

**T.C.**  
**ERCIYES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAFİF BETONUN ÇOK KATLI PREFABRİK**  
**KONUTLARA UYGULANABİLİRLİĞİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Tezi Hazırlayan**  
**Haceli MARAŞLI**

**Tezi Yöneten**  
**Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Aralık 2005**  
**KAYSERİ**

Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR danışmanlığında **Haceli MARAŞLI** tarafından hazırlanan “**Hafif Beton’un Çok Katlı Prefabrik Konutlara Uygulanabilirliğinin Araştırılması**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

28/12/2005

**JÜRİ:**

Başkan : Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih ALTUN.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ARDIÇLIĞILI.....

**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 17/01/2006 tarih ve 2006/02-06. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

17 / 01 / 2006..



N. Ayyıldız  
**Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ**  
Enstitü Müdürü

**TEŞEKKÜR**

Tez alıőmamn bütöün aőamalarında benden yardım ve desteğini esirgemeyen, olumlu eleőtirileri ve güzel örneklemeleleriyle beni teővik eden danıőmanım Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR' a, baőta Yrd. Doç. Dr. Mehmet ARDIÇLIOğLU, Yrd. Doç. Dr. Kamil AYDIN ve Yrd. Doç. Dr. Fatih ALTUN olmak üzere meslek hayatımda kullandığım pratik ve teorik tüm bilgileri bana öğreten bütöün hocalarıma, Serdar GÜNBAY ve Seyit KINAő arkadaşlarıma, çalıőmalarım sırasında maddi ve manevi destek olup her an yanımda olan değerli anneme, babama ve ağabeylerime, özellikle sevgili eőime ve biricik oğluma teőekkürlerimi sunmayı bir borę bilirim.

# HAFİF BETONUN ÇOK KATLI PREFABRİK KONUTLARA UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Haceli MARAŞLI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2005

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Tefaruk HAKTANIR

## ÖZET

Erciyes Dağı, Isparta, Iğdır ve Karadeniz Bölgesi gibi birçok farklı yöreden çıkartılan bims 1950'ler den beri dünyanın gelişmiş ülkelerinde taşıyıcı hafif beton uygulamalarında kullanılmaktadır. Ülkemizde ise genelde hafif duvar blokları ve asmolen bloklarının imalinde agrega olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, bimslerin, kumaşların taşlanması, bazı sıva harçlarında ve seracılıkta da kullanma alanı mevcuttur. 1970'li yıllardan beri ülkemiz üniversitelerinde, bimsin doğrudan taşıyıcı hafif beton agregası olarak kullanılabilirliği üzerine, pratik hayatta uygulama alanı çok bulamamış, akademik araştırmalar yapılmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada; hafif betonun çok katlı tünel kalıp sistemle imal edilen konutlara uygulanabilirliğinin, Türkiye'de ve özellikle Kayseri'de yapımının araştırılması statik-betonarme programlar yardımıyla irdelenmiştir.

Çalışmanın temel amacı, Kayseri ve civarında yoğun olarak bulunan ve ekonomik bir inşaat malzemesi olan bims'ten yapılabilen, BS18 (C18) mukavemetini sağlayabilen hafif betonun konutlarda kullanılıp kullanılmayacağını araştırmasını yapıp gerekli karşılaştırmaları yapmaktır. Analizler STA4CAD V12 programıyla icra edilerek, karşılaştırmalar yapının sağlamlığından ödün verilmeden, ekonomiklik, yapının oturma ve deplasmanları (konfor), betonun üretim süreci ve kalitesi gibi kıstaslar göz önüne alınarak yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** : Hafif beton, tünel kalıp, bims, BS18, STA4CAD V12 programı.

# **INVESTIGATIONS OF USEBILITY OF LIGHT WEIGHT CONCRETE IN HIGH-RISE BUILDING**

**Haceli MARAŞLI**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**M.Sc. Thesis, December 2005**

**Thesis Supervisor: Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR**

## **ABSTRACT**

Pumice is used in the production of structural light weight concrete (LWC). Pumice aggregates are abundant in Erciyes Mountain, Isparta, Iğdır and Black Sea region of Turkey. Pumice is used for structural purposes in the developed countries, although it is utilized as aggregates for to produce light-weight wall units and floor blocks in Turkey. Pumice aggregate is also employed in material-stoning, in wall plasters and in green house. Although it has not found practical use in everyday life, pumice aggregate has been investigated in Turkish Universities for academical purpose since 1970;

The feasibility of LWC made of pumice aggregate in multi-story buildings (tunel form buildings) in Turkey, especially for Kayseri region is investigated in this study, with the help of a structural analysis package program widely used in Turkey.

The main objective of the study is to examine the usability of LWC with a strength of 18 MPa produced from pumice aggregates existing in large quantities in Kayseri and its surroundings. Necessary Comparisons with normal-weight concrete (NWC) are later made.

The computations are performed using the commercial software package STA4CAD V12. The comparison of the buildings made of NWC and of LWC is made from the standpoints of displacement of critical components, production of concrete and its quality and economy. The study is comprised of five sections: introduction, literature review, the analytical experimental studies, structural analysis, results and suggestions.

**Keywords :** LWC, Tunel Form Building, Pumice Aggregate, STA4CAD.

**İÇİNDEKİLER**

KABUL VE ONAY .....	i
TEŞEKKÜR .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KISALTMALAR ve SİMGELER .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
RESİMLER LİSTESİ.....	xi

**1.BÖLÜM****GİRİŞ**

1.1.Konunun Tanımı ve Önemi .....	1
1.2.Çalışmanın Amacı .....	2

**2.BÖLÜM****KONUyla İLGİLİ LİTERATÜR ÖZETİ**

2.1. Giriş.....	3
2.1.1. Tünel Kalıp Sistemin Özellikleri .....	5
2.1.2 Tünel Kalıp Binanın yapımı.....	7
2.1.3. Hafif Agregaların Özellikleri .....	8
2.1.4. Hafif Beton Üretimi ve Özellikleri .....	10
2.1.5. Normal Beton Üretimi ve Özellikleri.....	11
2.1.6. Normal ve Hafif Taşıyıcı Betonların Elastisite Modülleri.....	11

**3.BÖLÜM****PROJE VE HESAPLAR**

3.1. Giriş .....	14
3.2. Normal Betonlu 13 katlı Proje .....	15
3.2.1. Proje İle İlgili Genel Bilgiler .....	15
3.2.2. Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri .....	15
3.2.3. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü .....	16

3.2.3.1. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması.....	16
3.2.3.2. Düzensizlik Durumları .....	16
3.2.4. Betonarme Hesaplar.....	26
3.2.4.1. Döşemeler .....	26
3.2.4.2. Kirişler.....	26
3.2.4.3. Perdeler .....	26
3.2.5. Metraj.....	27
3.2.5.1. Beton Metrajı .....	27
3.2.5.2. Donatı Metrajı .....	28
3.2.6. ABYYHY Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü .....	29
3.3. Bims Betonlu 13 katlı Proje .....	34
3.3.1. Proje İle İlgili Genel ilgiler.....	35
3.3.2.Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri.....	35
3.3.3. ABYYHY Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü .....	36
3.3.4. Betonarme Hesaplar.....	45
3.3.4.1. Döşemeler .....	45
3.3.4.2. Kirişler .....	45
3.3.4.3. Perdeler.....	45
3.3.5. Metraj .....	46
3.3.5.1. Beton Metrajı .....	46
3.3.5.2. Donatı Metraj .....	47
3.3.6. ABYYHY Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü .....	48

#### 4. BÖLÜM

NORMAL VE HAFİF BETONLU TÜNEL KALIP YAPI ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	52
--	----

#### 5.BÖLÜM

##### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1. Normal Betonla ve Bims' li Betonla Yapılan Projelerin Boyutlar Açısından Karşılaştırılması .....	54
5.2. Normal Betonla ve Bims' li Betonla Yapılan Projelerin Deplasmanlar Açısından	

Karşılaştırılması .....	54
5.3. Normal Betonla ve Bims' li Betonla Yapılan Projelerin Metraj Açısından Karşılaştırılması .....	56
5.4. Normal Betonla ve Bims' li Betonla Yapılan Projelerin Farklı Yönlerden Karşılaştırılması .....	57
KAYNAKLAR .....	59
ÖZGEÇMİŞ .....	62

**KISALTMALAR ve SİMGELER**

TS	: Türk Standartları
ASTM	: American Society for Testing and Materials
ACI	: American Concrete Institute (Amerika Beton Enstitüsü)
ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
$\sigma$	: Gerilme
$\epsilon$	: Şekil Değişirme
$f_{cu}$	: Beton Karakteristik Dayanımı
E	: Elastisite Modülü
Ao	: Etkin Yer İvmesi
$T_{A,B}$	: Spektrum Karakteristik Periyotları
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
I	: Bina Önem Katsayısı
T	: Bina Titreşim Periyodu
S(T)	: Spektrum Katsayısı
Vt	: Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü
Hn	: Bina Toplam Yüksekliği
Ct	: Birinci Doğal Titreşim Periyodu Katsayısı
gi	: Binanın i. nci Kattaki Toplam Sabit Yüğü
qi	: Binanın i. nci Kattaki Toplam Hareketli Yüğü
wi	: Binanın i. nci Katının Toplam Ağırlığı
Hi	: Binanın i. nci Katının Temel Üstünden Ölçülen Yüksekliği
$\Delta_i$	: Binanın i. nci Katındaki Görelî Kat Ötelemesi
di	: Binanın i. nci Katındaki Deprem Yüğülerine Göre Hesaplanan Yerdeğiştirme
$\eta_{bi}$	: Binanın i. Kattaki Burulma Düzensizliği Katsayısı
$\delta_{x,y}$	: X ve Y Yönlerinde Yerdeğiştirme Miktarı
$\theta_z$	: Dönme Miktarı

## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Karışımda Kullanılan Agregaların Granülometri Değerleri .....	9
Tablo 2.2. 400 Doz Deney Betonu Bileşenleri .....	10
Tablo 2.3. 300 Doz Normal Beton Bileşenleri .....	11
Tablo 3.1. Maksimum Kat Deplasmanları ( $\Delta_i$ ) <sub>max</sub> .....	17
Tablo 3.2. Maksimum Nokta Deplasmanları ( $\Delta_i$ ) <sub>max</sub> .....	19
Tablo 3.3. Normal Betonlu 13 Katlı Binanın Beton Metrajı Değerleri .....	27
Tablo 3.4. Normal Betonlu 13 Katlı Binanın Donatı Metrajı Değerleri .....	28
Tablo 3.5. X Yönü (+%5) Deplasmanlar.....	30
Tablo 3.6. X Yönü (-%5) Deplasmanlar.....	30
Tablo 3.7. Y Yönü (+%5) Deplasmanlar.....	30
Tablo 3.8. Y Yönü (-%5) Deplasmanlar.....	31
Tablo 3.9. B1-Düşey doğrultudaki kat düzensizliklerinin kontrolü .....	32
Tablo 3.10. B1-Düşey doğrultudaki nokta düzensizliklerinin kontrolü .....	32
Tablo 3.11. Maksimum Kat Deplasmanları ( $\Delta_i$ ) <sub>max</sub> .....	37
Tablo 3.12. Maksimum Nokta Deplasmanları.....	37
Tablo 3.13. Bims Betonlu 13 Katlı Binanın Beton Metrajı Değerleri .....	46
Tablo 3.14. Bims Betonlu 13 Katlı Binanın Donatı Metrajı Değerleri .....	47
Tablo 3.15. X Yönü (+%5) Deplasmanlar.....	49
Tablo 3.16. X Yönü (-%5) Deplasmanlar .....	49
Tablo 3.17. Y Yönü (+%5) Deplasmanlar .....	49
Tablo 3.18. Y Yönü (-%5) Deplasmanlar .....	50
Tablo 3.19. B1-Düşey doğrultudaki düzensizliklerinin kontrolü .....	51
Tablo 4.1. Değişik kat ve deprem bölgelerine göre irdelenen yapı sonuçları.....	52
Tablo 5.1. Metraj Karşılaştırma Tablosu .....	56

**ŞEKİLLER LİSTESİ**

Şekil 2.1. Klasik Tünel Kalıp Sistem Elemanları .....	7
Şekil 2.2. Karışım Agregası Granülometri Eğrisi .....	9
Şekil 2.3. Beton Numunelere Ait $\sigma - \epsilon$ Diyagramı .....	12
Şekil 2.4. Normal Beton ve Erciyes Dağı Bimsi ile üretilen Hafif Beton Numunelere Ait $\sigma - \epsilon$ Diyagramı.....	13
Şekil 3.1. Normal Betonlu Binanın 1. Kat Noktalarının Gösterimi .....	18
Şekil 3.2. Normal betonlu binanın 1. katının üç boyutlu gösterimi .....	22
Şekil 3.3. Normal betonlu binanın 13 katının üç boyutlu gösterimi .....	23
Şekil 3.4. Tünel Kalıp Binanın 13 katının deplasman yapmamış hali.....	24
Şekil 3.5. Tünel Kalıp Binanın 13 katının deprem etkisinde deplasman yapmış hali.....	25
Şekil 3.6. Bims betonlu binanın 1. kat noktalarının gösterimi .....	40
Şekil 3.7. Bims betonlu binanın 1. katının gösterimi .....	41
Şekil 3.8. Bims betonlu binanın 13 katının üç boyutlu gösterimi .....	42
Şekil 3.9. Tünel Kalıp Binanın 13 katının deplasman yapmamış hali.....	43
Şekil 3.10. Tünel Kalıp Binanın 13 katının deprem etkisinde deplasman yapmış hali.....	44

## **RESİMLER LİSTESİ**

Resim 2.1. Klasik Tünel Kalıp Sistemin Görünümü .....	5
Resim 2.2. Klasik Tünel Kalıp Sistem Uygulanan Bir Yapı Görünümü .....	6
Resim 2.3. Klasik Tünel Kalıp Sistem İle Yapılmış Bir Altgeçit .....	6

## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

Beton, istenilen şekil ve boyutun kolayca verilebildiği bir malzeme olması nedeniyle, bağlayıcı olan çimentonun bulunmasından günümüze kadar yaygın olarak yapılarda kullanılmaktadır. Yapıların projelendirilmesi ve inşaatında emniyet, ekonomi, estetik ve fonksiyonel olma özellikleri ön planda tutulmalıdır [1].

1950'lerden beri gelişmiş ülkelerde taşıyıcı hafif beton uygulamaları yapılmıştır. Erciyes Dağı, Isparta, Iğdır ve Karadeniz Bölgesi gibi ülkemizin bir çok farklı yörelerinde zengin bims rezervleri mevcuttur [2]. Büyük bir kısmı suda yüzecek kadar hafif olan ve halk arasında sünger taşı olarak da bilinen bims agregası, ülkemizde yaygınlıkla, hafif duvar blokları ve asmolen bloklarının imalinde agrega olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, bimslerin, havının alınması için kumaşların taşlanması, bazı sıva harçlarında ve seracılıktaki gibi diğer kullanım alanları da vardır. 1970'li yıllardan beri ülkemiz üniversitelerinde, bims' in doğrudan taşıyıcı hafif beton agregası olarak kullanılıp, oluşacak taşıyıcı hafif betonun betonarme betonu olarak kullanılabilirliği üzerinde, hemen hepsi pratik hayatta uygulama alanı bulamamış, akademik çalışmalar yapılmıştır [3,22,25]. 1997'de Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilen deneysel bir çalışma sonucunda, Erciyes Dağı eteklerindeki bims ocağından alınan iri bims agregası ile, Yahyalı Kazasının bir köyü olan Kocahacılı Köyüne yakın yerlerde çıkan bims kumunun %65 + %35 oranlarında karıştırılması ile oluşan karışık agreganın 400 kg/m<sup>3</sup> lük KÇ-32.5 çimento dozajı ile 28 günde ortalama 215 kgf/cm<sup>2</sup> (21,5 MPa) lik bir basınç mukavemeti ile 95000 kgf/cm<sup>2</sup> lik elastisite modülüne sahip bir beton oluşturduğu belirlenmiştir [1,2]. 300 kg/m<sup>3</sup> çimento dozlu normal ağırlıklı betonun elastisite modülü 300000 kgf/cm<sup>2</sup> (30000 MPa) civarında iken, 400 dozlu hafif betonun elastisite modülü bunun üçte biri kadardır.

Erciyes yöresi bims agregalarından üretilen bu hafif betonun hava kurusu birim ağırlığı ise 1.4 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur [1,2]. Zati ağırlığı normal betonunkinden %40 daha

hafif olan bu bims betonunun, basınç mukavemeti yeterli iken düşük elastisite modülü, özellikle geniş açıklıklı kiriş ve döşemelerde aşırı sehimlere sebep olabilir. İnce agrega olarak Kocahacılı Köyü bims kumu yerine, normal ağırlıklı kum kullanıldığında, betonun hava kurusu birim ağırlığı  $1.5 \text{ t/m}^3$  'e yükselirken, 28 günlük basınç mukavemeti ve elastisite modülünde önemli sayılmayacak miktarlarda artış olmaktadır.

Ülkemizin her yerinde olduğu gibi Kayseri'de de akarsu yataklarından elde edilen beton agregaları son zamanlarda azalmakta, bunların maliyetleri artmakta ve dolayısıyla beton agregası olarak çoğu yerde kırma taş agrega kullanılmaktadır. Erciyes Dağı eteklerinde çok büyük miktarlarda mevcut bulunan bims hafif agregası ise, talep olduğu takdirde normal ağırlıklı kırma taş agregadan daha ucuz bir bedele temin edilebilir. Ekonomik nakliye mesafesi içinde bulunan Kayseri merkez ve çevre kazalarında, bims agregası, normal agregaya alternatif olabilir.

Çimento dozajında, normal ağırlıklı betona göre metreküpte 100 kg kadar fazlalığı olan hafif beton, agregasının daha ucuz bulunabilmesine karşın, baştan normal betondan bir miktar daha pahalı olabilir. Bina zati yükündeki %20 - %30 kadar azalma, deprem yüklerine karşı daha iyi sönümlenme ve dinamik enerji alma potansiyeli, binanın daha iyi ses ve ısı yalıtımı avantajları hesaba katıldığında, taşıyıcı hafif beton ile imal edilecek betonarme bir bina daha ekonomik olabilir.

Bu çalışmada, yukarıda özellikleri özetlenen Erciyes yöresi bims agregasından üretilecek taşıyıcı hafif betonun, tünel kalıp sistem ile imal edilen betonarme konutlarda betonarme betonu olarak kullanılıp kullanılmayacağını teorik olarak incelenmesi ve bu düşüncenin ekonomi, güvenlik, konfor ve malzemenin yerine dökülünceye kadarki durumu açılarından incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. BÖLÜM

### KONUyla İLGİLİ LİTERATÜR ÖZETİ

#### 2.1 Giriş

Bims, İç Anadolu Bölgesinde oldukça büyük miktarlarda bulunan, granüler halde bir volkanik tüf olan doğal hafif bir agregadır. Pek çok küçük atölye ve birkaç büyük firma tarafından, yöresel olarak daha çok beton briket ve asmolen blokların üretiminde kullanılmaktadır [1,2]. Bims ile üretilen tuğla briketlerin ısı yalıtım katsayısı 0.040 W/mK' lar civarındadır [33]. Doğadan kolaylıkla elde edilebilmesi, eleme dışında bir işleme gerek duymaması ve ucuz maliyeti gibi nedenlerle elverişli bir malzeme olarak görülmektedir.

Bimsin bir yapı malzemesi olarak asıl değeri, oldukça hafif birim hacim ağırlığında beton üretilmesine olanak sağlamasının yanı sıra, ısı geçirgenlik katsayısının da düşük olmasıdır. Normal betonun birim hacim ağırlığı 2.3 – 2.4 t/m<sup>3</sup> civarında iken, uygun hazırlanmış bims betonunun birim ağırlığı 1.4 – 1.6 t/m<sup>3</sup> civarında bulunmaktadır [2,3,24,26]. Ağırlıkta görülen yaklaşık %35'lik bir azalma, özellikle prefabrik elemanların taşınması ve montajlanmasında avantajlar sağlamakta, temele gelen yüklerin azalmasını da sağlamaktadır. Ancak bu özelliklerinden yararlanabilmek için yapısal taşıyıcı bims betonunun üretilmesi ve taşıyıcı beton olarak özelliklerinin (basınç, çekme dayanımlarının, eğilme, kesme, aderans vb. davranışlarının) belirlenmesi gereklidir [3,20,21].

Bilindiği üzere betonarme yapılarda taşıyıcı hafif beton kullanımının; depreme karşı davranış, yangın dayanımı, ağırlıklarının düşük olması ve izolasyon gibi birçok üstünlüğü vardır [2,3]. Normal beton kadar yaygın olmamakla beraber, birçok gelişmiş ülkelerde yüksek mukavemetli hafif beton üretimi ve kullanımı tercih edilmektedir [4].

Erciyes Üniversitesi Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR ve Yrd. Doç. Dr. Fatih ALTUN'un, 1999 yılında yapmış oldukları "Kayseri Yöresi Hafif Agregaları ile Üretilen Hafif Beton Özelliklerinin Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırılması" adlı diğer bir çalışmada Kayseri Erciyes Dağı Develi yöresinden sağlanmış bims kumu ve

agregası üzerinde deneysel çalışmalar yaparak bims kumunun ve agregasının özellikleri tespit edilmiştir [1,2]. Bu agregalar yardımı ile değişik dozajlarda hafif beton üretip, basınç dayanımı ve birim hacim ağırlığı gibi mekanik özelliklerini tayin etmişlerdir [1,2].

Normal beton, yüksek dayanım istenilen yerlerde, bilhassa yük taşıyan yapı elemanlarında kullanılır. Normal betonun birim hacim ağırlığının yüksek olması, betonarme yapı sistemlerinde yapının kendi ağırlığının, taşıdığı yararlı ağırlığa yakın olmasına sebep olmaktadır. Bu durum ekonomik olmayıp, deprem ve temel problemlerini zorlaştırmaktadır. Normal betonun bu sakıncası belli bir dayanımı sağlamak kaydıyla, birim hacim ağırlığının düşürülmesi ile azaltılabilir. Ayrıca hafif agreganın kullanılması ile elde edilen hafif betonlar, normal betonun yüksek olan ısı geçirgenliğini de düşürmektedir [2,3,33].

Tünel kalıp sistem sık sık deprem olan ve ileri teknolojiye sahip ülkelerde de uygulanan bir sistemdir. Bu sistem ile deprem hasarlarına karşı çok iyi neticeler elde edilmiştir [16]. Tünel kalıpta binanın taşıyıcı sistemi perde ve döşemelerden oluşur, yani odaların duvarları aslında taşıyıcı perdelerdir. Tünel kalıp sistemiyle bir dairenin bütün duvarları ve döşemeleri yekpare olarak imal edilmektedir. Yüksek katlı betonarme inşaatlarda kullanılan bu sistem, ekonomik ve çok güvenlidir. Dolayısıyla can ve mal kaybı klasik stil betonarmeye göre daha çok azalmıştır [16].

Tünel kalıp sistemi, hızlı nüfus artışı bulunan ülkemizde, depreme dayanıklı, güvenli, konforlu yapılar oluşturacağı için ideal konut üretim sistemidir Resim2.1.



Resim 2.1. Klasik Tünel Kalıp Sistemin Görünümü.

### 2.1.1. Tünel Kalıp Sistemin Özellikleri

Tünel kalıp sistemi inşaat süresini diğer sistemlerle mukayese edilemeyecek kadar kısaltır. Başka hiçbir sistemde yapılamayacak bir hızda üretim yapılmasını sağlar. Örneğin, şartlar yerine getirilirse her gün bir kat üretebilme imkanını sağlar. İşte bu sebeple iş gücü ve anapara kaybını önler, yatırımın en kısa zamanda amortismanını sağlar. Bu da inşaat maliyetini oldukça azaltır.

Kalıbın yüzlerce kere aynı kalitede kullanılması yapım maliyetini çok azaltır. Kalıplarda ahşap kullanılmaması, sınırlı ahşap kaynaklarına sahip ülkemiz için çok önemlidir. Kalıbın bu özelliği beton döküldüğünde beton içindeki suyun kaybolmasını önleyerek, betondaki çatlak oluşumlarını azaltır.

Tünel kalıp sistemiyle, sıva gerektirmeyen düzgün yüzeyler elde edilir. Ölçülerin kesin oluşu hem prekast elemanların standartlaşmasını hem de konut yan sanayinin fabrikasyonlaşmasını sağlar. Bu da yapı üretiminde kalite ve ekonomiklik demektir [16]. Tünel kalıp sistemi, her yerde kullanılabilir. Resim 2.2. ve Resim 2.3. de tünel kalıp sistem uygulamalarına örnek verilmiştir. 8 kişilik bir ekip bir kalıbı bir günde rahatlıkla tamamlayabilir.

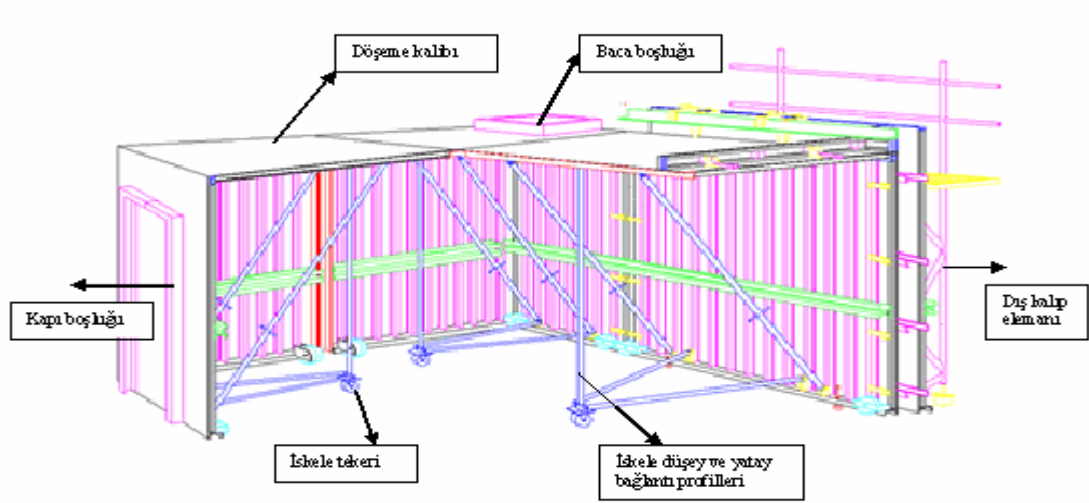


Resim 2.2. Klasik Tünel Kalıp Sistem Uygulanan Bir Yapı Görünümü.



Resim 2.3. Klasik Tünel Kalıp Sistem İle Yapılmış Bir Altgeçit.

Sistemin özelliğinden dolayı sonuçta monolitik, taşıyıcı elemanların ve rijitliğin üç boyutlu olarak düzgün yayıldığı, yatay ve düşey düzensizliklerin az olduğu bir yapı elde edilir. Bu ise ülkemiz gibi deprem kuşağında olan bölgeler için yatay sismik kuvvetler etkisinde ekstra torsiyonlar oluşturmayacağından dolayı depreme dayanıklılık açısından uygun bir sistemdir. Şekil 2.1. de tünel kalıp sistem elemanları görülmektedir.



Şekil 2.1. Klasik Tünel Kalıp Sistem Elemanları.

### 2.1.2 Tünel Kalıp Binanın yapımı

Bu sistemde kolon yoktur. Taşıyıcı perdeler üst üste veya yan yana getirilir ve kat döşemeleri bu perdelerle sapanır. Bu sistem için proje ölçülerine göre çelik kalıplar hazırlandıktan sonra kalıplar monte edilir ve sonra araları ve üstüne demir donatıları konup beton dökülür. Böylece rijit bir betonarme çerçeve oluşur. Bu sistem ile odanın en çok üç duvarı dökülebilmektedir. Açık kalan kısımdan kalıplar çıkartılmaktadır. Buradaki en büyük özellik kalıp genişliğinin standart olması ve çok defalar kullanılmasıdır. Yapılan perdelerin donatıları kalıp içine yerleştirildikten sonra genelde hasır donatı olarak döşeme donatıları da kalıbın üstüne yerleştirilir. Daha sonra beton pompalanarak dökülür ve yerleştirilir. Soğuk havalarda 6-8 saat havagazı ocaklarıyla dökülen beton ısıtılır. Bu esnada beton üstünün tamamı izolasyonlu plastik tabaka ile muhafaza içerisine alınır.

### 2.1.3 Hafif Agregaların Özellikleri

Doğal hafif agregalardan ülkemizde en yaygın olanları, volkanik esaslı pomza taşı, volkanik tüf ve cüruftur. Orta Anadolu'da özellikle volkanik bir dağ olan Erciyes Dağı'ndan dolayı Kayseri ve Develi yöresinde pomza taşı bulunmaktadır. Bununla

birlikte Niğde, Nevşehir, Isparta, Van ve Bitlis bölgelerinde yaklaşık 15 Milyar m<sup>3</sup> pomza taşı rezervi olduğu tahmin edilmektedir [2].

Geçmiş yıllarda Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde tamamlanan kapsamlı deneysel çalışmalar sonucu üretilen tüm betonlarda en büyük tane boyu 8 mm'nin altında olan Kocahacılı Köyü kumları kullanmışlardır [1,2]. Kumun kuru halde özgül ağırlığı yapılan deney sonucunda ortalama 1.287 kg/dm<sup>3</sup>, kuru yüzey doygun halde özgül ağırlığını ise 1.687 kg/dm<sup>3</sup> ve Apsorbsiyonu %30 olarak belirlenmiştir [1,2]. Pomza taşı numuneleri üzerinde deney yaparak ortalama kuru halde özgül ağırlığını 1.14 kg/dm<sup>3</sup> ve ortalama kuru yüzey doygun halde özgül ağırlığı 1.61 kg/dm<sup>3</sup> olarak bulunmuş, apsorbsiyon değeri ise, %28 oranında elde edilmiştir [1,2,24,27].

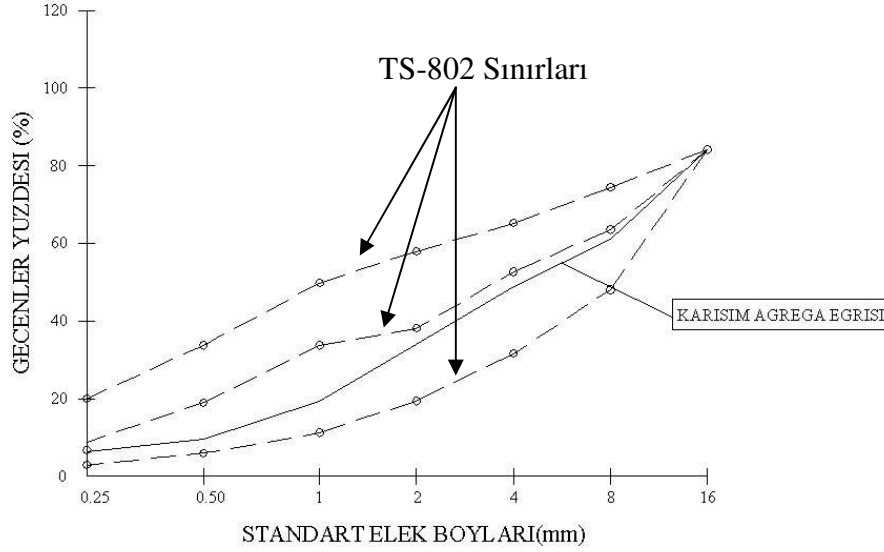
Beton karışımında kullanılan agregaların elekten geçen yüzde (%) değerleri Tablo 2.1 de verilmiştir. Aynı tabloda Kocahacılı kumundan %35 ve bimssten %65 oranlarında alınmış sonuç karışım agregasına ait değerler elde edilmiştir [1,2]. İlgili standartlardan TS-3234'te: "Bimsbeton Agregalarında maksimum dane çapı 20 mm'den büyük olmamalı, ...." Denmektedir (TS-3234, Madde 2.3.2).

Tablo 2.1. Karışımında Kullanılan Agregaların Granülometri Değerleri [1,2].

Elek Boyu	Geçenler Yüzdesi (%)		
	Kocahacılı bims kumu	Develi bims iri agregası	Karışım agregası Değerleri
16	100	100	100
8	100	55	71
4	96	28	52
2	84	15	39
1	45	9	22
0.50	15	7	10
0.25	11	4	6

İri taneler baştan 16 mm elekten elenip kullanılmamak üzere ayrılmıştır. Şekil 2.2. de verilmiş olan kesik çizgili eğriler standart eğrilerdir. Kocahacılı kumundan %35 ve

Develi Bimsi iri agregalarından %65 alınarak elde edilen karışım sonuçları eğrisi ise, koyu renkte ve sürekli bir eğri olarak çizilmiştir.



Şekil 2.2. Karışım Agregası Granülometri Eğrisi [1,2].

#### 2.1.4 Hafif Beton Üretimi ve Özellikleri

Hafif agregalarda su emme fazla miktarda olduğundan, doymuş kuru-yüzey (DKY) hale gelmesi için gereken bünye suyunun karışım yapılmadan önce agregaya mutlaka emdirilmesi gerekir. Aksi halde hidrasyon ve işlenebilirlik için gerekli olan yoğurma suyunun büyük bir bölümünü agregalar hemen emerek, beton bünyesinde ağ şeklinde rötne çatlaklarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu olayı betonu ıslak ortamda saklamak suretiyle önlemek de mümkün değildir [2]. Bu yüzden hafif beton üretilmeden önce bims doymuş kuru-yüzey haline gelecek kadar gerekli ıslaklıkta olmalıdır [6,10].

Hafif beton karışım değerleri değişik agrega grupları ve çimento dozajlarına göre bulunmuştur. 1 m<sup>3</sup> hafif betonda kullanılması gerekli olan çimento, su, kum, çakıl malzemeleri hesaplanarak miktarları bulunmuştur [6].

% 65 Develi bims çakılı ve % 35 Kocahacılı Köyü bims kumu ile elde edilen karışık agregaya ile 350, 400 ve 450 kg/m<sup>3</sup> dozajlı betonlar üzerinde yapılan deneyler sonucu 400 kg/m<sup>3</sup> dozajlı betonun en uygun olduğu tavsiye edilmiştir [1,2]. Karışım miktarları Tablo 2.2 de verilen hafif betonun TS 3114'e uygun olarak kompressometre takılmış

15\*30 cm'lik silindir numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu ortalama 28 günlük mukavemeti 21.5 N/mm<sup>2</sup> , ortalama 28 günlük elastisite modülü de 9500 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur [1,2].

Tablo 2.2. 400 Doz Deney Betonu Bileşenleri

Malzeme	Miktar (kg)
Su	257
KÇ-32.5 (CEM –II /B-M-32.5R)	400
Kocahacılı kumu (DKY)	411
Develi Bims Agregası (DKY)	700

Elde edilen hafif beton ortalama birim hacim ağırlık değerleri; 350 doz için 1445 kg/m<sup>3</sup>, 400 doz için 1505 kg/m<sup>3</sup> ve 450 doz için 1520 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Beton birim hacim ağırlıkları 1900 kg/m<sup>3</sup> sınırından küçük olup hafif beton sınıfına girmektedir.

### 2.1.5. Normal Beton Üretimi ve Özellikleri

Geleneksel normal beton olarak TS 2511' de verilmiş olan ve beton birim hacim ağırlığı 21-24 kN/m<sup>3</sup> arasında kalan beton kastedilmektedir. Normal betonlar için karşılaştırılmalı çalışmada 300 dozlu olarak üretim yapılmıştır. Normal beton için elde edilen karışım miktarları hesaplanarak Tablo 2.3. de verilmiştir [1,2].

Tablo 2.3. 300 Doz Normal Beton Bileşenleri

Malzeme	Miktar (kg)
Su	200
KÇ-32.5	300
Kum (DKY)	843
İnce çakıl (DKY)	457
İri çakıl (DKY)	551

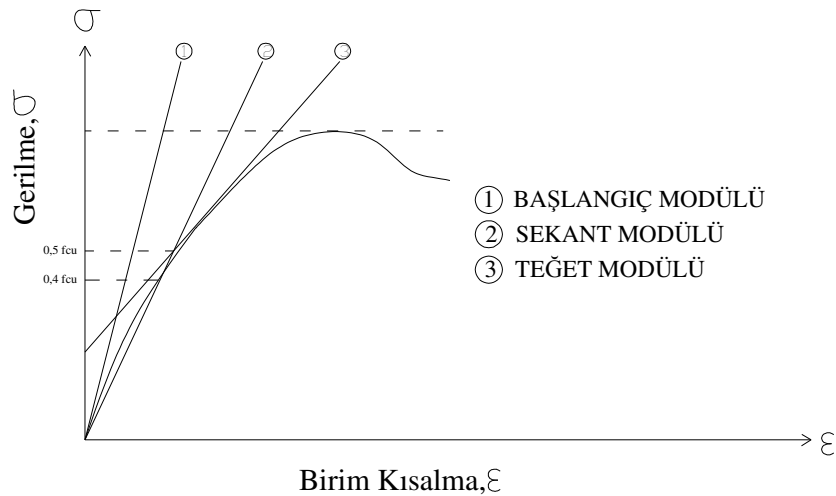
Elde edilen normal beton ortalama birim hacim ağırlık değeri 300 doz betonda 2380 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuş, deneyler sonucunda elde edilen ortalama basınç mukavemeti de 15\*30 cm' lik silindirlerde 22.5 MPa olarak bulunmuştur[1,2].

### 2.1.6. Normal ve Hafif Taşıyıcı Betonların Elastisite Modülleri

Young elastisite modülü, çelik gibi lineer elastik davranışı olan malzemelerde, elastik limite kadar doğrusal olarak giden gerilme – birim deformasyon ( $\sigma - \epsilon$ ) ilişkisinin eğimi olarak tanımlanır [17]. Hem normal hem de hafif betonlarda ise ( $\sigma - \epsilon$ ) ilişkisi orijinde çok az bir lineer kısmı bulunmakta, bunun büyük bir kısmı yukarıya doğru konveks bir eğri biçiminde olmaktadır [18]. Dolayısıyla betonların elastisite Modülü için farklı tanımlar yapılmaktadır [2,3].

Elastisite modülü, betonun  $\sigma - \epsilon$  eğrisine çizilen teğetin eğimi olacaktır. Bu teğetin eğimi her bir gerilme için değişken olması nedeni ile tek bir elastisite modülü vermek güçtür. Bu güçlük “başlangıç modülü”, “teğet modülü”, “sekant modülü” gibi değişik elastisite modülleri kullanılarak giderilmeye çalışılmıştır [1,2,3]. Şekil 2.3 de, 1 başlangıç modülü, 2 sekant modülü ve 3 teğet modülü olarak verilmiştir.

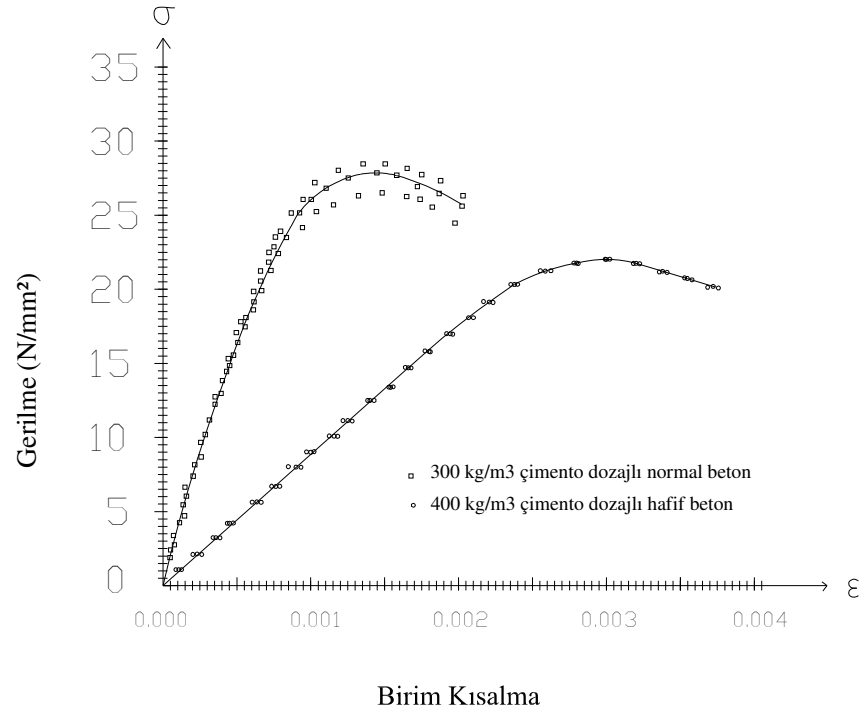
Öncelikle kompressometre takılmış her bir silindirik numune için 2 ton artımlı yüklere karşılık kısaltmalar ölçülerek betona ait  $\sigma - \epsilon$  eğrisi her bir numune için çizilmiştir. Diyagramlarda emniyetli tarafta kalmak amacıyla, teğet modülleri dikkate alınarak elastisite modülleri hafif beton için tayin edilmiştir [1,2].



Şekil 2.3. Beton Numunelere Ait  $\sigma - \epsilon$  Diyagramı

Normal ağırlıklı betonlar için elastisite modülleri ortalama olarak 26000 – 30000 N/mm<sup>2</sup> arasında bulunurken, hafif beton için 8000 – 10000 N/mm<sup>2</sup> arasında elde edilmiştir [1,2].

Özet olarak, kütle olarak % 65 oranında Develi bims iri agregası ve % 35 oranında Kocahacılı bims ince agregası ile ve Şekil 2.4. te görüleceği gibi 400 kg/m<sup>3</sup> puzolan-katkılı Portland çimentosu ile Elastisite Modülü, normal betonunkinin üçte biri mertebesinde, 9500 MPa ( N/mm<sup>2</sup> ) olan basınç mukavemeti kıstasına göre ise C 18 hatta C 20 sınıfı beton elde edilebilmektedir (fcu = 21,5 N/mm<sup>2</sup> ). Dolayısıyla, bu çalışmada mukavemet sınıfı BS 18, fakat elastisite modülü : E=9500 N/mm<sup>2</sup> olan ve birim ağırlığı 1,40 ton/m<sup>3</sup> olan taşıyıcı hafif beton kullanarak, tünel kalıp sistemi ile üretilecek 13 katlı ve 8 katlı iki apartman binasının güncel standartlara ve özellikle deprem yönetmeliğine göre statik ve dinamik analizleri yapılarak, taşıyıcı çerçevenin stabilitesi ve yanal deplasman kriterleri açısından, anılan taşıyıcı hafif betonun tünel kalıp binalarda bilgisayar programı yardımıyla kullanılabilirliği araştırılacaktır.



Şekil 2.4. Normal Beton ve Erciyes Dağı Bimsi ile üretilen Hafif Beton Numunelere Ait  $\sigma - \epsilon$  Diyagramı

## 3. BÖLÜM

### PROJE ve HESAPLAR

#### 3.1. Giriş

Bu bölümde tünel kalıp sistemi ile yapılmış prefabrik 13 katlı ve 8 katlı binanın normal ve hafif betonlu olarak iki ayrı şekilde STA4CAD programında hesapları sunulmuştur.

STA4-CAD programı; çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır [34]. Program; statik ve betonarme analizleri, standart ve yönetmelikleri esas alacak şekilde yapabilmektedir. Statik analizi rijit kat diyaframını dikkate alan, her noktada 6 serbestlikli 3 boyutlu stifness metodu ile yapılmaktadır. Plan aplikasyon olarak grafik ortamda girilen yapı bilgileri, eş zamanlı olarak planda ve 3 boyutlu görüntüde işlenmektedir. Veri girişinde, akıllı menülerle; yük, boyut ve yönetmelikle ilgili bilgiler mouse ile düzenlenebilmektedir. Program otomatik olarak yapısal 3 boyutlu (3D) modelleme yapmakta, analiz opsiyonlarına göre bir defada çözmektedir. Çözüm sonrası tüm çizimler hazır duruma gelmektedir. Analiz sonrası; eleman optimizasyonu, maliyet analizleri ve deprem yönetmeliğinin tüm kontrolleri yapılabilmektedir. Bu kolaylıklarından dolayı çalışmada irdedeğimiz yapılar STA4CAD programıyla çözülmüştür [34].

Bu iki binanın, her iki durumdaki kolon, kiriş ve döşemelerinin boyutları belirlenmiş, ayrıca perdelerdeki oturmalar, 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 ve donatı metrajları çıkartılmıştır.

## 3.2. Normal Betonlu 13 Katlı Proje

### 3.2.1. Proje İle İlgili Genel Bilgiler

Bu bölümde yapılan hesaplar ABYYHY ta verilen kıstaslara uygun olarak yapılmıştır [5].

Malzeme	: C18 – BÇ III
Deprem Bölgesi	: 3 (A <sub>0</sub> = 0.20)
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3 (T <sub>A</sub> = 0.15, T <sub>B</sub> = 0.60)
Bina Önem Katsayısı	: I = 1 (konut)
Sistemin Doğal Titreşim Periyodu	: T <sub>x</sub> = 1.296 s, T <sub>y</sub> = 1.066 s (Hesap programından alınmıştır)
Bina Toplam Ağırlığı	: 6956 Ton (Hesap programından alınmıştır)
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 6

S(T) = 2.5 Spektrum Katsayısı

A(T) = A<sub>0</sub> I S(T) = 0.20 \* 1 \* 2.5 = 0.5 Spektral İvme Katsayısı

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (V<sub>t</sub>) = 5972 Ton (Hesap programından alınmıştır)

Yukarıda gösterilen yapının doğal titreşim periyodu eşdeğer deprem hesabına göre

$$H_n = 39.00\text{m} \quad C_{tx} = 0.050 \quad , \quad C_{ty} = 0.050$$

$$\frac{3}{4}$$

$$T_{1x} = C_{tx} \cdot H_n = 0.780 \text{ s.} < 1.0 \quad T_x = 1.296 \text{ s.} \quad \checkmark$$

$$\frac{3}{4}$$

$$T_{1y} = C_{ty} \cdot H_n = 0.780 \text{ s.} < 1.0 \quad T_y = 1.066 \text{ s.} \quad \checkmark$$

Elimizdeki yapı 13 katlı olup yaklaşık yapı yüksekliği 39 m dir. 25 m' yi geçen yapılarda hem dinamik hem de statik analizler yapılmıştır. Deprem analizi için modal analiz kullanılmıştır aynı zamanda statik eşdeğer analiz yapılmıştır.

### 3.2.2. Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri

Kat eşdeğer yatay kuvvetleri, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) te açıklanan hesap kriterlerine göre hesaplanabilir. Katlara gelen toplam sabit yük (g<sub>i</sub>) ve toplam hareketli yük (q<sub>i</sub>) hesaplanarak, hareketli yük katılma katsayısı (hykk) konut ve işyerleri için seçilen 0.3 değeri alınarak, w<sub>i</sub> kat ağırlıkları hesaplanmıştır. H<sub>i</sub> kat yüksekliğine göre w<sub>i</sub>\*H<sub>i</sub> çarpımı hesaplanmıştır. Hesaplanan V<sub>t</sub> değeri katlara deprem kuvveti olarak etkilmiştir [5] .

### 3.2.3. ABYYHY Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü

#### 3.2.3.1 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkı göreli kat ötelenmesi  $\Delta_i$  değeri

$$(\Delta_i) = (d_i - d_{i-1})$$

ile elde edilir.  $d_i$  ve  $d_{i-1}$  ; binanın  $i$ 'inci ve  $i-1$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında yapılan dinamik analizden elde edilen yatay yer değiştirme değerleridir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katı katındaki kolon veya perdelerde hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\Delta_i)_{\max}$  , aşağıdaki iki elverişsiz koşulu sağlamalıdır [5].

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.003 \quad [12]$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad [5,14]$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02/R \quad [5,14]$$

#### 3.2.3.2. Düzensizlik Durumları

A1 – Burulma Düzensizliği Kontrolü [5,14]

A1 Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranı olarak ifade edilen burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi}$  1.2'den büyük olması durumudur. Yani,

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad [5,14]$$

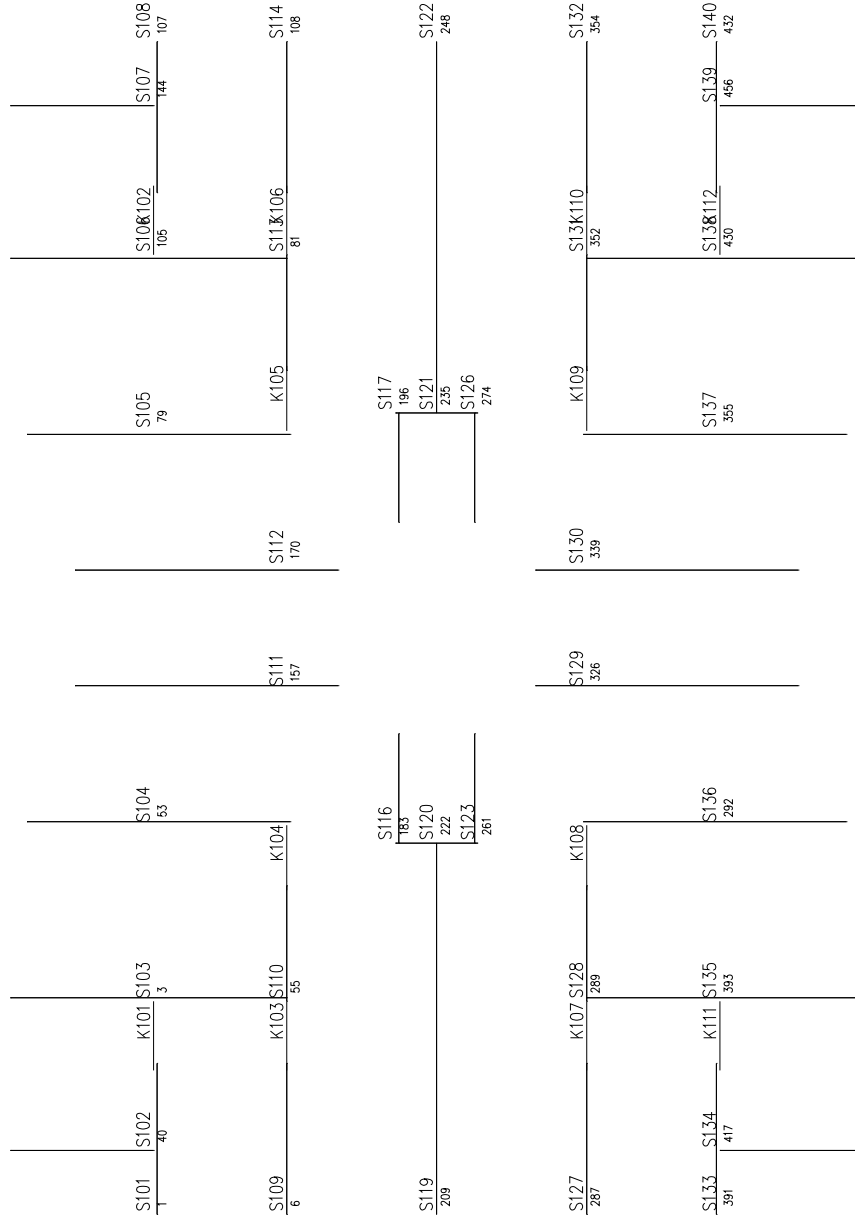
Aşağıda verilen tablolarda yapıya gelen yükler altında katlarda ve noktalarda oluşan maksimum kat deplasmanları ve yanal ötelemeler verilmiştir. Alınan % 5'lik farklar deprem yükü eksantirisitesini göstermektedir[5,14].

Tablo 3.1. de katlara ait maksimum kat deplasmanları görülmektedir. Tablo 3.2. de Şekil 3.1. de görülen her bir noktada oluşan maksimum kat deplasmanları verilmiştir.

- 1.yükleme : 1.4g+1.6q  
2.yükleme : 1.4g+1.6q+1.6zem  
3.yükleme : g  
4.yükleme : g+q+dep  
5.yükleme : g+q+dep+zem  
6.yükleme : 0.9g+dep  
7.yükleme : g+1.3q+1.3rüz  
8.yükleme : 0.9g+1.36rüz  
9. yüklemesi : deprem yüklemesi+%5  
10.yüklemesi : deprem yüklemesi-%5  
11. yüklemesi : rüzgar yüklemesi+%5  
12.yüklemesi : rüzgar yüklemesi-%5

Tablo 3.1. Maksimum Kat Deplasmanları ( $\Delta_i$ )<sub>max</sub>

Kat (dyf)	9. yüklemesi		10. yüklemesi		11. yüklemesi		12. yüklemesi	
	$\delta x$ (m)	$\theta z$ (rad)	$\delta x$ (m)	$\theta z$ (rad)	$\delta y$ (m)	$\theta z$ (rad)	$\delta y$ (m)	$\theta z$ (rad)
13	0.0396879	0.0005450	0.0398080	-0.000646	-0.032334	-0.000892	-0.032334	0.0009556
12	0.0356720	0.0004889	0.0357772	-0.000577	-0.028894	-0.000798	-0.028894	0.0008553
11	0.0316330	0.0004326	0.0317237	-0.000508	-0.025462	-0.000705	-0.025462	0.0007551
10	0.0275998	0.0003765	0.0276766	-0.000440	-0.022066	-0.000612	-0.022066	0.0006556
9	0.0236105	0.0003213	0.0236740	-0.000374	-0.018738	-0.000521	-0.018738	0.0005579
8	0.0197119	0.0002675	0.0197630	-0.000309	-0.015520	-0.000432	-0.015520	0.0004631
7	0.0159582	0.0002159	0.0159980	-0.000248	-0.012456	-0.000347	-0.012456	0.0003725
6	0.0124108	0.0001673	0.0124405	-0.000191	-0.009597	-0.000268	-0.009597	0.0002876
5	0.0091391	0.0001227	0.0091599	-0.000139	-0.006995	-0.000196	-0.006995	0.0002101
4	0.0062208	0.0000831	0.0062341	-0.000093	-0.004708	-0.000132	-0.004708	0.0001416
3	0.0037428	0.0000497	0.0037503	-0.000055	-0.002799	-0.000078	-0.002799	0.0000843
2	0.0018025	0.0000238	0.0018057	-0.000026	-0.001331	-0.000037	-0.001331	0.0000400
1	0.0005109	0.0000067	0.0005116	-0.000007	-0.000374	-0.000010	-0.000374	0.0000111



Şekil 3.1. Normal betonlu binanın 1. kat noktalarının gösterimi.

Tablo 3.2. Maksimum Nokta Deplasmanları ( $\Delta_i$ )<sub>max</sub>

Nokta no	Kombinasyon	$\delta_x$ (mm)	$\delta_y$ (mm)	$\delta_z$ (mm)	$\theta_x$ (1000x rad)	$\theta_y$ (1000x rad)n
1	1. (G+G+G+G)	-0.00561575	0.00394779	0.23414940	-0.00580537	-0.02402159
1	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00065205	0.00082014	0.04292279	-0.00096840	-0.00972804
1	3. (o+Q+o+Q)	0.00000851	0.00049844	0.00380736	-0.00030075	0.00033259
1	4. (Q+o+Q+o)	-0.00006185	0.00041023	0.00324787	-0.00003974	0.00027511
1	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00007025	0.00054865	0.00433332	-0.00004753	0.00036960
1	6. (o+Q+Q+o)	-0.00000036	0.00063698	0.00488868	-0.00030644	0.00042527
1	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003607	0.00063173	0.00488846	-0.00032702	0.00042054
1	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1	X-Deprem+%5	-0.46610890	0.08830953	-0.05924968	-0.26907090	0.04719365
1	X-Deprem-%5	-0.56005350	-0.09556510	-0.07289731	-0.32379090	-0.05179231
1	Y-Deprem+%5	-0.07016571	0.23716920	-0.01022287	-0.04091169	0.15655290
1	Y-Deprem-%5	0.07508637	0.52145490	0.01094442	0.04379429	0.30970200
1	X-Ruzgar+%5	-0.13085780	0.02499208	-0.01483276	-0.07404709	0.01319795
1	X-Ruzgar-%5	-0.15680220	-0.02584470	-0.01824254	-0.08887825	-0.01385550
1	Y-Ruzgar+%5	-0.02229097	0.07114958	-0.00292889	-0.01274039	0.04644877
3	1. (G+G+G+G)	-0.00561575	0.00419527	0.24926300	0.04375478	0.00318073
3	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00065205	0.00089784	0.04876777	0.01382670	0.00060176
3	3. (o+Q+o+Q)	0.00000851	0.00050640	0.00304571	0.00464968	0.00046214
3	4. (Q+o+Q+o)	-0.00006185	0.00041433	0.00262789	-0.00088712	0.00031981
3	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00007025	0.00055531	0.00350097	-0.00064724	0.00042584
3	6. (o+Q+Q+o)	-0.00000036	0.00064751	0.00392414	0.00462143	0.00056044
3	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003607	0.00063863	0.00392209	0.00355092	0.00057761
3	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
3	X-Deprem+%5	-0.46610890	0.05619517	0.06342069	-0.22449780	0.03003482
3	X-Deprem-%5	-0.56005350	-0.06081235	0.07514329	-0.27244400	-0.03363314
3	Y-Deprem+%5	-0.07016571	0.28710930	0.00878093	-0.03583542	0.15607340
3	Y-Deprem-%5	0.07508637	0.46801280	-0.00940070	0.03835835	0.25470440
3	X-Ruzgar+%5	-0.13085780	0.01590351	0.01587822	-0.06198439	0.00823323
3	X-Ruzgar-%5	-0.15680220	-0.01644611	0.01880743	-0.07502684	-0.00883426
3	Y-Ruzgar+%5	-0.02229097	0.08703346	0.00251610	-0.01120417	0.04561929
3	Y-Ruzgar-%5	0.02226518	0.14258970	-0.00251443	0.01119454	0.07493047
6	1. (G+G+G+G)	-0.00545283	0.00394779	0.25407010	-0.00531462	0.00267190
6	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00060090	0.00082014	0.05190942	-0.00085072	0.00056010
6	3. (o+Q+o+Q)	0.00001375	0.00049844	0.00438373	-0.00035202	0.00033086
6	4. (Q+o+Q+o)	-0.00005916	0.00041023	0.00374328	-0.00003900	0.00027497
6	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00006586	0.00054865	0.00499322	-0.00004614	0.00036930
6	6. (o+Q+Q+o)	0.00000657	0.00063698	0.00562873	-0.00035652	0.00042351
6	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003152	0.00063173	0.00563207	-0.00037937	0.00041886
6	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
6	X-Deprem+%5	-0.48725090	0.08830953	-0.05049194	-0.28124510	0.04736580
6	X-Deprem-%5	-0.53717460	-0.09556510	-0.05766803	-0.31072420	-0.05197222
6	Y-Deprem+%5	-0.03728843	0.23716920	-0.00537533	-0.02204068	0.15659390
6	Y-Deprem-%5	0.03990366	0.52145490	0.00575472	0.02359368	0.31028600
6	X-Ruzgar+%5	-0.13684110	0.02499208	-0.01264230	-0.07742675	0.01324823
6	X-Ruzgar-%5	-0.15061480	-0.02584470	-0.01443579	-0.08540974	-0.01390571
6	Y-Ruzgar+%5	-0.01183409	0.07114958	-0.00154056	-0.00685761	0.04646925
6	Y-Ruzgar-%5	0.01182047	0.15845510	0.00153953	0.00685215	0.09310260
53	1. (G+G+G+G)	-0.00561575	0.00439944	0.24502200	0.03974447	0.00357910
53	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00065205	0.00096194	0.05006315	0.01389260	0.00075488
53	3. (o+Q+o+Q)	0.00000851	0.00051296	0.00126740	0.00212763	0.00038391
53	4. (Q+o+Q+o)	-0.00006185	0.00041771	0.00110114	-0.00033147	0.00029387
53	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00007025	0.00056082	0.00146687	-0.00017300	0.00039368
53	6. (o+Q+Q+o)	-0.00000036	0.00065620	0.00164137	0.00214143	0.00048086
53	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003607	0.00064432	0.00162884	0.00162389	0.00048101
53	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
53	X-Deprem+%5	-0.46610890	0.02970083	0.04303874	-0.24817070	0.01585940
53	X-Deprem-%5	-0.56005350	-0.03214134	0.04937708	-0.29906030	-0.01774148
53	Y-Deprem+%5	-0.07016571	0.32831000	0.00474777	-0.03803352	0.17996990
53	Y-Deprem-%5	0.07508637	0.42392310	-0.00508288	0.04071099	0.23201920
53	X-Ruzgar+%5	-0.13085780	0.00840544	0.01078821	-0.06861112	0.00435228
53	X-Ruzgar-%5	-0.15680220	-0.00869227	0.01237309	-0.08247428	-0.00466482
53	Y-Ruzgar+%5	-0.02229097	0.10013770	0.00136136	-0.01190923	0.05301810
53	Y-Ruzgar-%5	0.02226518	0.12950070	-0.00136046	0.01189893	0.06850380

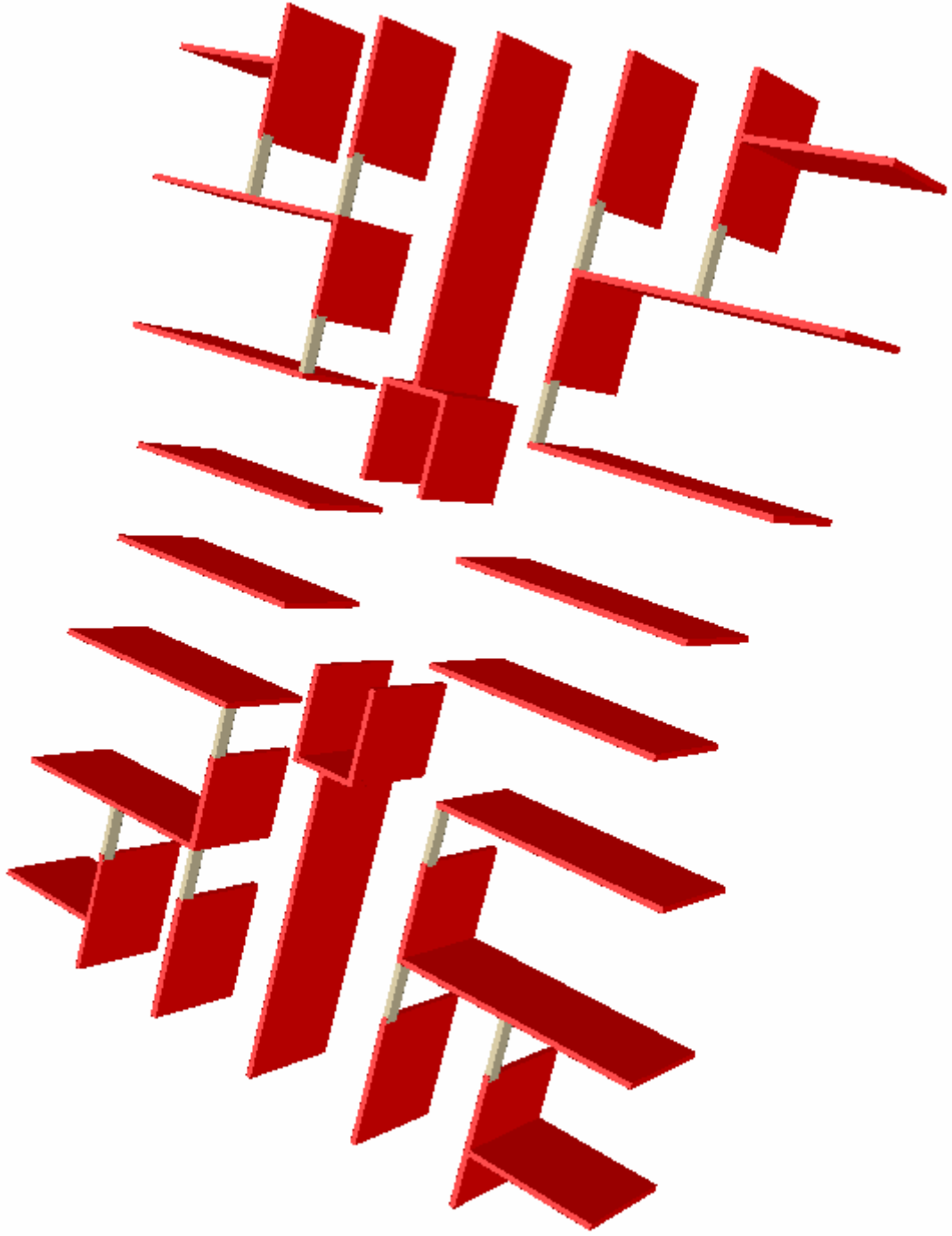
Tablo 3.2. devamı

Nokta no	Kombinasyon	$\delta x$ (mm)	$\delta y$ (mm)	$\delta z$ (mm)	$\theta x$ (1000x rad)	$\theta y$ (1000x rad)n
56	1. (G+G+G+G)	-0.04732586	0.03788671	0.67877100	0.02752404	0.00904572
56	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00562806	0.00827255	0.13865250	0.01071285	0.00193520
56	3. (o+Q+o+Q)	-0.00009921	0.00432363	0.00350221	0.00257663	0.00097927
56	4. (Q+o+Q+o)	-0.00037566	0.00370630	0.00314557	-0.00058340	0.00082414
56	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00042658	0.00501068	0.00423687	0.00206116	0.00114855
56	6. (o+Q+Q+o)	-0.00019343	0.00561698	0.00461891	0.00213672	0.00127965
56	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00032972	0.00543218	0.00443978	-0.00021141	0.00117862
56	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
56	X-Deprem+%5	-3.41036800	0.22063330	0.12513850	-0.59144040	0.04171079
56	X-Deprem-%5	-4.12179500	-0.24658900	0.14361990	-0.71762220	-0.04757072
56	Y-Deprem+%5	-0.53223640	2.44947200	0.01384439	-0.09450212	0.47974820
56	Y-Deprem-%5	0.56976090	3.17318200	-0.01482159	0.10117020	0.61822560
56	X-Ruzgar+%5	-0.92864510	0.06063973	0.03125583	-0.15764590	0.01120270
56	X-Ruzgar-%5	-1.11966800	-0.06492935	0.03586407	-0.19092950	-0.01226915
56	Y-Ruzgar+%5	-0.16409060	0.72253270	0.00395833	-0.02858990	0.13827190
56	Y-Ruzgar-%5	0.16396740	0.93818120	-0.00395571	0.02857025	0.17858170
63	1. (G+G+G+G)	-0.11906840	0.09472271	1.05928400	-0.01627150	0.01194400
63	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.01367729	0.02019163	0.21032480	-0.00211753	0.00256158
63	3. (o+Q+o+Q)	-0.00023125	0.01124519	0.01713866	-0.00041359	0.00140083
63	4. (Q+o+Q+o)	-0.00086597	0.00967879	0.01533542	-0.00004132	0.00120786
63	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00098392	0.01306664	0.02068623	-0.00046908	0.00163508
63	6. (o+Q+Q+o)	-0.00036887	0.01474593	0.02240896	0.00001925	0.00184422
63	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00084166	0.01403539	0.02185298	-0.00045999	0.00173807
63	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
63	X-Deprem+%5	-8.70625800	1.03026700	-0.37910210	-0.97922560	0.09946672
63	X-Deprem-%5	-9.65158100	-1.17040600	-0.43529870	-1.08849300	-0.11532620
63	Y-Deprem+%5	-0.70799270	5.34694400	-0.04209776	-0.08193315	0.65675800
63	Y-Deprem-%5	0.75793910	8.75955200	0.04506927	0.08771584	0.99026510
63	X-Ruzgar+%5	-2.32393400	0.27789640	-0.09422062	-0.25402330	0.02615013
63	X-Ruzgar-%5	-2.57309100	-0.30299410	-0.10817810	-0.28213610	-0.02919066
63	Y-Ruzgar+%5	-0.21402160	1.53733100	-0.01198898	-0.02414798	0.18475460
63	Y-Ruzgar-%5	0.21387110	2.53493500	0.01198109	0.02413189	0.27979510
222	1. (G+G+G+G)	-0.00526929	0.00437882	0.12766230	-0.00343633	0.00287660
222	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00054327	0.00095546	0.00864988	-0.00034972	0.00062731
222	3. (o+Q+o+Q)	0.00001965	0.00051230	0.00000000	0.00000319	0.00033167
222	4. (Q+o+Q+o)	-0.00005612	0.00041737	0.00000000	-0.00002749	0.00027954
222	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00006092	0.00056026	0.00000000	-0.00003637	0.00037541
222	6. (o+Q+Q+o)	0.00001438	0.00065533	0.00000000	0.00000118	0.00042695
222	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00002641	0.00064375	0.00000000	-0.00001340	0.00042005
222	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
222	X-Deprem+%5	-0.51106910	0.03237702	0.00000000	-0.31475140	0.01949671
222	X-Deprem-%5	-0.51139960	-0.03503739	0.00000000	-0.31501620	-0.02148171
222	Y-Deprem+%5	-0.00024948	0.32414830	0.00000000	-0.00019919	0.19482390
222	Y-Deprem-%5	0.00026744	0.42837660	0.00000000	0.00021333	0.25823960
222	X-Ruzgar+%5	-0.14358180	0.00916282	0.00000000	-0.08740753	0.00543308
222	X-Ruzgar-%5	-0.14364420	-0.00947549	0.00000000	-0.08746324	-0.00572817
222	Y-Ruzgar+%5	-0.00005355	0.09881400	0.00000000	-0.00004786	0.05830286
222	Y-Ruzgar-%5	0.00005363	0.13082290	0.00000000	0.00004786	0.07747084
226	1. (G+G+G+G)	-0.11460190	0.09918921	0.54010960	-0.01396393	0.01226919
226	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.01228051	0.02158841	0.03659564	-0.00152188	0.00266699
226	3. (o+Q+o+Q)	-0.00012977	0.01134668	0.00000000	-0.00002051	0.00140552
226	4. (Q+o+Q+o)	-0.00075174	0.00979302	0.00000000	-0.00009281	0.00121497
226	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00083866	0.01321190	0.00000000	-0.00009941	0.00164194
226	6. (o+Q+Q+o)	-0.00022847	0.01488633	0.00000000	-0.00003988	0.00185354
226	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00069589	0.01418116	0.00000000	-0.00008736	0.00174549
226	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
226	X-Deprem+%5	-9.14291900	0.59360640	0.00000000	-1.03670400	0.06804145
226	X-Deprem-%5	-9.15552500	-0.67435000	0.00000000	-1.03847800	-0.07890270
226	Y-Deprem+%5	-0.00944489	6.04549200	0.00000000	-0.00132726	0.70612900
226	Y-Deprem-%5	0.01011202	8.01172400	0.00000000	0.00142095	0.93428390
226	X-Ruzgar+%5	-2.44171600	0.16011480	0.00000000	-0.26921460	0.01788415
226	X-Ruzgar-%5	-2.44467200	-0.17457530	0.00000000	-0.26964160	-0.01996720
226	Y-Ruzgar+%5	-0.00253882	1.74881400	0.00000000	-0.00036679	0.19930760
226	Y-Ruzgar-%5	0.00253730	2.32360100	0.00000000	0.00036655	0.26431230

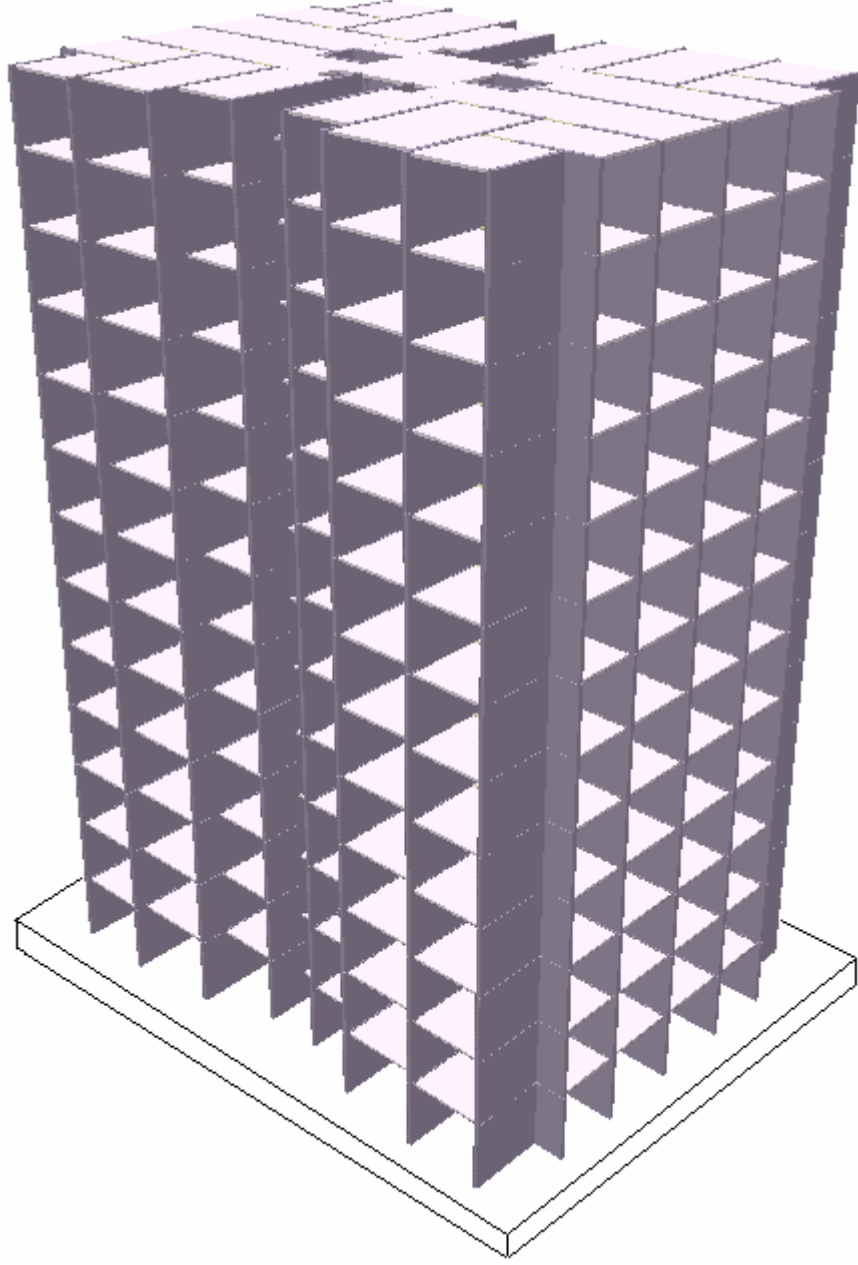
Tablo 3.2. devamı

Nokta no	Kombinasyon	$\delta x$ (mm)	$\delta y$ (mm)	$\delta z$ (mm)	$\theta x$ (1000x rad)	$\theta y$ (1000x rad)n
261	1. (G+G+G+G)	-0.00521876	0.00437882	0.32227290	-0.00436135	0.06790550
261	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00052741	0.00095546	0.06113468	-0.00035157	0.01884112
261	3. (o+Q+o+Q)	0.00002127	0.00051230	0.00000000	0.00000151	0.00033580
261	4. (Q+o+Q+o)	-0.00005528	0.00041737	0.00000000	-0.00002426	0.00028122
261	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00005956	0.00056026	0.00000000	-0.00003098	0.00037660
261	6. (o+Q+Q+o)	0.00001653	0.00065533	0.00000000	-0.00000160	0.00043167
261	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00002500	0.00064375	0.00000000	-0.00001291	0.00042578
261	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
261	X-Deprem+%5	-0.51762570	0.03237702	0.00000000	-0.30583920	0.01493226
261	X-Deprem-%5	-0.50430430	-0.03503739	0.00000000	-0.29857080	-0.01638073
261	Y-Deprem+%5	0.00994663	0.32414830	0.00000000	0.00543215	0.20781570
261	Y-Deprem-%5	-0.01064366	0.42837660	0.00000000	-0.00581468	0.25626130
261	X-Ruzgar+%5	-0.14543740	0.00916282	0.00000000	-0.08444272	0.00417743
261	X-Ruzgar-%5	-0.14172530	-0.00947549	0.00000000	-0.08245081	-0.00438368
261	Y-Ruzgar+%5	0.00318941	0.09881400	0.00000000	0.00171113	0.06257832
261	Y-Ruzgar-%5	-0.00318555	0.13082290	0.00000000	-0.00170969	0.07728093

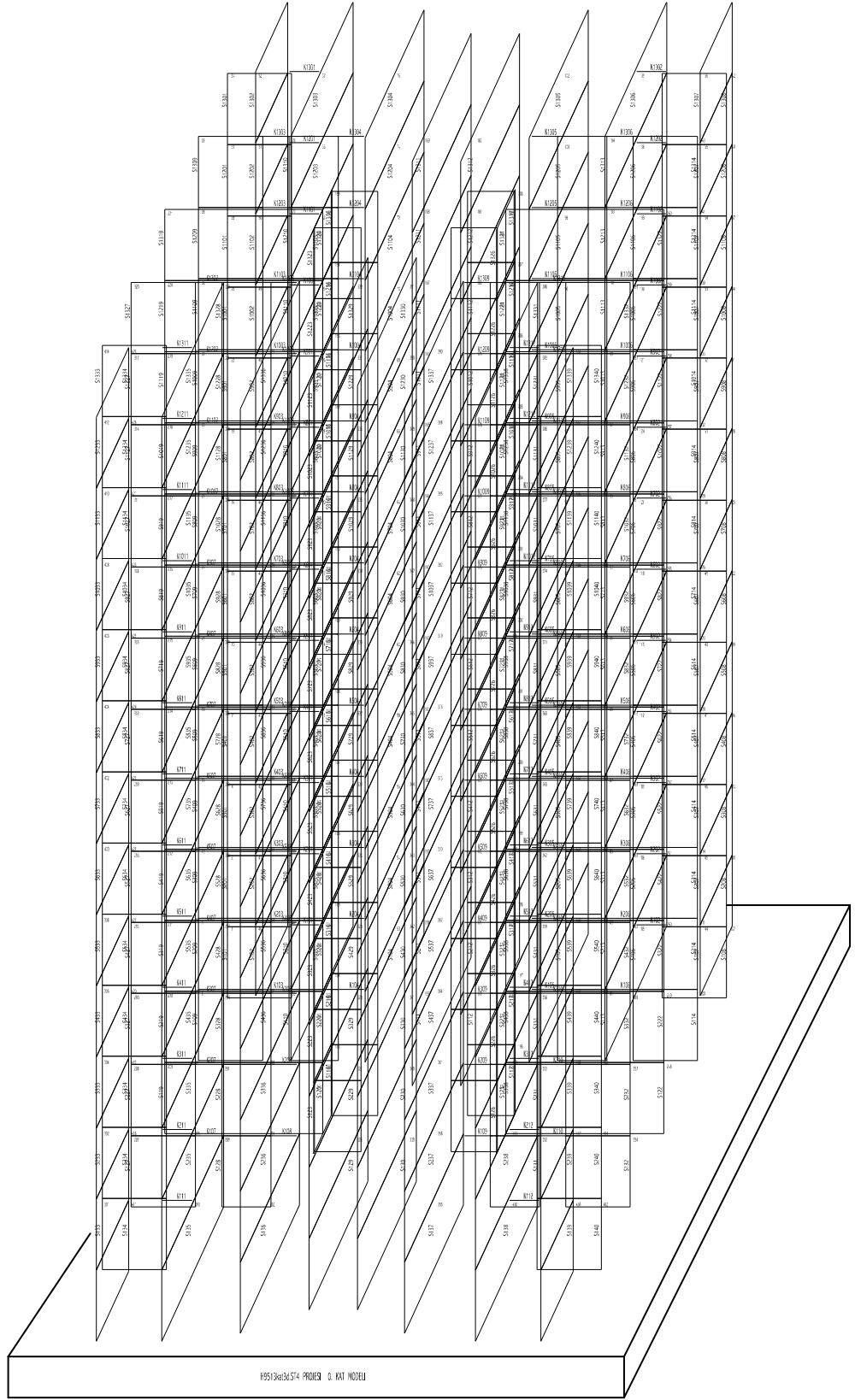
Şekil 3.2. de binanın 1. katının üç boyutlu gösterimi, Şekil 3.3. de binanın 13 katının üç boyutlu gösterimi, Şekil 3.4. de tünel kalıp binanın 13 katının deplasman yapmamış hali ve Şekil 3.5. de Tünel Kalıp Binanın 13 katının deplasman yapmış hali verilmiştir.



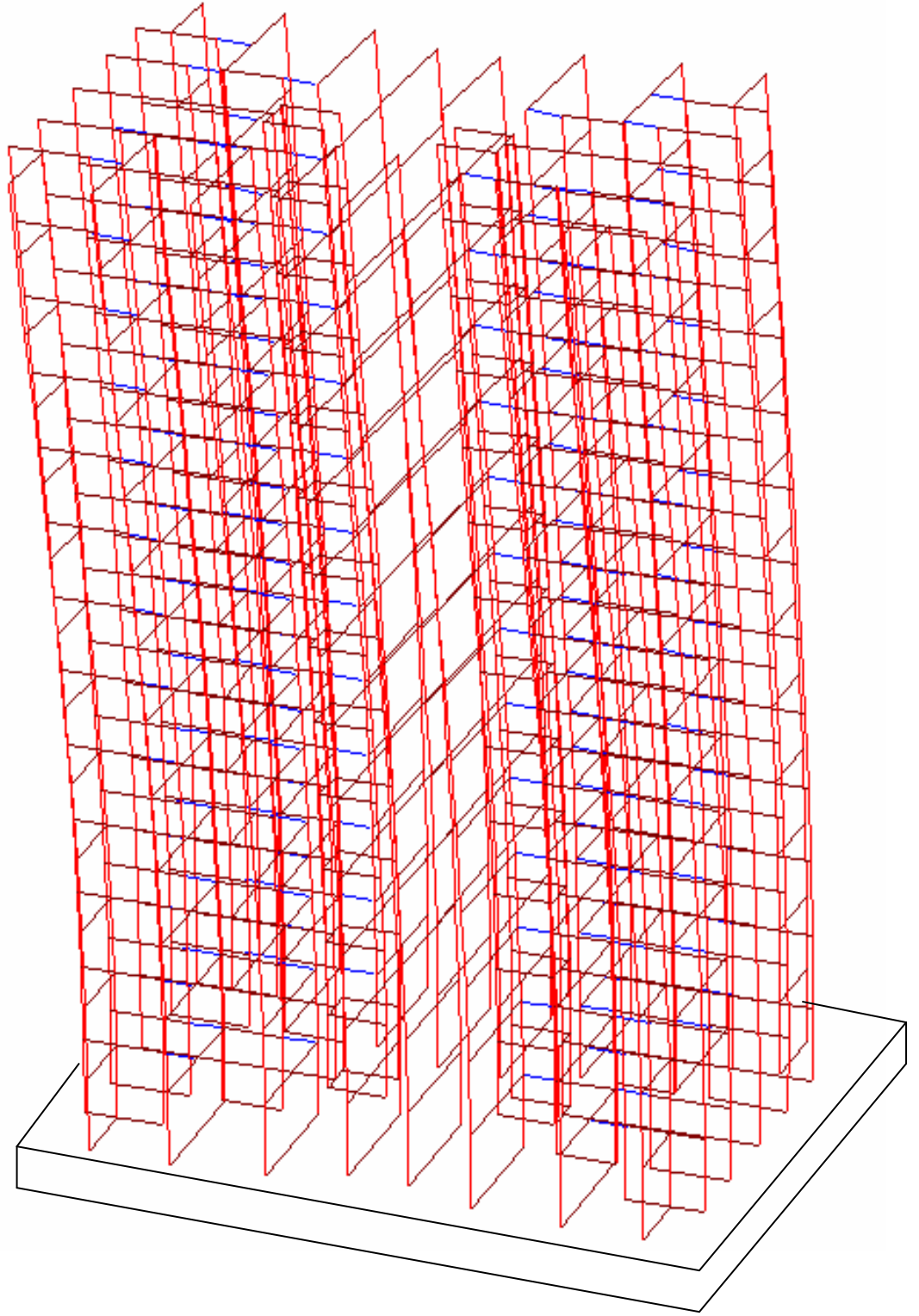
Şekil 3.2. Normal betonlu binanın 1. katının üç boyutlu gösterimi.



Şekil 3.3. Normal betonlu binanın 13 katının üç boyutlu gösterimi.



Şekil 3.4. Tünel Kalıp Binasının 13 katının deplasman yapmamış hali.



Şekil 3.5. Tünel Kalıp Binanın 13 katının deprem etkisinde deplasman yapmış hali.

### **3.2.4 Betonarme Hesaplar**

Bu bölümde yapılan hesaplar Türk Standartlarının yayınladığı ‘Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları’( TS 500)[14] ve ‘Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri ‘ ( TS 498)[15] dikkate alınarak yapılmıştır.

#### **3.2.4.1 Döşemeler**

Döşemeler, TS500’de verilen tasarım kriterlerine ve gerekli yüklemelere göre dizayn edilmiş olup döşeme kalınlıkları TS 500’ de verilen formüllerle bulunarak 14 cm alınmıştır.

##### **a. Döşemeler için maksimum sehim tahkiki**

En büyük deplasman yapan nokta döşeme 12 no’lu döşeme olup sehimin en yüksek değeri maksf = 9.93 mm’ dir ve bu da < 13 mm olduğundan döşemeler sehim açısından tahkiki sağlamaktadır.

#### **3.2.4.2 Kirişler**

Burada iç kapı üzerine gelen yerlere kirişler modellenmiştir. Bütün kirişlerin tasarımı TS 500’ e göre yapılmış olup, moment değerleri ve donatılar STA4CAD programıyla bulunmuştur.

##### **a. Kirişler için maksimum sehim tahkiki**

Tünel kalıp sistemlerde kiriş açıklıkları çok büyük olmadığından dolayı, kirişlerdeki sehim miktarı göz önüne alınmayacaktır. Örnek projedeki maksimum kiriş sehimi 0.01 mm dolaylarında görülmüştür.

#### **3.2.4.3 Perdeler**

Bütün perdelerin tasarımı TS 500’ e göre yapılmış olup, moment değerleri ve donatılar STA4CAD programıyla bulunmuştur. Tünel kalıp, sistem özelliğinden dolayı bu tür yapılarda kolonlar duvar boyunca tüm perde olarak girilmiştir.

Perde kalınlığı, normal betonlu yapı için 18 cm yeterli oluyorken, hafif betonlu yapıda 20 cm kalınlığın altı kesit yetersizliğine sebep olmaktadır. Yapıları perde kalınlığındaki farkın çok az olmasından dolayı iki beton içinde perde kalınlığı 20 cm olarak alınmıştır.

### 3.2.5. Metraj

Tablo 3.3. de normal betonlu 13 katlı binanın beton, Tablo 3.4. de normal betonlu 13 katlı binanın donatı metraji değerleri gösterilmiştir.

#### 3.2.5.1 Beton Metraji (m<sup>3</sup>)

Tablo 3.3. Normal Betonlu 13 Katlı Binanın Beton Metraji Değerleri

Kat	Beton m <sup>3</sup>	Kalıp m <sup>2</sup>	Asmolen m <sup>3</sup>
1.kat Döşeme	61.96	442.59	0.00
1.kat Kiriş	1.06	11.32	
1.kat Kolon	76.48	980.54	
1.kat Toplam	139.51	1434.44	0.00
2.kat	61.96	442.59	0.00
.....	1.06	11.32	
12.kat	76.48	980.54	
13.kat Döşeme	61.96	442.59	0.00
13.kat Kiriş	1.06	11.32	
13.kat Kolon	76.48	980.54	
13.kat Toplam	139.51	1434.44	0.00

**Genel Toplam : 1813 m<sup>3</sup>**

### 3.2.5.2.Donatı Metraji (ton)

Tablo 3.4. Normal Betonlu 13 Katlı Binanın Donatı Metraji Değerleri

Kat no	ø6 kg	ø8 kg	ø12 kg	ø14 kg	ø16 kg	TOPLAM kg
1.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
1.kat Kiriş	0.0	58.1	171.5	0.0	0.0	229.6
1.kat Kolon	0.0	8040.4	2996.6	2951.2	475.0	14463.2
1.kat Toplamı	1270.9	8506.9	3698.6	3186.8	475.0	17138.2
2.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
2.kat Kiriş	0.0	58.1	172.1	0.0	0.0	230.2
2.kat Kolon	0.0	8040.4	2986.4	3378.1	0.0	14404.8
2.kat Toplamı	1270.9	8506.9	3689.0	3613.7	0.0	17080.5
3.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
3.kat Kiriş	0.0	58.1	172.1	0.0	0.0	230.2
3.kat Kolon	0.0	8040.4	3160.3	2756.3	475.0	14431.9
3.kat Toplamı	1270.9	8506.9	3862.9	2991.9	475.0	17107.6
4.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
4.kat Kiriş	0.0	58.1	173.7	0.0	0.0	231.8
4.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1726.2	475.0	14332.5
4.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4795.2	1961.7	475.0	17009.7
5.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
5.kat Kiriş	0.0	58.1	181.1	0.0	0.0	239.2
5.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1698.3	425.0	14254.6
5.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4802.6	1933.9	425.0	16939.3
6.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
6.kat Kiriş	0.0	58.1	186.8	1.1	0.0	245.9
6.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1670.5	400.0	14201.8
6.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4808.2	1907.1	400.0	16893.2
7.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
7.kat Kiriş	0.0	58.1	187.6	2.2	0.0	247.8
7.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1642.6	350.0	14124.0
7.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4809.0	1880.4	350.0	16817.2
8.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
8.kat Kiriş	0.0	58.1	188.4	4.6	1.4	252.6
8.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1642.6	325.0	14099.0
8.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4809.9	1882.8	326.4	16797.0
9.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
9.kat Kiriş	0.0	58.1	189.9	7.1	2.8	257.9
9.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1642.6	300.0	14074.0
9.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4811.3	1885.3	302.8	16777.3
10.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4

Tablo 3.4. devamı

Kat no	ø6 kg	ø8 kg	ø12 kg	ø14 kg	ø16 kg	TOPLAM kg
10.kat Kiriş	0.0	58.1	189.9	7.1	2.8	257.9
10.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1642.6	275.0	14049.0
10.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4811.3	1885.3	277.8	16752.3
11.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
11.kat Kiriş	0.0	58.1	189.9	7.1	2.8	257.9
11.kat Kolon	0.0	8040.4	4090.9	1642.6	250.0	14024.0
11.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4811.3	1885.3	252.8	16727.3
12.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
12.kat Kiriş	0.0	58.1	190.9	7.1	1.4	257.5
12.kat Kolon	0.0	8040.4	4077.3	1865.4	0.0	13983.1
12.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4798.7	2108.0	1.4	16686.0
13.kat Döşeme	1270.9	408.4	530.5	235.6	0.0	2445.4
13.kat Kiriş	0.0	58.1	188.8	0.0	0.0	246.9
13.kat Kolon	0.0	8040.4	3780.0	1712.1	0.0	13532.5
13.kat Toplamı	1270.9	8506.9	4499.3	1947.7	0.0	16224.9
TOPLAM	16522.3	110589.3	59007.3	29069.9	3761.4	218950.2

**Genel Toplam : 219 ton**

### 3.2.6.ABYHY Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü

#### 1. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Aşağıda verilen tablolarda yapının değişik yönlerde deprem etkisinde yaptığı deplasmanlar verilmiştir. Alınan % 5'lik farklar deprem yükü eksantirisitesini göstermektedir ve burulma düzensizliği olan binalar için uygulanan bir büyütme katsayısıdır [5,14]. Binaya ait x ve y yönü deplasmanlar Tablo 3.5.-6-7-8 de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. X Yönü (+%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta X$ düst (m)	$\Delta X$ dalt (m)	$\Delta X_{ort}$ (m)	nbi	nki	$\Delta X/h$	$\theta_i$ (rad)	kat tipi
13	0.0035452	0.0044901	0.0040177	1.12	0.00	0.00150	0.01044	Normal kat
12	0.0035668	0.0045147	0.0040408	1.12	1.01	0.00150	0.01260	Normal kat
11	0.0035631	0.0045067	0.0040349	1.12	1.00	0.00150	0.01464	Normal kat
10	0.0035259	0.0044562	0.0039910	1.12	0.99	0.00149	0.01647	Normal kat
9	0.0034472	0.0043533	0.0039003	1.12	0.98	0.00145	0.01794	Normal kat
8	0.0033207	0.0041899	0.0037553	1.12	0.96	0.00140	0.01887	Normal kat
7	0.0031398	0.0039579	0.0035489	1.12	0.95	0.00132	0.01914	Normal kat
6	0.0028976	0.0036487	0.0032731	1.11	0.92	0.00122	0.01869	Normal kat
5	0.0025864	0.0032528	0.0029196	1.11	0.89	0.00108	0.01750	Normal kat
4	0.0021979	0.0027601	0.0024790	1.11	0.85	0.00092	0.01556	Normal kat
3	0.0017229	0.0021594	0.0019411	1.11	0.78	0.00072	0.01278	Normal kat
2	0.0011483	0.0014360	0.0012921	1.11	0.67	0.00048	0.00898	Normal kat
1	0.0004547	0.0005674	0.0005111	1.11	0.40	0.00019	0.00378	Normal kat

Tablo 3.6. X Yönü (-%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta X$ düst (m)	$\Delta X$ dalt (m)	$\Delta X_{ort}$ (m)	nbi	nki	$\Delta X/h$	$\theta_i$ (rad)	kat tipi
13	0.0046099	0.0034475	0.0040287	1.14	0.00	0.00154	0.01047	Normal kat
12	0.0046306	0.0034721	0.0040513	1.14	1.01	0.00154	0.01263	Normal kat
11	0.0046179	0.0034721	0.0040450	1.14	1.00	0.00154	0.01467	Normal kat
10	0.0045613	0.0034397	0.0040005	1.14	0.99	0.00152	0.01651	Normal kat
9	0.0044509	0.0033671	0.0039090	1.14	0.98	0.00148	0.01798	Normal kat
8	0.0042787	0.0032476	0.0037632	1.14	0.96	0.00143	0.01891	Normal kat
7	0.0040367	0.0030748	0.0035558	1.14	0.94	0.00135	0.01918	Normal kat
6	0.0037165	0.0028414	0.0032790	1.13	0.92	0.00124	0.01872	Normal kat
5	0.0033088	0.0025399	0.0029243	1.13	0.89	0.00110	0.01753	Normal kat
4	0.0028037	0.0021616	0.0024826	1.13	0.85	0.00093	0.01558	Normal kat
3	0.0021901	0.0016971	0.0019436	1.13	0.78	0.00073	0.01280	Normal kat
2	0.0014537	0.0011333	0.0012935	1.12	0.67	0.00048	0.00899	Normal kat
1	0.0005724	0.0004504	0.0005114	1.12	0.40	0.00019	0.00379	Normal kat

Tablo 3.7. Y Yönü (+%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta X$ düst (m)	$\Delta X$ dalt (m)	$\Delta X_{ort}$ (m)	nbi	nki	$\Delta X/h$	$\theta_i$ (rad)	kat tipi
13	0.0023386	0.0045408	0.0034397	1.32	0.00	0.00151	0.00782	Normal kat
12	0.0023310	0.0045328	0.0034319	1.32	1.00	0.00151	0.00924	Normal kat
11	0.0023045	0.0044893	0.0033969	1.32	0.99	0.00150	0.01053	Normal kat
10	0.0022542	0.0044010	0.0033276	1.32	0.98	0.00147	0.01161	Normal kat
9	0.0021765	0.0042597	0.0032181	1.32	0.97	0.00142	0.01240	Normal kat
8	0.0020685	0.0040589	0.0030637	1.32	0.95	0.00135	0.01283	Normal kat
7	0.0019272	0.0037922	0.0028597	1.33	0.93	0.00126	0.01285	Normal kat
6	0.0017502	0.0034539	0.0026021	1.33	0.91	0.00115	0.01242	Normal kat
5	0.0015351	0.0030382	0.0022866	1.33	0.88	0.00101	0.01153	Normal kat
4	0.0012794	0.0025397	0.0019095	1.33	0.84	0.00085	0.01015	Normal kat
3	0.0009814	0.0019534	0.0014674	1.33	0.77	0.00065	0.00823	Normal kat
2	0.0006396	0.0012747	0.0009572	1.33	0.65	0.00042	0.00569	Normal kat
1	0.0002522	0.0004969	0.0003745	1.33	0.39	0.00017	0.00237	Normal kat

Tablo 3.8. Y Yönü (-%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta X$ düst (m)	$\Delta X$ dalt (m)	$\Delta X_{ort}$ (m)	n <sub>bi</sub>	n <sub>ki</sub>	$\Delta X/h$	$\theta_i$ (rad)	kat tipi
13	0.0046184	0.0022608	0.0034396	1.34	0.00	0.00154	0.00782	Normal kat
12	0.0046104	0.0022532	0.0034318	1.34	1.00	0.00154	0.00924	Normal kat
11	0.0045664	0.0022273	0.0033968	1.34	0.99	0.00152	0.01053	Normal kat
10	0.0044766	0.0021783	0.0033275	1.35	0.98	0.00149	0.01161	Normal kat
9	0.0043332	0.0021029	0.0032180	1.35	0.97	0.00144	0.01240	Normal kat
8	0.0041290	0.0019981	0.0030636	1.35	0.95	0.00138	0.01283	Normal kat
7	0.0038580	0.0018613	0.0028596	1.35	0.93	0.00129	0.01285	Normal kat
6	0.0035139	0.0016901	0.0026020	1.35	0.91	0.00117	0.01242	Normal kat
5	0.0030911	0.0014820	0.0022866	1.35	0.88	0.00103	0.01153	Normal kat
4	0.0025841	0.0012349	0.0019095	1.35	0.84	0.00086	0.01015	Normal kat
3	0.0019876	0.0009470	0.0014673	1.35	0.77	0.00066	0.00823	Normal kat
2	0.0012971	0.0006172	0.0009571	1.36	0.65	0.00043	0.00569	Normal kat
1	0.0005054	0.0002436	0.0003745	1.35	0.39	0.00017	0.00237	Normal kat

STA4CAD Programında hesaplanan Maksimum Kat Deplasmanları okunmuş ve yukarıda sunulmuştur.

## 2.Düzensizlik Durumları

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken özel durumlar vardır. Bu durumlar yönetmeliklerde düzensizlik olarak tanımlanmaktadır [5,14]. Düzensizlik kontrolleri Tablo 3.9. ve Tablo 3.10. da verilmiştir.

TDY 6.3.2.1 A1 burulma düzensizliği: Bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesinin o kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının 1.2 den büyük olası halidir.

$1.2 < \eta_{bi} = 1.355 < 2$  , sonuç 1.2 den büyük olduğu için yapı mod süperpozisyonu dinamik analizle çözülmüştür ✓

TDY 6.3.2.1 de belirtilen B2 düzensizliği bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattakine oranının 1.5 ten fazla olması durumudur ve sağlanmaktadır . ✓

TDY 6.20 kosulu sağlanmaktadır .  $.0015 < .0033$  ✓

TDY 6.21 koşulu sağlanmaktadır .  $\max \theta_i = .019 < 0.12$  ✓

Tablo 3.9. B1-Düsey doğrultudaki kat düzensizliklerinin kontrolü

Kat	Aw	Agx	Agy	$\Sigma$ Aex	$\Sigma$ Aey	ncix	nciy	AÇIKLAMA
13	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
12	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
11	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
10	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
9	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
8	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
7	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
6	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
5	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
4	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
3	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
2	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓
1	0.00	10.51	14.99	10.51	14.99	1.00	1.00	Düzenli ✓

Tablo 3.10. B1-Düsey doğrultudaki nokta düzensizliklerinin kontrolü

Nokta no	Kombinasyon	$\delta x$ mm	$\delta y$ mm	$\delta z$ mm	$\theta x$ 1000x radyan	$\theta y$ 1000x radyan
1	1. (G+G+G+G)	-0.00561575	0.00394779	0.23414940	-0.00580537	-0.02402159
1	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00065205	0.00082014	0.04292279	-0.00096840	-0.00972804
1	3. (o+Q+o+Q)	0.00000851	0.00049844	0.00380736	-0.00030075	0.00033259
1	4. (Q+o+Q+o)	-0.00006185	0.00041023	0.00324787	-0.00003974	0.00027511
1	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00007025	0.00054865	0.00433332	-0.00004753	0.00036960
1	6. (o+Q+Q+o)	-0.00000036	0.00063698	0.00488868	-0.00030644	0.00042527
1	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003607	0.00063173	0.00488846	-0.00032702	0.00042054
1	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1	X-Deprem+%5	-0.46610890	0.08830953	-0.05924968	-0.26907090	0.04719365
1	X-Deprem-%5	-0.56005350	-0.09556510	-0.07289731	-0.32379090	-0.05179231
1	Y-Deprem+%5	-0.07016571	0.23716920	-0.01022287	-0.04091169	0.15655290
1	Y-Deprem-%5	0.07508637	0.52145490	0.01094442	0.04379429	0.30970200
1	X-Ruzgar+%5	-0.13085780	0.02499208	-0.01483276	-0.07404709	0.01319795
1	X-Ruzgar-%5	-0.15680220	-0.02584470	-0.01824254	-0.08887825	-0.01385550
1	Y-Ruzgar+%5	-0.02229097	0.07114958	-0.00292889	-0.01274039	0.04644877
1	Y-Ruzgar-%5	0.02226518	0.15845510	0.00292695	0.01273021	0.09290954
3	1. (G+G+G+G)	-0.00561575	0.00419527	0.24926300	0.04375478	0.00318073
3	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00065205	0.00089784	0.04876777	0.01382670	0.00060176
3	3. (o+Q+o+Q)	0.00000851	0.00050640	0.00304571	0.00464968	0.00046214
3	4. (Q+o+Q+o)	-0.00006185	0.00041433	0.00262789	-0.00088712	0.00031981
3	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00007025	0.00055531	0.00350097	-0.00064724	0.00042584
3	6. (o+Q+Q+o)	-0.00000036	0.00064751	0.00392414	0.00462143	0.00056044
3	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003607	0.00063863	0.00392209	0.00355092	0.00057761
3	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
3	X-Deprem+%5	-0.46610890	0.05619517	0.06342069	-0.22449780	0.03003482
3	X-Deprem-%5	-0.56005350	-0.06081235	0.07514329	-0.27244400	-0.03363314
3	Y-Deprem+%5	-0.07016571	0.28710930	0.00878093	-0.03583542	0.15607340
3	Y-Deprem-%5	0.07508637	0.46801280	-0.00940070	0.03835835	0.25470440
3	X-Ruzgar+%5	-0.13085780	0.01590351	0.01587822	-0.06198439	0.00823323
3	X-Ruzgar-%5	-0.15680220	-0.01644611	0.01880743	-0.07502684	-0.00883426
3	Y-Ruzgar+%5	-0.02229097	0.08703346	0.00251610	-0.01120417	0.04561929
3	Y-Ruzgar-%5	0.02226518	0.14258970	-0.00251443	0.01119454	0.07493047
6	1. (G+G+G+G)	-0.00545283	0.00394779	0.25407010	-0.00531462	0.00267190
6	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00060090	0.00082014	0.05190942	-0.00085072	0.00056010
6	3. (o+Q+o+Q)	0.00001375	0.00049844	0.00438373	-0.00035202	0.00033086
6	4. (Q+o+Q+o)	-0.00005916	0.00041023	0.00374328	-0.00003900	0.00027497
6	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00006586	0.00054865	0.00499322	-0.00004614	0.00036930
6	6. (o+Q+Q+o)	0.00000657	0.00063698	0.00562873	-0.00035652	0.00042351
6	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003152	0.00063173	0.00563207	-0.00037937	0.00041886
6	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
6	X-Deprem+%5	-0.48725090	0.08830953	-0.05049194	-0.28124510	0.04736580
6	X-Deprem-%5	-0.53717460	-0.09556510	-0.05766803	-0.31072420	-0.05197222

Tablo 3.10. devamı

Nokta no	Kombinasyon	$\delta x$ mm	$\delta y$ mm	$\delta z$ mm	$\theta x$ 1000x radyan	$\theta y$ 1000x radyan
6	Y-Deprem+%5	-0.03728843	0.23716920	-0.00537533	-0.02204068	0.15659390
6	Y-Deprem-%5	0.03990366	0.52145490	0.00575472	0.02359368	0.31028600
6	X-Ruzgar+%5	-0.13684110	0.02499208	-0.01264230	-0.07742675	0.01324823
6	X-Ruzgar-%5	-0.15061480	-0.02584470	-0.01443579	-0.08540974	-0.01390571
6	Y-Ruzgar+%5	-0.01183409	0.07114958	-0.00154056	-0.00685761	0.04646925
6	Y-Ruzgar-%5	0.01182047	0.15845510	0.00153953	0.00685215	0.09310260
53	1. (G+G+G+G)	-0.00561575	0.00439944	0.24502200	0.03974447	0.00357910
53	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00065205	0.00096194	0.05006315	0.01389260	0.00075488
53	3. (o+Q+o+Q)	0.00000851	0.00051296	0.00126740	0.00212763	0.00038391
53	4. (Q+o+Q+o)	-0.00006185	0.00041771	0.00110114	-0.00033147	0.00029387
53	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00007025	0.00056082	0.00146687	-0.00017300	0.00039368
53	6. (o+Q+Q+o)	-0.00000036	0.00065620	0.00164137	0.00214143	0.00048086
53	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00003607	0.00064432	0.00162884	0.00162389	0.00048101
53	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
53	X-Deprem+%5	-0.46610890	0.02970083	0.04303874	-0.24817070	0.01585940
53	X-Deprem-%5	-0.56005350	-0.03214134	0.04937708	-0.02906030	-0.01774148
53	Y-Deprem+%5	-0.07016571	0.32831000	0.00474777	-0.03803352	0.17996990
53	Y-Deprem-%5	0.07508637	0.42392310	-0.00508288	0.04071099	0.23201920
53	X-Ruzgar+%5	-0.13085780	0.00840544	0.01078821	-0.06861112	0.00435228
53	X-Ruzgar-%5	-0.15680220	-0.00869227	0.01237309	-0.02927428	-0.00466482
53	Y-Ruzgar+%5	-0.02229097	0.10013770	0.00136136	-0.01190923	0.05301810
53	Y-Ruzgar-%5	0.02226518	0.12950070	-0.00136046	0.01189893	0.06850380
56	1. (G+G+G+G)	-0.04732586	0.03788671	0.67877100	0.02752404	0.00904572
56	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00562806	0.00827255	0.13865250	0.01071285	0.00193520
56	3. (o+Q+o+Q)	-0.00009921	0.00432363	0.00350221	0.00257663	0.00097927
56	4. (Q+o+Q+o)	-0.00037566	0.00370630	0.00314557	-0.00058340	0.00082414
56	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00042658	0.00501068	0.00423687	0.00206116	0.00114855
56	6. (o+Q+Q+o)	-0.00019343	0.00561698	0.00461891	0.00213672	0.00127965
56	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00032972	0.00543218	0.00443978	-0.00021141	0.00117862
56	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
56	X-Deprem+%5	-3.41036800	0.22063330	0.12513850	-0.59144040	0.04171079
56	X-Deprem-%5	-4.12179500	-0.24658900	0.14361990	-0.71762220	-0.04757072
56	Y-Deprem+%5	-0.53223640	2.44947200	0.01384439	-0.09450212	0.47974820
56	Y-Deprem-%5	0.56976090	3.17318200	-0.01482159	0.10117020	0.61822560
56	X-Ruzgar+%5	-0.92864510	0.06063973	0.03125583	-0.15764590	0.01120270
56	X-Ruzgar-%5	-1.11966800	-0.06492935	0.03586407	-0.19092950	-0.01226915
56	Y-Ruzgar+%5	-0.16409060	0.72253270	0.00395833	-0.02858990	0.13827190
56	Y-Ruzgar-%5	0.16396740	0.93818120	-0.00395571	0.02857025	0.17858170
63	1. (G+G+G+G)	-0.11906840	0.09472271	1.05928400	-0.01627150	0.01194400
63	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.01367729	0.02019163	0.21032480	-0.00211753	0.00256158
63	3. (o+Q+o+Q)	-0.00023125	0.01124519	0.01713866	-0.00041359	0.00140083
63	4. (Q+o+Q+o)	-0.00086597	0.00967879	0.01533542	-0.00004132	0.00120786
63	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00098392	0.01306664	0.02068623	-0.00046908	0.00163508
63	6. (o+Q+Q+o)	-0.00036887	0.01474593	0.02240896	0.00001925	0.00184422
63	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00084166	0.01403539	0.02185298	-0.00045999	0.00173807
63	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
63	X-Deprem+%5	-8.70625800	1.03026700	-0.37910210	-0.97922560	0.09946672
63	X-Deprem-%5	-9.65158100	-1.17040600	-0.43529870	-1.08849300	-0.11532620
63	Y-Deprem+%5	-0.70799270	5.34694400	-0.04209776	-0.08193315	0.65675800
63	Y-Deprem-%5	0.75793910	8.75955200	0.04506927	0.08771584	0.99026510
63	X-Ruzgar+%5	-2.32393400	0.27789640	-0.09422062	-0.25402330	0.02615013
63	X-Ruzgar-%5	-2.57309100	-0.30299410	-0.10817810	-0.28213610	-0.02919066
63	Y-Ruzgar+%5	-0.21402160	1.53733100	-0.01198898	-0.02414798	0.18475460
63	Y-Ruzgar-%5	0.21387110	2.53493500	0.01198109	0.02413189	0.27979510
222	1. (G+G+G+G)	-0.00526929	0.00437882	0.12766230	-0.00343633	0.00287660
222	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00054327	0.00095546	0.00864988	-0.00034972	0.00062731
222	3. (o+Q+o+Q)	0.00001965	0.00051230	0.00000000	0.00000319	0.00033167
222	4. (Q+o+Q+o)	-0.00005612	0.00041737	0.00000000	-0.00002749	0.00027954
222	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00006092	0.00056026	0.00000000	-0.00003637	0.00037541
222	6. (o+Q+Q+o)	0.00001438	0.00065533	0.00000000	0.00000118	0.00042695
222	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00002641	0.00064375	0.00000000	-0.00001340	0.00042005
222	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
222	X-Deprem+%5	-0.51106910	0.03237702	0.00000000	-0.31475140	0.01949671
222	X-Deprem-%5	-0.51139960	-0.03503739	0.00000000	-0.31501620	-0.02148171

Tablo 3.10. devamı

Nokta no	Kombinasyon	$\delta_x$ mm	$\delta_y$ mm	$\delta_z$ mm	$\theta_x$ 1000x radyan	$\theta_y$ 1000x radyan
222	Y-Deprem+%5	-0.00024948	0.32414830	0.00000000	-0.00019919	0.19482390
222	Y-Deprem-%5	0.00026744	0.42837660	0.00000000	0.00021333	0.25823960
222	X-Ruzgar+%5	-0.14358180	0.00916282	0.00000000	-0.08740753	0.00543308
222	X-Ruzgar-%5	-0.14364420	-0.00947549	0.00000000	-0.08746324	-0.00572817
222	Y-Ruzgar+%5	-0.00005355	0.09881400	0.00000000	-0.00004786	0.05830286
222	Y-Ruzgar-%5	0.00005363	0.13082290	0.00000000	0.00004786	0.07747084
226	1. (G+G+G+G)	-0.11460190	0.09918921	0.54010960	-0.01396393	0.01226919
226	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.01228051	0.02158841	0.03659564	-0.00152188	0.00266699
226	3. (o+Q+o+Q)	-0.00012977	0.01134668	0.00000000	-0.00002051	0.00140552
226	4. (Q+o+Q+o)	-0.00075174	0.00979302	0.00000000	-0.00009281	0.00121497
226	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00083866	0.01321190	0.00000000	-0.00009941	0.00164194
226	6. (o+Q+Q+o)	-0.00022847	0.01488633	0.00000000	-0.00003988	0.00185354
226	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00069589	0.01418116	0.00000000	-0.00008736	0.00174549
226	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
226	X-Deprem+%5	-9.14291900	0.59360640	0.00000000	-1.03670400	0.06804145
226	X-Deprem-%5	-9.15552500	-0.67435000	0.00000000	-1.03847800	-0.07890270
226	Y-Deprem+%5	-0.00944489	6.04549200	0.00000000	-0.00132726	0.70612900
226	Y-Deprem-%5	0.01011202	8.01172400	0.00000000	0.00142095	0.93428390
226	X-Ruzgar+%5	-2.44171600	0.16011480	0.00000000	-0.26921460	0.01788415
226	X-Ruzgar-%5	-2.44467200	-0.17457530	0.00000000	-0.26964160	-0.01996720
226	Y-Ruzgar+%5	-0.00253882	1.74881400	0.00000000	-0.00036679	0.19930760
226	Y-Ruzgar-%5	0.00253730	2.32360100	0.00000000	0.00036655	0.26431230
261	1. (G+G+G+G)	-0.00521876	0.00437882	0.32227290	-0.00436135	0.06790550
261	2. (Q+Q+Q+Q)	-0.00052741	0.00095546	0.06113468	-0.00035157	0.01884112
261	3. (o+Q+o+Q)	0.00002127	0.00051230	0.00000000	0.00000151	0.00033580
261	4. (Q+o+Q+o)	-0.00005528	0.00041737	0.00000000	-0.00002426	0.00028122
261	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00005956	0.00056026	0.00000000	-0.00003098	0.00037660
261	6. (o+Q+Q+o)	0.00001653	0.00065533	0.00000000	-0.00000160	0.00043167
261	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00002500	0.00064375	0.00000000	-0.00001291	0.00042578
261	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
261	X-Deprem+%5	-0.51762570	0.03237702	0.00000000	-0.30583920	0.01493226
261	X-Deprem-%5	-0.50430430	-0.03503739	0.00000000	-0.29857080	-0.01638073
261	Y-Deprem+%5	0.00994663	0.32414830	0.00000000	0.00543215	0.20781570
261	Y-Deprem-%5	-0.01064366	0.42837660	0.00000000	-0.00581468	0.25626130
261	X-Ruzgar+%5	-0.14543740	0.00916282	0.00000000	-0.08444272	0.00417743
261	X-Ruzgar-%5	-0.14172530	-0.00947549	0.00000000	-0.08245081	-0.00438368
261	Y-Ruzgar+%5	0.00318941	0.09881400	0.00000000	0.00171113	0.06257832
261	Y-Ruzgar-%5	-0.00318555	0.13082290	0.00000000	-0.00170969	0.07728093

TDY97 A4 düzensizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olamaması durumudur [5,14].

A4 düzensizliği bulunmamıştır. ✓

### 3.3. Bims Betonlu 13 Katlı Proje

Bu bölümde, daha önceden mekanik özellikleri özetlenen taşıyıcı bims betonu kullanılarak aynı 13 katlı tünel kalıp sistemin statik ve dinamik analizleri, deplasmanları, hesap ve tahkikleri sunulacaktır.

### 3.3.1. Proje İle İlgili Genel Bilgiler

Bu bölümde yapılan hesaplar Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte verilen kıstaslara uygun olarak hesaplar yapılmıştır [5].

Malzeme	: C18 – BÇ III
Deprem Bölgesi	: 3 (A <sub>0</sub> = 0.20)
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3 (T <sub>A</sub> = 0.15, T <sub>B</sub> =0.60)
Bina Önem Katsayısı	: I = 1 (konut)
Sistemin Doğal Titreşim Periyodu	: T <sub>x</sub> =1.976 s, T <sub>y</sub> =1.588 s (Hesap programından alınmıştır)
Bina Toplam Ağırlığı	: 5445 Ton (Hesap programından alınmıştır)
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ( R )	: 6
S(T) = 2.5 Spektrum Katsayısı	
A(T) = A <sub>0</sub> I S(T) = 0.20 * 1 * 2.5 = 0.5	Spektral İvme Katsayısı
Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (V <sub>t</sub> )	= 5660 Ton (Hesap programından alınmıştır)
Yukarıda gösterilen yapının doğal titreşim periyodu eşdeğer deprem hesabına göre	

$$H_n = 39.00m \quad C_{tx} = 0.050 \quad , \quad C_{ty} = 0.050$$

$$\frac{3}{4}$$

$$T_{1x} = C_{tx} \cdot H_n = 0.780 \text{ s.} < 1.0 \quad T_x = 1.976 \text{ s.} \quad \checkmark$$

$$\frac{3}{4}$$

$$T_{1y} = C_{ty} \cdot H_n = 0.780 \text{ s.} < 1.0 \quad T_y = 1.588 \text{ s.} \quad \checkmark$$

Elimizdeki yapı 13 katlı olup yaklaşık yapı yüksekliği 39 m dir. 25 m' yi geçen yapılarda hem dinamik hem de statik analizler yapılmıştır. Deprem analizi için modal analiz kullanılmıştır aynı zamanda statik eşdeğer analiz yapılmıştır.

### 3.3.2. Kat Eşdeğer Yatay Kuvvetleri

Kat eşdeğer yatay kuvvetleri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte açıklanan hesap kriterlerine göre hesaplanabilir. Katlara gelen toplam sabit yük (g<sub>i</sub>) ve toplam hareketli yük (q<sub>i</sub>) hesaplanarak hareketli yük katılma katsayısı (hykk) konut ve işyerleri için seçilen 0.3 değeri alınarak w<sub>i</sub> kat ağırlıkları hesaplanmıştır. H<sub>i</sub> kat yüksekliğine göre w<sub>i</sub>\*H<sub>i</sub> çarpımı hesaplanmıştır. Hesaplanan V<sub>t</sub> değeri katlara deprem kuvveti olarak etkilmiştir.[5]

### 3.3.3. ABYYHY Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü

#### 1. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkı göreli kat ötelenmesi  $\Delta_i$  değeri

$$(\Delta_i) = (d_i - d_{i-1})$$

ile elde edilir.  $d_i$  ve  $d_{i-1}$ , binanın  $i$ 'inci ve  $i-1$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yer değiştirme değerleridir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katı katındaki kolon veya perdelerde hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\Delta_i)_{\max}$ , aşağıdaki iki elverişsiz koşulu sağlamalıdır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.003 \quad [12]$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad [5,14]$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02/R \quad [5,14]$$

#### 2. Düzensizlik Durumları

A1 – Burulma Düzensizliği Kontrolü

A1 Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranı olarak ifade edilen burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi}$  1.2'den büyük olması durumudur. Yani,

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad [5,14]$$

Aşağıda verilen tablolarda yapıya gelen yükler altında katlarda ve noktalarda oluşan maksimum kat deplasmanları ve yanal ötelemeler verilmiştir. Alınan % 5'lik farklar deprem yükü eksantirisitesini göstermektedir [5,14].

Tablo 3.11. de katlara ait maksimum kat deplasmanları görülmektedir. Tablo 3.12. de

Şekil 3.6. de görülen her bir noktada oluşan maksimum kat deplasmanları verilmiştir.

9. yükleme : deprem yüklemesi+%5  
10.yükleme : deprem yüklemesi-%5  
11. yükleme : rüzgar yüklemesi+%5  
12.yükleme : rüzgar yüklemesi-%5

Tablo 3.11. Maksimum Kat Deplasmanları ( $\Delta_i$ )<sub>max</sub>

Kat no	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
	$\delta x$ (m)	$\theta z$ (rad)	$\delta x$ (m)	$\theta z$ (rad)	$\delta y$ (m)	$\theta z$ (rad)	$\delta y$ (m)	$\theta z$ (rad)
13	0.0631822	0.0008601	0.0633036	-0.000984	-0.050161	-0.001468	-0.050161	0.0014613
12	0.0567051	0.0007701	0.0568115	-0.000879	-0.044805	-0.001313	-0.044805	0.0013071
11	0.0502020	0.0006801	0.0502938	-0.000774	-0.039464	-0.001158	-0.039464	0.0011530
10	0.0437289	0.0005908	0.0438066	-0.000670	-0.034184	-0.001005	-0.034184	0.0010004
9	0.0373527	0.0005032	0.0374170	-0.000569	-0.029021	-0.000854	-0.029021	0.0008507
8	0.0311493	0.0004182	0.0312011	-0.000471	-0.024036	-0.000709	-0.024036	0.0007059
7	0.0252007	0.0003370	0.0252411	-0.000378	-0.019297	-0.000570	-0.019297	0.0005677
6	0.0195961	0.0002609	0.0196262	-0.000292	-0.014876	-0.000440	-0.014876	0.0004385
5	0.0144355	0.0001912	0.0144567	-0.000213	-0.010854	-0.000322	-0.010854	0.0003204
4	0.0098339	0.0001295	0.0098476	-0.000143	-0.007316	-0.000217	-0.007316	0.0002163
3	0.0059236	0.0000774	0.0059314	-0.000085	-0.004357	-0.000129	-0.004357	0.0001289
2	0.0028571	0.0000370	0.0028605	-0.000040	-0.002077	-0.000061	-0.002077	0.0000613
1	0.0008115	0.0000104	0.0008123	-0.000011	-0.000586	-0.000017	-0.000586	0.0000171

Tablo 3.12. Maksimum Nokta Deplasmanları

Nokta no	Kombinasyon	$\delta x$ mm	$\delta y$ mm	$\delta z$ mm	$\theta x$ 1000x radyan	$\theta y$ 1000x radyan
1	1. (G+G+G+G)	0.00048888	0.01088801	0.52517490	-0.00486903	-0.04789557
1	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00007044	0.00242106	0.10048050	-0.00122891	-0.01883606
1	3. (o+Q+o+Q)	0.00010419	0.00126830	0.00893245	-0.00064998	-0.00027152
1	4. (Q+o+Q+o)	-0.00010419	0.00093674	0.00762236	-0.00006429	0.00092227
1	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00010485	0.00127417	0.01017054	-0.00006966	0.00105520
1	6. (o+Q+Q+o)	0.00010455	0.00160510	0.01147286	-0.00064965	-0.00002222
1	5. (Q+Q+o+Q)	0.00000029	0.00153081	0.01146621	-0.00070924	0.00026853
1	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1	X-Deprem+%5	-0.74382500	0.13736930	-0.08144452	-0.42878550	0.07388584
1	X-Deprem-%5	-0.89063070	-0.14930230	-0.09950781	-0.51380440	-0.08078850
1	Y-Deprem+%5	-0.11679380	0.36202260	-0.01442706	-0.06778929	0.23987150
1	Y-Deprem-%5	0.11624900	0.81708260	0.01435975	0.06747304	0.48572130
1	X-Ruzgar+%5	-0.31751320	0.05818351	-0.03143099	-0.18022770	0.03101110
1	X-Ruzgar-%5	-0.37931650	-0.06257109	-0.03838076	-0.21549470	-0.03355525
1	Y-Ruzgar+%5	-0.05306934	0.16500880	-0.00596766	-0.03028306	0.10790330
1	Y-Ruzgar-%5	0.05306927	0.37238900	0.00596765	0.03028301	0.21878750
3	1. (G+G+G+G)	0.00048888	0.01088752	0.56082390	0.09418703	0.00814209
3	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00007044	0.00242080	0.11537370	0.02914904	0.00161655
3	3. (o+Q+o+Q)	0.00010419	0.00125891	0.00721758	0.00876295	0.00111934
3	4. (Q+o+Q+o)	-0.00010419	0.00094613	0.00622620	-0.00187524	0.00074353
3	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00010485	0.00128471	0.00829454	-0.00129849	0.00099925
3	6. (o+Q+Q+o)	0.00010455	0.00159722	0.00929922	0.00868150	0.00135575
3	5. (Q+Q+o+Q)	0.00000029	0.00152816	0.00929380	0.00639242	0.00137073
3	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
3	X-Deprem+%5	-0.74382500	0.08741686	0.08591352	-0.40044990	0.04683362
3	X-Deprem-%5	-0.89063070	-0.09501054	0.10144150	-0.48305810	-0.05175692
3	Y-Deprem+%5	-0.11679380	0.44495430	0.01240217	-0.06581254	0.24062080
3	Y-Deprem-%5	0.11624900	0.73453790	-0.01234431	0.06550550	0.39767990
3	X-Ruzgar+%5	-0.31751320	0.03702587	0.03315468	-0.16903150	0.01936055
3	X-Ruzgar-%5	-0.37931650	-0.03981797	0.03913025	-0.20344230	-0.02118115

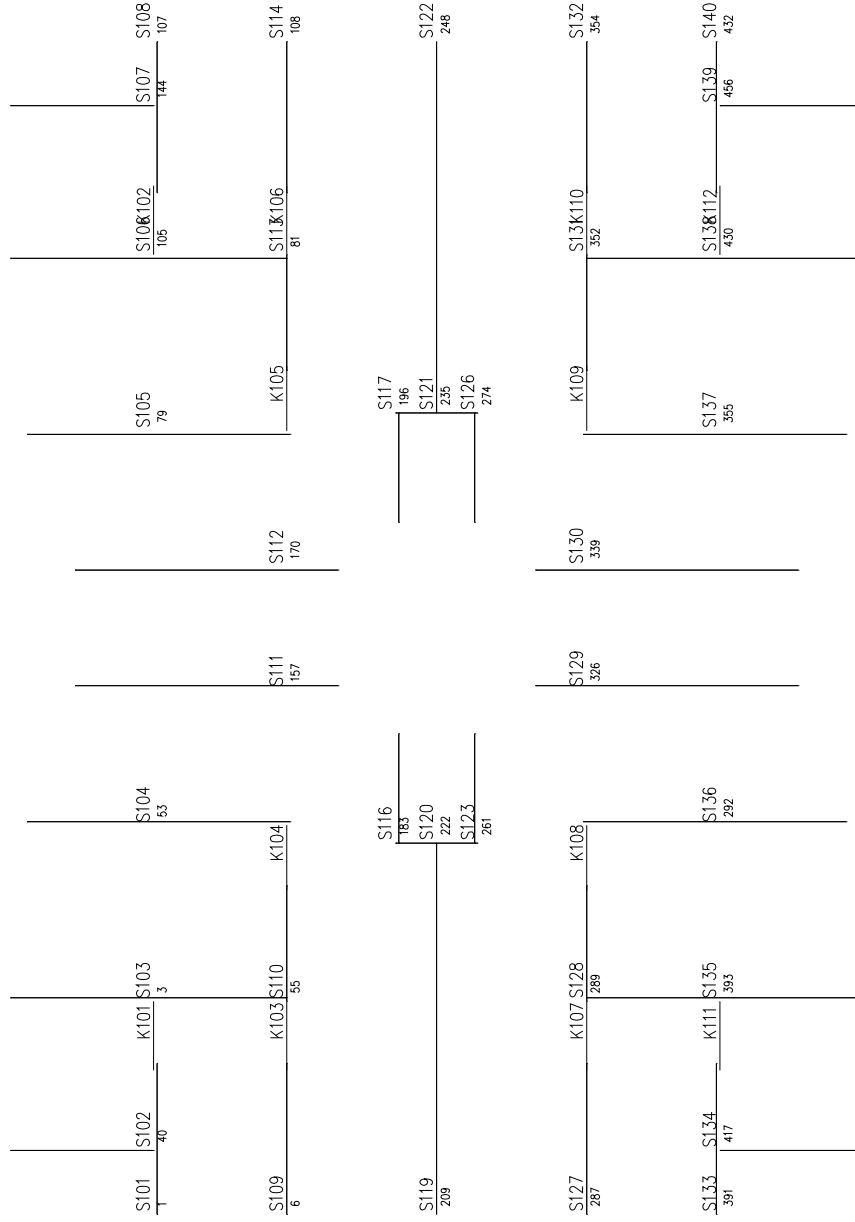
Tablo 3.12. devamı

Nokta no	Kombinasyon	$\delta x$ mm	$\delta y$ mm	$\delta z$ mm	$\theta_x$ 1000x radyan	$\theta_y$ 1000x radyan
3	Y-Ruzgar+%5	-0.05306934	0.20271430	0.00513114	-0.02954791	0.10626820
3	Y-Ruzgar-%5	0.05306927	0.33468350	-0.00513112	0.02954786	0.17589330
6	1. (G+G+G+G)	0.00048855	0.01088801	0.65192790	-0.00495946	0.00721276
6	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00007027	0.00242106	0.14958080	-0.00127584	0.00160125
6	3. (o+Q+o+Q)	0.00009801	0.00126830	0.01264032	-0.00098184	0.00082794
6	4. (Q+o+Q+o)	-0.00009801	0.00093674	0.01079199	-0.00006942	0.00063532
6	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00009791	0.00127417	0.01439554	-0.00007467	0.00086104
6	6. (o+Q+Q+o)	0.00009936	0.00160510	0.01622599	-0.00097993	0.00105302
6	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00000146	0.00153081	0.01624309	-0.00104793	0.00101247
6	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
6	X-Deprem+%5	-0.77671040	0.13736930	-0.08431806	-0.44740100	0.07388584
6	X-Deprem-%5	-0.85488860	-0.14930230	-0.09621454	-0.49336600	-0.08078850
6	Y-Deprem+%5	-0.06219716	0.36202260	-0.00950183	-0.03665014	0.23987150
6	Y-Deprem-%5	0.06190700	0.81708260	0.00945750	0.00647916	0.48572130
6	X-Ruzgar+%5	-0.33144200	0.05818351	-0.03253804	-0.18799610	0.03101110
6	X-Ruzgar-%5	-0.36433740	-0.06257109	-0.03711760	-0.20705340	-0.03355525
6	Y-Ruzgar+%5	-0.02824656	0.16500880	-0.00393241	-0.01636415	0.10790330
6	Y-Ruzgar-%5	0.02824652	0.37238900	0.00393240	0.01636412	0.21878750
53	1. (G+G+G+G)	0.00048888	0.01088711	0.59986490	0.07916970	0.01113414
53	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00007044	0.00242058	0.12347100	0.03003831	0.00210258
53	3. (o+Q+o+Q)	0.00010419	0.00125116	0.00459576	0.00530271	0.00103334
53	4. (Q+o+Q+o)	-0.00010419	0.00095388	0.00397321	-0.00104688	0.00071614
53	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00010485	0.00129340	0.00529431	-0.00062657	0.00096259
53	6. (o+Q+Q+o)	0.00010455	0.00159072	0.00593553	0.00528670	0.00126650
53	5. (Q+Q+o+Q)	0.00000029	0.00152597	0.00590810	0.00385153	0.00126987
53	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
53	X-Deprem+%5	-0.74382500	0.04620605	0.05694886	-0.42351400	0.02467501
53	X-Deprem-%5	-0.89063070	-0.05021985	0.06516396	-0.50750630	-0.02725318
53	Y-Deprem+%5	-0.11679380	0.51337290	0.00656154	-0.06691290	0.28013000
53	Y-Deprem-%5	0.11624900	0.66643840	-0.00653093	0.06660074	0.36284560
53	X-Ruzgar+%5	-0.31751320	0.01957081	0.02200158	-0.17884020	0.01020927
53	X-Ruzgar-%5	-0.37931650	-0.02104664	0.02516582	-0.21384600	-0.01116251
53	Y-Ruzgar+%5	-0.05306934	0.23382130	0.00271709	-0.03005891	0.12386070
53	Y-Ruzgar-%5	0.05306927	0.30357650	-0.00271708	0.03005886	0.16056400
56	1. (G+G+G+G)	0.00410965	0.09393791	1.66178500	0.06794253	0.02570918
56	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00058717	0.02086972	0.34217460	0.02572337	0.00517605
56	3. (o+Q+o+Q)	0.00046850	0.01046262	0.01261324	0.00633790	0.00249397
56	4. (Q+o+Q+o)	-0.00046852	0.00856979	0.01131513	-0.00198683	0.00198738
56	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00039455	0.01169636	0.01526528	0.00477788	0.00285067
56	6. (o+Q+Q+o)	0.00043643	0.01352973	0.01662095	0.00497712	0.00323996
56	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00004193	0.01283874	0.01597050	-0.00105287	0.00287205
56	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
56	X-Deprem+%5	-5.42226700	0.34486230	0.16563440	-0.99888810	0.06497777
56	X-Deprem-%5	-6.52805700	-0.38062350	0.18958840	-1.20499700	-0.07256005
56	Y-Deprem+%5	-0.88274220	3.81026400	0.01913333	-0.16485220	0.74397790
56	Y-Deprem-%5	0.87862350	4.96585900	-0.01904407	0.16408310	0.96351700
56	X-Ruzgar+%5	-2.26147300	0.14287330	0.06378878	-0.41039750	0.02644864
56	X-Ruzgar-%5	-2.71691200	-0.15609380	0.07299148	-0.49417990	-0.02925942
56	Y-Ruzgar+%5	-0.39107730	1.68675200	0.00790222	-0.07194253	0.32297340
56	Y-Ruzgar-%5	0.39107660	2.20018900	-0.00790220	0.07194238	0.41864470
63	1. (G+G+G+G)	0.01067506	0.24763440	2.73445200	-0.00384594	0.03084040
63	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00150856	0.05500025	0.60232250	-0.00091525	0.00683948
63	3. (o+Q+o+Q)	0.00097845	0.02765293	0.05231221	-0.00104672	0.00342916
63	4. (Q+o+Q+o)	-0.00097848	0.02252796	0.04680536	0.00007887	0.00281060
63	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00081838	0.03078524	0.06313023	-0.00115956	0.00385482
63	6. (o+Q+Q+o)	0.00111502	0.03614403	0.06840900	0.00034155	0.00449935
63	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00029676	0.03343257	0.06669590	-0.00111769	0.00412534
63	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
63	X-Deprem+%5	-13.80040000	1.61143800	-0.62769760	-1.54877900	0.15575340
63	X-Deprem-%5	-15.26556000	-1.79565600	-0.71877210	-1.71741500	-0.17576080
63	Y-Deprem+%5	-1.17166300	8.20996300	-0.07274078	-0.13507250	1.00794800
63	Y-Deprem-%5	1.16619700	13.64661000	0.07240139	0.13444240	1.53783900
63	X-Ruzgar+%5	-5.66721500	0.65816890	-0.24061300	-0.62191700	0.06234154

Tablo 3.12. devamı

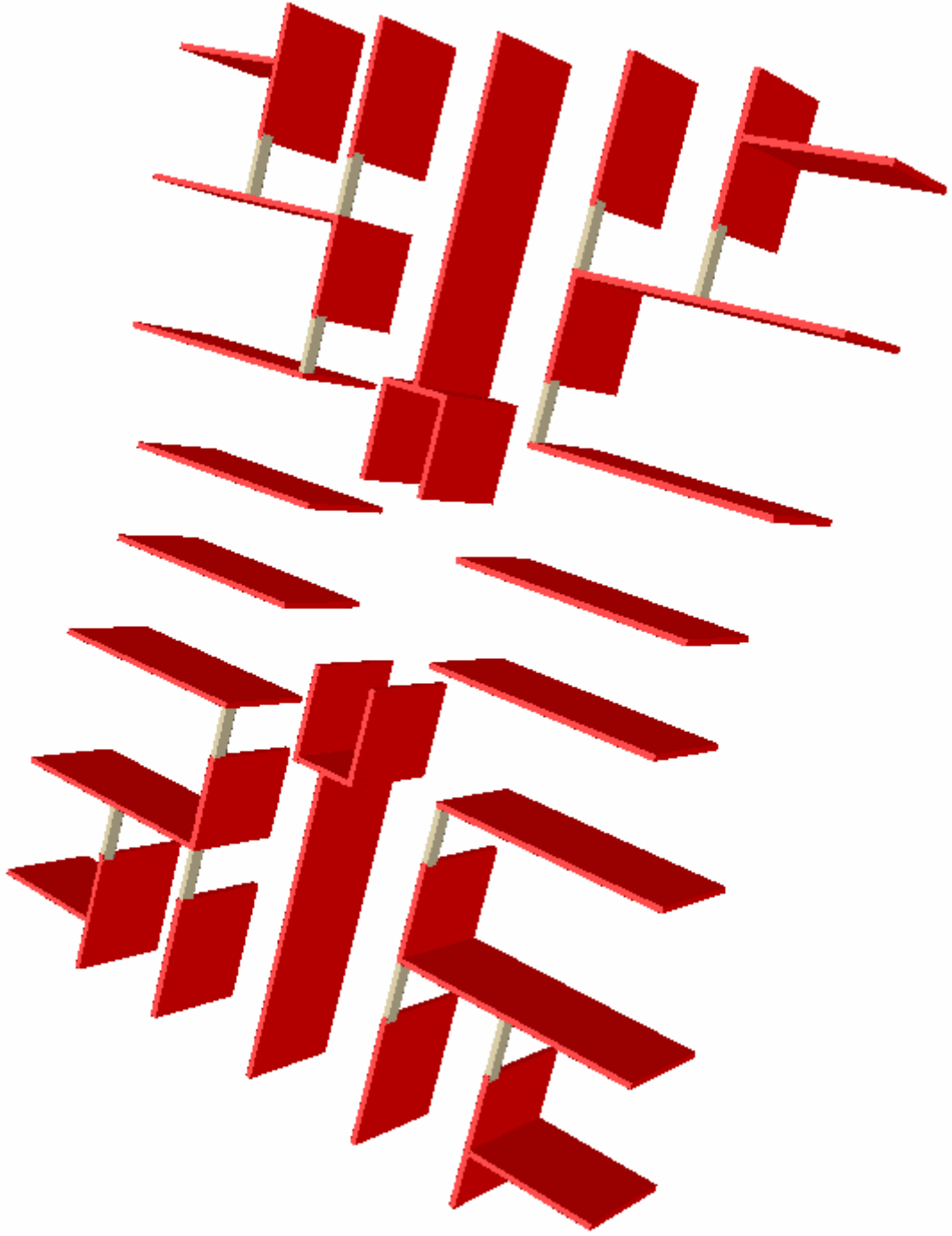
Nokta no	Kombinasyon	$\delta x$ mm	$\delta y$ mm	$\delta z$ mm	$\theta x$ 1000x radyan	$\theta y$ 1000x radyan
63	X-Ruzgar-%5	-6.26207300	-0.72642750	-0.27546890	-0.68903960	-0.06977183
63	Y-Ruzgar+%5	-0.51079390	3.57694900	-0.02993024	-0.05763715	0.43022950
63	Y-Ruzgar-%5	0.51079290	5.95481100	0.02993017	0.05763702	0.65711670
209	1. (G+G+G+G)	0.00048819	0.01088801	0.55148860	0.00148224	0.00720194
209	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00007008	0.00242106	0.12709230	0.00049980	0.00160096
209	3. (o+Q+o+Q)	0.00009105	0.00126830	0.00000000	0.00002376	0.00082011
209	4. (Q+o+Q+o)	-0.00009105	0.00093674	0.00000000	-0.00002376	0.00063860
209	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00009009	0.00127417	0.00000000	-0.00002183	0.00086352
209	6. (o+Q+Q+o)	0.00009352	0.00160510	0.00000000	0.00002515	0.00104583
209	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00000343	0.00153081	0.00000000	-0.00000331	0.00100808
209	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
209	X-Deprem+%5	-0.81375860	0.13736930	0.00000000	-0.41198460	0.05818687
209	X-Deprem-%5	-0.81462220	-0.14930230	0.00000000	-0.41255160	-0.06361632
209	Y-Deprem+%5	-0.00068951	0.36202260	0.00000000	-0.00045262	0.26663420
209	Y-Deprem-%5	0.00068629	0.81708260	0.00000000	0.00045050	0.46023190
209	X-Ruzgar+%5	-0.34713390	0.05818351	0.00000000	-0.17046840	0.02442554
209	X-Ruzgar-%5	-0.34746210	-0.06257109	0.00000000	-0.17068380	-0.02642662
209	Y-Ruzgar+%5	-0.00028166	0.16500880	0.00000000	-0.00018495	0.11997370
209	Y-Ruzgar-%5	0.00028166	0.37238900	0.00000000	0.00018495	0.20730560
222	1. (G+G+G+G)	0.00048819	0.01088715	0.27442820	0.00038727	0.00715775
222	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00007008	0.00242060	0.02032523	0.00007168	0.00159086
222	3. (o+Q+o+Q)	0.00009105	0.00125195	0.00000000	0.00003815	0.00080569
222	4. (Q+o+Q+o)	-0.00009105	0.00095310	0.00000000	-0.00003815	0.00064421
222	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00009009	0.00129253	0.00000000	-0.00005002	0.00087109
222	6. (o+Q+Q+o)	0.00009352	0.00159138	0.00000000	0.00004290	0.00103201
222	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00000343	0.00152619	0.00000000	0.00000712	0.00099670
222	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
222	X-Deprem+%5	-0.81375860	0.05036874	0.00000000	-0.50067750	0.03043226
222	X-Deprem-%5	-0.81462220	-0.05474415	0.00000000	-0.50125430	-0.03334146
222	Y-Deprem+%5	-0.00068951	0.50646190	0.00000000	-0.00046046	0.30358560
222	Y-Deprem-%5	0.00068629	0.67331710	0.00000000	0.00045831	0.40499790
222	X-Ruzgar+%5	-0.34713390	0.02133395	0.00000000	-0.21163000	0.01273749
222	X-Ruzgar-%5	-0.34746210	-0.02294273	0.00000000	-0.21184920	-0.01381051
222	Y-Ruzgar+%5	-0.00028166	0.23067920	0.00000000	-0.00018814	0.13609090
222	Y-Ruzgar-%5	0.00028166	0.30671860	0.00000000	0.00018814	0.18168360
261	1. (G+G+G+G)	0.00048809	0.01088715	0.40313120	0.00249150	0.04963871
261	2. (Q+Q+Q+Q)	0.00007002	0.00242060	0.05460667	0.00022421	0.01418595
261	3. (o+Q+o+Q)	0.00008913	0.00125195	0.00000000	0.00003123	0.00081215
261	4. (Q+o+Q+o)	-0.00008913	0.00095310	0.00000000	-0.00003123	0.00064657
261	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00008794	0.00129253	0.00000000	-0.00003852	0.00087080
261	6. (o+Q+Q+o)	0.00009191	0.00159138	0.00000000	0.00003287	0.00103933
261	5. (Q+Q+o+Q)	-0.00000397	0.00152619	0.00000000	0.00000565	0.00100731
261	Zemin itkisi	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
261	X-Deprem+%5	-0.82395710	0.05036874	0.00000000	-0.48603700	0.02329151
261	X-Deprem-%5	-0.80353760	-0.05474415	0.00000000	-0.47512820	-0.02546486
261	Y-Deprem+%5	0.01624238	0.50646190	0.00000000	0.00869492	0.32482140
261	Y-Deprem-%5	-0.01616661	0.67331710	0.00000000	-0.00865435	0.40231620
261	X-Ruzgar+%5	-0.35145360	0.02133395	0.00000000	-0.20452380	0.00977725
261	X-Ruzgar-%5	-0.34281670	-0.02294273	0.00000000	-0.19996780	-0.01057826
261	Y-Ruzgar+%5	0.00741655	0.23067920	0.00000000	0.00391228	0.14616070
261	Y-Ruzgar-%5	-0.00741654	0.30671860	0.00000000	-0.00391227	0.18111870

Şekil 3.7. de binanın 1. katının üç boyutlu gösterimi, Şekil 3.8. de binanın 13 katının üç boyutlu gösterimi, Şekil 3.9. de tünel kalıp binanın 13 katının deplasman yapmamış hali ve Şekil 3.10. de Tünel Kalıp Binanın 13 katının deplasman yapmış hali verilmiştir.

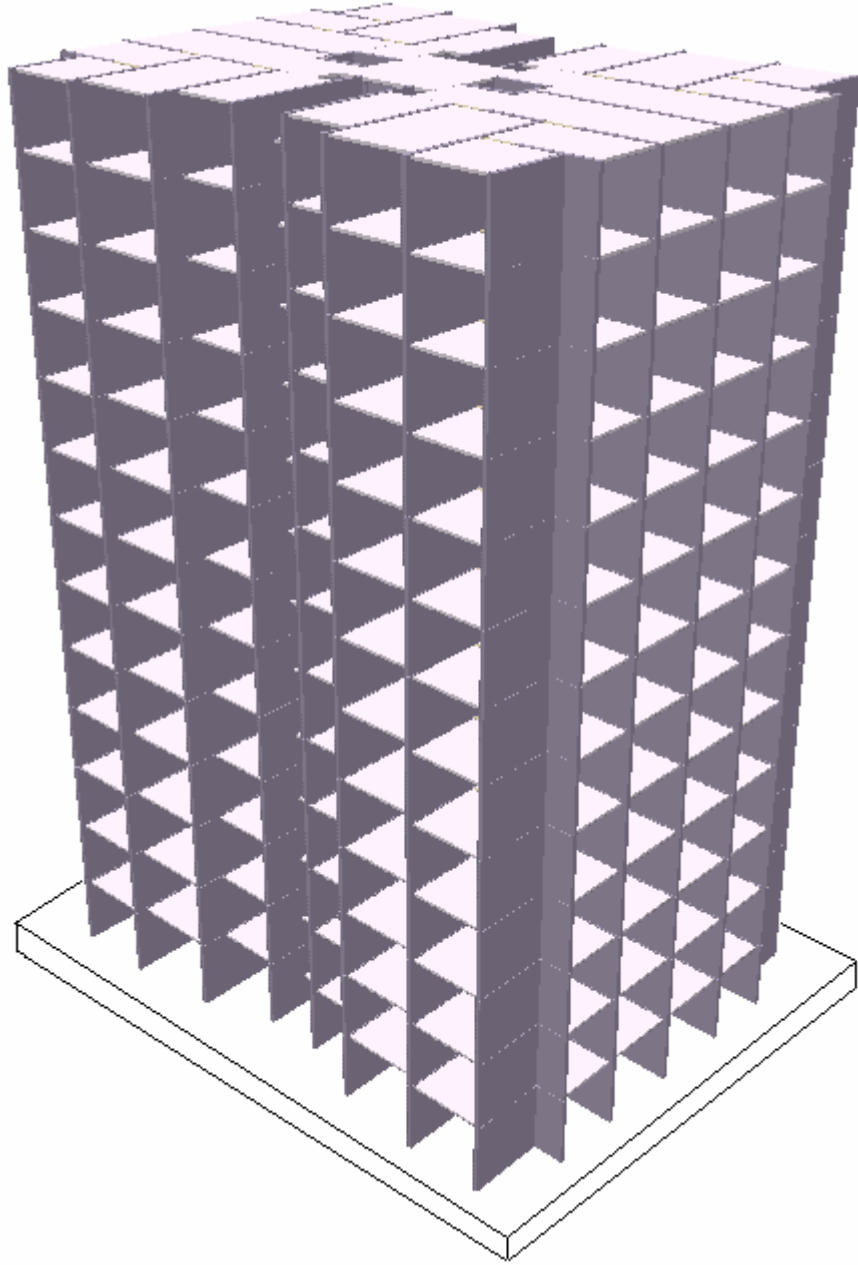


H278.ST4 PROJESİ 1. KAT MODELİ

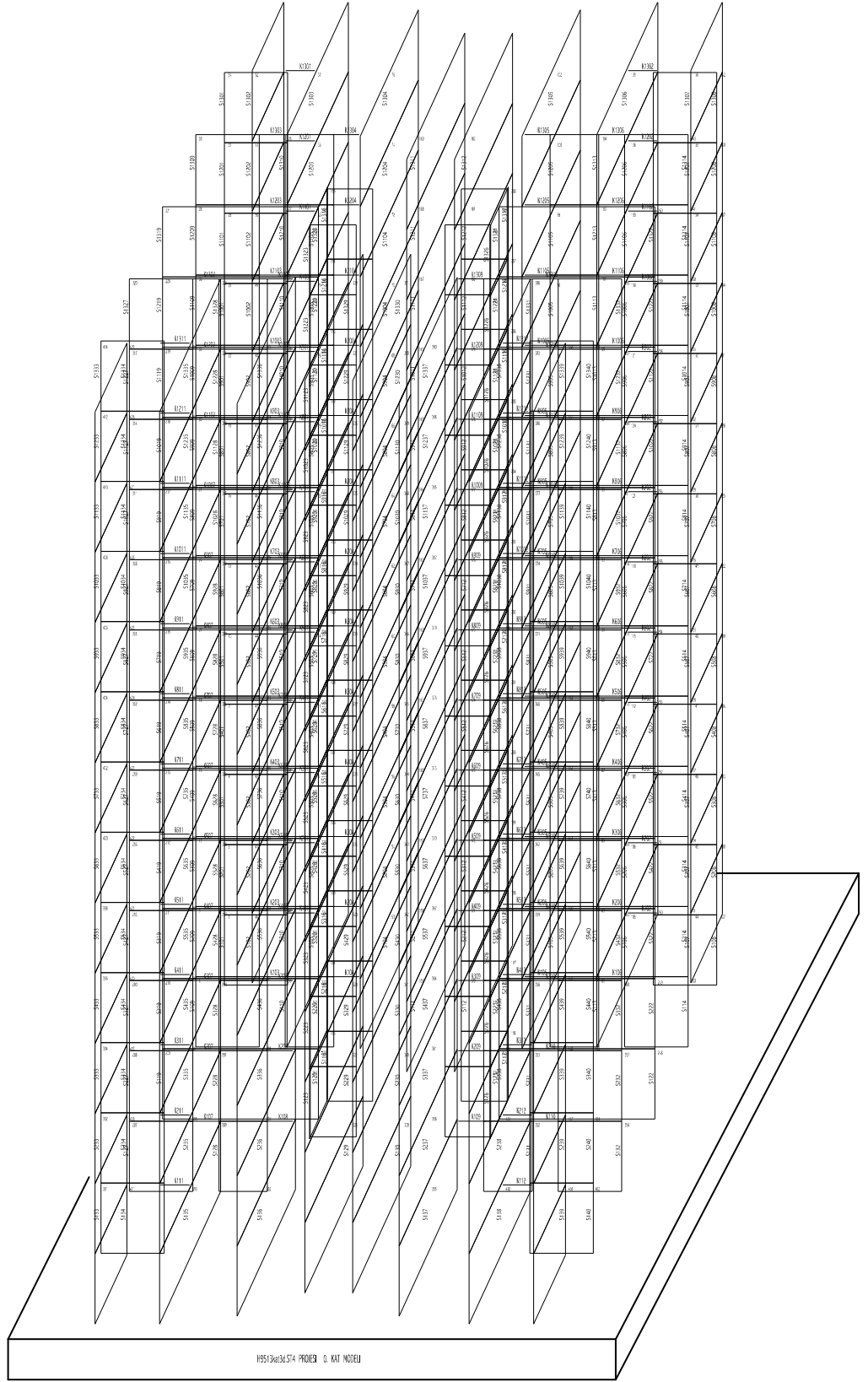
Şekil 3.6. Bims betonlu binanın 1. kat noktalarının gösterimi.



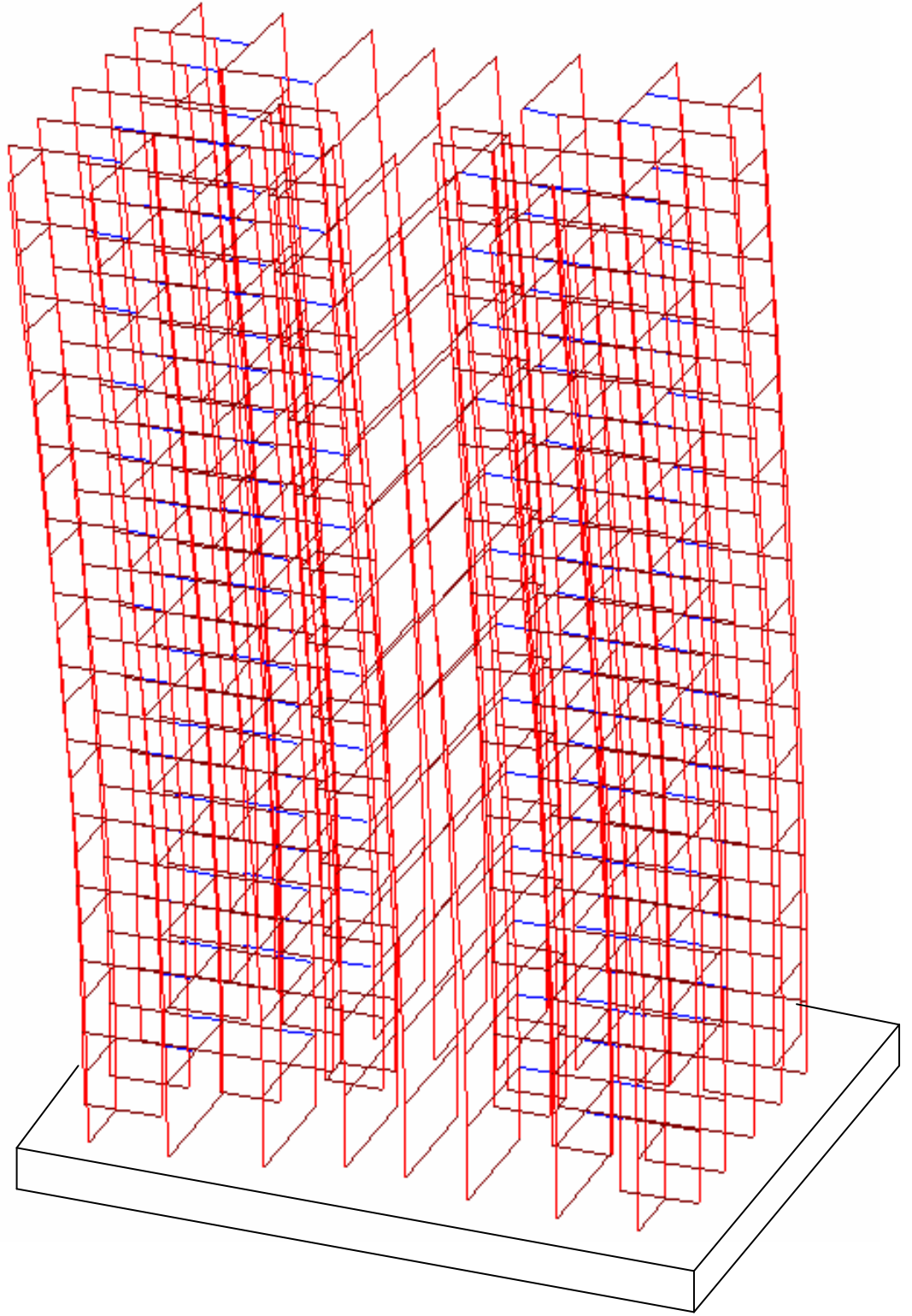
Şekil 3.7. Bims betonlu binanın 1. katının üç boyutlu gösterimi.



Şekil 3.8. Normal betonlu binanın 13 katının üç boyutlu gösterimi.



Şekil 3.9. Tünel Kalıp Binamın 13 katının deplasman yapmamış hali.



Şekil 3.10. Tünel Kalıp Binanın 13 katının deprem etkisinde deplasman yapmış hali.

### **3.3.4 Betonarme Hesaplar**

Bu bölümde yapılan hesaplar Türk Standartlarının yayınladığı ‘Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları’( TS 500)[14] ve ‘Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri ‘ ( TS 498)[15] dikkate alınarak yapılmıştır.

#### **3.3.4.1 Döşemeler**

Döşemeler, TS500’de verilen tasarım kriterlerine ve gerekli yüklemelere göre dizayn edilmiş olup döşeme kalınlıkları TS 500’ de verilen formüllerle bulunmuştur.

##### **a. Döşemeler için maksimum sehım tahkiki**

En büyük deplasman yapan nokta döşeme 12 no’ lu döşeme olup sehimin en yüksek değeri maksf = 12.93 mm’ dir ve bu da < 15 mm olduğundan döşemeler sehım açısından tahkiki sağlamaktadır.

#### **3.3.4.2. Kirişler**

Bütün kirişlerin tasarımı TS 500’ e göre yapılmış olup, moment değerleri ve donatılar STA4CAD programıyla bulunmuştur.

##### **a. Kirişler için maximum sehım tahkiki**

Tünel kalıp sistemlerde kiriş açıklıkları çok büyük olmadığından dolayı, kirişlerdeki sehım miktarı göz önüne alınmayacaktır. Örnek projedeki maks. Kiriş sehimi 0.02 mm dolaylarında görülmüştür.

#### **3.3.4.3 Perdeler**

Bütün perdelerin tasarımı TS 500’ e göre yapılmış olup, moment değerleri ve donatılar STA4CAD programıyla bulunmuştur. Tünel kalıp, sistem özelliğinden dolayı bu tür yapılarda kolonlar duvar boyunca tüm perde olarak girilmiştir.

Perde kalınlığı, normal betonlu yapı için 18 cm yeterli oluyorken, hafif betonlu yapıda 20 cm kalınlığın altı kesit yetersizliğine sebep olmaktadır. Yapıları perde kalınlığındaki farkın çok az olmasından dolayı iki beton içinde perde kalınlığı 20 cm olarak alınmıştır.

### 3.3.5. Metraj

Tablo 3.13. de bims betonlu 13 katlı binanın beton, Tablo 3.14. de bims betonlu 13 katlı binanın donatı metrajı değerleri gösterilmiştir.

#### 3.3.5.1 Beton Metrajı (m<sup>3</sup>)

Tablo 3.13. Bims Betonlu 13 Katlı Binanın Beton Metrajı Değerleri

Kat	Beton m <sup>3</sup>	Kalıp m <sup>2</sup>	Asmolen m <sup>3</sup>
1.kat Döşeme	61.96	442.59	0.00
1.kat Kiriş	1.06	11.32	
1.kat Kolon	94.70	988.70	
1.kat Toplam	157.73	1442.60	0.00
2.....12.kat	61.96	442.59	0.00
	1.06	11.32	
	94.70	988.70	
kat Toplam	157.73	1442.60	0.00
13.kat Döşeme	61.96	442.59	0.00
13.kat Kiriş	1.06	11.32	
13.kat Kolon	94.70	988.70	
13.kat Toplam	157.73	1442.60	0.00

**Genel Toplam : 2050 m<sup>3</sup>**

### 3.14.Donatı Metraji (ton)

Tablo 3.14. Bims Betonlu 13 Katlı Binanın Donatı Metraji Değerleri

Kat no	ø6 kg	ø8 kg	ø12 kg	ø14 kg	TOPLAM kg
1.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
1.kat Kiriş	0.0	58.1	172.9	0.0	231.0
1.kat Kolon	0.0	8152.0	2986.4	3934.9	15073.3
1.kat Toplamı	1271.1	9849.5	3689.6	4170.1	17749.3
2.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
2.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
2.kat Kolon	0.0	8152.0	2986.4	3934.9	15073.3
2.kat Toplamı	1271.1	9849.5	3690.2	4170.1	17749.9
3.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
3.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
3.kat Kolon	0.0	8152.0	3150.0	3675.0	14977.1
3.kat Toplamı	1271.1	9849.5	3853.8	3910.3	17653.7
4.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
4.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
4.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8
4.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4781.1	2369.7	17040.4
5.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
5.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
5.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8
5.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4781.1	2369.7	17040.4
6.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
6.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
6.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8
6.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4781.1	2369.7	17040.4
7.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
7.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
7.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8
7.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4781.1	2369.7	17040.4
8.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
8.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
8.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8

Tablo 3.14. devamı

Kat no	ø6 kg	ø8 kg	ø12 kg	ø14 kg	TOPLAM kg
8.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4781.1	2369.7	17040.4
9.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
9.kat Kiriş	0.0	58.1	175.2	0.0	233.3
9.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8
9.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4782.8	2369.7	17042.1
10.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
10.kat Kiriş	0.0	58.1	175.2	0.0	233.3
10.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8
10.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4782.8	2369.7	17042.1
11.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
11.kat Kiriş	0.0	58.1	175.2	0.0	233.3
11.kat Kolon	0.0	8152.0	4077.3	2134.5	14363.8
11.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4782.8	2369.7	17042.1
12.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
12.kat Kiriş	0.0	58.1	175.2	0.0	233.3
12.kat Kolon	0.0	9849.5	4077.3	2134.5	14363.8
12.kat Toplamı	1271.1	8618.5	4782.8	2369.7	17042.1
13.kat Döşeme	1271.1	408.4	530.3	235.3	2445.0
13.kat Kiriş	0.0	58.1	173.5	0.0	231.6
13.kat Kolon	0.0	8152.0	3780.0	1978.9	13910.9
13.kat Toplamı	1271.1	9849.5	4483.8	2214.1	16587.5
TOPLAM	16523.7	128040.2	58754.3	35792.4	223110.6

**Genel Toplam : 223 ton**

### 3.3.6.ABYYHY Şartlarının Uygunluğunun Kontrolü

#### 1. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Aşağıda verilen tablolarda yapının değişik yönlerde deprem etkisinde yaptığı deplasmanlar verilmiştir. Alınan % 5'lik farklar deprem yükü eksantirisitesini göstermektedir ve burulma düzensizliği olan binalar için uygulanan bir büyütme katsayısıdır [5,14]. Binaya ait x ve y yönü deplasmanlar Tablo 3.15.-16-17-18 de gösterilmiştir.

Tablo 3.15. X Yönü (+%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta X$ düst (m)	$\Delta X$ dalt (m)	$\Delta X$ ort	nbi	nki	$\Delta x/h$	$\theta_i$	kat tipi
13	0.0057199	0.0072343	0.0064771	1.12	0.00	0.00241	0.02169	Normal kat
12	0.0057453	0.0072608	0.0065031	1.12	1.00	0.00242	0.02712	Normal kat
11	0.0057214	0.0072249	0.0064732	1.12	1.00	0.00241	0.03277	Normal kat
10	0.0056382	0.0071142	0.0063762	1.12	0.99	0.00237	0.03835	Normal kat
9	0.0054879	0.0069187	0.0062033	1.12	0.97	0.00231	0.04315	Normal kat
8	0.0052653	0.0066319	0.0059486	1.11	0.96	0.00221	0.04619	Normal kat
7	0.0049638	0.0062455	0.0056046	1.11	0.94	0.00208	0.04681	Normal kat
6	0.0045737	0.0057474	0.0051606	1.11	0.92	0.00192	0.04499	Normal kat
5	0.0040817	0.0051215	0.0046016	1.11	0.89	0.00171	0.04117	Normal kat
4	0.0034720	0.0043485	0.0039103	1.11	0.85	0.00145	0.03578	Normal kat
3	0.0027263	0.0034068	0.0030666	1.11	0.78	0.00114	0.02888	Normal kat
2	0.0018215	0.0022697	0.0020456	1.11	0.67	0.00076	0.02007	Normal kat
1	0.0007241	0.0008988	0.0008115	1.11	0.40	0.00030	0.00842	Normal kat

Tablo 3.16. X Yönü (-%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta X$ düst (m)	$\Delta X$ dalt (m)	$\Delta X$ ort	nbi	nki	$\Delta x/h$	$\theta_i$	kat tipi
13	0.0073786	0.0056057	0.0064921	1.14	0.00	0.00246	0.02174	Normal kat
12	0.0074015	0.0056339	0.0065177	1.14	1.00	0.00247	0.02718	Normal kat
11	0.0073605	0.0056139	0.0064872	1.13	1.00	0.00245	0.03284	Normal kat
10	0.0072432	0.0055360	0.0063896	1.13	0.98	0.00241	0.03843	Normal kat
9	0.0070394	0.0053923	0.0062158	1.13	0.97	0.00235	0.04323	Normal kat
8	0.0067426	0.0051776	0.0059601	1.13	0.96	0.00225	0.04628	Normal kat
7	0.0063447	0.0048851	0.0056149	1.13	0.94	0.00211	0.04690	Normal kat
6	0.0058339	0.0045051	0.0051695	1.13	0.92	0.00194	0.04507	Normal kat
5	0.0051940	0.0040242	0.0046091	1.13	0.89	0.00173	0.04124	Normal kat
4	0.0044060	0.0034263	0.0039162	1.13	0.85	0.00147	0.03584	Normal kat
3	0.0034485	0.0026932	0.0030708	1.12	0.78	0.00115	0.02892	Normal kat
2	0.0022950	0.0018015	0.0020482	1.12	0.67	0.00076	0.02010	Normal kat
1	0.0009073	0.0007174	0.0008123	1.12	0.40	0.00030	0.00843	Normal kat

Tablo 3.17. Y Yönü (+%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta Y$ dsol (m)	$\Delta Y$ dsağ (m)	$\Delta Y$ ort	nbi	nki	$\Delta y/h$	$\theta_i$	kat tipi
13	0.0035332	0.0071777	0.0053555	1.34	0.00	0.00239	0.01561	Normal kat
12	0.0035204	0.0071613	0.0053409	1.34	1.00	0.00239	0.01912	Normal kat
11	0.0034767	0.0070835	0.0052801	1.34	0.99	0.00236	0.02262	Normal kat
10	0.0033956	0.0069317	0.0051637	1.34	0.98	0.00231	0.02578	Normal kat
9	0.0032735	0.0066967	0.0049851	1.34	0.97	0.00223	0.02825	Normal kat
8	0.0031070	0.0063712	0.0047391	1.34	0.95	0.00212	0.02961	Normal kat
7	0.0028930	0.0059474	0.0044202	1.35	0.93	0.00198	0.02963	Normal kat
6	0.0026279	0.0054166	0.0040222	1.35	0.91	0.00181	0.02832	Normal kat
5	0.0023072	0.0047685	0.0035379	1.35	0.88	0.00159	0.02585	Normal kat
4	0.0019264	0.0039924	0.0029594	1.35	0.84	0.00133	0.02238	Normal kat
3	0.0014813	0.0030774	0.0022794	1.35	0.77	0.00103	0.01790	Normal kat
2	0.0009687	0.0020139	0.0014913	1.35	0.65	0.00067	0.01226	Normal kat
1	0.0003847	0.0007885	0.0005866	1.34	0.39	0.00026	0.00511	Normal kat

Tablo 3.18. Y Yönü (-%5) Deplasmanlar

Kat	$\Delta Y_{dsol}$ (m)	$\Delta Y_{dsağ}$ (m)	$\Delta Y_{ort}$	nbi	nki	$\Delta y/h$	$\theta_i$	kat tipi
13	0.0071692	0.0035417	0.0053555	1.34	0.00	0.00239	0.01561	Normal kat
12	0.0071528	0.0035289	0.0053409	1.34	1.00	0.00238	0.01912	Normal kat
11	0.0070751	0.0034851	0.0052801	1.34	0.99	0.00236	0.02262	Normal kat
10	0.0069234	0.0034039	0.0051637	1.34	0.98	0.00231	0.02578	Normal kat
9	0.0066887	0.0032814	0.0049851	1.34	0.97	0.00223	0.02825	Normal kat
8	0.0063636	0.0031146	0.0047391	1.34	0.95	0.00212	0.02961	Normal kat
7	0.0059403	0.0029002	0.0044202	1.34	0.93	0.00198	0.02963	Normal kat
6	0.0054101	0.0026344	0.0040222	1.35	0.91	0.00180	0.02832	Normal kat
5	0.0047628	0.0023129	0.0035379	1.35	0.88	0.00159	0.02585	Normal kat
4	0.0039875	0.0019312	0.0029594	1.35	0.84	0.00133	0.02238	Normal kat
3	0.0030736	0.0014851	0.0022794	1.35	0.77	0.00102	0.01790	Normal kat
2	0.0020114	0.0009712	0.0014913	1.35	0.65	0.00067	0.01226	Normal kat
1	0.0007876	0.0003856	0.0005866	1.34	0.39	0.00026	0.00511	Normal kat

STA4CAD Programında çıkan Maksimum Kat Deplasmanları okunmuş ve yukarıda sunulmuştur.

## 2.Düzensizlik Durumları

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeniyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken özel durumlar vardır. Bu durumlar yönetmeliklerde düzensizlik olarak tanımlanmaktadır [5,14].

TDY 6.3.2.1 A1 burulma düzensizliği: Bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesinin o kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının 1.2 den büyük olması halidir.

$1.2 < \eta_{bi} = 1.355 < 2$  , sonuç 1.2 den büyük olduğu için yapı mod süperpozisyonu dinamik analizle çözülmüştür ✓

TDY 6.3.2.1 de belirtilen B2 düzensizliği bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattakine oranının 1.5 ten fazla olması durumudur ve sağlanmaktadır . ✓

TDY 6.20 koshu sağlanmaktadır .  $.0025 < .0033$  ✓

TDY 6.21 koshu sağlanmaktadır .  $\max \theta_i = .047 < 0.12$  ✓

Aşağıda verilen Tablo 3.19. yapıya gelen yükler altında katlarda ve noktalarda oluşan maksimum kat deplasmanları ve yanal ötelenmeler verilmiştir.

Tablo 3.19. B1-Düşey doğrultudaki düzensizliklerinin kontrolü

Kat	Aw	Agx	Agy	$\Sigma A_{ex}$	$\Sigma A_{ey}$	ncix	nciy	AÇIKLAMA
13	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
12	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
11	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
10	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
9	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
8	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
7	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
6	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
5	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
4	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
3	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
2	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓
1	0.00	12.83	18.74	12.83	18.74	1.00	1.00	Düzenli ✓

TDY97 A4 düzensizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olamaması durumudur [5,14].

A4 düzensizliği bulunmamıştır. ✓

## 4. BÖLÜM

### NORMAL VE HAFİF BETONLU TÜNEL KALIP YAPI ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde; 3.bölümde birer örneği verilen 13 katlı normal ve hafif betonlu tünel kalıp yapıların 8 katlı modellemeleriyle birlikte 1., 2. ve 3. derece deprem bölgelerindeki davranışını, kesit boyutlarını, metrajlarını ve deplasmanlarını irdeleneceğiz. Bu incelemede deprem yönetmeliği ve Türk standartları esas alınmıştır.

Tablo 4.1. Değişik kat ve deprem bölgelerine göre irdelenen yapı sonuçları.

Beton Türü	Kat Sayısı	Deprem Bölgesi	Perde Kalınlığı (cm)	Beton Miktarı (m <sup>3</sup> )	Demir Miktarı (Ton)	Maksimum Oturma (mm)	Kullanılabilirlik Sınır durumu < 0,003
Normal BS18	13	1.	20	2050	281	1,960	0,00065
Normal BS18	13	2.	18	1917	253	2,220	0,00074
Normal BS18	13	3.	16	1813	219	2,930	0,00098
Hafif BS18	13	1.	40	3282	363	5,990	0,00200
Hafif BS18	13	2.	30	2757	325	6,180	0,00206
Hafif BS18	13	3.	20	2050	223	6,350	0,00211
Normal BS18	8	1.	18	1175	159	0,790	0,00026
Normal BS18	8	2.	16	1116	148	0,800	0,00027
Normal BS18	8	3.	14	1035	142	0,970	0,00032
Hafif BS18	8	1.	25	1423	157	4,070	0,00136
Hafif BS18	8	2.	20	1250	147	4,200	0,00140
Hafif BS18	8	3.	18	1175	145	4,010	0,00134

3. ve bu bölümde verilen örneklerde; 1., 2. ve 3. derece deprem bölgeleri için yapılan çalışmalar, yapıların oturmalarının kullanılabilirlik sınır durumuna göre elastisite modülünün düşük olmasına karşılık, kesitlerinin büyütülmesiyle kullanım rahatlığı sağlanmıştır.

Yukarıdaki tabloya bakıldığında; 1., 2. ve 3. derece deprem bölgeleri için normal ve hafif betonla yapılmış 13 ve 8 katlı yapıların boyutları, metrajları ve maksimum oturmaları görülmektedir. Buna göre 1. derece deprem bölgesinde 13 katlı bir yapının normal betonlu ve hafif betonlu çözümleri sonucu kesitlerin ve metrajların yaklaşık iki katına çıktığı görülmüştür [Bakınız Tablo 4.1.].

## 5. BÖLÜM

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 5.1. Normal Betonla ve Bimsli Betonla Yapılan Projelerin Boyutlar Açısından Karşılaştırılması

Yapılan tüm analizler ve değerlendirmeler; klasik beton anlayışı, davranışı, şartnamesi (TS500) ve normal beton özellikleri ile yapılmıştır.

Buna göre 3.Derece Deprem Bölgesi'nde, 13 katlı tünel kalıp sistemler için taşıyıcı sistemi oluşturan perde, kiriş ve döşeme boyutlarını karşılaştırdığımızda perde boyutlarının hafif betonla yapılan projede küçük artışlar (% 20 civarlarında) gerektirdiği, kiriş ve döşemeler için bu artışın daha az olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu elde edilenlerden sonra, 3.Derece Deprem Bölgesi için, hafif betonla yapılacak binaların kesit açısından uygun şekilde projelendirilebileceği anlaşılmaktadır.

Hafif betonlu tünel kalıp sistemin bu haliyle 1.Derece Deprem Bölgesi'nde çözüme ulaşması bizim için ekonomik olmayacak kadar kesit büyütmeyle mümkün olabilmektedir. Fakat boyut artışları sistemi verimli kılmamaktadır [Bakınız Tablo 4.1.]. 1.Derece Deprem Bölgesi'nde, yapı elemanlarında çok da olsa bir boyut artışına gidilerek, perdelerde belli miktarlarda boyut büyütmesi ile sistem çözülebilmekte ve boyutlar açısından yapılabirliği hakkında herhangi bir engel bulunmamaktadır [Bakınız Tablo 4.1.].

#### 5.2. Normal Betonla ve Hafif Betonla Yapılan Projelerin Deplasmanlar Açısından Karşılaştırılması

3.Derece Deprem Bölgesi'nde, tünel kalıp sistemler için kat deplasmanları kıyaslandığında, hafif betonla yapılan projelerde kat deplasmanlarının normal betonla yapılan projelerde görece kat ötelemeleri hesaplandığında elde edilen değerlerden yaklaşık üç kat kadar daha büyük deplasman değerleri elde edildiği ve bu değerlerin şartname sınırları içinde olduğu görülmektedir .

Döşeme ve kiriş sehimleri, hafif betonla yapılan projelerde yine normal betonla projelendirilen duruma göre artışlar görünse de, bu değerler kabul edilebilir sınır değerleri aşmamaktadır. Fakat, elastisite modülü ve atalet momenti düşük olan döşemelerde ani yüklemeler fazla sehime yol açabilmektedir.

Hafif betonla imal edilecek yapıların çözüm aşamasında deplasman kontrollerinin dikkatli bir şekilde incelenip, kontrollerinin yapılması gerekir.

1.Derece Bölgesi'nde ise normal betonlu tünel kalıp yapıların bu haliyle yüksek kat deplasmanları verdiği bilinmektedir [Bakınız Tablo 4.1.]. Sistemdeki perdelerin boyutları biraz büyüdüğü zaman, yüksek çıkan kat deplasmanlarında yukarıda anlatılan klasik beton davranışı kabulü ile çözüm yapıldığında kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunmayan görelî kat deplasmanlarında bir azalma olduğu ve bu azalmanın da kat deplasmanlarını ve görelî kat deplasmanlarını kabul edilebilir sınır değerleri içerisine çektiği görülmüştür. Hafif betonun poisson oranı ve rötre özelliklerini tam olarak bilinmediği için, normal beton ortalama karakteristikleri ile analiz yapan STA4CAD programının sonuçlarının tam doğru olduğu söylenemez. Dolayısıyla, bilgisayar programı çıktılarına göre kullanılabilir olarak gözüken bimsli taşıyıcı betonun tünel kalıp binalarda uygulanabilmesi için 2 katlı 1/2-3 ölçekli modellerin actuator ile yüklenerek model deneylerinin yapılması ve sonuçlarının irdelenmesi gerekir .

### 5.3. Normal Betonla ve Bimsli Betonla Yapılan Projelerin Metraj Açısından Karşılaştırılması

Tablo 5.1 Metraj Karşılaştırma Tablosu

	<b>3.Derece Deprem Bölgesi</b>	
	Normal Beton	Hafif Beton
TOPLAM BETON HACMİ (m <sup>3</sup> )	1813	2050
TOPLAM DONATI AĞIRLIĞI (ton)	218	223

3. Derece Deprem Bölgesi'nde, projelerin metraj değerleri incelendiğinde, beton metrajlarının hafif betonlu durum için % 15-20 kadar daha fazla beton hacmi gerektirdiği görülmüştür. Donatı çelikleri düşünüldüğünde, farklı çaplarda farklı miktarlar elde edilse de toplam donatı çeliği miktarı, hafif betonlu durumda normal betonlu durumdan % 10-15 kadar daha fazla donatı gerektir. Bunun bir sebebi de artan beton alanına konulacak minimum donatı oranı artacağı için, demir miktarı artmış olacaktır. Klasik beton teorisi ile çözüm yapıldığında 3. derece deprem bölgesi'nde boyutlar ve deplasmanlar açısından yukarıda açıklanan problemleri veren bu hafif betonlu tünel kalıp sistem, normal betonlu tünel kalıp sisteme göre daha fazla donatı ve beton içermektedir. Bu da, işin ekonomik olarak da maliyetli olduğunu göstermektedir.

Bütün bu sonuçlar da seçilen projelerin simetrik olduğu, herhangi bir yapısal düzensizliğinin bulunmadığı hatırlanarak uygulama alanı bulacak simetrik olmayan diğer projelerde sonuçların daha farklı çıkacağı düşünülebilir. Ancak burada elde edilen sonuçların yanında ısı ve ses yalıtımındaki avantajlarının ekonomik boyutu da düşünülmelidir [Tablo 5.1.].

Çimento dozajında, normal ağırlıklı betona göre metreküpte 100 kg kadar fazlalığı olan hafif beton, agregasının daha ucuz bulunabilmesine karşın, baştan normal betondan bir miktar daha pahalı olabilir. Bina zati yükündeki %20 - %30 kadar azalma, deprem yüklerine karşı daha iyi sönümleme ve dinamik enerji alma potansiyeli, binanın daha iyi ses ve ısı yalıtımı avantajları hesaba katıldığında, taşıyıcı hafif beton ile imal edilecek betonarme bir bina daha ekonomik olabilir. Bu çalışmada detaylı bir maliyet analizi yapılmamıştır.

#### **5.4. Normal Betonla ve Bimsli Betonla Yapılan Projelerin Farklı Yönlerden Karşılaştırılması**

Yukarıda da bahsedildiği gibi uzun süren pratik ve teorik çalışmalar sonucu normal betonun yapısı, yükler altında davranışı, donatı çeliği ile uyumu, güvenlik katsayıları vs. gibi önemli özellikleri hakkında artık yeterince bilgi mevcuttur [9,11,12,13,15,19,23,28,29,30,31].

Bu çalışmadaki hesap ve analizler klasik beton ve betonarme yaklaşımları ve özömleme yolları kullanılarak yapılmıştır. Bu özömlerin hafif beton için tam olarak geçerli olmayacağı bilinmelidir.

Fakat hafif betonun yeni bir malzeme olması sebebiyle, davranışını, fiziksel ve mekanik özelliklerini tam olarak bilemememiz ve uzun süreli davranışını anlayabilmek için yeterli zamanın olmamasından dolayı onu hangi sınırlar ve şartlar altında kullanabileceği tam olarak belirlenmelidir.

Bunun yanında klasik betonarme prensiplerinde kullandığımız güvenlik ve malzeme katsayıları hafif beton için aynen geçerli olmayabilir.

Hafif betonun fiziksel ve mekanik özellikleri deneysel ve teorik olarak bulunup ortaya konulursa ve bu bilgiler altında özömler yapılırsa, daha güvenli, ekonomik ve doğru sonuçlar elde edilebilir. Hafif beton ile üç- dört katlı binalar yapılsa da (Almanya' daki BMW binası gibi), bu araştırma ile yüksek katlı tünel kalıp sistemler için bu çalışmada bazı temel özellikleri verilen Erciyes Dağı bimsinden elde edilen hafif betonun doğrudan kullanılabilir olduğu söylenemez. 2-3 katlı modellerin, actuator altında dinamik yüklemesinin yapılıp, çatlak oluşumu, sehim, tersinir-tekrarlanır yükler altında enerji yutma kapasitesi gibi birçok ilgili davranış özelliklerinin deneysel olarak tespit edilmesi çok yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Haktanır, T. and Altun, F. Structural Lightweight concrete with pumice aggregates of Erciyes Region. Innovations and Developments in Concrete Materials and Construction, Proceedings of the International Congress on Challenges of Concrete Construction, 587-596, University of Dundee, 9-11 September 2002.
2. Altun F., Haktanır T., Kayseri Yöresi Hafif Agregaları İle Üretilen Hafif Beton Özelliklerinin Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırılması, İMO XV. Teknik Kongresi, Ankara, Kayseri, 1997.
3. Cengizkan K., Ersoy U., Betonarmede Bims Kullanımı Üretim Yöntemi ve Davranış Özellikleri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir, 1999
4. Floyd, O.Slate, A., Nilson H.,Salvador, Martinez, Mechanical Properties of High-Strength Lightweight Concrete, ACI Journal, 3,24-25,1986
5. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi,1998
6. Türk Standartları, Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesapları (TS 2511), TSE, Türkiye,1977
7. Akman M.S., Yapı Malzemeleri İ.T.Ü. İstanbul, 1990
8. Altun F., Kompozit Beton Yapı Elemanlarının Basit Eğilme Etkisi Altında İncelenmesi, Doktora Tezi, Yıdıa Teknik Ünivrsitesi, İstanbul, 1990
9. Bertay İ., Betonarme Taşıma Gücü ve Kesit Hesapları, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye ,1989
10. Bims Agrega İle Taşıyıcı Hafif Beton İmalatı, İzmir İnşaat Mühendisleri Odası,1999
11. Celeb Z., Kumbasar N., Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık., İstanbul ,1998
12. Ersoy U., Betonarme I ,Evrin Yayınevi, İstanbul, 1995
13. Ersoy U., Betonarme II ,Evrin Yayınevi, İstanbul, 1995
14. TSE (2000) Türk Standartları, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları ( TS 500), TSE, 2000.
15. Türk Standartları, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri ( TS 498), TSE, 1987
16. Apay, A., Balkabak, 1., Fırat, S, "Tünel Kalıp Sistemin Genel Özellikler ve Toplu Konutlardaki Sorunların irdelenmesi" SDÜ Dergisi 2000, Isparta.
17. Bilyap, S. : "Mukavemet Problemleri - Çözümlü veya Cevaplı", Nam Matbaası, Ankara, 1971.

18. Bekir Postacıoğlu, Beton, Cilt 1, İTÜ İnşaat Fak., Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul,1996.
19. ACI (1991) Standart Practice for Selecting Proportions for Structurel Lightweight Concrete (ACI 211.2-91). American Concrete Institute, ACI Committee 211.
20. Cengizkan, K. (1986) An Investigation of Reinforced Pumice Concrete. Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Şubat 1986.
21. Hüsem, M. ve Durmuş, A.(1993) Karadeniz Bölgesi Hafif Agregaları ile Üretilen Taşıyıcı Betonlar . İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, 1. Teknik Kongre, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Gazi Mağusa, KKTC, 25-27 Ekim 1993, Bildiriler Kitabı Cilt I, 580-589.
22. Taşdemir, M.A.(1982) Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışları. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 120. sayfa.
23. Tekin, M.D. and Ilgün, A.K. (1996) Production of Concrete from Light Weight Aggregates and its Usability for Reinforced Concrete Beams. Fourth International Conference on Concrete Technology in Developing Countries. 7-8 November, 1996, Gazi Mağusa, Turkish Republic of Northern Cyprus, Proceedings, 417-424.
24. TSE (1976) TS-1114, Hafif Agregalar (Beton İçin). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
25. TSE (1977) TS-2511, Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesap Esasları . Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
26. TSE (1980) TS-3526, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
27. TSE (1980) TS-3530, Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
28. TSE (1981) TS-3502, Betonda Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
29. TSE (1985) TS-802, Beton Karışım Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
30. TSE (1986) TS-2823, Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
31. TSE (1990) TS-3114, Beton Basınç Mukavemeti Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
32. TSE (1992) TS-10156, Çimento-Katkılı Çimento. Türk Standartları Enstitüsü,

Ankara.

33. GÜNDÜZ, L. Volkanik Cüruflar ile Hafif Yapı Blokları Üretimi ve Yeni Ürün Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma ve Geliştirme Merkezi, 2001-2002, Isparta.
34. Amasralı, S. STA4CAD Kullanım kılavuzu.2005, İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : Haceli MARAŞLI  
**Baba adı** : Aziz  
**Anne adı** : Türkan  
**Doğum yeri ve tarihi** : Elbistan – K.MARAŞ, 17.12.1979

17.12.1979 K.Maraş, Elbistan doğumluyum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Elbistan'da tamamladım. 1996 yılında Niğde Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandım. 2000 yılında okulumu bölüm ve fakülte birincisi olarak bitirdim. 2001 yılında Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü yüksek lisans programını kazandım. Bu üniversitede YADEM (Yabancı diller eğitim merkezi)'i iyi derece ile bitirdim. 2002 yılında Erciyes Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü yüksek lisans programını tekrar kazanarak yüksek lisansa Kayseri 'de tez aşamasında devam etmekteyim. Evliyim. Askerliğimi yaptım. 2005 yılında Erciyes Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'nda uzman olarak işe başladım. Halen bu görevde çalışmaktayım.

**Adres** : Mim-Sin. Sit. Gözde Apt. No: 10/19  
38030 Melikgazi / KAYSERİ  
**Tel** : 0-352-437 49 30  
0-533-571 58 33  
**Fax** : 0-352-437 52 75  
**e-posta** : [maraslih@erciyes.edu.tr](mailto:maraslih@erciyes.edu.tr)