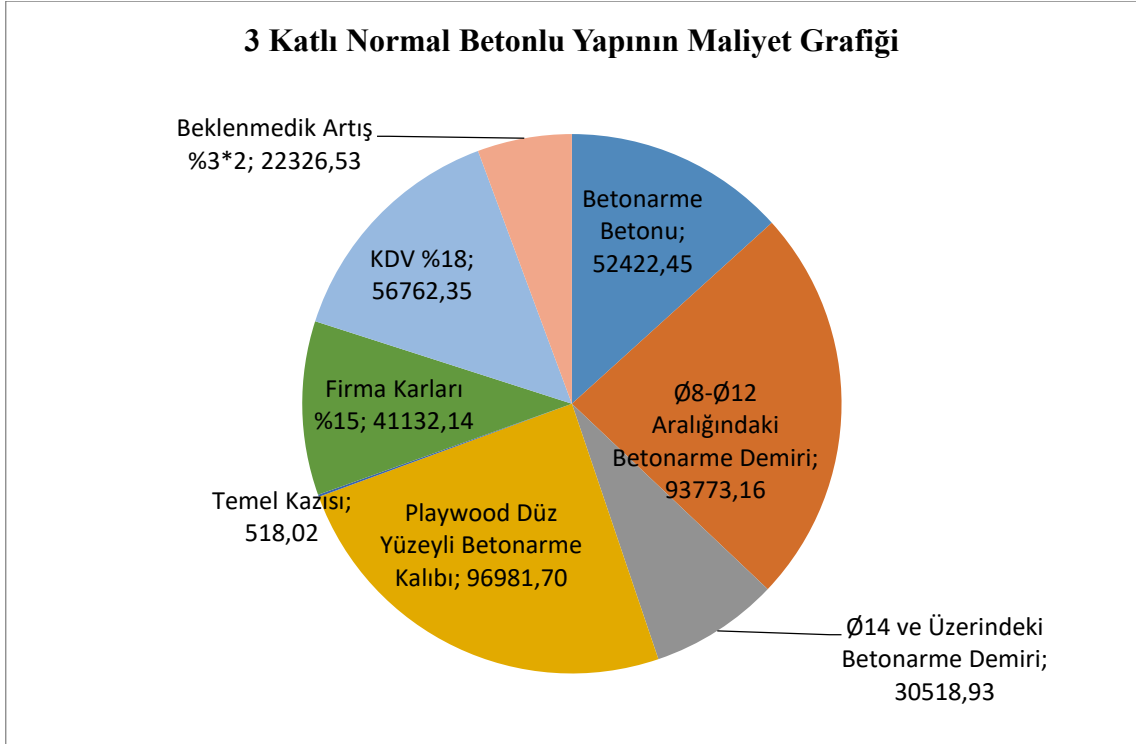
Çizelge 4.135. Metrajların karşılaştırılması

| GENEL METRAJ TABLOSU | 3 Katlı Yapı | | 5 Katlı Yapı | | 7 Katlı Yapı | |
|--|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | Normal Beton | Hafif Beton | Normal Beton | Hafif Beton | Normal Beton | Hafif Beton |
| C30 Beton / LC30 Beton (m ³) | 88,82 | 88,82 | 148,88 | 148,88 | 207,3 | 207,3 |
| Beton Kalıp (m ²) | 748,72 | 748,72 | 1257,63 | 1257,63 | 1746,14 | 1746,14 |
| S420 İnce Donatı (kg) | 6855,7 | 6825,0 | 11420,3 | 11275,4 | 16209,2 | 16221,6 |
| S420 Kalın Donatı (kg) | 2239,1 | 2217,6 | 3747,1 | 3706,8 | 5457,2 | 5440,3 |
| S420 Toplam Donatı (kg) | 9094,8 | 9042,6 | 15167,4 | 14982,2 | 21666,4 | 21661,9 |
| Temel Kazısı (m ³) | 41,08 | 41,08 | 41,08 | 41,08 | 41,08 | 41,08 |

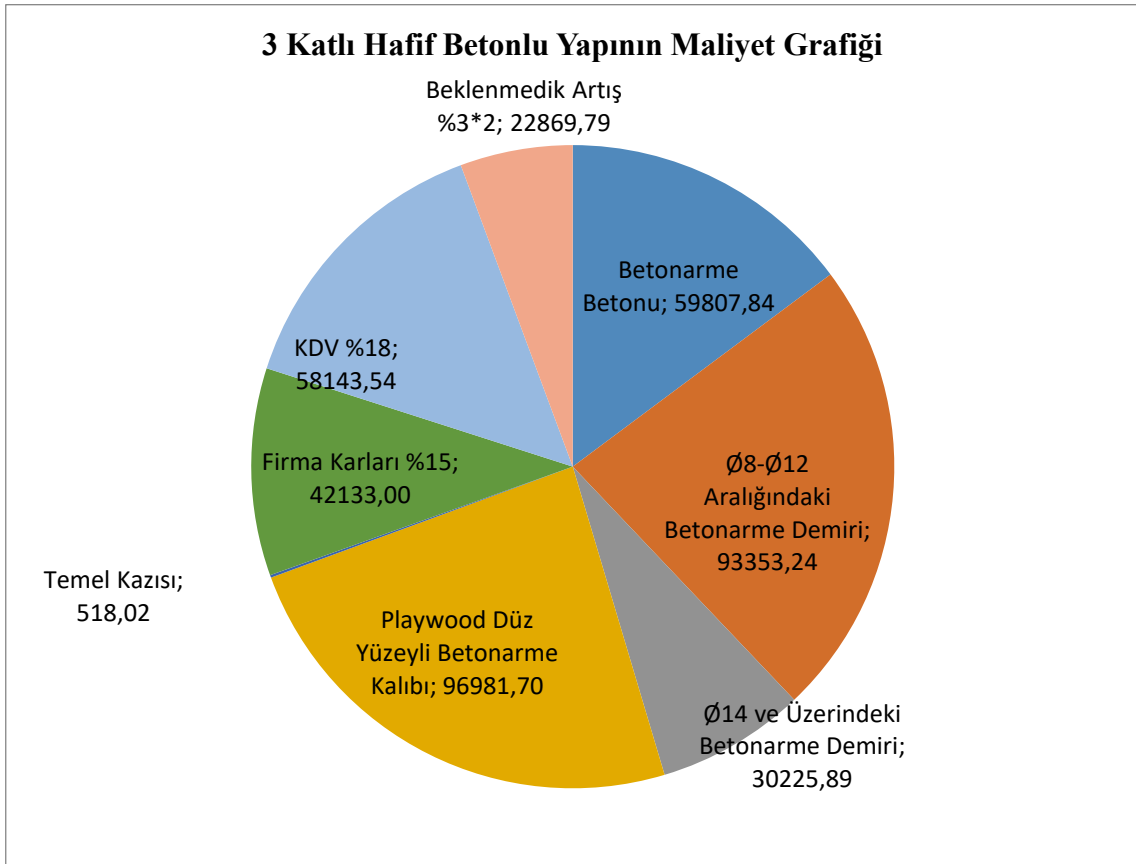
Çizelge 4.136. Metrajların değişimi

| GENEL METRAJ TABLOSU | 3 Katlı Yapı | 5 Katlı Yapı | 7 Katlı Yapı |
|--|--------------|--------------|--------------|
| | Değişim (%) | Değişim (%) | Değişim (%) |
| C30 Beton / LC30 Beton (m ³) | 0 | 0 | 0 |
| Beton Kalıp (m ²) | 0 | 0 | 0 |
| S420 İnce Donatı (kg) | -0,45 | -1,27 | 0,07 |
| S420 Kalın Donatı (kg) | -0,96 | -1,08 | -0,31 |
| S420 Toplam Donatı (kg) | -0,57 | -1,22 | -0,02 |
| Temel Kazısı (m ³) | 0 | 0 | 0 |

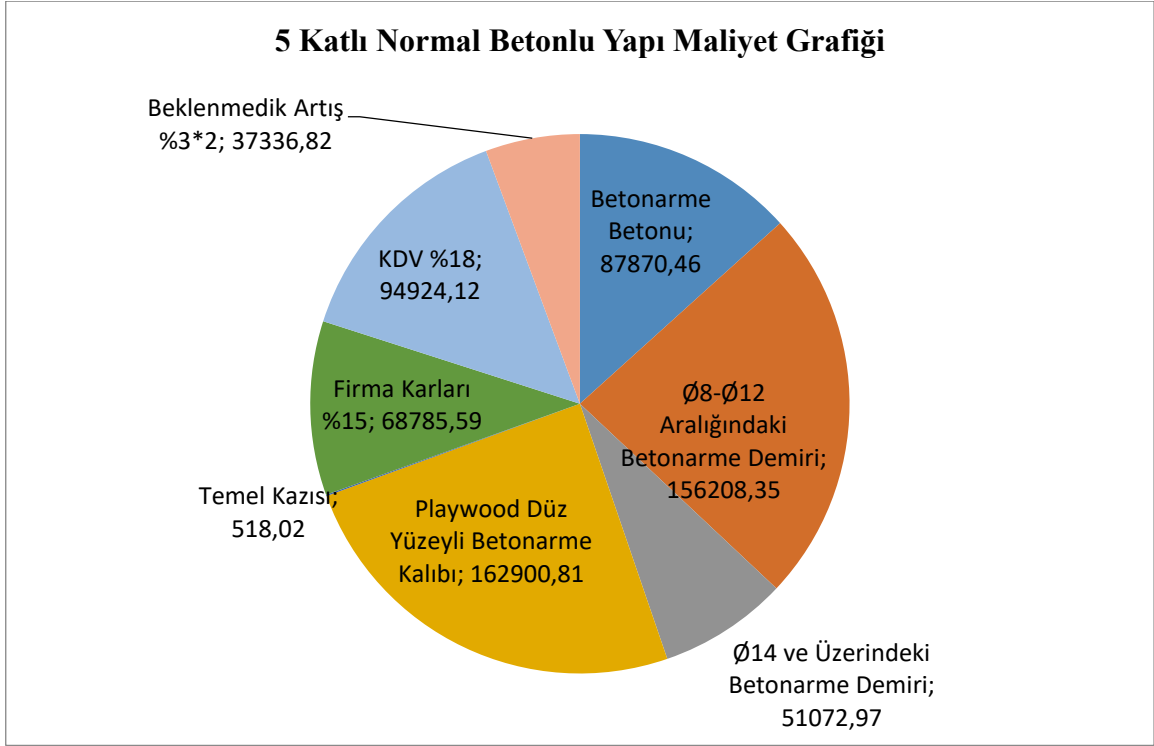
Yapıların maliyetleri incelendiğinde de taşıyıcı hafif betonlu yapıların demir donatı miktarlarında kısmi bir azalış olmasına karşın hafif betonun birim maliyetinin normal betona göre daha fazla olmasından dolayı taşıyıcı hafif betonlu yapıların maliyetleri normal betona göre fazla olduğu görülmüştür. Sonuçlar ile ilgili karşılaştırmalı grafikler Şekil 4.41, Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44, Şekil 4.45 ve Şekil 4.46’da verilmiştir.



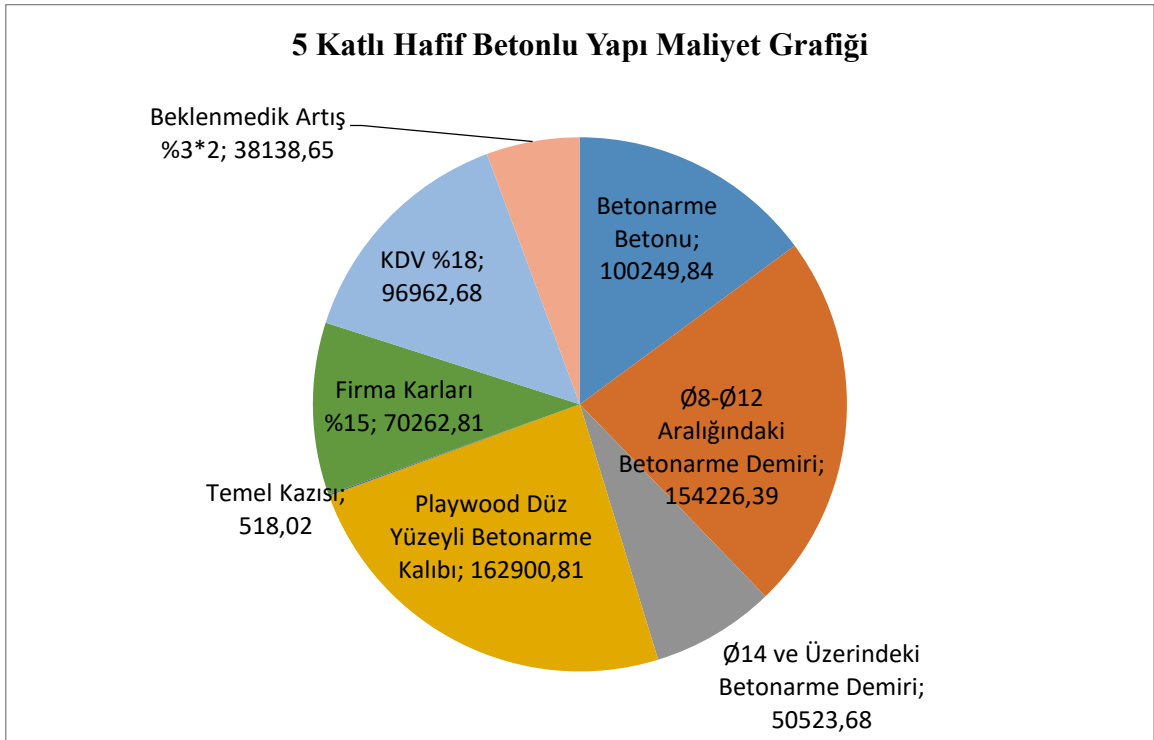
Şekil 4.41. 3 katlı normal betonlu yapının maliyet grafiği



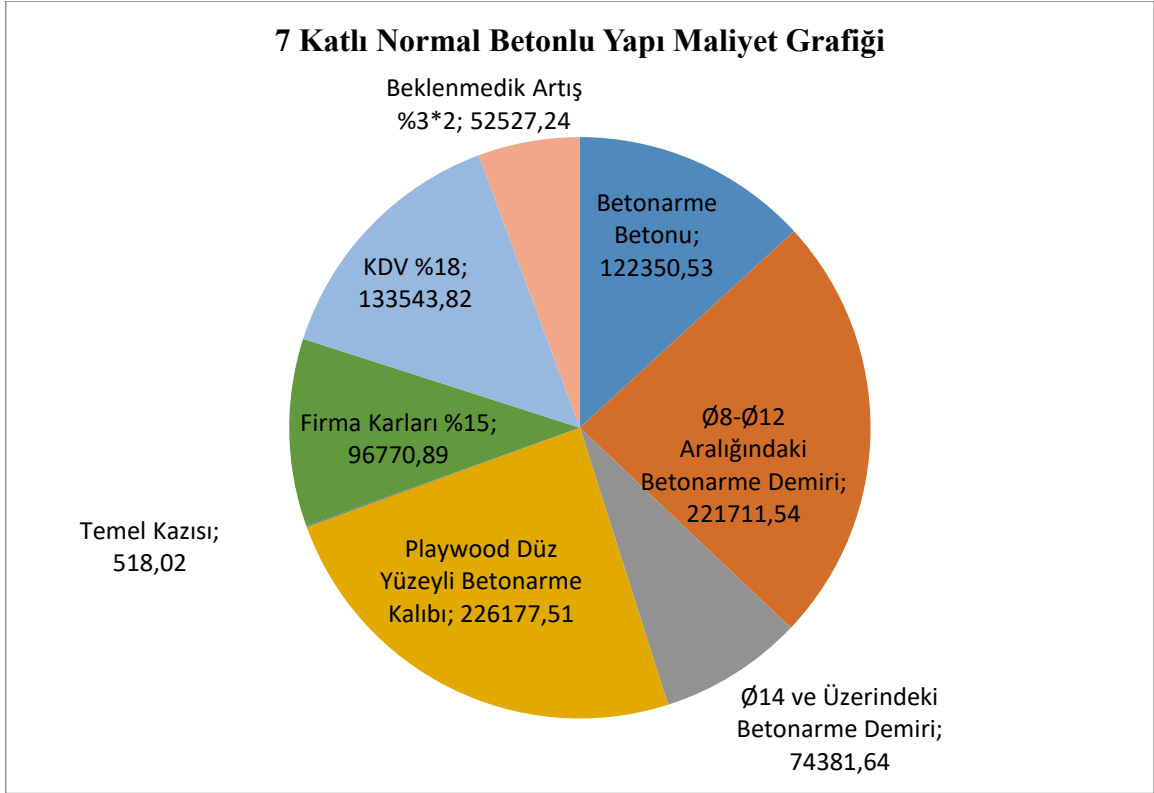
Şekil 4.42. 3 katlı hafif betonlu yapının maliyet grafiği



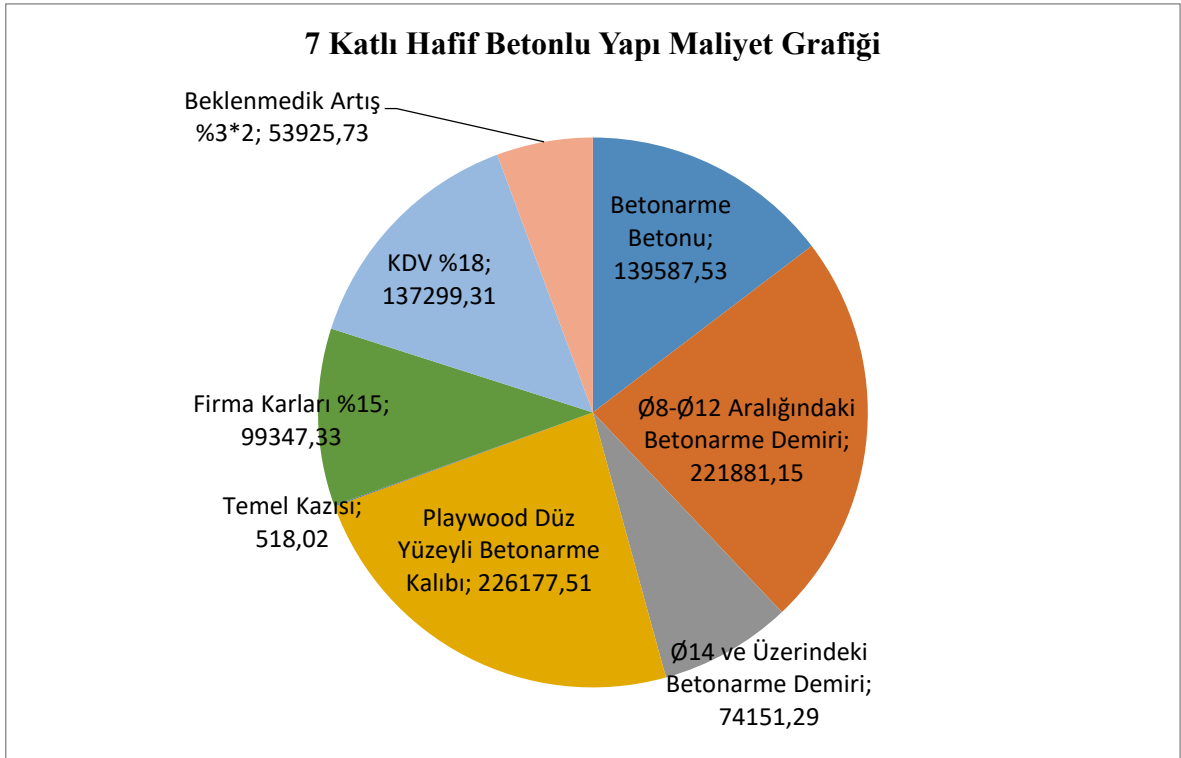
Şekil 4.43. 5 katlı normal betonlu yapının maliyet grafiği



Şekil 4.44. 5 katlı hafif betonlu yapının maliyet grafiği



Şekil 4.45. 7 katlı normal betonlu yapının maliyet grafiği



Şekil 4.46. 7 katlı hafif betonlu yapının maliyet grafiği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Daha önce yapılmış çalışmalar da göz önünde bulundurulduğunda taşıyıcı hafif beton ile yüksek dayanım elde edebilmek için basınç dayanımı yüksek olan agregalar tercih edilebilir.

2. Küp basınç dayanımları benzer olmasına rağmen C30/37 ve LC30/33 betonlarının elastisite modülleri arasında yaklaşık olarak %37.1'lik bir fark olduğu görülmüştür. Benzer basınç dayanımındaki hafif betonun elastisite modülü normal betona kıyasla daha düşüktür.

3. Normal beton birim hacim ağırlığı 2.4 t/m^3 iken taşıyıcı hafif beton birim hacim ağırlığı 1.7 t/m^3 'tür.

4. Normal beton kullanılarak yapılan yapıların zati ağırlıkları sırasıyla 213,05, 358,73 ve 504,41 ton iken taşıyıcı hafif beton kullanılarak yapılan yapıların toplam ağırlığı sırasıyla 150,92, 254,10 ve 357,29 ton olmuştur. Yapı ağırlıklarında %29.17'lik bir hafifleme sağlanmıştır.

5. Normal beton kullanılarak yapılan yapıların temeline gelen yük sırasıyla 592, 951, 1308 ton iken taşıyıcı hafif beton kullanılarak yapılan yapıların temeline gelen yük sırasıyla 564, 922, 1280 ton olmuştur. Yapı temeline gelen yük miktarında sırasıyla %4.7, %3.05 ve %2.14'lük bir azalma sağlanmıştır. Yapıların kat sayısı arttıkça yapı temeline gelen yük normal beton ve hafif beton arasındaki farkta kapanmaktadır.

6. X ve Y yönlerinde yapılara etki eden deprem yüklerinde de taşıyıcı hafif beton kullanımı ile x yönünde sırasıyla %19.91, %19.37 ve %20.04, y yönünde ise sırasıyla %20.69, %20.69, %19.69'lük bir azalma meydana gelmiştir.

7. Yapının kat döşemelerinde normal beton kullanımında standart ve şartnamelerin getirmiş olduğu minimum boyutlara yakındır. Bu yüzden hafif beton kullanımı da bu değerlerin altına inemeyeceğinden dolayı her iki beton türü ile de yapılmış yapıların döşeme kalınlıklarında kat sayısı artmasına rağmen herhangi bir değişim meydana gelmemiştir.

8. Temele gelen yük miktarının her iki beton türü içinde kat sayısı artmasına rağmen radye temel kalınlığında herhangi bir değişiklik olmamıştır.

9. Yapı kirişlerinin boyutlandırılmasında standart ve şartnamelerin getirmiş olduğu kısıtlamalardan dolayı çok fazla bir değişiklik görülmesi de kat sayısının artışına rağmen kirişlerin boyutunun değişmediği saptanmıştır.

10. Yapı kolonlarının boyutlandırılmasında hem normal hem de taşıyıcı hafif beton kullanımı durumunda herhangi bir sorun ile karşılaşılmamıştır. Ancak 7 katlı binanın 7. katındaki S03 ve S11 kolonlarında kuşatılmış kolon sorunu ile karşılaşıldığında bu yapının hem normal hem de hafif betonlu durum için kolon büyütülmüştür. bütün kolon boyutlarında normal beton kullanımına göre azalma olmuştur.

11. Projelendirilmesi ve boyutlandırılması yapılmış olan yapılarda kullanılacak beton miktarı kat yükseldikçe artmasına rağmen her iki beton türü için de aynıdır.

12. Beton dökümü esnasında kullanılması gereken kalıp işlemleri de kat yükseldikçe artmasına her iki beton türü için de aynıdır.

13. Kullanılacak demir donatı miktarı incelendiğinde, ince donatı demiri miktarının taşıyıcı hafif betonlu olması durumunda 3 katlı ve 5 katlı yapıda kısmi bir azalma sağlanmış ancak 7 katlı yapıda çok az bir artış meydana gelmiştir. Kalın donatı demiri miktarında ise taşıyıcı hafif betonlu olması durumunda yine kısmi bir azalma söz konusudur. Toplam donatı demiri miktarları karşılaştırıldığında ise taşıyıcı hafif betonlu olması durumunda sırasıyla %0.57, %1.22, %0.02'lik bir azalma meydana gelmiştir.

14. Normal ve taşıyıcı hafif beton kullanılması durumları için yapıların maliyet analizleri incelendiğinde de; kullanılan eleman ve malzemelerin birim fiyatlarına, firma karları, katma değer vergisi ve 3 defa da beklenmedik bir fiyat artışları olması durumları da hesaplamalara dahil edildiğinde taşıyıcı hafif beton kullanılan yapıda normal betonlu yapıya göre donatı demirindeki kısmi azalışa rağmen hafif betonun birim fiyat maliyetinin normal betona göre fazla olmasından dolayı 3 katlı yapıda %1,97, 5 katlı yapıda %1,82, 7 katlı yapıda ise %2,32 bir maliyet artışı söz konusu olmuştur.

15. Yapılan binaların normal ve taşıyıcı hafif beton kullanım durumları için x yönü, y yönü ve burulma periyotları incelendiğinde her yapı için hafif betonlu durumda %26'lık bir artış söz konusudur. Bu da hafif betonlu yapının daha rijit olmasına sebep olmaktadır.

17. Yapılan çalışmada taşıyıcı hafif betonun fiziksel ve mekanik özellikleri için yaklaşık değerler kullanılmıştır ve projenin statik hesaplamaları bu değerlere göre yapılmıştır. Hafif beton özellikleri ile ilgili daha kesin değerlere deneysel işlemler yapılarak analiz edilmelidir.

18. Sonuç olarak bakıldığında taşıyıcı hafif betonla yapılan binanın normal betonlu yapı ile aynı taşıyıcı eleman boyutlandırılmasında avantajlı olmadığı görülmüştür.

19. Yapı DD2 50 yılda aşılma olasılığı %10 düzeyindeki bölgede yapılmasına rağmen taşıyıcı hafif beton kullanımında da yapısal olarak herhangi bir olumsuzlukla karşılaşmadığı görülmüştür.

20. Hafif betonda C30 dayanımında beton üretmek kolay değildir ve üretim ile temininde de bir takım ilave maliyetler bulunmaktadır. Bu maliyetler yapının az katlı olmasından dolayı bu çalışmada ihmal edilmiştir. Ancak daha doğru bir sonuç için bu maliyetlerin de eklenmesi önerilir.

21. Yapılan çalışmadaki betonarme yapının simetrik olduğu göz önünde bulundurulduğunda asimetrik yapılar için de analizlerin ayrıca incelenmesi önerilir.

6. KAYNAKLAR

- ACI Committee 213R-87 (1999). Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete, American Concrete Institute, ACI.
- Akkaş, A., 2011, Pomza Agregalı Taşıyıcı Hafif Betonun Taşıyıcılık Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Alkaya, Ş., 2010, Hafif Beton Üretiminde Organik Atıkların (Ayçiçeği Sapı) Kullanılabilme Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Altun, C.M., 2005. Hafif beton, harç ve çimento hamurunda kırılma parametrelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altun, A., 2003, Erciyes Yöresi Bims Agregası Taşıyıcı Hafif Betonun ile Betonarme Bina İnşa Etme İmkânının Teorik Olarak İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Anonymous, 1971. Lightweight Concrete- History, Applications economics. Expanded Shale Clay and Slate Institute, Booklet, USA.
- Arda, A., 1994. Hafif betonlarda agrega konsantrasyonunun mekanik özelliklere etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arguhan, E., 1984, Pomza Taşı ile Üretilen Taşıyıcı Hafif Betonarme Elemanların Özelliklerine Süperakışkanlaştırıcı Katkı Maddesinin Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 110s.
- Ayberk M., 1995. Perlitin Yapı Gereci Olarak Kullanımı ve Yapı Maliyetine Etkisi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. 21-22 Nisan 1995, İzmir.
- Azizi, S., 2007. Perlit katkılı hafif betonların mekanik özellikleri ve ısı yalıtımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cengizhan, K., 1986, An Investigation on Reinforced Pumice Concrete, Doktora Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 173s.
- Chen, B., Liu, J., 2004. Contribution Of Hybrid Fibers On The Properties Of High Strength Lightweight Concrete Having Good Workability. Science and Direct-Cement and Concrete Research, 35: 913-917.
- Chandra, S. and Berntsson, L., 2003. Lightweight Aggregate Concrete. 430p Noyes Publications. U.S.A.

- Clarke, J.L., 1993. Design requirements. Structural Lightweight Aggregate Concrete. Chapman & Hall, London, pp 45-74.
- Clarke, J.L., 1993. Structural lightweight aggregate concrete, Blackie Academic & Professional, London.
- Clarke, J. L., 2010, Hafif Agregalı Yapısal Beton, Britanya imento Birlii, Crowthorne , Berkshire, 282s.
- Doğan H., Şener F.,2004. Hafif Yapı Malzemeleri (Pomza – Perlit – Ytong - Gazbeton) Kullanımının Yaygınlaştırılmasına Yönelik Sonuç ve neriler. Jeoloji Mühendisleri Odası. 15 Aralık 2004.
- Düzgün, O. A., Gül, R. and Aydın, A. C. 2005. Effect of Steel Fibers On The Mechanical Properties of Natural Lightweight Aggregate Concrete, Materials Letters, in press.
- Erciyes, Y., 1963. Bims ve Bims Betonu zerine Araştırmalar, İmar ve İskan Bakanlığı Yayınları, No. 5-17, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., 2003, Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayın. ve İletifim Őti., Ankara, 757s.
- Ersoy, U., 1995. Betonarme, Evrim Yayınevi, IV. Baskı, İstanbul, 3-19.
- Faust. T. ve Gert König, E.H., 1997. Stres-Strain Curves of High Strength Lightweight Concrete. LACER, 2, 103-109.
- Gl, R. ve Geten, O., 1994. Hafif agregalı betonun kullanılabilirliği, DSİ Teknik Blteni, sayı 81, sayfa 31-36, Ankara.
- Gündüz, L. (Ed.), 1998. Pomza Teknolojisi, Pomza Karakterizasyonu, Cilt I., 218s, Isparta.
- Gündüz, L. (Ed.), 1998. Pomza Teknolojisi, İnşaat Sektrnde Pomza, Cilt II, 205s, Isparta.
- Gündüz, L., ve Uğur, I., 2005. The Effects of Different Fine and Coarse Pumice Aggregate/ Cement Ratios on the Structural Concrete Properties Without Using any Admixtures. Cement and Concrete Research, 35, 1859- 1864.
- Haque, M.N., Al-Khaiat, H., & Kayali, O. (2004). Strength and durability of lightweight concrete, Cement & Concrete Composites 26, 307-314.
- Hermann, V., Weber, J.W. and Wesche, K., 1974, The Dynamic Modulus of Elasticity as a Equivalent for the Initial Tangent Modulus at Static Testing, Buildings Research Institute, T.U. Aachen, 120p.
- https://en.wikipedia.org/wiki/The_Chase_Plaza_Hotel

- https://en.wikipedia.org/wiki/Oak_Tower
- https://en.wikipedia.org/wiki/Marina_City
- https://en.wikipedia.org/wiki/San_Diego–Coronado_Bridge
- https://en.wikipedia.org/wiki/Dulles_International_Airport
- https://en.wikipedia.org/wiki/Bank_of_America_Corporate_Center
- https://en.wikipedia.org/wiki/Benicia–Martinez_Bridge
- https://en.wikipedia.org/wiki/One_Shell_Plaza
- https://en.wikipedia.org/wiki/Australia_Square
- https://en.wikipedia.org/wiki/First_National_Bank
- https://en.wikipedia.org/wiki/Chateau_Lake_Louise
- https://en.wikipedia.org/wiki/Embassy_of_China,_London
- https://en.wikipedia.org/wiki/John_F._Kennedy_International_Airport
- <https://en.wikipedia.org/wiki/NatWest>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Guy's_Hospital
- https://en.wikipedia.org/wiki/New_London_Architecture
- https://tr.wikipedia.org/wiki/British_Museum
- https://tr.wikipedia.org/wiki/John_F._Kennedy_Uluslararası%20Havalimanı
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sta4CAD>
- <http://www.sta4.net/staproperty.aspx>
- <https://www.australiasquare.com.au/home>
- <https://nla.london/>
- <https://www.uea.ac.uk/>
- <https://www.fifa.com/womensworldcup/destination/stadiums/stadium/5004993/>
- <http://www.austadiums.com/stadiums/photos/westpacstadium.jpg>
- https://www.tylin.com/system/uploads/gallery_image/image/74/03.jpg
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:New-Benicia-Martinez-bridge.jpg>
- Hüsem, M., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Hafif Agregalardan Biriyle Yapılan Hafif Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırılması. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaldı, C., 2011, Taşıyıcı Hafif Beton Tasarımı ve Çok Katlı Binalarda Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri, İzmir.
- Kayali, O., 2005. Flashag New Lightweight Aggregate for High Strength and Durable Concrete. Submitted for Consideration in the 2005 World of Coal Ash, 1-19, Lexington.
- Kılıç, A., Atış, C.D., Yaşar, E. ve Özcan, F., 2003. High Strength Lightweight Concrete made With Scoria Aggregate Containing Mineral Admixture. Science and Direct Cement and Concrete Research, 33, 1595-1599.

- Kılıçarslan vd., 2007, Yüksek Dayanımlı Prefabrikte Hafif Betonların Taşıyıcılık Özelliklerinin Araştırılması, Uluslararası Deprem ve Yapı Mühendisliğinde Gelişmeler Sempozyumu, Pakistan, 12-14ss.
- Kluge,R. W., Sparks, M. M. ve Tuma, E. C., 1949. Lightweight-Aggregate Concrete, ACI Journal Proseedings, 27, 9, 625-664.
- Kocaman, B., 2000, Doğu Anadolu Bölgesindeki Doğal Hafif ve Normal Agregalarla Üretilen Betonların Fiziksel, Mekanik ve Isı İletkenlik Özelliklerinin Belirlenmesi ile Tarımsal Yapılarda Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kocal, N.U. ve Ozturan, T.,2011. Durability of Lightweight Concretes with Lightweight Fly Ash Aggregates, Construction and Building Materials, 25,3, 14530-1438.
- Kong, F.K. and Robins, P.J., 1971, Web Reinforcement Effects on Lightweight Concrete Beams, ACI Journal Proceedings, 514-520pp.
- Konuk, H., 2003. Hafif agregalı betonların mekanik özellikleri ve ısı yalıtımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Maraşlı, H., 2005, Hafif Betonun Çok Katlı Prefabrik Konutlara Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Neville, A. M. 1975. Properties of Concrete, Pitmann Publishing, London.
- Neville, A. M., 1996. Properties of Concrete, John Wiley & Sons Inc, New York.
- Newman, J., 2003. Properties of lightweight concrete, Advanced Concrete Technology Processes, London.
- Niederhoff, A. E., 1949. Lightweight Pumice Concrete, ASCE Proceedings, 6, 743-758.
- Orcay EA, 2010. Hafif Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı İletkenlik Katsayıları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Örtlek, E., 2015. Mısır, Buğday ve Ayçiçeği Sapı Külü ile Barit ve Kolemanit Katkılı Betonların Mühendislik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Öztürk, M., 2012, Pomza ve Perlit İçerikli Hafif Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Öztürk, E., 2019, Yapılarda Hafif Beton Kullanımında Son Gelişmeler, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Postacıoğlu, B. (1975). Yapı Malzemesi. İstanbul: İTÜ Matbaası Gümüşsuyu.
- Richart, F.E. and Jensen, V.P., 1930, Concrete and Desing Features of Haydite Concrete, ACI Journal Proceedings, 151-182pp.
- RILEM., 1975. Terminology and definations of lightweight concrete, LC1
- Sancak, E., 1998. Hafif agregalı beton blokların mekanik özellikleri üzerine çelik lif kullanımının etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Smadi, M. ve Migdady, E., 1990. Properties of High Strength Tuff Lightweight Aggergate Concrete. Science and Direct-Cement and Concrete Composites, 13,2, 129-135.
- Short, A. and Kinniburgh., 1978. Lightweight Concrete. Applied Science Publishers Ltd, 443p, London, U.K.
- Subaşı, S. ve Kap T., 2009. Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonun Yapı Davranışı Ve Kaba Yapı Maliyetine Etkisi, e-Journal of New World Sciences Academy Technological Applied Sciences, vol. 4, no. 1, pp. 48-54.
- Sükan, T., 1966, Doğal Hafif Agregalarla Hafif Beton Araştırması, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Rapor No: MLZ-370, Ankara. 20s.
- Taşdemir, M.A., 1982, Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışları, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.
- The Concrete Society–Lightweight Concrete Committee, 1979, Acomparative Study of The Economics of Lightweight Structural Concrete Flor Slabs in Building, The International Journal of Lightweight Concrete, Vol 1, No 1, 9-27pp.
- Temiz H, Akçekale AH, 2014. Hafif Agregalı Betonun Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 4 (2): 7-20.
- Türkel S, Kadiroğlu B, 2007. Pomza Agregalı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(3) 353-359.
- Türkmen, İ., 1997, Van-Erciş Pomzasından Üretilen Hafif Betonun Donma-Çözülme Dayanıklılığının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Türkmen İ. ve Kantarcı A., 2007. Effects of Expanded Perlite Aggregate and Different Curing Conditions on the Physical and Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete, *Building and Environment*, 42,6, 2378- 2383.
- Urhan, S., 1993, Hafif ve Çok Hafif Betonların Karakteristik Özellikleri ve Teknik Kapasiteleri, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, İstanbul, 34-40s.
- Yavuz, H. İ., 2011, Su Geçirimsiz Beton Tasarımı ve Örnek Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yalçınalp, S., 2000. Hafif beton üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yanai, S., Sakata, N., Watanabe, K., Nobuta, Y., 1999. Development Of Self Compacting Concrete Using High Performance Lightweight Aggregate. *Kajima Corporation Annual Report*. 47: 40-60.
- Yolcu, C., 2018. Yüksek Performanslı Taşıyıcı Hafif Beton Üretiminde Pomza Agregaların Kullanılabilirliği, Mekanik Büyüklükleri ve Uygulama Kriterleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zandi, Y., 2012. Taşıyıcı Hafif Betonla Üretilen Yekpare ve Prefabrike Yapı Elemanlarının Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zhang, M.H. and Gjorj, O.E., 1991. Mechanical Properties of High Strength Lightweight Concrete. *ACI Materials Journal*, 88,3, 700, 240-247.