İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI TİPTEKİ BETONARME YAPILARIN STA4CAD VE ETABS PROGRAMLARI İLE ÇÖZÜLMESİ VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Can SIRLIBAŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI TİPTEKİ BETONARME YAPILARIN STA4CAD VE ETABS PROGRAMLARI İLE ÇÖZÜLMESİ VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Can SIRLIBAŞ
(501091095)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdul HAYIR

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091095 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Can SIRLIBAŞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"FARKLI TİPTEKİ BETONARME YAPILARIN STA4CAD VE ETABS PROGRAMLARI İLE ÇÖZÜLMESİ VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmustur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Abdul HAYIR** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Ünal ALDEMİR** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. İrfan COŞKUN Yıldız Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **21 Ocak 2013**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince yardımlarını ve hoşgörüsünü esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Abdul HAYIR' a gösterdiği yakın ilgi ve değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Öğrenim hayatım boyunca hep yanımda hissettiğim ve burada olmama sebep olan aileme herşey için teşekkür ederim.

Aralık 2012

Can SIRLIBAŞ
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
SEMBOL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı 1
1.2 Kullanılan Programlar Hakkında Genel Bilgiler 2
1.2.1 Sta4CAD programı 2
1.2.2 ETABS programı 2
1.3 Sonuçların Karşılaştırılmasında İzlenen Yol 2
2. TASARIM KRİTERLERİ **5**
2.1 Malzeme 5
2.2 Deprem ve Zemin Parametreleri 5
2.2.1 Deprem bölgesi 5
2.2.2 Zemin sınıfı 6
2.2.3 Bina önem katsayısı 6
2.2.4 Hareketli yük katılım katsayısı 7
2.3 Yükler 7
2.3.1 Öz ağırlık yükleri 7
2.3.2 Kaplama yükleri 7
2.3.3 Hareketli yükler 7
2.4 Deprem Hesabı 8
2.4.1 Sta4CAD programı ile deprem hesabı 8
2.4.2 ETABS programı ile deprem hesabı 9
3. TAŞIYICI SİSTEMİ SİMETRİK OLAN YAPI **13**
3.1 Poligon Perdeli Sta4CAD Modeli 13
3.2 Panel Perdeli Sta4CAD Modeli 13
3.3 ETABS Modeli 15
3.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması 16
3.4.1 Yapı periyotları grafikleri 18
3.4.2 $(\delta_i)_{max} / h_i$ değerleri 20
3.4.3 Taban kesme kuvvetleri 21
3.5 Genel Değerlendirme 22
4. TAŞIYICI SİSTEMİ SİMETRİK OLMAYAN YAPI **23**
4.1 Poligon Perdeli Sta4CAD Modeli 23
4.2 Panel Perdeli Sta4CAD Modeli 23
4.3 ETABS Modeli 25

4.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması 25
4.4.1 Yapı periyotları grafikleri 27
4.4.2 $(\delta_i)_{max} / h_i$ değerleri 29
4.4.3 Taban kesme kuvvetleri 30
4.5 Genel Değerlendirme 32
5. TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENSİZ 30 KATLI BETONARME BİNA 33
5.1 Tasarım Kriterleri 33
5.1.1 Malzeme 33
5.1.2 Minimum beton örtüsü (pas payları) 33
5.1.3 Deprem ve zemin parametreleri 34
5.1.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) seçimi. 34
5.1.5 Yükler 34
5.1.5.1 Öz ağırlık yükleri 34
5.1.5.2 Kaplama yükleri 35
5.1.5.3 Hareketli yükler 35
5.1.5.4 Duvar yükleri 35
5.1.6 Deprem hesabı 35
5.1.6.1 Sta4CAD programı ile deprem hesabı 35
5.1.6.2 ETABS programı ile deprem hesabı 36
5.2 Sta4CAD Modeli 41
5.3 ETABS Modeli 43
5.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması 45
5.4.1 Yapı periyotları 45
5.4.2 (δİ)max / hi değerleri 45
5.4.3 Taban kesme kuvvetleri 46
5.4.4 Betonarme hesapları 47
5.4.4.1 Sta4CAD programında betonarme hesapları 47
5.4.4.2 ETABS programında betonarme hesapları 47
5.4.5 Demir ve beton metrajları 53
5.5 Genel Değerlendirme 53

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 55
KAYNAKLAR 57
ÖZGEÇMİŞ 59

KISALTMALAR

DBYBHY **:** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
TS-500 **:** Türk Standartları 500

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Deprem ve zemin parametreleri.....5
Çizelge 2.2 : Etkin yer ivme katsayısının seçildiği çizelge 6
Çizelge 2.3 : Spektrum karakteristik periyotlarının seçildiği çizelge.....6
Çizelge 2.4 : Bina önem katsayısının seçildiği çizelge.....6
Çizelge 2.5 : Hareketli yük katılım katsayısının seçildiği çizelge 7
Çizelge 2.6 : Kaplama yükleri.....7
Çizelge 3.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların sonuçları. 17
Çizelge 4.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların sonuçları.....26
Çizelge 5.1 : Paspayları. 33
Çizelge 5.2 : Deprem ve zemin parametreleri.....34
Çizelge 5.3 : DBYBHY-2007' deki R katsayısı seçim çizelgesi 34
Çizelge 5.4 : Kaplama yükleri.....35
Çizelge 5.5 : 30 katlı binanın Sta4CAD ve ETABS model sonuçları.....45
Çizelge 5.6 : Modellerde yapılan arttırım değerleri. 46
Çizelge 5.7 : Demir ve beton metrajları.....53

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 30 katlı simetrik taşıyıcı sistemli Sta4CAD modeli yapı genel bilgileri ..8
Şekil 2.2 : ETABS programında oluşturulan spektrum grafiği. 10
Şekil 2.3 : ETABS modellerinde oluşturulan spektrum grafiğinin noktaları. 11
Şekil 3.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik poligon perdeli Sta4CAD modeli. 14
Şekil 3.2 : Taşıyıcı sistemi simetrik panel perdeli Sta4CAD modeli. 14
Şekil 3.3 : Taşıyıcı sistemi simetrik ETABS modeli. 15
Şekil 3.4 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen 1. periyot grafikleri 18
Şekil 3.5 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen 2. periyot grafikleri 19
Şekil 3.6 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen 3. periyot grafikleri 19
Şekil 3.7 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü $(\delta_i)_{max}/ h_i$ değerleri. 20
Şekil 3.8 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü $(\delta_i)_{max}/ h_i$ değerleri. 20
Şekil 3.9 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü V_t değerleri. 21
Şekil 3.10 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü V_t değerleri. 21
Şekil 4.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan poligon perdeli Sta4CAD modeli. ...24
Şekil 4.2 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan panel perdeli Sta4CAD modeli. 24
Şekil 4.3 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan ETABS modeli. 25
Şekil 4.4 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen 1. periyot grafikleri 27
Şekil 4.5 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen 2. periyot grafikleri 28
Şekil 4.6 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen 3. periyot grafikleri 28
Şekil 4.7 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü $(\delta_i)_{max}/ h_i$ değerleri. 29
Şekil 4.8 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü $(\delta_i)_{max}/ h_i$ değerleri. 30
Şekil 4.9 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü V_t değerleri. 31
Şekil 4.10 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü V_t değerleri. 31
Şekil 5.1 : 30 katlı betonarme bina Sta4CAD modeli yapı genel bilgileri 36
Şekil 5.2 : ETABS programında R=6 için oluşturulan spektrum grafiği 37
Şekil 5.3 : ETABS modelinde R=6 için oluşturulan spektrum grafiğinin noktaları 38

Şekil 5.4 : ETABS programında R=2 için oluşturulan spektrum grafiği. 39
Şekil 5.5 : ETABS modelinde R=2 için oluşturulan spektrum grafiğinin noktaları 40
Şekil 5.6 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı Sta4CAD 3B görünüşü ... 41
Şekil 5.7 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı Sta4CAD modeli 42
Şekil 5.8 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı ETABS 3B görünüşü..... 43
Şekil 5.9 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı ETABS modeli.....44
Şekil 5.10 : ETABS modeli 4. kat gerekli kiriş donatı alanları. 48
Şekil 5.11 : ETABS modeline atanan pier numaraları. 50
Şekil 5.12 : ETABS modelinde 'section designer' modulü kullanılarak tanımlanan 30-280 perde boyuna donatısı. 51
Şekil 5.13 : ETABS modeli P1 perdesi kesme ve eğilme hesabı excel tablosu. 52

SEMBOL LİSTESİ

A_0 : Etkin yer ivme katsayısı
A(T) : Spektral İvme Katsayısı
f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ywd} : Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk} : Enine donatının karakteristik akma dayanımı
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
H_w : Temel üstünden veya zeminden ölçülen toplam perde yüksekliği
I : Bina Önem Katsayısı
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T_1)$: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
s : Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı
W : Binanın hareketli yük katılım katsayısı ile bulunan ağırlığı
β_v : Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
S(T) : Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme (m/s^2)
T_A , T_B : Spektrum karakteristik periyotları (s)
V_t :Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_{tB} :Mod Birleştirme Yöntemi' nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleşitirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
β :Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplana büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
Δ_i :Binanın i'nci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi
δ_i :Binanın i'nci katındaki etkin göreli kat ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$:Binanın i'nci katındaki maksimum etkin göreli kat ötelemesi

FARKLI TİPTEKİ BETONARME YAPILARIN STA4CAD VE ETABS PROGRAMLARI İLE ÇÖZÜMLERİ VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu tez kapsamında, depreme karşı dayanıklı yapıların projelendirilmesinde Türkiye' de yaygın olarak kullanılan iki program olan 'Sta4CAD' ve 'ETABS' programlarında çözülmüş olan binaların analiz sonuçları arasındaki farklar incelenmektedir. Sta4CAD programında çekirdek perdelerinin modellenmesi için, poligon perde ve panel perde olmak üzere 2 farklı modelleme tipi bulunmaktadır. Bu nedenle tez kapsamında analiz sonuçları incelenen yapıların poligon perdeli Sta4CAD modelleri, panel perdeli Sta4CAD modelleri ve ETABS modelleri yapılmıştır. İlk olarak taşıyıcı sistemi simetrik olan betonarme bir yapı hem Sta4CAD programı ile 2 farklı şekilde, hem de Etabs programı ile çözülmüştür. Bu çözümlerde her 3 modelleme tipi için aynı kalıp planının 5,10,15,20,25 ve 30 katlı yapılar olmak üzere 6 farklı model oluşturulmuştur. Bu 18 modelin analiz sonuçları karşılaştırıldığında, sonuçların birbirleriyle çok yakın olduğu görülmüştür. Daha sonra taşıyıcı sistemi simetrik olmayan betonarme bir yapı, aynı şekilde 3 farklı şekilde modellenmiş ve oluşturulan 18 model arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların analiz sonuçları arasında ciddi farklılıklar görülmüştür. ETABS model sonuçları lineer bir görüntü verirken, panel perdeli Sta4CAD modellerinde oldukça değişken sonuçlar çıkmıştır. Poligon perdeli Sta4CAD modellerinin ise diğer 2 model tipine göre daha rijit bir davranış gösterdiği görülmüştür. Son olarak taşıyıcı sistemi düzensiz 30 katlı betonarme bir yapının Sta4CAD ve ETABS model sonuçları karşılaştırılmış, betonarme hesaplar yapılarak metrajları çıkarılmıştır. Sta4CAD modelinin ETABS modeline göre daha rijit davranışı, analiz sonuçlarının oldukça farklı çıkmasına ve Sta4CAD metraj değerlerinin daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Yapılan 3 farklı çalışma sonuçları değerlendirildiği zaman, taşıyıcı sistemi simetrik olan yapılarda her 3 modelleme tipinde de analiz sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın çıktığı görülmüştür. Fakat taşıyıcı sistemi simetrik olmayan ya da düzensiz olan yapılarda her 3 modelleme tipindeki analiz sonuçları birbirinden oldukça farklı çıkmıştır. Taşıyıcı sistemi düzensiz ve yüksek katlı betonarme yapılarda ETABS programı ile çözümün daha ekonomik çıktığı görülmüştür. Periyot, deplasman ve deprem kuvvetleri sonuçlarının her 3 modelleme tipinde oldukça farklı çıkması, bir yapının statik analizleri yapılırken, hangi modelleme tipinin seçileceği konusunda ayrıntılı şekilde düşünülerek karar verilmesi gerektiğinin bir göstergesidir.

STATIC ANALYSIS OF DIFFERENT TYPE OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS USING STA4CAD AND ETABS PROGRAMS AND COMPARISON OF ANALYSIS RESULTS

SUMMARY

Construction sector is the sector that has the biggest share in the growth of Turkey which continuously develops and grows in terms of economy and technology every day. This growth booms construction sector and enables more projects to be implemented. In particular, the buildings which are determined not to be resistant to earthquake will be demolished under the urban transformation project for which serious steps have been taken in recent years, and buildings which are resistant to earthquake will be constructed according to the new regulations. For the projects of both new buildings and also those buildings which will be demolished and re-constructed, one of the most significant roles will be undertaken by civil engineers who will prepare static projects. It is very important to design such buildings to be resistant to earthquake in our country where earthquake risk is very high. In this process, the biggest helper of those civil engineers preparing projects is certainly package programs used by many project companies.

The assistance and contribution of those package programs to civil engineers particularly in our country where projects are required to be prepared urgently is very much. However, the format of those programs enables them to be used simply by those who know how to use a computer and allows the engineers, who do not even understand the treatment and calculation principles of load-bearing system, to prepare static projects. Therefore, static projects prepared through this type of package programs should be discussed and checked for correctness and accuracy.

Under this thesis, the analysis results of the buildings modeled using Sta4CAD package program which are widely used in Turkey and accepted by those companies related to calculation reports and the ETABS program developed by CSI Company will be compared. The purpose of this comparison is to see the differences between the results of analyzes and study the reasons for them.

The procedure followed under the comparison of analysis results of those two programs is as follows: first of all, a symmetric structure with the structural system consisting of core walls and columns was selected. The polygon-wall Sta4CAD model, panel-wall Sta4CAD model and ETABS model of such structure were modeled in 6 different forms as 5,10,15,20,25 and 30 stories. The first three periods of those 18 different models created, base shear forces in x and y directions and efficient relative story drifts in x and y directions were found and their graphics were prepared to compare the results.

Secondly, a non-symmetric structure with the structural system consisting of a large core wall and columns was selected. The polygon-wall Sta4CAD model, panel-wall Sta4CAD model and ETABS model of such structure were modeled in 6 different

forms as 5,10,15,20,25 and 30 stories. The first three periods of those 18 different models created, base shear forces in x and y directions and efficient relative story drifts in x and y directions were found and their graphics were prepared to compare the results.

Finally, 30-story tower structure whose structural system is fully irregular and which fully consists of structural wall was modeled using Sta4CAD and ETABS programs. The first three periods of those two models, base shear forces in x and y directions and efficient relative story drifts in x and y directions were found and their graphics were prepared to compare the results. Also, based on the forces created in the both models, reinforced concrete calculations were made, necessary rebar areas were found and rebar and concrete quantities were calculated.

The structure whose structural system is symmetric consists of 4 core walls and the square columns properly placed around core walls. Axis distances are 6 m. Beam height is 60 cm, plate thickness is 20 cm. The structure's polygon-wall Sta4CAD model, panel-wall Sta4CAD model and ETABS model are modeled in six different shapes as having 5, 10, 15, 20, 25 and 30 storey. 5- and 10-storey buildings have 1 basement story while 15- and 20-storey buildings have two basement stories and, 25- and 30-storey buildings have three basement stories. The column dimensions are increased regularly due to the axial forces which increase as proportional to the increased storey number and such increase is applied identically in all model types. 3D static analyses are performed for 18 different models created and the results obtained from such analyses are compared.

The most important issues which must be considered when examining the analysis results of any structure are the periods of the structure, displacements and the earthquake forces acting on the structure. Therefore, the initial 3 dominant periods, the ratio of maximum effective relative story displacements for both directions to the story height, and the total base shearing forces acting on the structures from both directions are determined for each of the 18 models. Such data is compiled into the tabular form in the same table. Furthermore, such data are used to plot graphs in order to enable better observation of the relationship of the changes at different model types with each other as the number of stories increase.

Upon examination of the analysis results of 18 models entered by using 3 distinct modeling software, the results particularly between polygon-wall Sta4CAD models and panel-wall Sta4CAD models are obtained to be too proximate to each other at the building with symmetrical structural system. Although the results of ETABS model, on the other hand, present some differences, such differences are negligible. Each 3 modeling types of this structure with symmetrical structural system provides results that are very close to each other.

The structure with unsymmetrical structural system comprises of a large core located left of the plan and regularly placed square columns located right of the core. Axis distances are 8 m. Beam height is 60 cm, plate thickness is 20 cm. The polygon-wall Sta4CAD model, panel-wall Sta4CAD model and ETABS model of this structure are modeled in six different shapes as having 5, 10, 15, 20, 25 and 30 storey. 5- and 10-storey buildings have 1 basement story while 15- and 20-storey buildings have two basement stories and, 25- and 30-storey buildings have three basement stories. The column dimensions are increased regularly due to the axial forces which increase as proportional to the increased storey number and such increase is applied identically

in all model types. 3 dimensional static analyses are performed for 18 different models created and the results obtained from such analyses are compared.

The most important issues which must be considered when examining the analysis results of any structure are the periods of the structure, displacements and the earthquake forces acting on the structure. Therefore, the initial 3 dominant periods, the ratio of maximum effective relative story displacements for both directions to the story height, and the total base shearing forces acting on the structures from both directions are determined for each of the 18 models. Such data is compiled into the tabular form in the same table. Furthermore, such data are used to plot graphs in order to enable better observation of the relationship of the changes at different model types with each other as the number of stories increase.

Upon examination of the analysis results of 18 models entered by using 3 distinct modeling software, while the results obtained from the ETABS model at the building with unsymmetrical structural system provided more linear results as the number of stories increased, the results obtained from both types of Sta4CAD model provided rather irregular results. The results of both polygon-wall and panel-wall Sta4CAD models are discordant both with each other and the results of ETABS model. It is observed that, at the polygon-wall Sta4CAD models, the polygon wall demonstrated more rigid behavior and therefore lower values are obtained for periods and displacement values while higher values are obtained for base shearing forces. As the story height increases, however, the results converge to the results of the ETABS model. The results of the panel-wall Sta4CAD model, on the other hand, proved to be extremely irregular. Upon examination of the graphical results of this system, 'S' shaped graph patterns are encountered more frequently compared to other modeling types.

Finally, Sta4CAD and ETABS models of 30-storey reinforced concrete building having an irregular structural system, totally comprising of walls, are generated, the analysis results, which were compared in the previous section, are compared and, in addition to all these, reinforced concrete calculations are carried out in order to determine the areas requiring rebars; the drawings are produced for such areas and quantity surveys are performed for rebar and concrete. The axis distance of the building with 3 basement stories vary in the range of 2.8m to 7.5m and the beam height is 50cm while the plate thickness is 17cm.

The initial 3 dominant periods, the ratio of maximum effective relative story displacements for both directions to the story height, and the total base shearing forces acting on the structures from both directions of the building modeled with both software, which were compared in the previous section, will also be compared in this section. Such data is compiled into the tabular form in the same table. Furthermore, the reinforced concrete calculations of the buildings will be performed in both Sta4CAD and ETABS software and rebar and concrete quantities survey results will be compared according to the identified area of rebar.

The more rigid behavior of Sta4CAD model compared to ETABS model that we observed at the results obtained for the buildings having unsymmetrical structural system is also observed at the results of such models. In particular, the period at the Y axis is calculated as 3.50 seconds in the ETABS model while such value is calculated as 2.87 seconds in the Sta4CAD model. Due to such significant difference at the periods, displacements at the ETABS model are calculated to be higher when compared to the displacements in Sta4CAD model. When especially (δİ)max / hi

values in the Y axis are investigated, the results produced by the Sta4CAD model are convenient while the values in the ETABS model are very proximate to 0.02 value, which is the limit value for this condition. If the number of stories at the building in the models are more than 30, Sta4CAD model would be below the limit value, while (δİ)max / hi values of the ETABS model would most probably exceed the limit value. The building which conforms to the conditions of the regulation when modeled with Sta4CAD software would not be able to meet the conditions of the regulation if modeled with ETABS software.

Examination of the bill of quantities revealed identical quantities for story rebar in both models while differences are observed at the quantities of columns and beams. The quantity of beam rebar is calculated to be 60% more in the solution produced with the Sta4CAD software when compared to the solution in ETABS software. This ratio might be the best indication of the severe difference between the analysis results of the models. The reason underlying such difference is that the Sta4CAD model demonstrates more rigid behavior compared to the ETABS model, which leads to an increased rebar areas calculated particularly at the beams. Such increase at the rebar also caused exceeding of the beam's maximum rebar areas, thus enlargement of the beam cross-sections. When the wall quantities are examined, the wall quantity in the solution generated with ETABS software is calculated to be 9% more as compared to the solution in the Sta4CAD software. The most significant reason for such increase, on the other hand, is that serious bending moment values are calculated at the ETABS model particularly at the first 10 stories at the walls with P1, P7, P10, P17 and P22 pier desigs. In order to compensate such bending moments, longitudinal rebars are applied to such walls. Taking the wall directions into consideration, it is observed that all of such walls are aligned in the Y axis. The fact that the period in Y axis is significantly higher when compared to the Sta4CAD model means that the displacements in this direction, therefore the bending at such walls, will be higher. Thus, the bending moments at such walls are calculated to have higher values in the ETABS model, increasing the longitudinal rebar quantity at such walls. If we are to consider the grand total, the total quantity of rebar calculated at the solution produced with the Sta4CAD software is 15% more than the total quantity of rebar calculated at the solution produced with the ETABS software. The concrete quantity, on the other hand, is calculated as 7% more at the solution in the Sta4CAD model as compared to the ETABS model.

Evaluation of the results from 3 distinct studies revealed that the analysis results at all three modeling types in the buildings having symmetrical structural system are calculated to be very proximate to each other. The analysis results at all three modeling types in the buildings having unsymmetrical structural system or buildings which are irregular, however, are calculated to be very different from each other. It is further observed that the solution generated with the ETABS software is calculated to be more economic at the high-rise reinforced concrete buildings with irregular structural system. Rather different values for the period, displacement and earthquake forces results at each 3 modeling types is an indication of the fact that the decision as regards selection of which modeling type when performing static analyses of any structure must be adopted after comprehensive consideration.

1. GİRİŞ

Her geçen gün ekonomik olarak büyüyen ve teknolojik açıdan gelişen Türkiye' de bu yükselişte en çok pay sahibi olan sektör şüphesiz ki inşaat sektörüdür. Bu yükseliş inşaat sektörünün de giderek hareketlenmesine, daha çok projenin hayata geçirilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle son zamanlarda ciddi adımların atıldığı kentsel dönüşüm projesi kapsamında depreme karşı dayanıksız olduğu belirlenen yapılar yıkılarak yerine yeni yönetmeliklere uygun depreme karşı dayanıklı yapılar inşa edilecektir. Hem yeni, hem de yıkılıp yeniden inşa edilecek olan yapıların projelerinde en büyük görevlerden biri de statik projeleri yapacak olan inşaat mühendislerindedir. Deprem riskinin çok yüksek olduğu ülkemizde bu yapıların depreme karşı dayanıklı bir şekilde tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte ise projeleri yapan inşaat mühendislerinin en büyük yardımcısı kuşkusuz bir çok proje firması tarafından kullanılan paket programlardır.

1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı

Kullanılan paket programların özellikle projelerin hızlı bir şekilde istendiği ülkemizde, inşaat mühendislerine olan yardımı ve katkısı oldukça fazladır. Fakat bu programların sadece bilgisayar kullanmasını bilen birisi tarafından bile kullanılacak bir formatta olması; günümüz mühendislerinin, taşıyıcı sistemin davranışını ve hesap ilkelerini kavramamış olsa dahi statik proje yapmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, bu tür paket programlar ile yapılan statik projelerin irdelenmesi ve doğruluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında, Türkiye' de yaygın bir şekilde kullanılan ve hesap raporları ilgili kurumlar tarafından kabul edilen Sta4CAD paket programı ile CSI firması tarafından çıkarılan ETABS programı kullanılarak modellenen yapıların analiz sonuçları karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmanın yapılmasındaki amaç, analiz sonuçları arasında çıkan farkların görülmesi ve nedenlerinin araştırılmasıdır.

1.2 Kullanılan Programlar Hakkında Genel Bilgiler

1.2.1 Sta4CAD programı

Sta4CAD programı Türkiye' de statik proje ofisleri tarafından yaygın bir şekilde kullanılan, yapının 3 boyutlu statik ve betonarme analizlerini ilgili standart ve yönetmelikleri esas alarak yapan bir paket programdır. Bu sonuçlar doğrultusunda bütün detay çizimlerinin de verilmesi bu programın çok cazip bir hale gelmesine neden olmuştur. Sta4CAD programında yapıların çekirdek perdeleri 2 farklı şekilde modellenebilmektedir. Bunlardan bir tanesi tek bir atalete sahip ve tek parça olarak çalışan poligon perde tipidir. Bir diğeri ise sonlu elemanlardan oluşan ve her bir çekirdek parçasının ayrı ayrı girilmesini gerektiren panel perde tipidir. Programın kullanım kılavuzunda poligon perdenin her hangi bir kolunun uzunluğunun kat yüksekliğinin 2 katı veya 5m' den büyük olmaması durumunda teorik sonucu sağladığı belirtilmektedir. Bu koşulların sağlanmadığı perdelerde panel perde tipinin kullanılması önerilmektedir.

1.2.2 ETABS programı

ETABS programı; 1975 yılında kurulan ve yazılımları 2008 yılından itibaren ISO9001 kalite sertifikasına sahip CSI firmasının bir yazılımıdır ve özellikle bina türü yapıların 3 boyutlu statik analizleri için tasarlanmıştır. CSI firması dünya çapında 160' tan fazla ülkede kullanılan, Tayvan' daki Taipei Finans Merkezi (dünyanın en yüksek 2. binası), New York' taki One World Trade Center, Pekin' deki Pekin Ulusal Stadyumu gibi dünya çapında bir çok projenin tasarımlarında kullanılan yazılımların üretici firmasıdır. ETABS programında çekirdek perdeleri ya da normal taşıyıcı perdelerin tasarımında tek bir modelleme tipi vardır ve bu perdeler sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çözümü yapılan Pier Wall olarak tanımlanmaktadır.

1.3 Sonuçların karşılaştırılmasında izlenen yol

Her iki programın analiz sonuçlarının karşılaştırılması kapsamında izlenen yol şu şekildedir; ilk olarak taşıyıcı sistemi çekirdek perdelerinden ve kolonlardan oluşan simetrik bir yapı seçilmiştir. Bu yapının poligon perdeli Sta4CAD modeli, panel perdeli Sta4CAD modeli ve ETABS modeli, 5,10,15,20,25 ve 30 katlı olmak üzere 6

farklı şekilde modellenmiştir. Oluşturulan 18 farklı modelin ilk üç periyotları, x ve y yönündeki taban kesme kuvvetleri, x ve y yönündeki etkin göreli kat ötelemeleri bulunmuş ve sonuçları karşılaştırmak için grafikleri hazırlanmıştır.

İkinci olarak taşıyıcı sistemi büyük bir çekirdek perdesinden ve kolonlardan oluşan simetrik olmayan bir yapı seçilmiştir. Bu yapının da poligon perdeli Sta4CAD modeli, panel perdeli Sta4CAD modeli ve ETABS modeli, 5,10,15,20,25 ve 30 katlı olmak üzere 6 farklı şekilde modellenmiştir. Oluşturulan 18 farklı modelin ilk üç periyotları, x ve y yönündeki taban kesme kuvvetleri, x ve y yönündeki etkin göreli kat ötelemeleri bulunmuş ve sonuçları karşılaştırmak için grafikleri hazırlanmıştır.

Son olarak taşıyıcı sistemi düzensiz olan ve tamamen taşıyıcı perdelerden oluşan 30 katlı bir kule yapısının Sta4CAD ve ETABS programları ile modellemeleri yapılmıştır. Bu iki modelin de ilk üç periyotları, x ve y yönündeki taban kesme kuvvetleri, x ve y yönündeki etkin göreli kat ötelemeleri bulunmuş ve sonuçları karşılaştırmak için grafikleri hazırlanmıştır. Ayrıca her iki modelde oluşan kuvvetlere göre betonarme hesaplar yapılmış ve gerekli donatı alanları bulunmuş, demir ve beton metrajları hesaplanmıştır.

2. TASARIM KRİTERLERİ

Tez kapsamında taşıyıcı sistemi simetrik olan ve simetrik olmayan 2 yapı 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 katlı olmak üzere 3 farklı modelleme şekliyle modellenmiştir. Bu bölümde oluşturulan toplam 36 modelin tasarım kriterleri anlatılmaktadır.

2.1 Malzeme

Bütün modellerde beton sınıfı olarak C40, beton çeliği olarak da S420 kullanılmıştır. Modeller arasındaki sonuç farklarının malzemeye bağlı olması istenmediğinden, farklı kat adetlerine sahip modeller olmasına rağmen bütün modellerde aynı beton sınıfı kullanılmıştır.

2.2 Deprem ve zemin parametreleri

Yapıların deprem hesabında kullanılacak olan deprem ve zemin parametreleri Çizelge 2.1' de görülmektedir.

Çizelge 2.1 : Deprem ve zemin parametreleri.

Deprem Bölgesi	1. Derece
Etkin Yer İvme Katsayısı	0.40 g
Yerel Zemin Sınıfı	Z2
Tasarım Spektrum Karakteristik Periyotları	Ta: 0.15 sn. / Tb: 0.60 sn.
Bina Önem Katsayısı (I)	1
Hareketli Yük Katsayısı (n)	0.3

2.2.1 Deprem bölgesi

Deprem kuvvetlerinin fazla olması ve modeller arasındaki sonuç farklarının daha belirgin ortaya çıkması için deprem bölgesi olarak 1.derece deprem bölgesi seçilmiştir. Çizelge 2.2' de görülen DBYBHY-2007' deki etkin yer ivme katsayısı çizelgesinden A_0=0.40 seçilmiştir.

Çizelge 2.2 : Etkin yer ivme katsayısının seçildiği çizelge.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

2.2.2 Zemin sınıfı

Modeller arasında 30 katlı yapıların da olduğu düşünülerek zemin sınıfı, yüksek katlı bir yapının uygulanabileceği, Z2 zemin sınıfı olarak seçilmiştir. Çizelge 2.3' de görülen DBYBHY-2007' deki spektrum karakteristik periyotları çizelgesinden $T_A = 0.15$, $T_B = 0.30$ seçilmiştir.

Çizelge 2.3 : Spektrum karakteristik periyotlarının seçildiği çizelge.

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (Sn.)	T_B (Sn.)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

2.2.3 Bina önem katsayısı

Modellemeleri yapılan binanın kullanım amacı konut yapısı olarak seçilmiştir. Bu nedenle Çizelge 2.4' de görülen DBYBHY-2007' deki bina önem katsayısı çizelgesinden I=1 seçilmiştir.

Çizelge 2.4 : Bina önem katsayısının seçildiği çizelge.

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı
1. Deprem Sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar.	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar. a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, vb. b) Müzeler.	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar. Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar. Yukarıdaki tanımları girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, vb).	1

2.2.4 Hareketli yük katılım katsayısı

Modellemeleri yapılan binanın kullanım amacı konut yapısı olarak seçilmiştir. Bu nedenle Çizelge 2.5' de görülen DBYBHY-2007' deki hareketli yük katılım katsayısı çizelgesinden n=0.3 seçilmiştir. Bu katsayı binanın deprem hesabında kullanılacak olan bina ağırlığı hesabında kullanılmaktadır.

Çizelge 2.5 : Hareketli yük katılım katsayısının seçildiği çizelge.

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu,vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

2.3 Yükler

2.3.1. Öz ağırlık yükleri

Yapısal elemanların (kirişler, kolonlar, perdeler, döşemeler) öz ağırlık yükleri kullanılan her iki bilgisayar programı tarafından da otomatik olarak hesaplanıp sisteme etkitilmektedir.

2.3.2 Kaplama yükleri

Yapının konut olarak tasarlandığı göz önüne alınarak, kaplama yükleri Çizelge 2.6' da görüldüğü gibi hesaplanıp döşemelere bu yük tanımlanmıştır.

Çizelge 2.6 : Kaplama yükleri.

Kaplama	0.06 x 2.2	=	0.132 t/m^2
Sıva	0.04 x 2.2	=	0.088 t/m^2
Tesisat		=	0.03 t/m^2
	Toplam	=	0.25 t/m^2

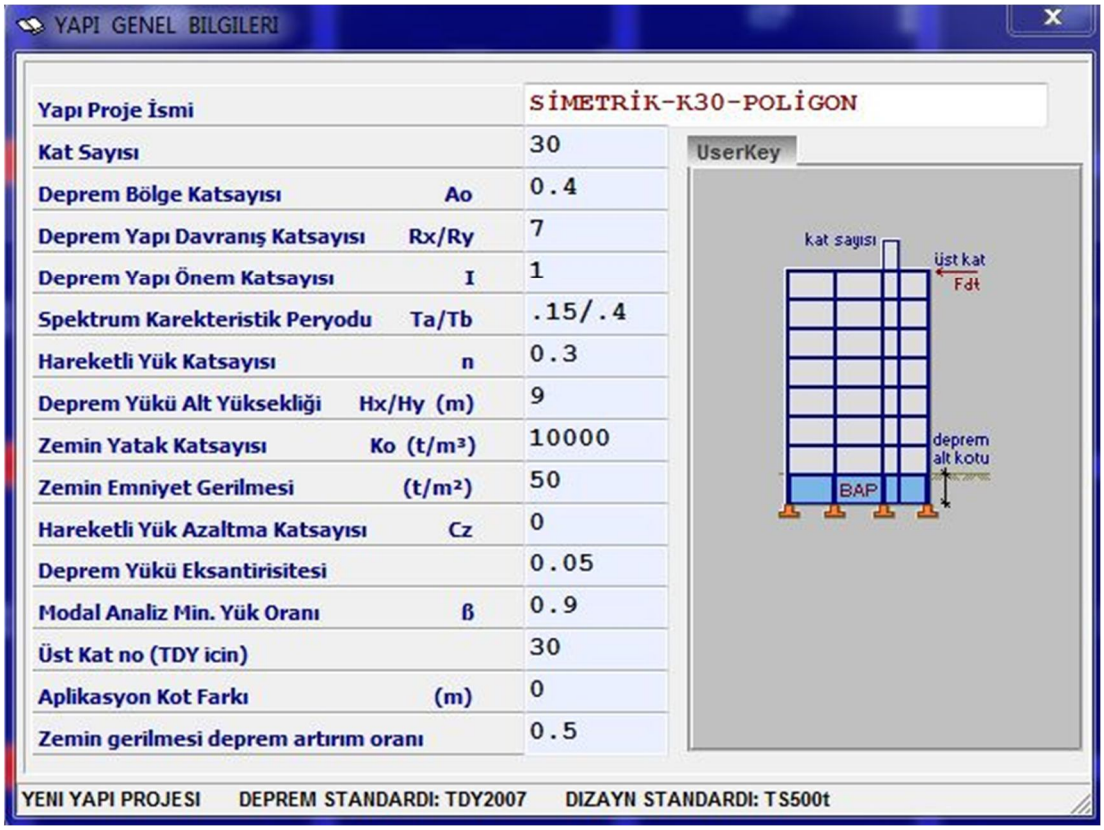
2.3.3 Hareketli yükler

Yapının konut olarak tasarlandığı göz önüne alınarak, hareketli yük 0.2 t/m^2 olarak alınması gerekmektedir (TS498). Fakat genelde konutlarda döşeme ve kiriş üzerlerinde duvar yükleri olduğu için, bu duvar yüklerini yapıya etkitmek adına bütün döşemelerde hareketli yük 0.35 t/m^2 alınmıştır.

2.4 Deprem Hesabı

2.4.1 Sta4CAD program ile deprem hesabı

Sta4CAD programı, deprem ve zemin parametrelerinin girilmesi durumunda otomatik olarak deprem yüklerini hesaplamakta ve yapıya etki ettirmektedir. Taşıyıcı sistemi simetrik olan 30 katlı poligon perdeli Sta4CAD modelinin yapı genel bilgileri Şekil 2.1' de görülmektedir.



Şekil 2.1 : 30 katlı simetrik taşıyıcı sistemli Sta4CAD modeli yapı genel bilgileri.

Sta4CAD programı DBYBHY-2007 yönetmeliğine tamamen uyumlu bir şekilde deprem hesabını yapmaktadır.

2.4.2 ETABS programı ile deprem hesabı

ETABS programında deprem yüklerini yapıya etkitmek için, ilgili spektrum grafiğinin programa tanıtılması gerekmektedir. Bu grafik oluşturulurken elastik spektral ive, S_{ae} (T), değeri DBYBHY-2007' de bulunan (2.1) ve (2.2) denklemleri ile bulunmuştur.

$$A(T) = Ao\ I\ S(T) \qquad \textbf{(2.1)}$$

$$Sae\ (T) = A(T)\ g \qquad \textbf{(2.2)}$$

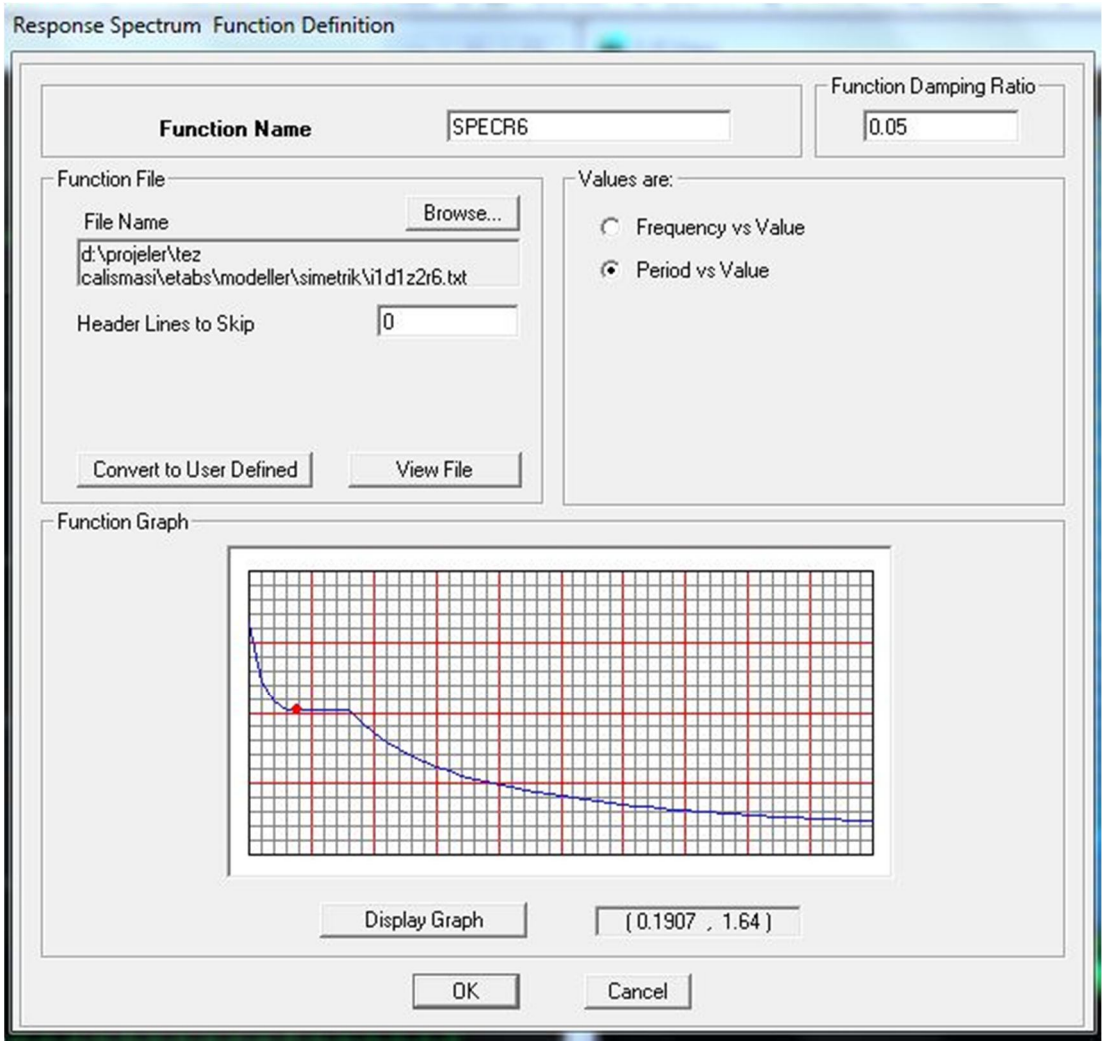
Formüldeki S(T) değerini bulmak için DBYBHY-2007' deki;

$$S(T) = 1 + 1.5\ \frac{T}{T_A} \qquad (0 \leq T \leq \mathbf{T_A}) \qquad \textbf{(2.3)}$$

$$S(T) = 2.5 \qquad (\mathbf{T_A} < T \leq \mathbf{T_B}) \qquad \textbf{(2.4)}$$

$$S(T) = 2.5\ \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} \qquad (T_B < \mathbf{T}) \qquad \textbf{(2.5)}$$

denklemleri kullanılmıştır. Bulunan S_{ae} (T) değeri, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R' ye bölünmüş, ETABS' ta oluşturulan ve Şekil 2.2' de görülen spektrum grafiğinin ordinat ve koordinatları bulunmuştur. Bu noktalar Şekil 2.3' de görülmektedir.



Şekil 2.2 : ETABS programında oluşturulan spektrum grafiği.

T	S(T)	A(T)	A(T)*g	R	A(T)*g/R	A(T)*g	SPEC FILE	
0.00	1.00	0.40	3.92	1.5	2.62	3.92	0.00	2.62
0.05	1.50	0.60	5.89	3.0	1.96	5.89	0.05	1.96
0.10	2.00	0.80	7.85	4.5	1.74	7.85	0.10	1.74
0.15	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.15	1.64
0.20	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.20	1.64
0.25	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.25	1.64
0.30	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.30	1.64
0.35	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.35	1.64
0.40	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.40	1.64
0.45	2.28	0.91	8.93	6.0	1.49	8.93	0.45	1.49
0.50	2.09	0.84	8.21	6.0	1.37	8.21	0.50	1.37
0.55	1.94	0.78	7.60	6.0	1.27	7.60	0.55	1.27
0.60	1.81	0.72	7.09	6.0	1.18	7.09	0.60	1.18
0.65	1.70	0.68	6.65	6.0	1.11	6.65	0.65	1.11
0.70	1.60	0.64	6.27	6.0	1.04	6.27	0.70	1.04
0.75	1.51	0.60	5.93	6.0	0.99	5.93	0.75	0.99
0.80	1.44	0.57	5.63	6.0	0.94	5.63	0.80	0.94
0.85	1.37	0.55	5.37	6.0	0.89	5.37	0.85	0.89
0.90	1.31	0.52	5.13	6.0	0.85	5.13	0.90	0.85
0.95	1.25	0.50	4.91	6.0	0.82	4.91	0.95	0.82
1.00	1.20	0.48	4.71	6.0	0.79	4.71	1.00	0.79
1.05	1.16	0.46	4.53	6.0	0.76	4.53	1.05	0.76
1.10	1.11	0.45	4.37	6.0	0.73	4.37	1.10	0.73
1.15	1.07	0.43	4.21	6.0	0.70	4.21	1.15	0.70
1.20	1.04	0.42	4.07	6.0	0.68	4.07	1.20	0.68
1.25	1.00	0.40	3.94	6.0	0.66	3.94	1.25	0.66
1.30	0.97	0.39	3.82	6.0	0.64	3.82	1.30	0.64
1.35	0.94	0.38	3.71	6.0	0.62	3.71	1.35	0.62
1.40	0.92	0.37	3.60	6.0	0.60	3.60	1.40	0.60
1.45	0.89	0.36	3.50	6.0	0.58	3.50	1.45	0.58
1.50	0.87	0.35	3.41	6.0	0.57	3.41	1.50	0.57
1.55	0.85	0.34	3.32	6.0	0.55	3.32	1.55	0.55
1.60	0.82	0.33	3.24	6.0	0.54	3.24	1.60	0.54
1.65	0.80	0.32	3.16	6.0	0.53	3.16	1.65	0.53
1.70	0.79	0.31	3.08	6.0	0.51	3.08	1.70	0.51
1.75	0.77	0.31	3.01	6.0	0.50	3.01	1.75	0.50
1.80	0.75	0.30	2.95	6.0	0.49	2.95	1.80	0.49
1.85	0.73	0.29	2.88	6.0	0.48	2.88	1.85	0.48
1.90	0.72	0.29	2.82	6.0	0.47	2.82	1.90	0.47
1.95	0.70	0.28	2.76	6.0	0.46	2.76	1.95	0.46
2.00	0.69	0.28	2.71	6.0	0.45	2.71	2.00	0.45
2.05	0.68	0.27	2.65	6.0	0.44	2.65	2.05	0.44
2.10	0.66	0.27	2.60	6.0	0.43	2.60	2.10	0.43
2.15	0.65	0.26	2.55	6.0	0.43	2.55	2.15	0.43
2.20	0.64	0.26	2.51	6.0	0.42	2.51	2.20	0.42
2.25	0.63	0.25	2.46	6.0	0.41	2.46	2.25	0.41
2.30	0.62	0.25	2.42	6.0	0.40	2.42	2.30	0.40
2.35	0.61	0.24	2.38	6.0	0.40	2.38	2.35	0.40
2.40	0.60	0.24	2.34	6.0	0.39	2.34	2.40	0.39
2.45	0.59	0.23	2.30	6.0	0.38	2.30	2.45	0.38
2.50	0.58	0.23	2.26	6.0	0.38	2.26	2.50	0.38

Şekil 2.3 : ETABS modellerinde oluşturulan spektrum grafiğinin noktaları.

3. TAŞIYICI SİSTEMİ SİMETRİK OLAN YAPI

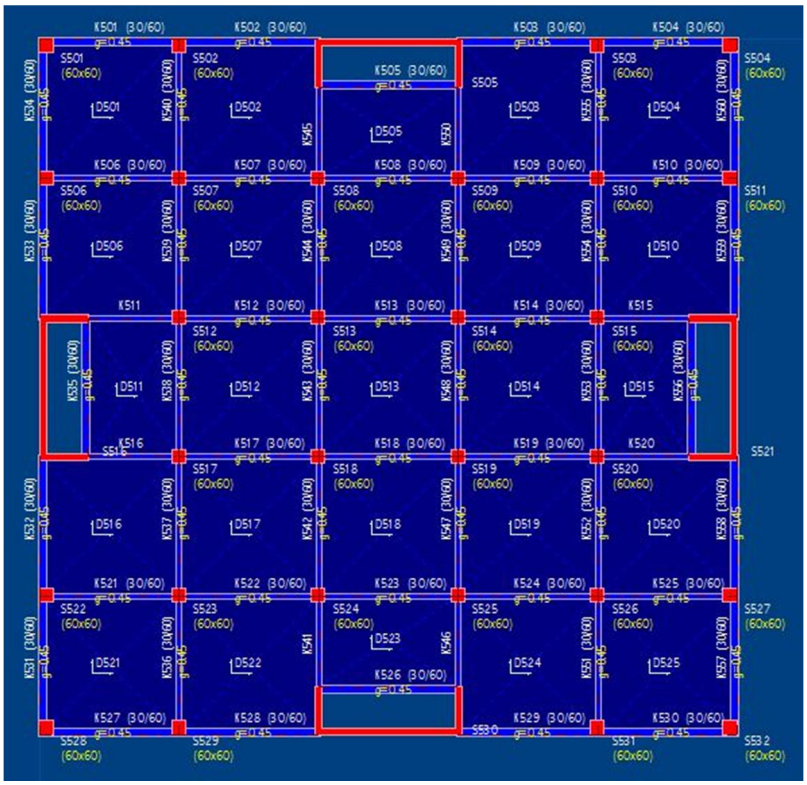
Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapı, 4 adet çekirdek perdesinden ve bu perdenin etrafında düzenli bir şekilde yerleşmiş olan kare kolonlardan oluşmaktadır. Aks aralıkları 6m.' dir. Kiriş yükseklikleri 60cm, plak kalınlıkları ise 20cm' dir. Bu yapının poligon perdeli Sta4CAD modeli, panel perdeli Sta4CAD modeli ve ETABS modeli, 5,10,15,20,25 ve 30 katlı olmak üzere 6 farklı şekilde modellenmiştir. 5 ve 10 katlı yapılarda 1 adet, 15 ve 20 katlı yapılarda 2 adet, 25 ve 30 katlı yapılarda 3 adet bodrum kat bulunmaktadır. Kat sayısı arttıkça artan eksenel kuvvetlerden dolayı kolon boyutları düzenli bir şekilde arttırılmıştır ve bu artış bütün model tiplerinde aynı şekilde yapılmıştır. Oluşturulan 18 farklı modelin 3 boyutlu statik analizleri yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.1 Poligon Perdeli Sta4CAD Modeli

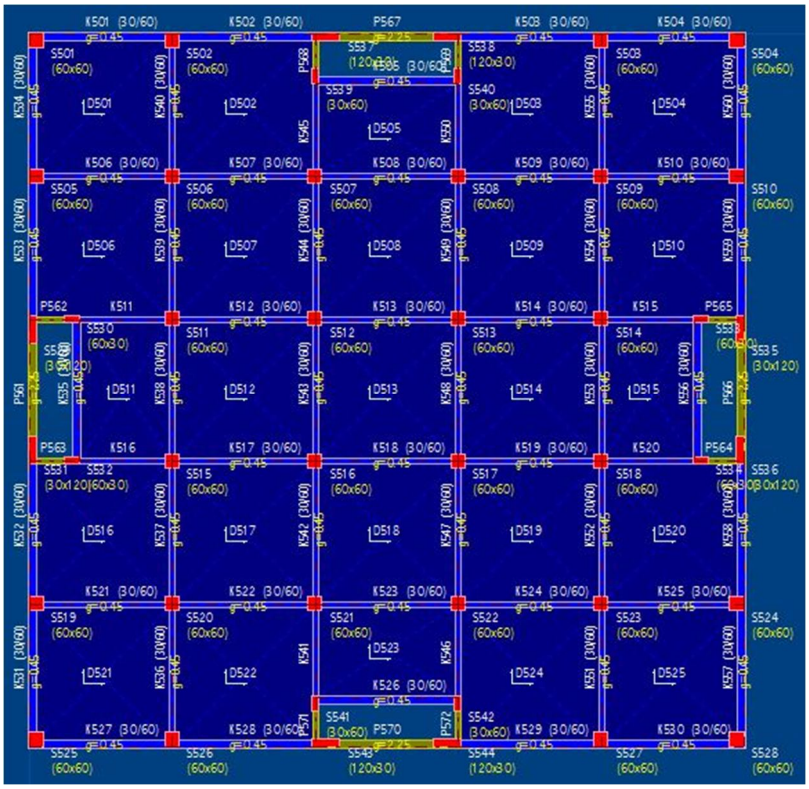
Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapının poligon perdeli Sta4CAD modeli Şekil 3.1' de görülmektedir. Resimde görülen kalıp planına sahip modelden 5,10,15,20,25 ve 30 katlı olmak üzere 6 adet model türetilmiştir.

3.2 Panel Perdeli Sta4CAD Modeli

Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapının panel perdeli Sta4CAD modeli Şekil 3.2' de görülmektedir. Bu modelin poligon perdeli sistemden tek farkı, çekirdek perdesinin, başlık kolonlarını temsil eden kolonlardan ve çekirdeğin perde kollarını temsil eden panellerden oluşmasıdır.



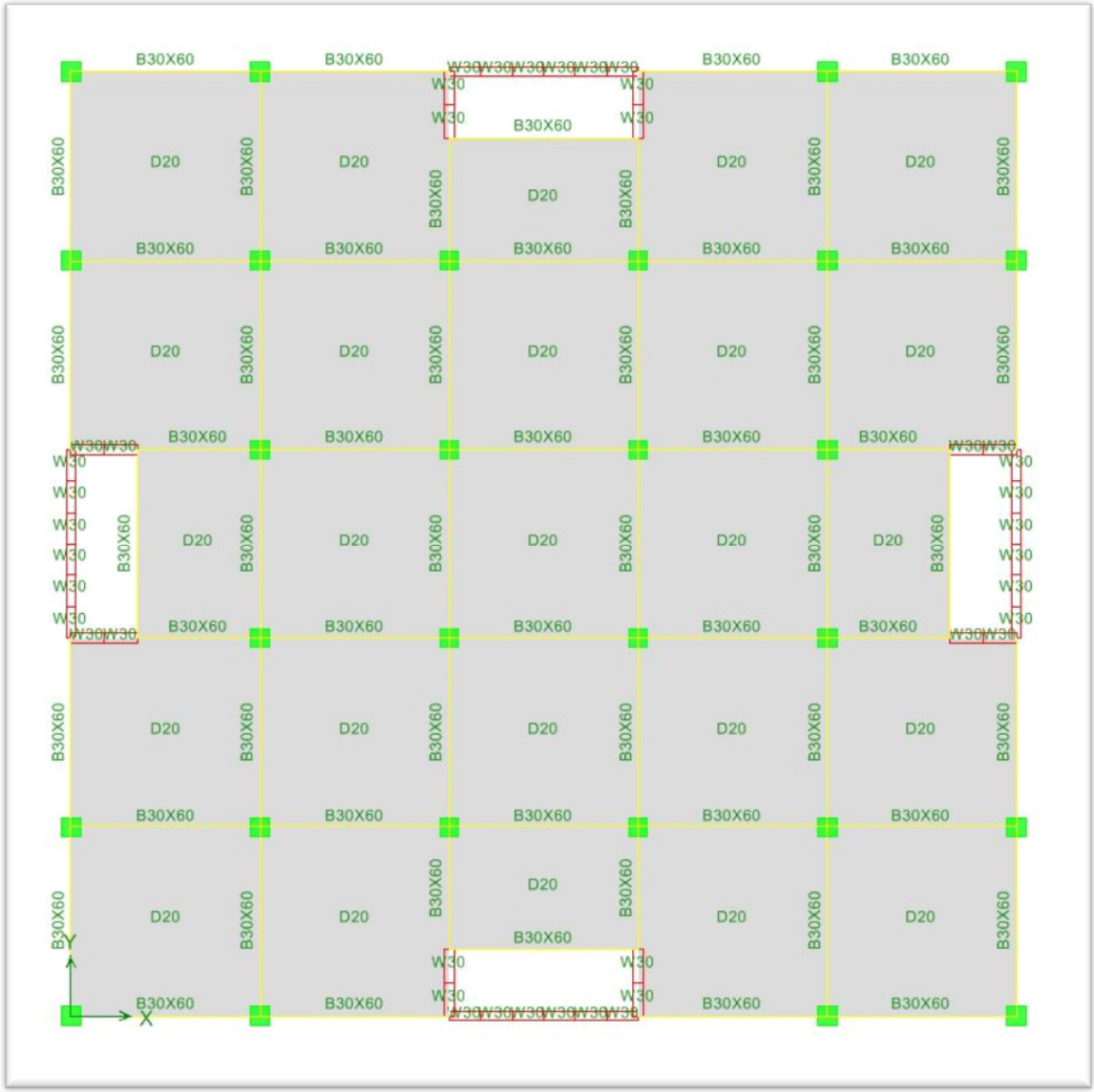
Şekil 3.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik poligon perdeli Sta4CAD modeli.



Şekil 3.2 : Taşıyıcı sistemi simetrik panel perdeli Sta4CAD modeli.

3.3 Etabs Modeli

Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapının ETABS modeli Şekil 3.3’ de görülmektedir.



Şekil 3.3 : Taşıyıcı sistemi simetrik ETABS modeli.

3.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

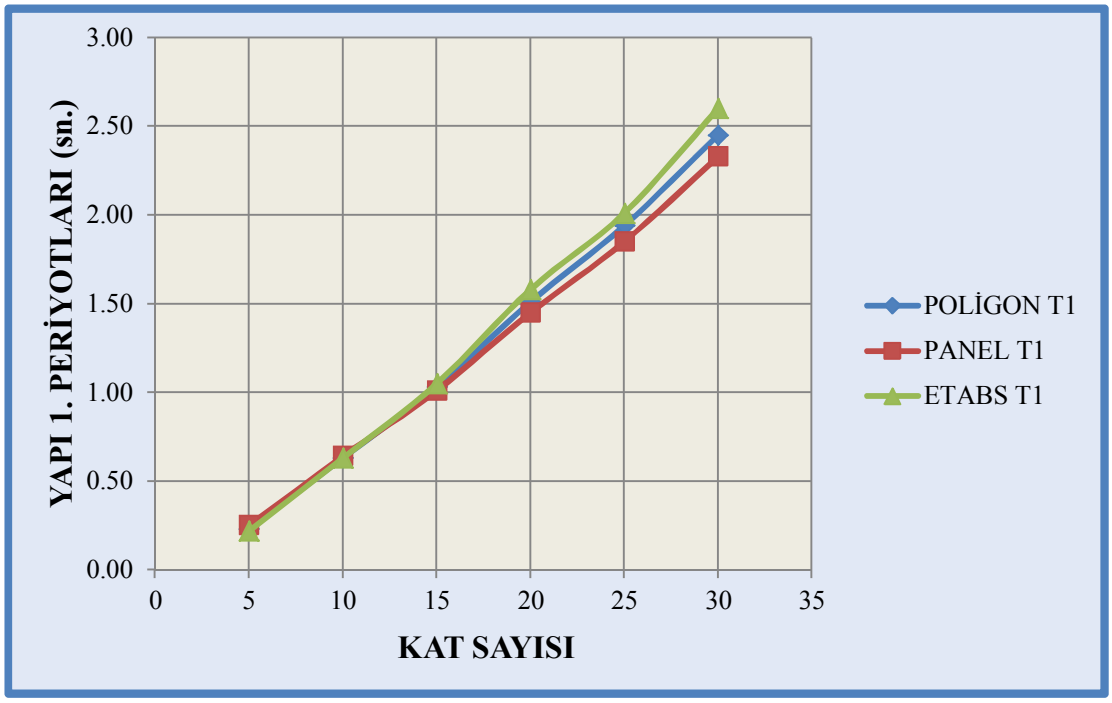
Her 3 farklı modelleme tipi için 5,10,15,20,25 ve 30 kat olmak üzere 6'şar model, toplamda 18 model türetilmiş ve analizleri yapılmıştır. Bir yapının analiz sonuçları incelenirken bakılması gereken en önemli konular, yapının periyotları, yapmış olduğu deplasmanlar ve yapıya gelen deprem kuvvetleridir. Bu nedenle 18 modelden her birinin ilk 3 hakim periyotları, her iki yön için maksimum etkin göreli kat ötelemelerinin kat yüksekliğine oranları ve yapılara her iki yönden etki eden toplam taban kesme kuvvetleri tespit edilmiştir. Bu veriler Çizelge 3.1' de görüldüğü üzere aynı tablo üzerinde toplanmıştır. Ayrıca kat adedi arttıkça farklı model tiplerindeki değişikliklerinin birbirleriyle olan ilişkisini daha iyi görebilmek için bu veriler grafiklere aktarılmıştır.

Çizelge 3.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların sonuçları.

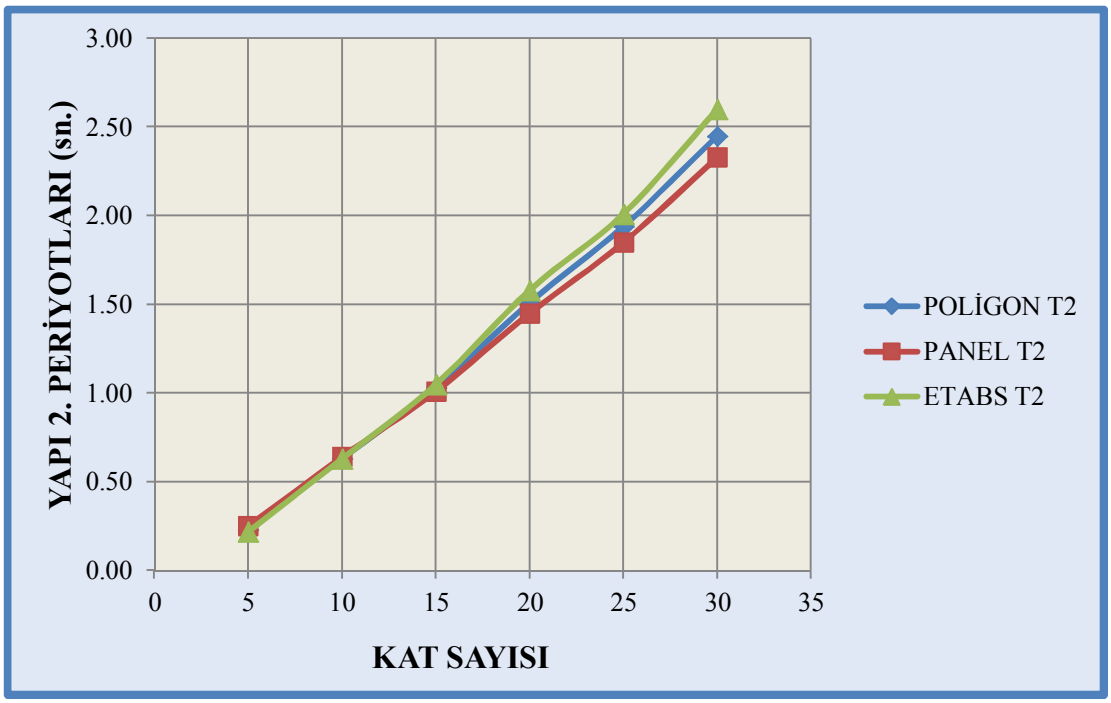
		1.PERİYOD	Yön	2.PERİYOD	Yön	3.PERİYOD	Yön	$(\delta i)_{max} / h_i$ X	KAT	$(\delta i)_{max} / h_i$ Y	KAT	V_t (X)	V_t (Y)
5 KATLI	POLİGON	0.23	x	0.23	y	0.15	b	0.00176	4	0.00176	4	557	557
	PANEL	0.25	x	0.25	y	0.17	b	0.00212	3	0.00212	3	536	536
	ETABS	0.22	x	0.22	y	0.14	b	0.00157	4	0.00157	4	625	625
10 KATLI	POLİGON	0.63	x	0.63	y	0.43	b	0.00510	7	0.00510	7	757	757
	PANEL	0.64	x	0.64	y	0.44	b	0.00507	6	0.00507	6	743	743
	ETABS	0.63	x	0.63	y	0.43	b	0.00459	7	0.00459	7	882	882
15 KATLI	POLİGON	1.03	x	1.03	y	0.72	b	0.00629	9	0.00629	9	792	792
	PANEL	1.01	x	1.01	y	0.72	b	0.00604	8	0.00604	8	807	807
	ETABS	1.05	x	1.05	y	0.74	b	0.00606	10	0.00606	10	930	930
20 KATLI	POLİGON	1.51	x	1.51	y	1.08	b	0.00734	11	0.00734	11	841	841
	PANEL	1.45	x	1.45	y	1.05	b	0.00697	9	0.00697	9	875	875
	ETABS	1.58	x	1.58	y	1.15	b	0.00743	11	0.00743	11	975	975
25 KATLI	POLİGON	1.94	x	1.94	y	1.39	b	0.00805	13	0.00805	13	874	874
	PANEL	1.85	x	1.85	y	1.34	b	0.00768	12	0.00768	12	893	893
	ETABS	2.01	x	2.01	y	1.47	b	0.00828	13	0.00828	13	1021	1021
30 KATLI	POLİGON	2.45	x	2.45	y	1.76	b	0.01051	16	0.01051	16	889	889
	PANEL	2.33	x	2.33	y	1.68	b	0.00954	16	0.00954	16	915	915
	ETABS	2.60	x	2.60	y	1.90	b	0.00985	14	0.00985	14	1055	1055

3.4.1 Yapı periyotları grafikleri

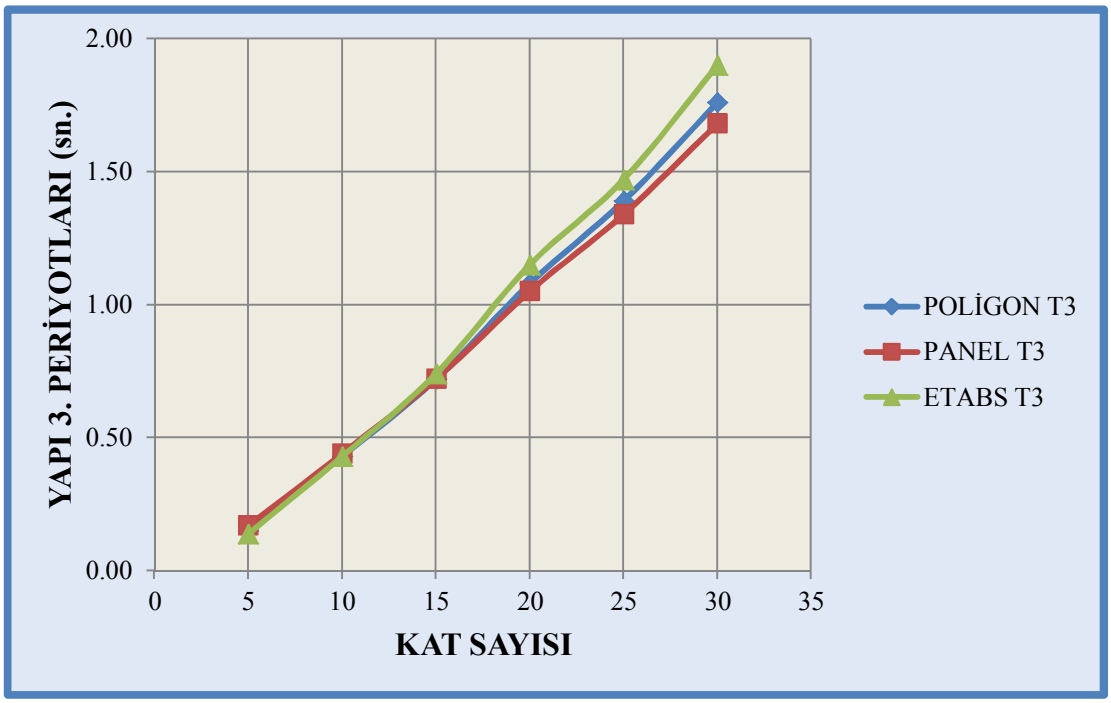
Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' daki grafikler incelendiği zaman, 3 farklı modelleme tipi arasındaki farkların azımsanacak kadar az olduğu görülmektedir. Özellikle poligon perdeli Sta4CAD model sonuçları ile panel perdeli Sta4CAD model sonuçları neredeyse aynı çıkmıştır. Fakat Şekil 3.4' e dikkatlice bakıldığında, ETABS modellerinde kat sayısı arttıkça periyotların Sta4CAD modellerine göre daha fazla arttığı görülmektedir. 30 katlı modellerde panel perdeli Sta4CAD modeli 1. periyodu 2.33 saniye, poligon perdeli Sta4CAD modeli 1. periyodu 2.45 saniye iken, ETABS modeli 1. periyodu 2.60 saniye olarak bulunmuştur.



Şekil 3.4 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen 1. periyot grafikleri.



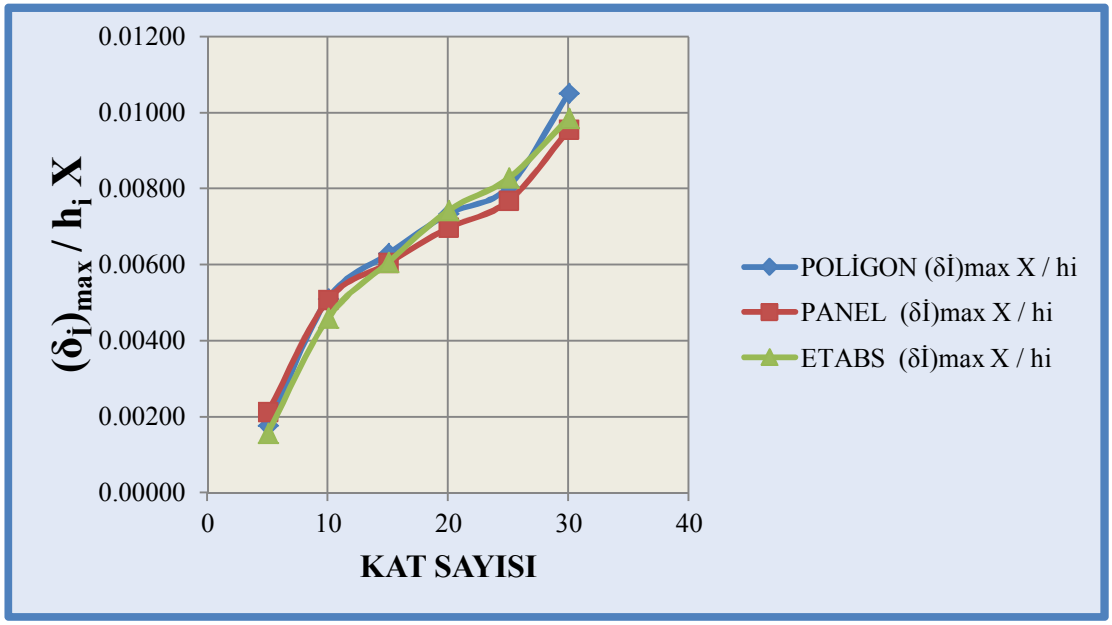
Şekil 3.5 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen 2. periyot grafikleri.



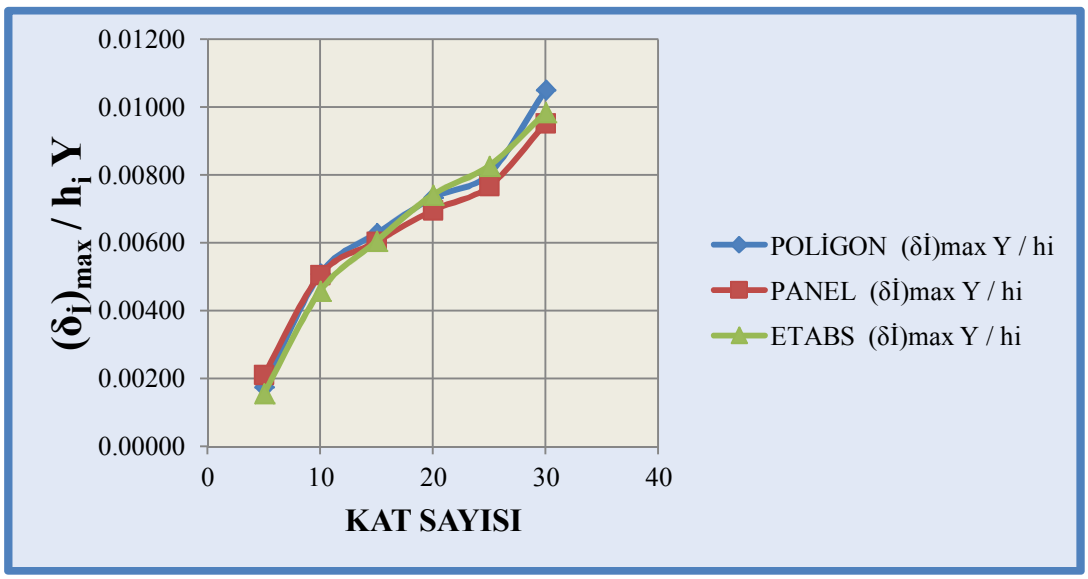
Şekil 3.6 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen 3. periyot grafikleri.

3.4.2 $(\delta i)_{max}$ / h_i grafikleri

Yapılarda taşıyıcı sistem simetrik olduğundan ve simetrik yapılarda deprem yüklerinden kaynaklanan burulma hareketi ciddi boyutlarda görülmediğiden, etkin göreli kat ötelemelerinin kat yüksekliğine oranları ($(\delta i)_{max}$ / h_i) birbirine çok yakın çıkmaktadır.



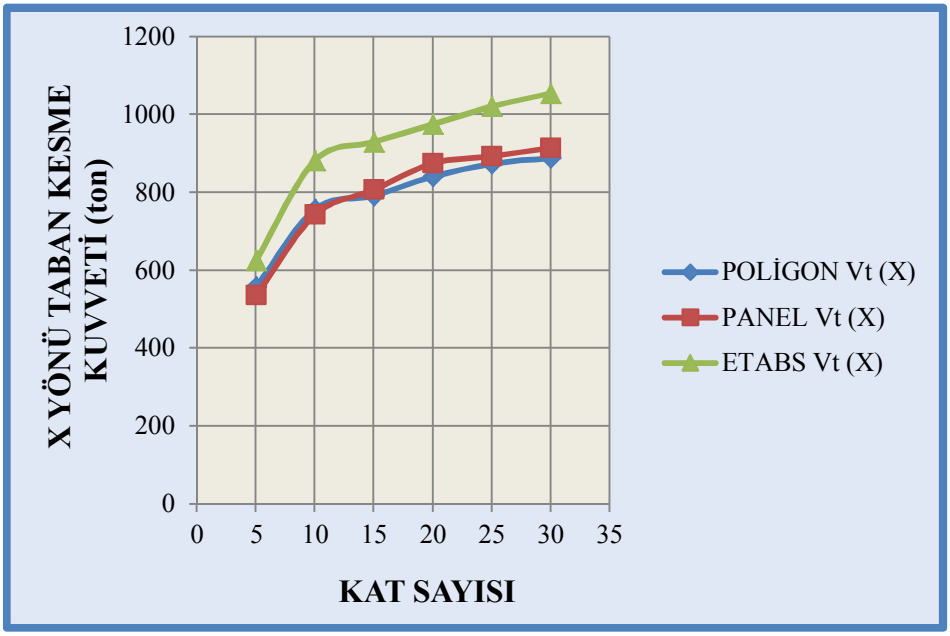
Şekil 3.7 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü $(\delta i)_{max}$/ h_i değerleri.



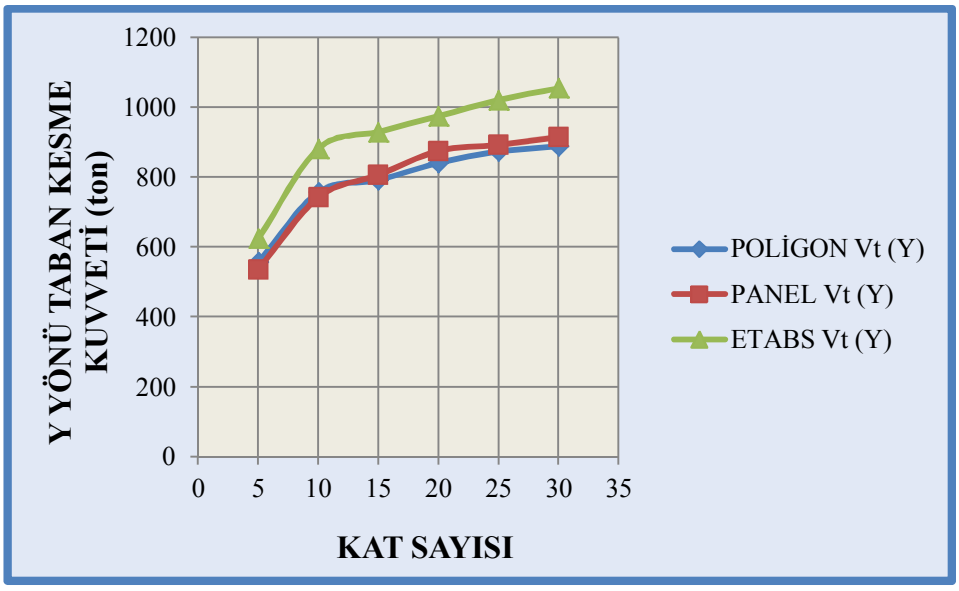
Şekil 3.8 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü $(\delta i)_{max}$/ h_i değerleri.

3.4.3 Taban kesme kuvvetleri grafikleri

Modellerin her iki yöndeki taban kesme kuvveti grafikleri incelendiği zaman, kesme kuvvetleri poligon perdeli Sta4CAD modelleri ile panel perdeli Sta4CAD modelleri arasında neredeyse aynı çıkarken, ETABS modellerinde kesme kuvvetlerinin yaklaşık yüzde 15 mertebesinde daha fazla çıktığı görülmektedir.



Şekil 3.9 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü V_t değerleri.



Şekil 3.10 : Taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü V_t değerleri.

3.5 Genel Değerlendirme

3 farklı modelleme ile girilmiş 18 modelin analiz sonuçları incelendiği zaman, taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıda özellikle poligon perdeli Sta4CAD modelleri ile panel perdeli Sta4CAD modelleri arasındaki sonuçlar birbirine çok yakın çıkmıştır. ETABS model sonuçları ise bazı farklılıklar gösterse de bu farklılıklar azımsanacak kadar azdır. Taşıyıcı sistemi simetrik olan bu yapının her 3 modelleme tipi de birbirine oldukça yakın sonuçlar vermektedir.

4. TAŞIYICI SİSTEMİ SİMETRİK OLMAYAN YAPI

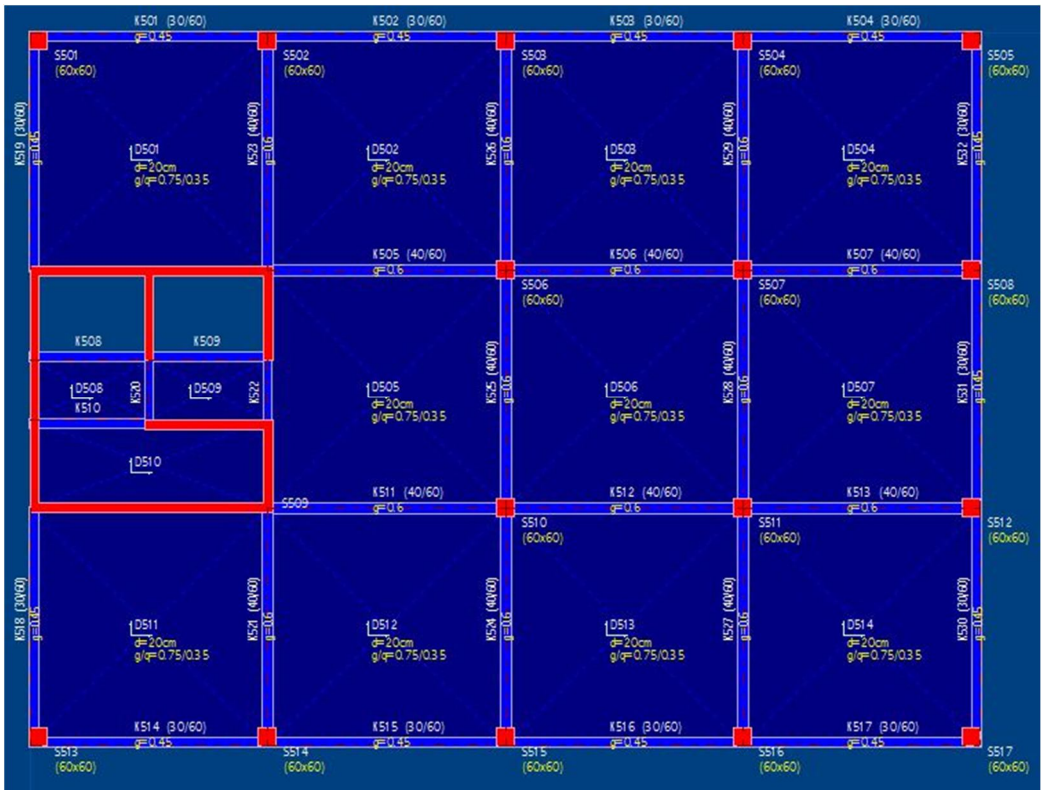
Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapı, planın sol tarafında büyük bir çekirdek perdesinden ve çekirdeğin sağ tarafına düzgünce yerleştirilmiş kare kolonlardan oluşmaktadır. Aks aralıkları 8m.' dir. Kiriş yükseklikleri 60cm, plak kalınlıkları ise 20cm' dir. Bu yapının poligon perdeli Sta4CAD modeli, panel perdeli Sta4CAD modeli ve ETABS modeli, 5,10,15,20,25 ve 30 katlı olmak üzere 6 farklı şekilde modellenmiştir. 5 ve 10 katlı yapılarda 1 adet, 15 ve 20 katlı yapılarda 2 adet, 25 ve 30 katlı yapılarda 3 adet bodrum kat bulunmaktadır. Kat sayısı arttıkça artan eksenel kuvvetlerden dolayı kolon boyutları düzenli bir şekilde arttırılmıştır ve bu artış bütün model tiplerinde aynı şekilde yapılmıştır. Oluşturulan 18 farklı modelin 3 boyutlu statik analizleri yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.1 Poligon Perdeli Sta4CAD Modeli

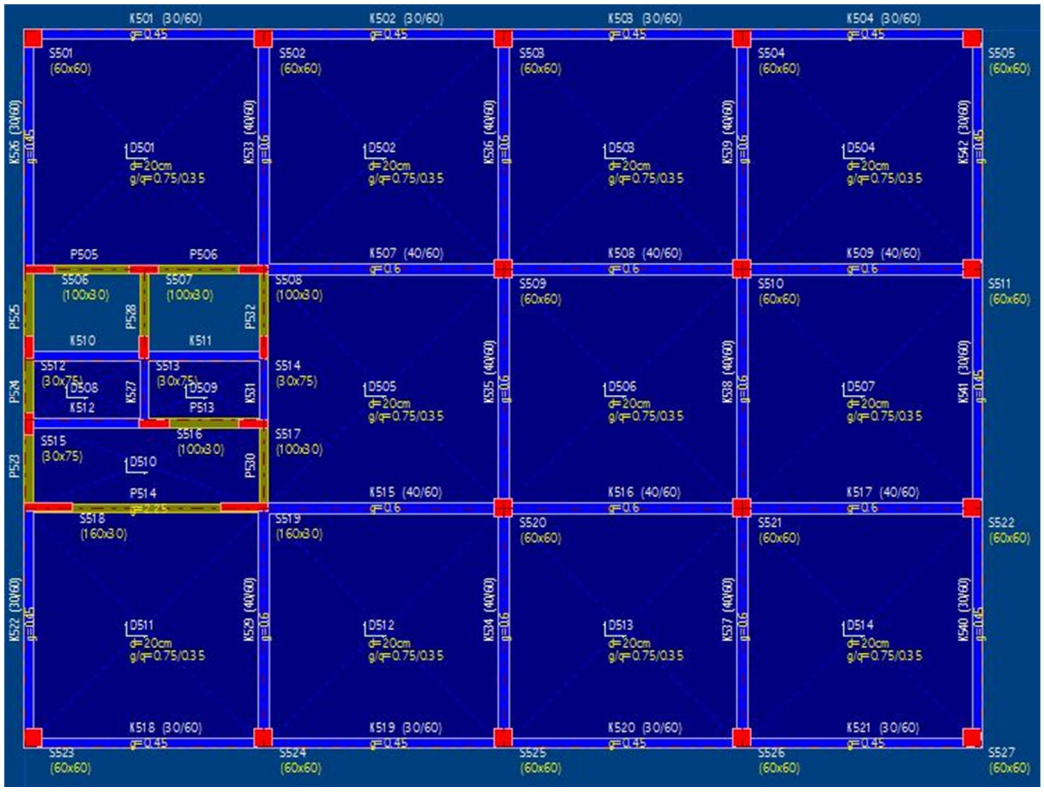
Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapının poligon perdeli Sta4CAD modeli Şekil 4.1' de görülmektedir. Resimde görülen kalıp planına sahip modelden 5,10,15,20,25 ve 30 katlı olmak üzere 6 adet model türetilmiştir.

4.2 Panel Perdeli Sta4CAD Modeli

Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapının panel perdeli Sta4CAD modeli Şekil 4.2' de görülmektedir. Bu modelin poligon perdeli sistemden tek farkı, çekirdek perdesinin, başlık kolonlarını temsil eden kolonlardan ve çekirdeğin perde kollarını temsil eden panellerden oluşmasıdır.



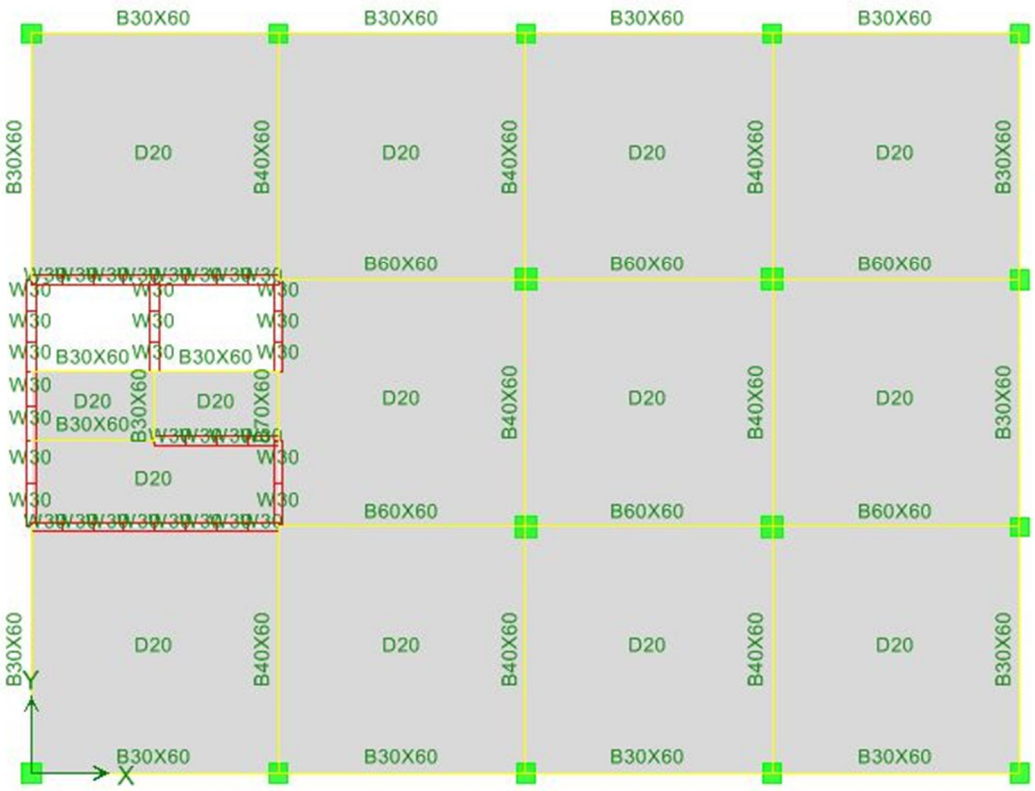
Şekil 4.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan poligon perdeli Sta4CAD modeli.



Şekil 4.2 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan panel perdeli Sta4CAD modeli.

4.3 Etabs Modeli

Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapının ETABS modeli Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan ETABS modeli.

4.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

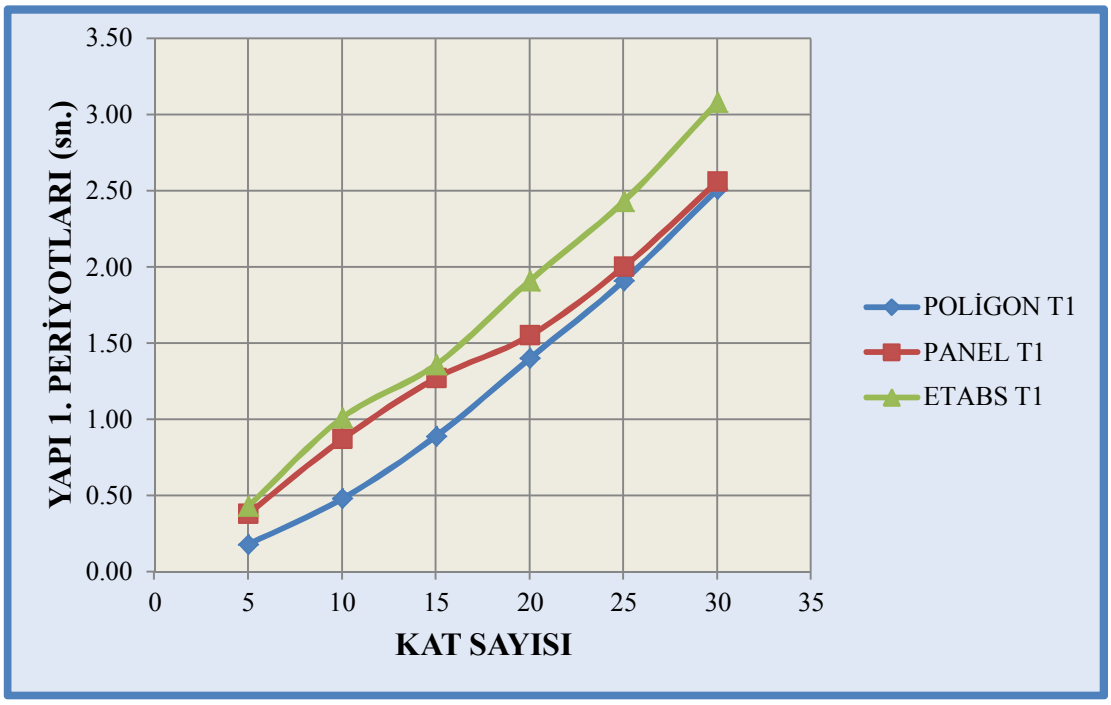
Her 3 farklı modelleme tipi için 5,10,15,20,25 ve 30 kat olmak üzere 6'şar model, toplamda 18 model türetilmiş ve analizleri yapılmıştır. Bir yapının analiz sonuçları incelenirken bakılması gereken en önemli konular, yapının periyotları, yapmış olduğu deplasmanlar ve yapıya gelen deprem kuvvetleridir. Bu nedenle 18 modelden her birinin ilk 3 hakim periyotları, her iki yön için maksimum etkin göreli kat ötelemelerinin kat yüksekliğine oranları ve yapılara her iki yönden etki eden toplam taban kesme kuvvetleri tespit edilmiştir. Bu veriler Çizelge 4.1' de görüldüğü üzere aynı tablo üzerinde toplanmıştır. Ayrıca kat adedi arttıkça farklı model tiplerindeki değişikliklerinin birbirleriyle olan ilişkisini daha iyi görebilmek için bu veriler grafiklere aktarılmıştır.

Çizelge 4.1 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların sonuçları.

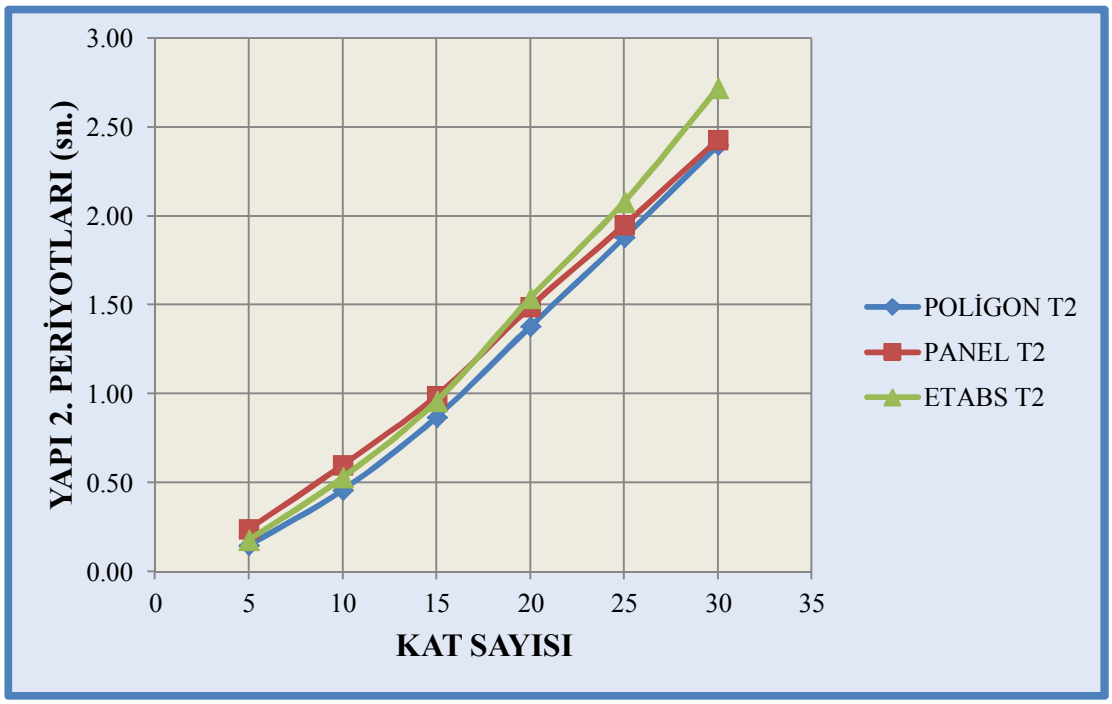
		1.PERİYOD	Yön	2.PERİYOD	Yön	3.PERİYOD	Yön	$(\delta i)_{max} / h_i$ X	KAT	$(\delta i)_{max} / h_i$ Y	KAT	V_t (X)	V_t (Y)
5 KATLI	**POLİGON**	0.18	b	0.15	x	0.15	y	0.00078	4	0.00216	3	498	502
	PANEL	0.38	b	0.24	y	0.21	x	0.00172	3	0.00814	3	496	492
	ETABS	0.43	y	0.18	x	0.14	b	0.00322	3	0.00853	3	541	411
10 KATLI	**POLİGON**	0.48	x	0.46	y	0.38	b	0.00382	8	0.00545	5	906	935
	PANEL	0.87	b	0.60	y	0.57	x	0.00416	6	0.01367	4	792	766
	ETABS	1.01	y	0.53	x	0.34	b	0.00423	3	0.01158	3	852	537
15 KATLI	**POLİGON**	0.89	x	0.87	y	0.51	b	0.00548	12	0.00615	9	771	786
	PANEL	1.27	b	0.99	x	0.94	y	0.00615	10	0.01564	6	739	763
	ETABS	1.36	y	0.96	x	0.57	b	0.00535	11	0.01215	4	854	623
20 KATLI	**POLİGON**	1.40	x	1.38	y	0.68	b	0.00697	16	0.00717	14	740	742
	PANEL	1.55	b	1.49	x	1.41	y,b	0.00738	13	0.01305	11	742	772
	ETABS	1.91	y	1.54	x	0.87	b	0.00699	16	0.01279	5	895	670
25 KATLI	**POLİGON**	1.91	y	1.88	x	0.80	b	0.00830	19	0.00879	19	798	795
	PANEL	2.00	y	1.95	x	1.73	b	0.00846	16	0.01220	16	766	749
	ETABS	2.43	y	2.08	x	1.14	b	0.00811	16	0.01336	10	940	745
30 KATLI	**POLİGON**	2.51	y	2.40	x	0.96	b	0.00985	21	0.01109	21	872	870
	PANEL	2.56	y	2.43	x	2.11	b	0.01036	18	0.01645	11	929	929
	ETABS	3.08	y	2.72	x	1.44	b	0.00983	21	0.01620	11	971	867

4.4.1 Yapı periyotları grafikleri

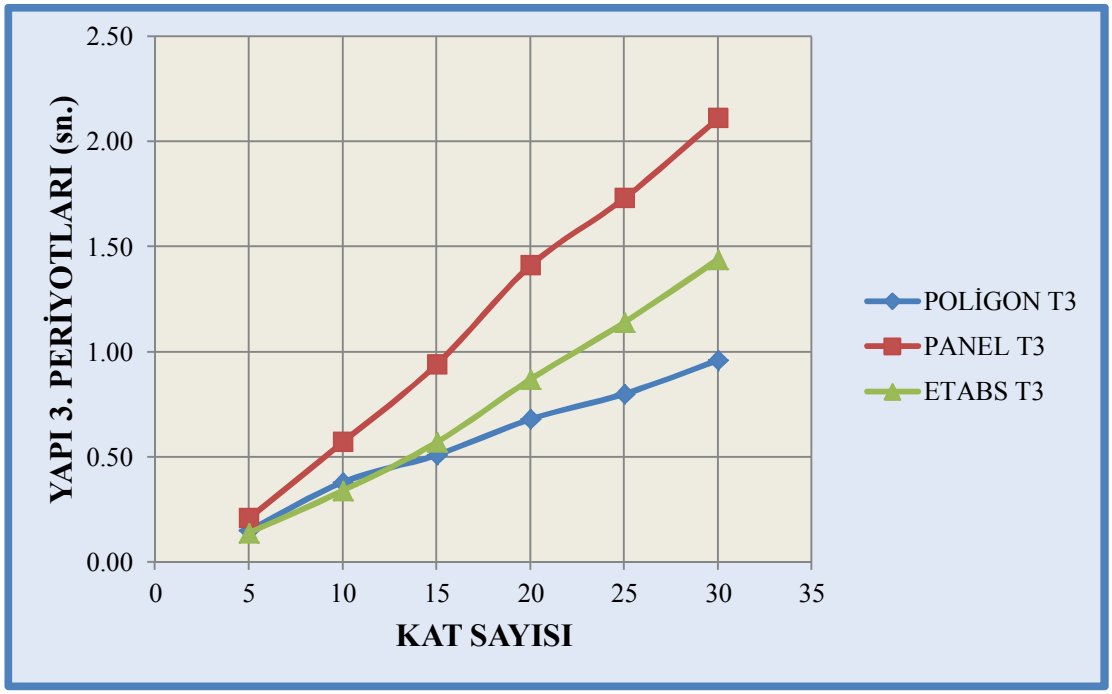
İlk olarak yapıların 1. periyotlarını gösteren Şekil 4.4' e bakıldığı zaman ETABS ve poligon perdeli Sta4CAD modellerinde periyotlar, kat sayısı arttıkça lineer bir şekilde artış gösterirken, panel perdeli Sta4CAD modellerindeki 1. periyodlar daha düzensiz bir artış göstermektedir. ETABS ve poligon perdeli Sta4CAD modelleri arasında ciddi bir periyot farkı gözükmektedir. Poligon perde sistemi daha rijit bir davranışa sahip olduğu için 1. periyotlar ETABS modellerine göre ciddi anlamda daha az çıkmıştır. Panel perdeli Sta4CAD modellerindeki periyotlar ise az katlı yapılarda ETABS model sonuçlarına daha yakınken, kat sayısı arttıkça poligon perdeli Sta4CAD modeline yaklaşmıştır. Yapıların 2. periyotları birbirine çok yakın iken, 3. periyotlarda model sonuçları arasında yine ciddi farklar gözükmektedir. Özellikle panel perdeli Sta4CAD modellerinde 3. periyotlar diğer modellere göre ciddi anlamda fazla çıkmıştır.



Şekil 4.4 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen 1. periyot grafikleri.



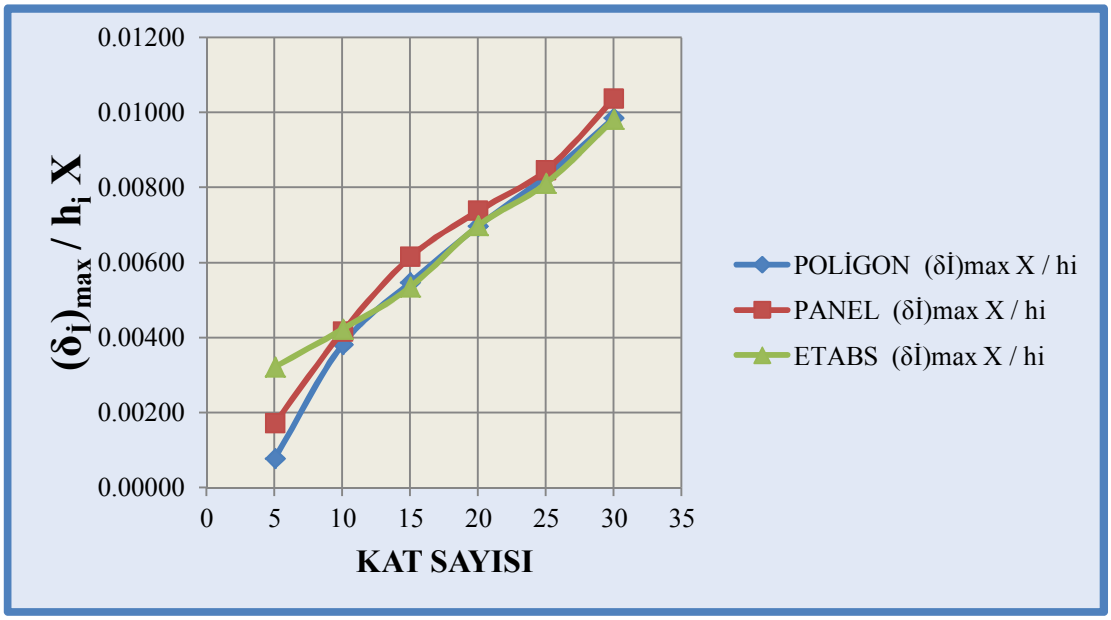
Şekil 4.5 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen 2. periyot grafikleri.



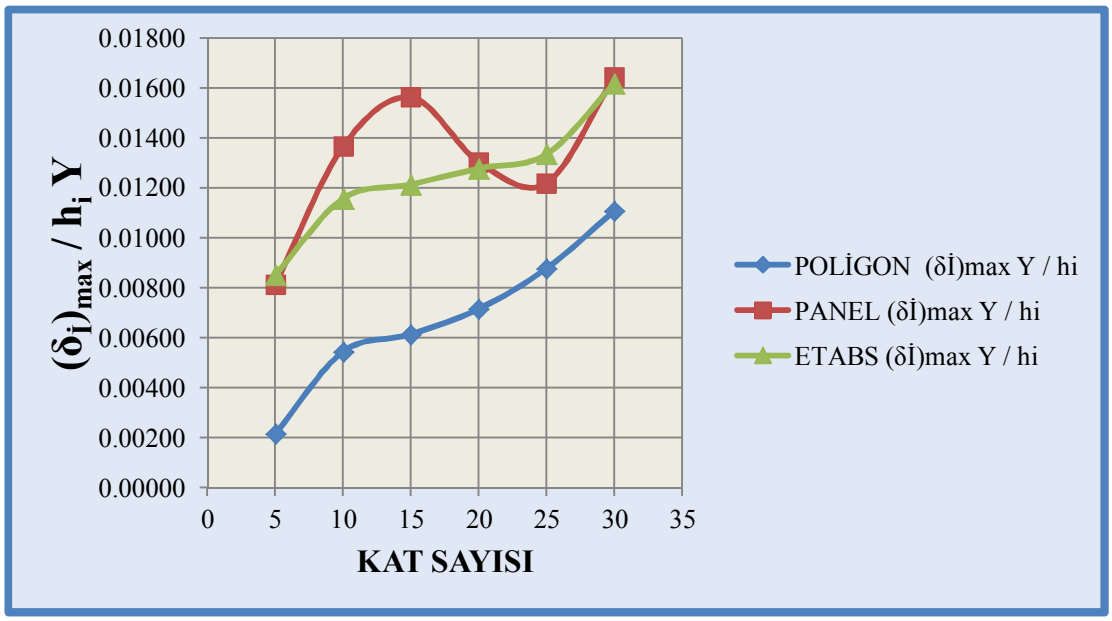
Şekil 4.6 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen 3. periyot grafikleri.

4.4.2 $(\delta i)_{max}$ / h_i grafikleri

Yapının taşıyıcı sistemi y yönünden gelen depremde, x yönüne nazaran daha ciddi burulma hareketleri yapacak bir yapıdadır. Bu nedenle modellerin x yönündeki $(\delta i)_{max}$ / h_i değerleri Şekil 4.7' de görüldüğü üzere birbirilerine oldukça yakındır. Fakat burulma etkisinin ciddi boyutlarda olduğu y yönünde, $(\delta i)_{max}$ / h_i değerleri arasında çok ciddi farklılıklar gözükmektedir. Poligon perdeli Sta4CAD modeli diğer modellere göre daha rijit bir davranışa sahip olduğundan, öteleme değerleri diğer modellere göre ciddi oranda az kalmıştır. ETABS ve panel perdeli Sta4CAD modellerinde $(\delta i)_{max}$ / h_i değerleri, 5, 20 ve 30 katlı modellerde neredeyse bire bir aynı iken, 10,15 ve 25 katlı yapılarda oldukça farklı çıkmıştır. Bir yapıda deprem yüklerinden oluşan deplasmanların ve öteleme değerlerinin ne kadar önemli olduğu düşünüldüğü zaman, özellikle 15 katlı yapıdaki $(\delta i)_{max}$ / h_i değerleri arasındaki farklar, bu 3 modelleme tipi arasındaki seçimin ciddi anlamda sorgulanması gerektiğini göstermektedir.



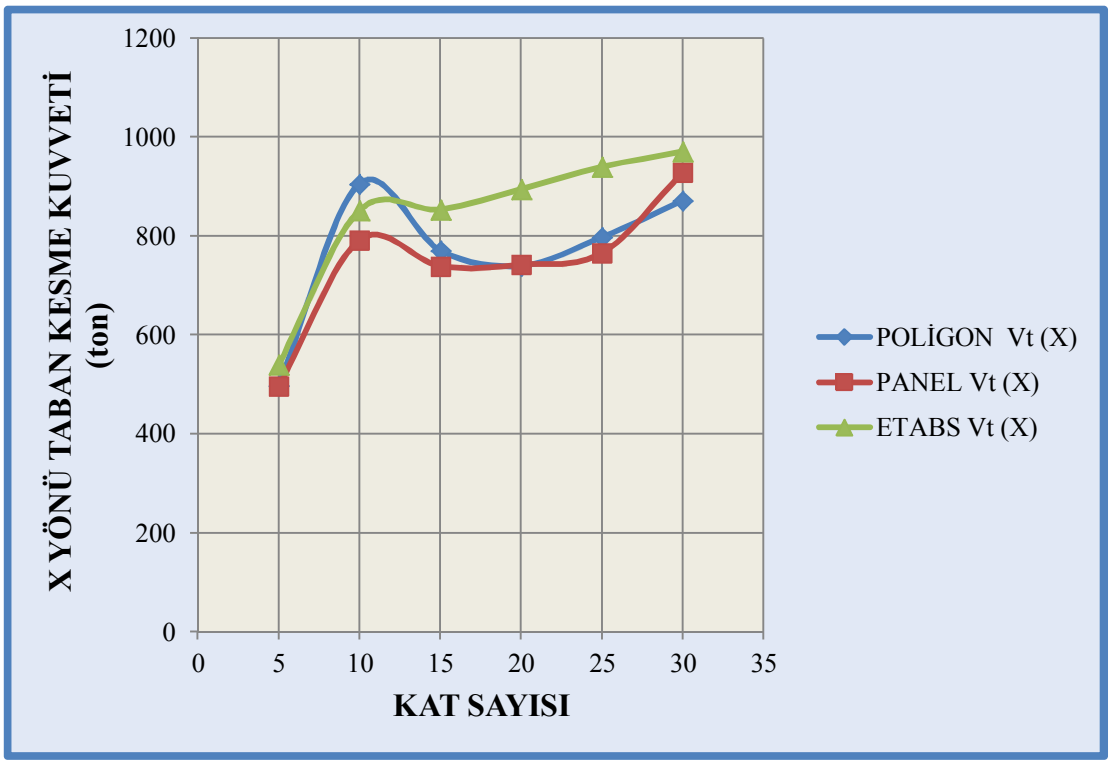
Şekil 4.7 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü $(\delta i)_{max}$/ h_i değerleri.



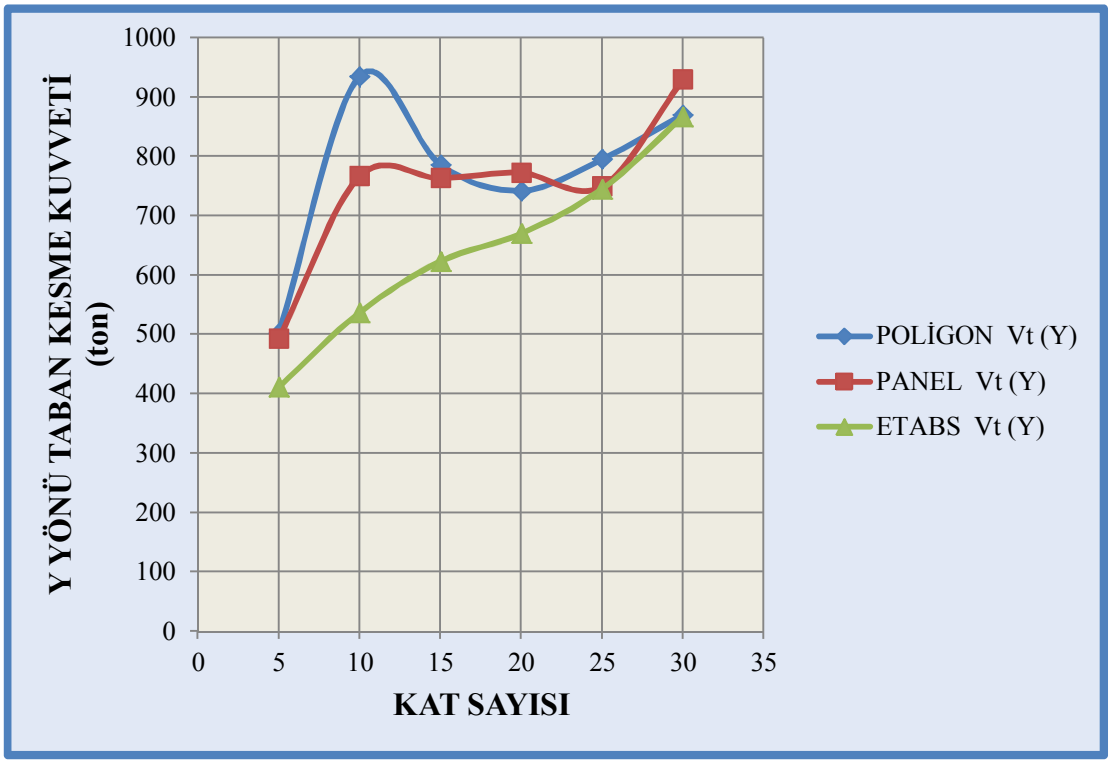
Şekil 4.8 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü $(\delta_i)_{max}/ h_i$ değerleri.

4.4.3 Taban kesme kuvvetleri grafikleri

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10' daki x ve y yönlerindeli taban kesme kuvvetleri grafileri incelendiği zaman model sonuçları arasındaki uyumsuzluk hemen göze çarpmaktadır. ETABS modellerindeki taban kesme kuvvetleri, periyot değerlerindeki lineer artıştan dolayı yine lineer bir artış göstermiştir. Poligon perdeli Sta4CAD modellerinde ise, özellikle y yönündeki periyotların düşük çıkması, gelen deprem kuvvetlerini arttırmıştır. Kat sayısı arttıkça her üç model tipindeki taban kesme kuvveti sonuçlarının birbirine yaklaştığı görülmektedir. Panel perdeli Sta4CAD modelleri ise, yine ETABS ve poligon perdeli Sta4CAD model sonuçları arasında gidip gelmektedir.



Şekil 4.9 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen x yönü V_t değerleri.



Şekil 4.10 : Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların kat sayısına göre değişen y yönü V_t değerleri.

4.5 Genel Değerlendirme

3 farklı modelleme ile girilmiş 18 modelin analiz sonuçları incelendiği zaman, taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıda ETABS model sonuçları, kat sayısının artmasıyla birlikte daha lineer sonuçlar verirken, her iki tipteki Sta4CAD model sonuçları da oldukça düzensiz sonuçlar vermiştir. Poligon perdeli ve panel perdeli Sta4CAD model sonuçları hem birbirleriyle hem de ETABS sonuçlarıyla uyumsuzdur. Poligon perdeli Sta4CAD modellerinde, poligon perdenin daha rijit bir davranışa sahip olduğu, bu nedenle periyotların ve öteleme değerlerinin daha az, taban kesme kuvvetlerinin daha fazla çıktığı görülmektedir. Fakat kat yüksekliği arttıkça sonuçlar ETABS model sonuçlarına yaklaşmaktadır. Panel perdeli Sta4CAD model sonuçları ise oldukça düzensiz çıkmıştır. Bu sistemin grafik sonuçları incelendiği zaman 'S' harfine benzeyen grafik şekilleri diğer modelleme tiplerine oranla daha fazla görülmektedir.

5. TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENSİZ 30 KATLI BETONARME YAPI

Bu bölümde, Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı betonarme yapı, tamamen taşıyıcı perdelerden oluşmaktadır. 3 adet bodrum katı olan yapının aks aralıkları 2.8m ile 7.5m arasında değişmekte olup, kiriş yükseklikleri 50cm, plak kalınlıkları ise 17cm' dir. Bu yapının Sta4CAD ETABS modelleri yapılmış, bir önceki bölümlerde karşılaştırılmış olan analiz sonuçları karşılaştırılmış, bunların yanında betonarme hesaplar yapılarak yapıların gerekli donatı alanları bulunmuş, çizimleri hazırlanmış, demir ve beton metrajları çıkarılmıştır.

5.1 Tasarım Kriterleri

5.1.1 Malzeme

Bütün modellerde beton sınıfı olarak C40, beton çeliği olarak da S420 kullanılmıştır. Modeller arasındaki sonuç farklarının malzemeye bağlı olması istenmediğinden, farklı katlarda modeller olmasına rağmen bütün modellerde aynı beton sınıfı kullanılmıştır.

5.1.2 Minimum beton örtüsü (pas payları)

Betonarme yapı elemanları, TS 500 – 2000 ve TDY 2007 yönetmeliğinin minimum koşulları dikkate alınarak, 'Taşıma Gücü Yöntemi' ne göre boyutlandırılacaktır. Betonarme elemanların boyutlandırılmasında dikkate alınacak net paspayları Çizelge 5.1' de görülmektedir.

Çizelge 5.1 : Paspayları.

Kolonlarda	c = 25 mm
Perdelerde	c = 25 mm
Kirişlerde	c = 25 mm
Döşemelerde	c = 15 mm
Toprak perdelerinde	c = 25 mm

5.1.3 Deprem ve zemin parametreleri

Yapıların deprem hesabında kullanılacak olan deprem ve zemin parametreleri Çizelge 5.2' de görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Deprem ve zemin parametreleri.

Deprem Bölgesi	1. derece
Etkin Yer İvme Katsayısı A_0	0.40 g
Yerel Zemin Sınıfı	Z1
Tasarım Spektrum Karakteristik Periyotları	Ta:0.15sn / Tb:0.30 sn
Bina Önem Katsayısı (I)	1
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	0.3

5.1.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) seçimi

Tasarımı yapılacak olan yapı, deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı yerinde dökme betonarme bir bina olduğu için R = 6 seçilmiştir.

Çizelge 5.3 : DBYBHY-2007' deki R katsayısı seçim çizelgesi.

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
1 Yerinde Dökme Betonarme Binalar		
1.1 Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.	4	8
1.2 Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.	4	7
1.3 Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.	4	6
1.4 Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.	4	7

5.1.5 Yükler

5.1.5.1 Öz ağırlık yükleri

Yapısal elemanların (kirişler, kolonlar, perdeler, döşemeler) öz ağırlık yükleri kullanılan her iki bilgisayar programı tarafından da otomatik olarak hesaplanıp sisteme etkitilmektedir.

5.1.5.2 Kaplama yükleri

Yapının konut olarak tasarlandığı göz önüne alınarak, kaplama yükleri Çizelge 5.4' de görüldüğü gibi hesaplanıp döşemelere bu yük tanımlanmıştır.

Çizelge 5.4 : Kaplama yükleri.

Kaplama	0.06 x 2.2	=	0.132	t/m^2
Sıva	0.04 x 2.2	=	0.088	t/m^2
Tesisat		=	0.03	t/m^2
	Toplam	=	0.25	t/m^2

5.1.5.3 Hareketli yükler

Yapının konut olarak tasarlandığı göz önüne alınarak, hareketli yük 0.2 t/m^2 olarak alınmıştır (TS498).

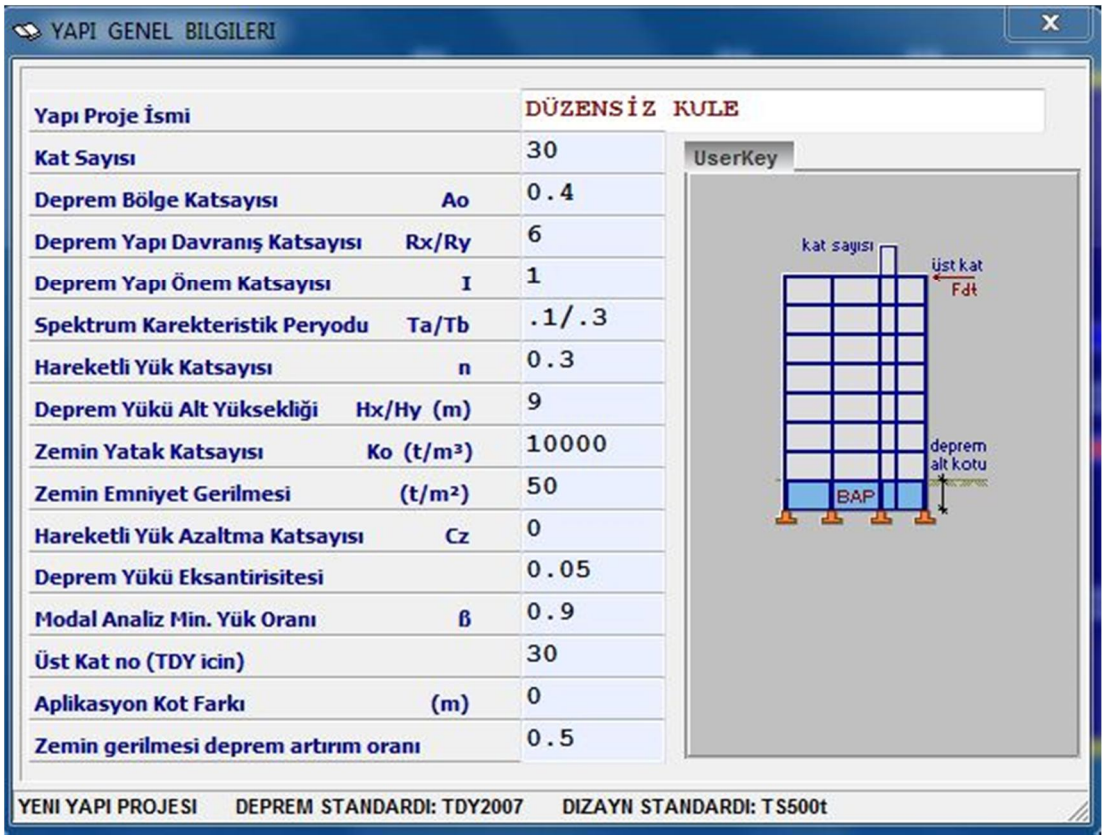
5.1.5.4 Duvar yükleri

Günümüz konut mimarisinde 2+1, 1+1 hatta 1+0 gibi daire tiplerinin yaygın bir şekilde kullanılması nedeniyle döşemelere ve kirişlere ciddi duvar yükleri etkimektedir. Bu etkiyi de göz önünde bulundurmak için döşemelere 0.2 t/m^2 duvar yükü verilmiştir. Ayrıca bütün kirişlere 19cm tuğla duvar yüküne karşılık gelecek şekilde 0.8 t/m duvar yükü girilmiştir.

5.1.6 Deprem hesabı

5.1.6.1 Sta4CAD programı ile deprem hesabı

Sta4CAD programı, deprem ve zemin parametrelerinin girilmesi durumunda otomatik olarak deprem yüklerini hesaplamakta ve yapıya etki ettirmektedir. Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı betonarme binanın Sta4CAD modelinin yapı genel bilgileri Şekil 5.1' de görülmektedir.



Şekil 5.1 : 30 katlı betonarme bina Sta4CAD modeli yapı genel bilgileri.

Sta4CAD programı DBYBHY-2007 yönetmeliğine tamamen uyumlu bir şekilde deprem hesabını yapmaktadır. Sta4CAD ile yapılmış modelin deprem raporları 'EKLER' kısmında bulunmaktadır.

5.6.1.2 ETABS programı ile deprem hesabı

ETABS programında deprem yüklerini yapıya etkitmek için, ilgili spektrum grafiğinin programa tanıtılması gerekmektedir. Bu grafik oluşturulurken elastik spektral ive, S_{ae} (T), değeri DBYBHY-2007' de bulunan (2.1) ve (2.2) denklemleri ile bulunmuştur.

$$A(T) = A_o\, I\, S(T) \qquad (2.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T)\, g \qquad (2.2)$$

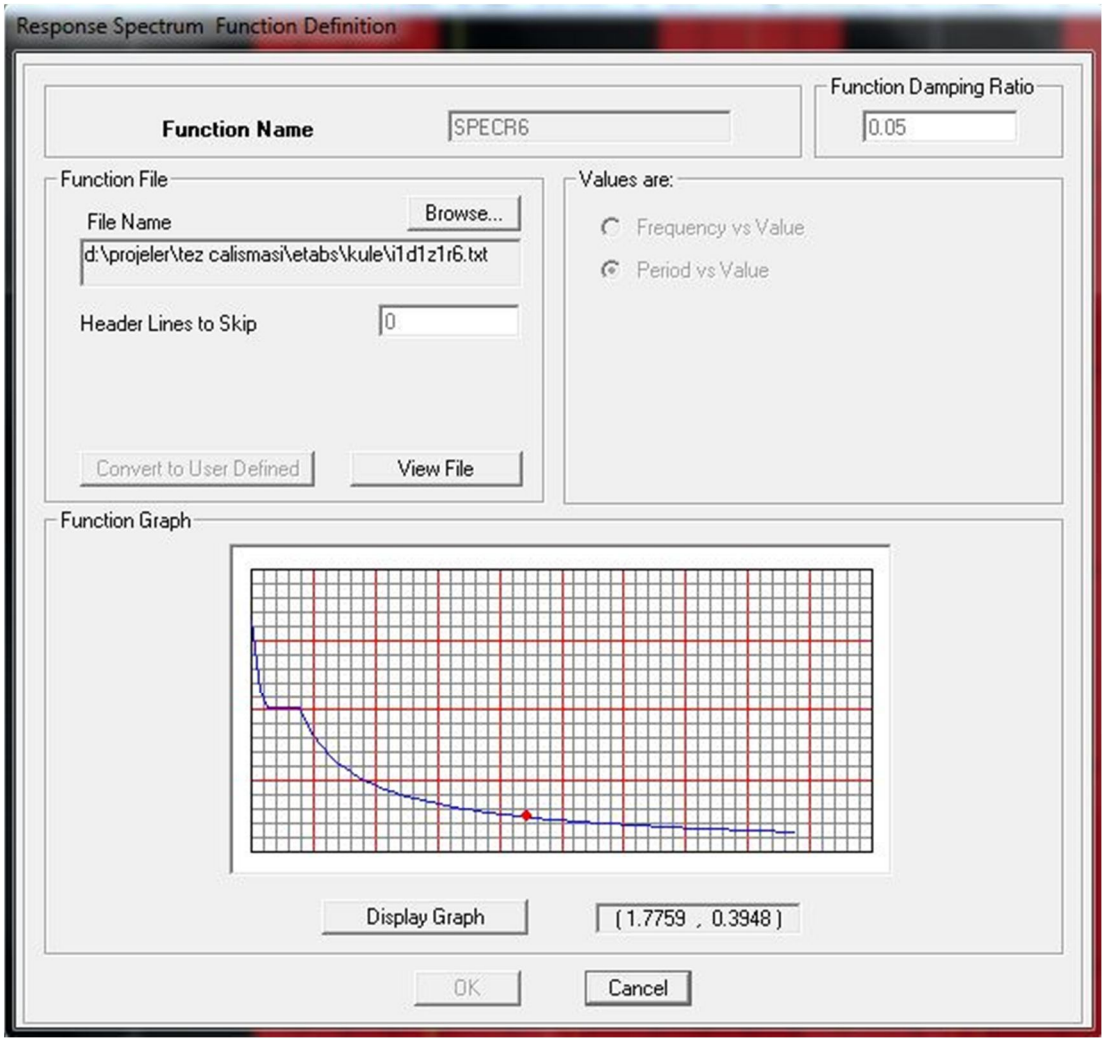
Formüldeki S(T) değerini bulmak için DBYBHY-2007' deki

$$S(T) = 1 + 1.5\,\frac{T}{T_A} \qquad (0 \le T \le \mathbf{T_A}) \qquad (2.3)$$

$$S(T) = 2.5 \qquad (\mathbf{T_A} < T \leq \mathbf{T_B}) \qquad (2.4)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} \qquad (T_B < \mathbf{T}) \qquad (2.5)$$

denklemleri kullanılmıştır. Bulunan S_{ae} (T) değeri, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R = 6' ya bölünmüş, ETABS' ta oluşturulan ve Şekil 5.2' de görülen spektrum grafiğinin ordinat ve koordinatları bulunmuştur. Bu noktalar Şekil 5.3' te görülmektedir.

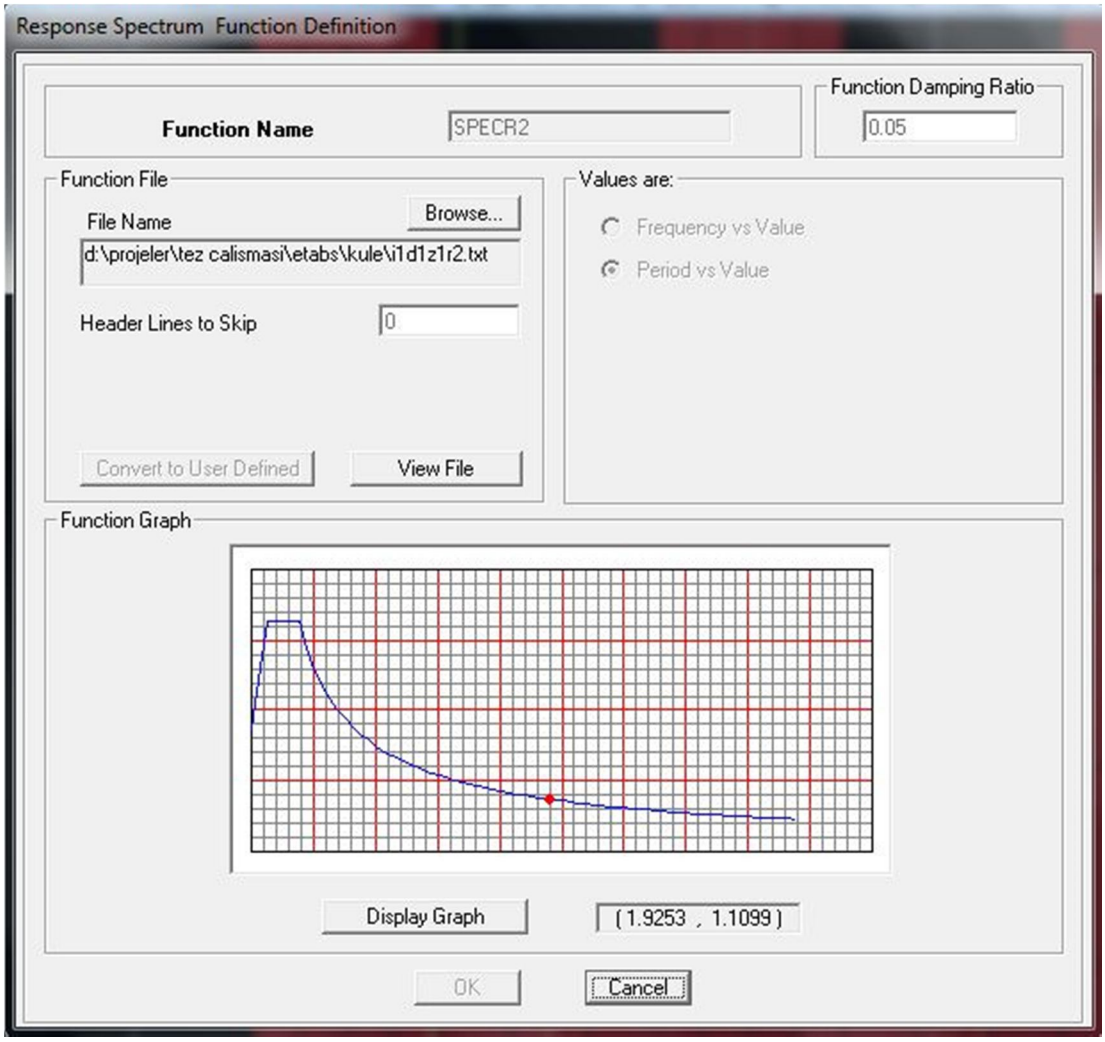


Şekil 5.2 : ETABS programında R=6 için oluşturulan spektrum grafiği.

T	S(T)	A(T)	A(T)*g	R	A(T)*g/R	A(T)*g	SPEC FILE	
0.00	1.00	0.40	3.92	1.5	2.62	3.92	0.00	2.62
0.05	1.75	0.70	6.87	3.8	1.83	6.87	0.05	1.83
0.10	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.10	1.64
0.15	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.15	1.64
0.20	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.20	1.64
0.25	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.25	1.64
0.30	2.50	1.00	9.81	6.0	1.64	9.81	0.30	1.64
0.35	2.21	0.88	8.67	6.0	1.45	8.67	0.35	1.45
0.40	1.99	0.79	7.79	6.0	1.30	7.79	0.40	1.30
0.45	1.81	0.72	7.09	6.0	1.18	7.09	0.45	1.18
0.50	1.66	0.66	6.52	6.0	1.09	6.52	0.50	1.09
0.55	1.54	0.62	6.04	6.0	1.01	6.04	0.55	1.01
0.60	1.44	0.57	5.63	6.0	0.94	5.63	0.60	0.94
0.65	1.35	0.54	5.28	6.0	0.88	5.28	0.65	0.88
0.70	1.27	0.51	4.98	6.0	0.83	4.98	0.70	0.83
0.75	1.20	0.48	4.71	6.0	0.79	4.71	0.75	0.79
0.80	1.14	0.46	4.48	6.0	0.75	4.48	0.80	0.75
0.85	1.09	0.43	4.26	6.0	0.71	4.26	0.85	0.71
0.90	1.04	0.42	4.07	6.0	0.68	4.07	0.90	0.68
0.95	0.99	0.40	3.90	6.0	0.65	3.90	0.95	0.65
1.00	0.95	0.38	3.74	6.0	0.62	3.74	1.00	0.62
1.05	0.92	0.37	3.60	6.0	0.60	3.60	1.05	0.60
1.10	0.88	0.35	3.47	6.0	0.58	3.47	1.10	0.58
1.15	0.85	0.34	3.35	6.0	0.56	3.35	1.15	0.56
1.20	0.82	0.33	3.24	6.0	0.54	3.24	1.20	0.54
1.25	0.80	0.32	3.13	6.0	0.52	3.13	1.25	0.52
1.30	0.77	0.31	3.04	6.0	0.51	3.04	1.30	0.51
1.35	0.75	0.30	2.95	6.0	0.49	2.95	1.35	0.49
1.40	0.73	0.29	2.86	6.0	0.48	2.86	1.40	0.48
1.45	0.71	0.28	2.78	6.0	0.46	2.78	1.45	0.46
1.50	0.69	0.28	2.71	6.0	0.45	2.71	1.50	0.45
1.55	0.67	0.27	2.64	6.0	0.44	2.64	1.55	0.44
1.60	0.66	0.26	2.57	6.0	0.43	2.57	1.60	0.43
1.65	0.64	0.26	2.51	6.0	0.42	2.51	1.65	0.42
1.70	0.62	0.25	2.45	6.0	0.41	2.45	1.70	0.41
1.75	0.61	0.24	2.39	6.0	0.40	2.39	1.75	0.40
1.80	0.60	0.24	2.34	6.0	0.39	2.34	1.80	0.39
1.85	0.58	0.23	2.29	6.0	0.38	2.29	1.85	0.38
1.90	0.57	0.23	2.24	6.0	0.37	2.24	1.90	0.37
1.95	0.56	0.22	2.19	6.0	0.37	2.19	1.95	0.37
2.00	0.55	0.22	2.15	6.0	0.36	2.15	2.00	0.36
2.05	0.54	0.21	2.11	6.0	0.35	2.11	2.05	0.35
2.10	0.53	0.21	2.07	6.0	0.34	2.07	2.10	0.34
2.15	0.52	0.21	2.03	6.0	0.34	2.03	2.15	0.34
2.20	0.51	0.20	1.99	6.0	0.33	1.99	2.20	0.33
2.25	0.50	0.20	1.96	6.0	0.33	1.96	2.25	0.33
2.30	0.49	0.20	1.92	6.0	0.32	1.92	2.30	0.32
2.35	0.48	0.19	1.89	6.0	0.32	1.89	2.35	0.32
2.40	0.47	0.19	1.86	6.0	0.31	1.86	2.40	0.31
2.45	0.47	0.19	1.83	6.0	0.30	1.83	2.45	0.30
2.50	0.46	0.18	1.80	6.0	0.30	1.80	2.50	0.30
2.55	0.45	0.18	1.77	6.0	0.30	1.77	2.55	0.30
2.60	0.44	0.18	1.74	6.0	0.29	1.74	2.60	0.29
2.65	0.44	0.18	1.72	6.0	0.29	1.72	2.65	0.29
2.70	0.43	0.17	1.69	6.0	0.28	1.69	2.70	0.28
2.75	0.42	0.17	1.67	6.0	0.28	1.67	2.75	0.28
2.80	0.42	0.17	1.64	6.0	0.27	1.64	2.80	0.27
2.85	0.41	0.17	1.62	6.0	0.27	1.62	2.85	0.27
2.90	0.41	0.16	1.60	6.0	0.27	1.60	2.90	0.27
2.95	0.40	0.16	1.58	6.0	0.26	1.58	2.95	0.26
3.00	0.40	0.16	1.55	6.0	0.26	1.55	3.00	0.26
3.05	0.39	0.16	1.53	6.0	0.26	1.53	3.05	0.26
3.10	0.39	0.15	1.51	6.0	0.25	1.51	3.10	0.25
3.15	0.38	0.15	1.50	6.0	0.25	1.50	3.15	0.25
3.20	0.38	0.15	1.48	6.0	0.25	1.48	3.20	0.25
3.25	0.37	0.15	1.46	6.0	0.24	1.46	3.25	0.24
3.30	0.37	0.15	1.44	6.0	0.24	1.44	3.30	0.24
3.35	0.36	0.15	1.42	6.0	0.24	1.42	3.35	0.24
3.40	0.36	0.14	1.41	6.0	0.23	1.41	3.40	0.23

Şekil 5.3 : ETABS modelinde R=6 için oluşturulan spektrum grafiğinin noktaları.

Bu bölümde yapıların betonarme hesapları da yapılacağı için, taşıyıcı perdelerin kesme kuvvetleri hesabında gerekli olan R = 2' ye göre tanımlanmış spektrum grafiği modele tanımlanmıştır. Oluşturulan spektrum grafiği Şekil 5.4' te, spektrum grafiğinin ordinat ve koordinatları Şekil 5.5' te görülmektedir.



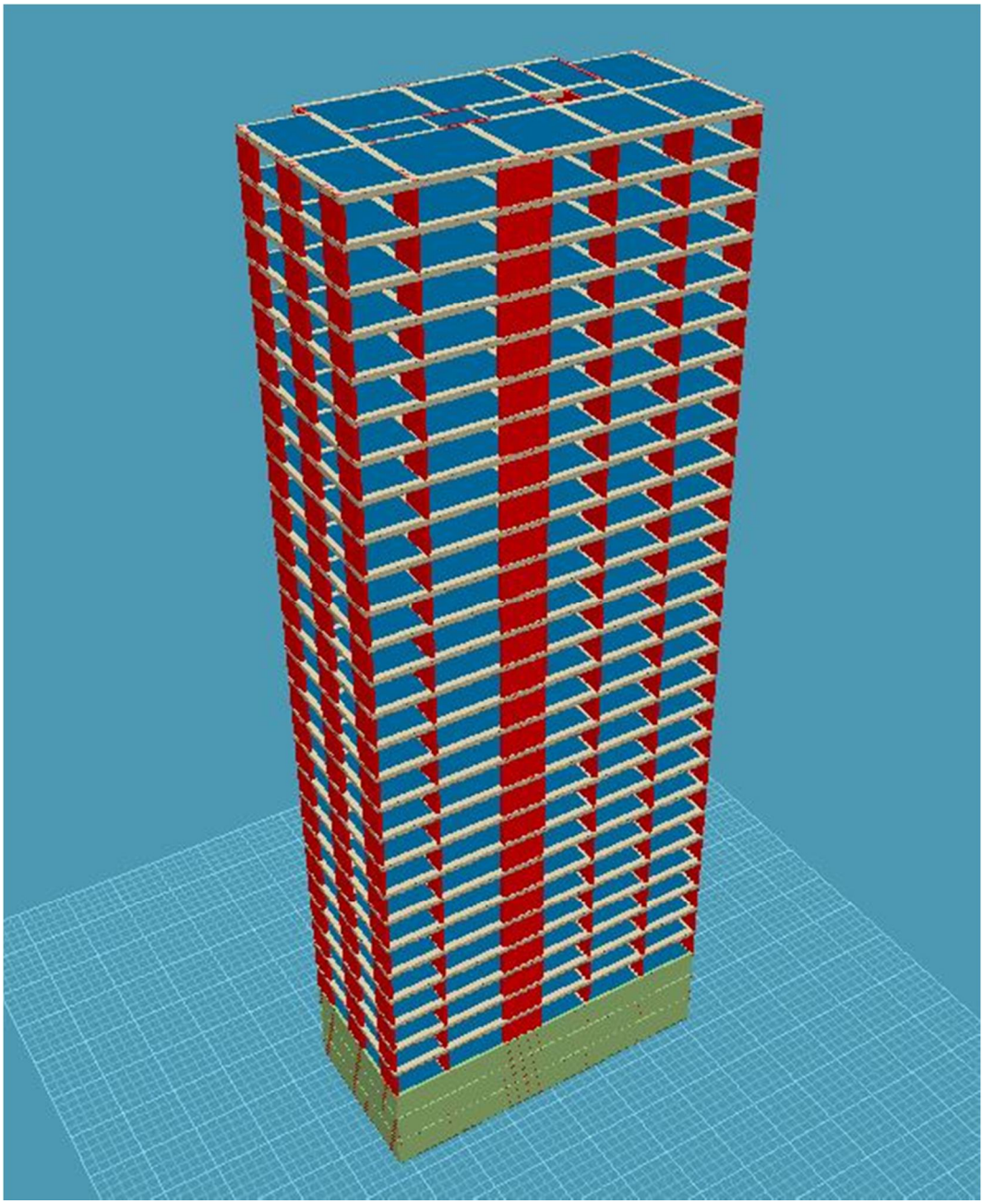
Şekil 5.4 : ETABS programında R=2 için oluşturulan spektrum grafiği.

T	S(T)	A(T)	A(T)*g	R	A(T)*g/R	A(T)*g	SPEC FILE	
0.00	1.00	0.40	3.92	1.5	2.62	3.92	0.00	2.62
0.05	1.75	0.70	6.87	1.8	3.92	6.87	0.05	3.92
0.10	2.50	1.00	9.81	2.0	4.91	9.81	0.10	4.91
0.15	2.50	1.00	9.81	2.0	4.91	9.81	0.15	4.91
0.20	2.50	1.00	9.81	2.0	4.91	9.81	0.20	4.91
0.25	2.50	1.00	9.81	2.0	4.91	9.81	0.25	4.91
0.30	2.50	1.00	9.81	2.0	4.91	9.81	0.30	4.91
0.35	2.21	0.88	8.67	2.0	4.34	8.67	0.35	4.34
0.40	1.99	0.79	7.79	2.0	3.90	7.79	0.40	3.90
0.45	1.81	0.72	7.09	2.0	3.55	7.09	0.45	3.55
0.50	1.66	0.66	6.52	2.0	3.26	6.52	0.50	3.26
0.55	1.54	0.62	6.04	2.0	3.02	6.04	0.55	3.02
0.60	1.44	0.57	5.63	2.0	2.82	5.63	0.60	2.82
0.65	1.35	0.54	5.28	2.0	2.64	5.28	0.65	2.64
0.70	1.27	0.51	4.98	2.0	2.49	4.98	0.70	2.49
0.75	1.20	0.48	4.71	2.0	2.36	4.71	0.75	2.36
0.80	1.14	0.46	4.48	2.0	2.24	4.48	0.80	2.24
0.85	1.09	0.43	4.26	2.0	2.13	4.26	0.85	2.13
0.90	1.04	0.42	4.07	2.0	2.04	4.07	0.90	2.04
0.95	0.99	0.40	3.90	2.0	1.95	3.90	0.95	1.95
1.00	0.95	0.38	3.74	2.0	1.87	3.74	1.00	1.87
1.05	0.92	0.37	3.60	2.0	1.80	3.60	1.05	1.80
1.10	0.88	0.35	3.47	2.0	1.73	3.47	1.10	1.73
1.15	0.85	0.34	3.35	2.0	1.67	3.35	1.15	1.67
1.20	0.82	0.33	3.24	2.0	1.62	3.24	1.20	1.62
1.25	0.80	0.32	3.13	2.0	1.57	3.13	1.25	1.57
1.30	0.77	0.31	3.04	2.0	1.52	3.04	1.30	1.52
1.35	0.75	0.30	2.95	2.0	1.47	2.95	1.35	1.47
1.40	0.73	0.29	2.86	2.0	1.43	2.86	1.40	1.43
1.45	0.71	0.28	2.78	2.0	1.39	2.78	1.45	1.39
1.50	0.69	0.28	2.71	2.0	1.35	2.71	1.50	1.35
1.55	0.67	0.27	2.64	2.0	1.32	2.64	1.55	1.32
1.60	0.66	0.26	2.57	2.0	1.29	2.57	1.60	1.29
1.65	0.64	0.26	2.51	2.0	1.25	2.51	1.65	1.25
1.70	0.62	0.25	2.45	2.0	1.22	2.45	1.70	1.22
1.75	0.61	0.24	2.39	2.0	1.20	2.39	1.75	1.20
1.80	0.60	0.24	2.34	2.0	1.17	2.34	1.80	1.17
1.85	0.58	0.23	2.29	2.0	1.14	2.29	1.85	1.14
1.90	0.57	0.23	2.24	2.0	1.12	2.24	1.90	1.12
1.95	0.56	0.22	2.19	2.0	1.10	2.19	1.95	1.10
2.00	0.55	0.22	2.15	2.0	1.08	2.15	2.00	1.08
2.05	0.54	0.21	2.11	2.0	1.05	2.11	2.05	1.05
2.10	0.53	0.21	2.07	2.0	1.03	2.07	2.10	1.03
2.15	0.52	0.21	2.03	2.0	1.01	2.03	2.15	1.01
2.20	0.51	0.20	1.99	2.0	1.00	1.99	2.20	1.00
2.25	0.50	0.20	1.96	2.0	0.98	1.96	2.25	0.98
2.30	0.49	0.20	1.92	2.0	0.96	1.92	2.30	0.96
2.35	0.48	0.19	1.89	2.0	0.95	1.89	2.35	0.95
2.40	0.47	0.19	1.86	2.0	0.93	1.86	2.40	0.93
2.45	0.47	0.19	1.83	2.0	0.91	1.83	2.45	0.91
2.50	0.46	0.18	1.80	2.0	0.90	1.80	2.50	0.90
2.55	0.45	0.18	1.77	2.0	0.89	1.77	2.55	0.89
2.60	0.44	0.18	1.74	2.0	0.87	1.74	2.60	0.87
2.65	0.44	0.18	1.72	2.0	0.86	1.72	2.65	0.86
2.70	0.43	0.17	1.69	2.0	0.85	1.69	2.70	0.85
2.75	0.42	0.17	1.67	2.0	0.83	1.67	2.75	0.83
2.80	0.42	0.17	1.64	2.0	0.82	1.64	2.80	0.82
2.85	0.41	0.17	1.62	2.0	0.81	1.62	2.85	0.81
2.90	0.41	0.16	1.60	2.0	0.80	1.60	2.90	0.80
2.95	0.40	0.16	1.58	2.0	0.79	1.58	2.95	0.79
3.00	0.40	0.16	1.55	2.0	0.78	1.55	3.00	0.78
3.05	0.39	0.16	1.53	2.0	0.77	1.53	3.05	0.77
3.10	0.39	0.15	1.51	2.0	0.76	1.51	3.10	0.76
3.15	0.38	0.15	1.50	2.0	0.75	1.50	3.15	0.75
3.20	0.38	0.15	1.48	2.0	0.74	1.48	3.20	0.74
3.25	0.37	0.15	1.46	2.0	0.73	1.46	3.25	0.73
3.30	0.37	0.15	1.44	2.0	0.72	1.44	3.30	0.72
3.35	0.36	0.15	1.42	2.0	0.71	1.42	3.35	0.71
3.40	0.36	0.14	1.41	2.0	0.70	1.41	3.40	0.70

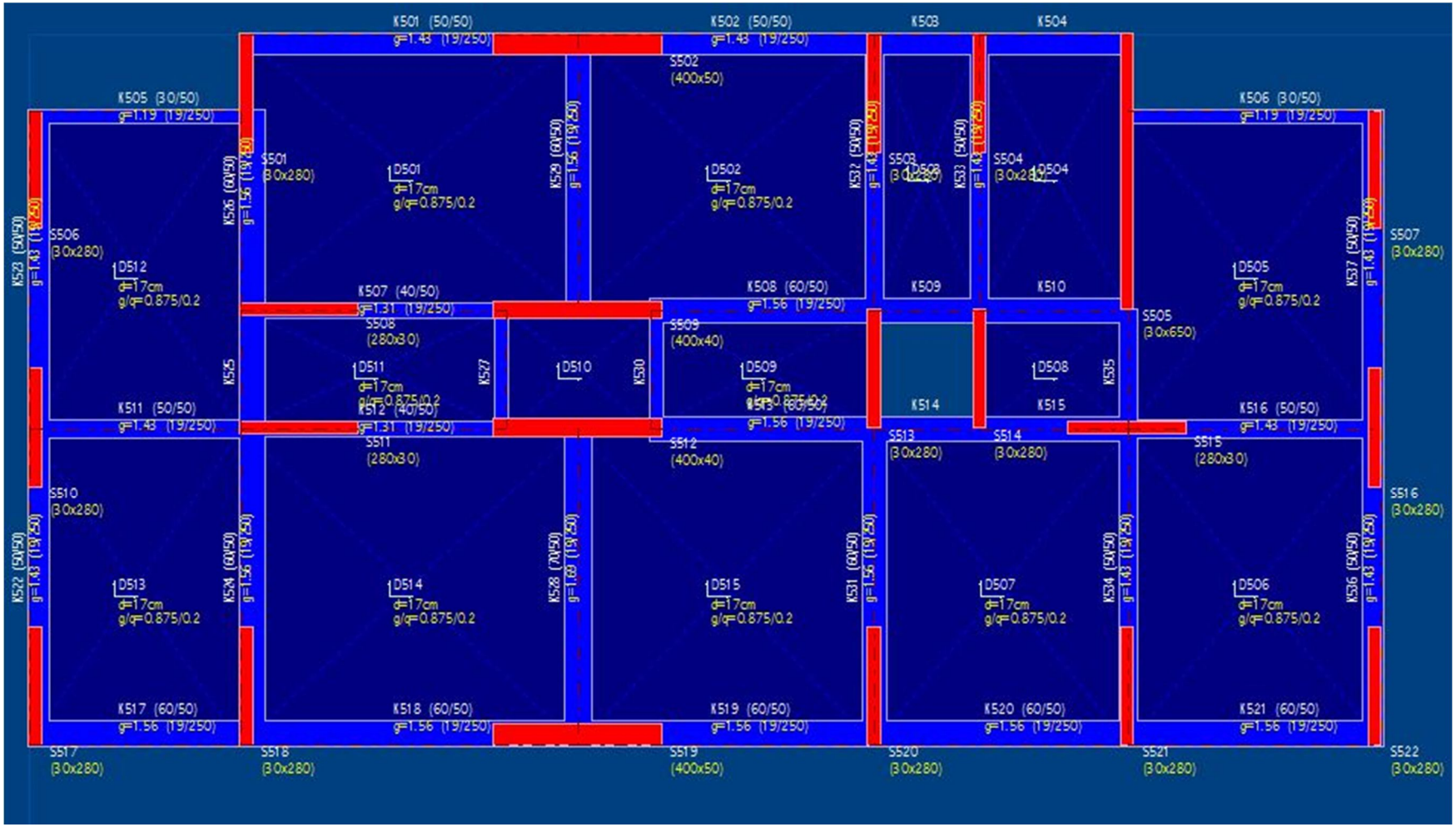
Şekil 5.5 : ETABS modelinde R=2 için oluşturulan spektrum grafiğinin noktaları.

5.2 Sta4CAD Modeli

Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı betonarme binanın Sta4CAD modeli Şekil 5.6 ve Şekil 5.7' de görülmektedir. Bu bölümde Sta4CAD modeli olarak tek tip model girilmesinin nedeni, yapıda çekirdek perdesinin yani poligon olarak girilebilecek bir perdenin olmamasıdır.



Şekil 5.6 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı Sta4CAD 3B görünüşü.



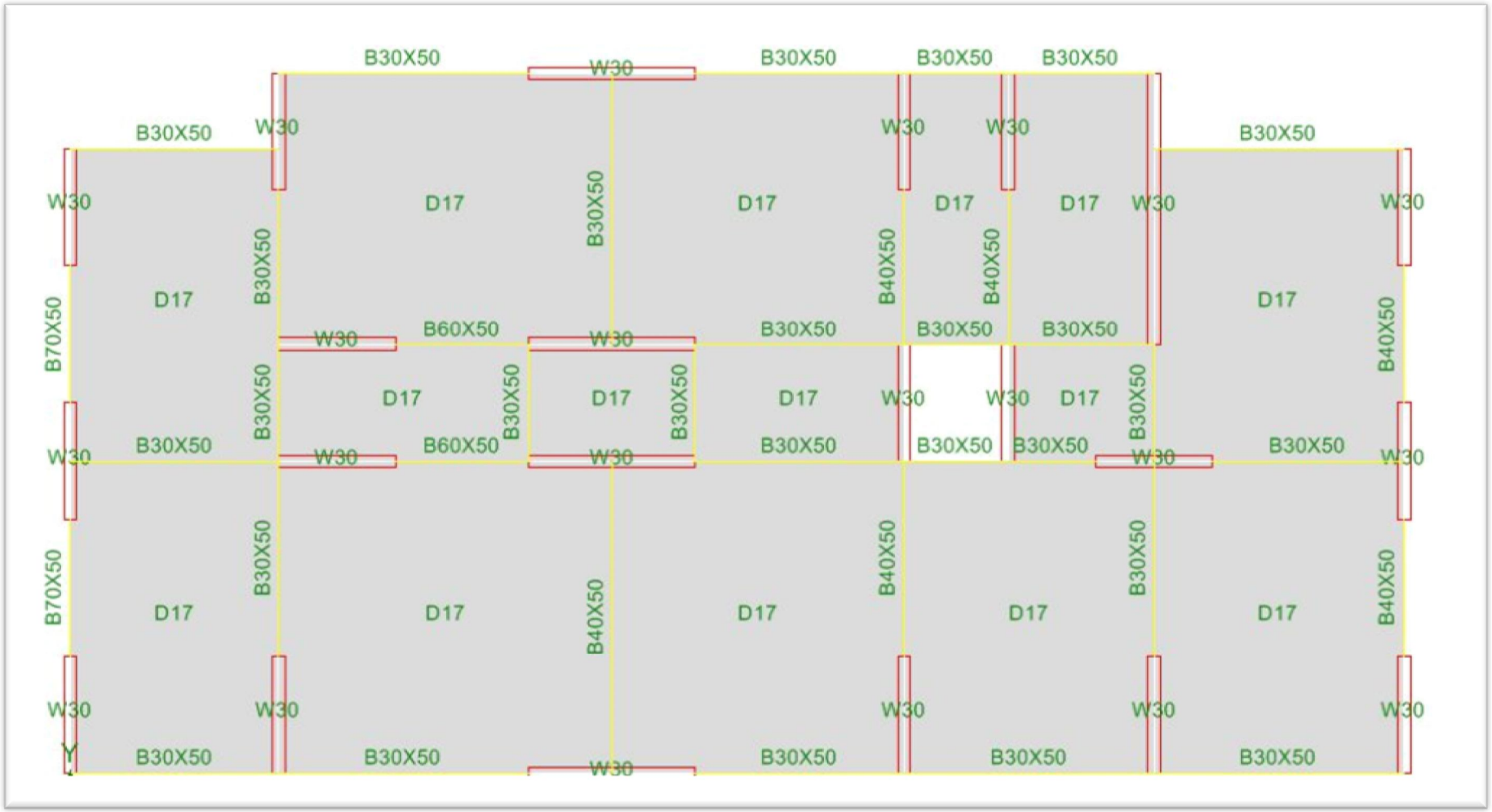
Şekil 5.7 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı Sta4CAD modeli.

5.3 Etabs Modeli

Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı betonarme yapının ETABS modeli Şekil 5.8 ve Şekil 5.9' da görülmektedir.



Şekil 5.8 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı ETABS 3B görünüşü.



Şekil 5.9 : Taşıyıcı sistemi düzensiz olan 30 katlı yapı ETABS modeli.

5.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Her iki program ile modellenmiş binanın, diğer iki bölümde karşılaştırılmış olan ilk 3 hakim periyotları, her iki yön için maksimum etkin göreli kat ötelemelerinin kat yüksekliğine oranları ve yapılara her iki yönden etki eden toplam taban kesme kuvvetleri bu bölümde de karşılaştırılacaktır. Bu veriler Çizelge 5.5' te görüldüğü üzere aynı tablo üzerinde toplanmıştır. Ayrıca yapıların hem Sta4CAD hem de ETABS programlarında betonarme hesapları yapılacak, bulunan donatı alanlarına göre demir ve beton metrajları karşılaştırılacaktır.

Çizelge 5.5 : 30 katlı binanın Sta4CAD ve ETABS model sonuçları.

		1.PERİYOD	Yön	2.PERİYOD	Yön	3.PERİYOD	Yön
KULE	STA4CAD	3.04	y	2.87	x	2.38	b
	ETABS	3.50	x	2.96	y	2.38	b
		$(\delta i)_{max} / h_i$ X	KAT	$(\delta i)_{max} / h_i$ Y	KAT	V_t (X)	V_t (Y)
KULE	STA4CAD	0.01322	15	0.01613	16	850	850
	ETABS	0.01763	14	0.01853	16	895	870

5.4.1 Yapı periyotları

Çizelge 5.5' te modellerin ilk 3 periyotları incelendiği zaman, çok ilginç bir sonuç çıkmaktadır. Modellerin 1. periyotları arasında ciddi bir saniye farkı olmakla birlikte, Sta4CAD modelinde 1. periyodun yönü y çıkarken, ETABS modelinde 1. periyodun yönü x doğrultusunda çıkmıştır. Her iki modelin 2. periyot değerleri birbirine yakın gibi görünse de, periyot yönleri arasındaki farklılık 2. periyotlarda da gözükmektedir. Farklı bir açıdan baktığımızda ise, binaların y yönündeki periyotları neredeyse aynı çıkmıştır. Fakat x yönündeki periyotları ETABS modelinde 3.50 saniye, Sta4CAD modelinde ise 2.87 saniye olarak hesaplanmıştır. Aradaki fark oldukça fazladır. 3. periyotlar ise her iki modelde de aynı saniyelerde ve burulma periyodu olarak görülmektedir.

5.4.2 $(\delta i)_{max} / h_i$ değerleri

Çizelge 5.5' teki etkin göreli kat ötelemelerinin kat yüksekliğine oranları incelendiği zaman x yönünde ciddi bir farklılık göze çarpmaktadır. Bunun nedeni programların x yönünde hesaplamış oldukları periyotlar arasındaki ciddi farklılıktır. ETABS modelinde x yönündeki periyot daha fazla olduğu için, deplasmanlar daha fazla

çıkmış, bu nedenle x yönündeki $(\delta_i)_{max}$ / h_i değerleri Sta4CAD modeline göre çok daha fazla hesaplanmıştır.

5.4.3 Taban kesme kuvvetleri değerleri

Çizelge 5.5' te görülen x ve y yönlerindeki taban kesme kuvvetleri incelendiği zaman, bu değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Periyotları oldukça farklı olan iki modelin taban kesme kuvvetlerinin aynı olmasının nedeni, DBYBHY-2007' de bulunan arttırım hesabından kaynaklanmaktadır. Denklem 2.6' da görülen formüle göre, mod birleştirme yöntemi ile bulunan deprem kuvvetlerinin, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan V_t değerinin, düzensiz binalarda, %90' ından daha az olmasına izin vermemektedir. Yapı yüksek katlı olmasından dolayı periyotların yüksek çıkması, bu nedenle de kesme kuvvetlerinin düşük çıkmasına rağmen, Denklem 2.7' de görülen DBYBHY-2007' deki formüle göre, eşdeğer deprem yöntemi ile bulunan Vt değerine konulan %10 sınırlamasından dolayı mod birleştirme yöntemi ile bulunan kesme kuvvetleri ciddi oranda arttırılmıştır.

$$B_D = \frac{\boldsymbol{\beta Vt}}{\boldsymbol{VtB}} B_B \qquad (2.6)$$

$$V_t = \frac{\boldsymbol{W\ A\ (T1)}}{\boldsymbol{Ra\ (T1)}} \geq \boldsymbol{0.10}\ A_0\ I\ W \qquad (2.7)$$

Sta4CAD ve ETABS modellerinde hesaplanmış olan arttırım değerleri Çizelge 5.6' da görülmektedir. ETABS modelinde periyotların fazla çıkmasından dolayı, kesme kuvvetleri daha az çıkmış, fakat arttırım hesabından dolayı her iki modeldeki kat kesme kuvvetleri aynı değerlere getirilmiştir.

Çizelge 5.6 : Modellerde yapılan arttırım değerleri.

	ARTTIRIM KATSAYILARI	
	X	**Y**
Sta4CAD	1.465	1.491
ETABS	1.679	1.526

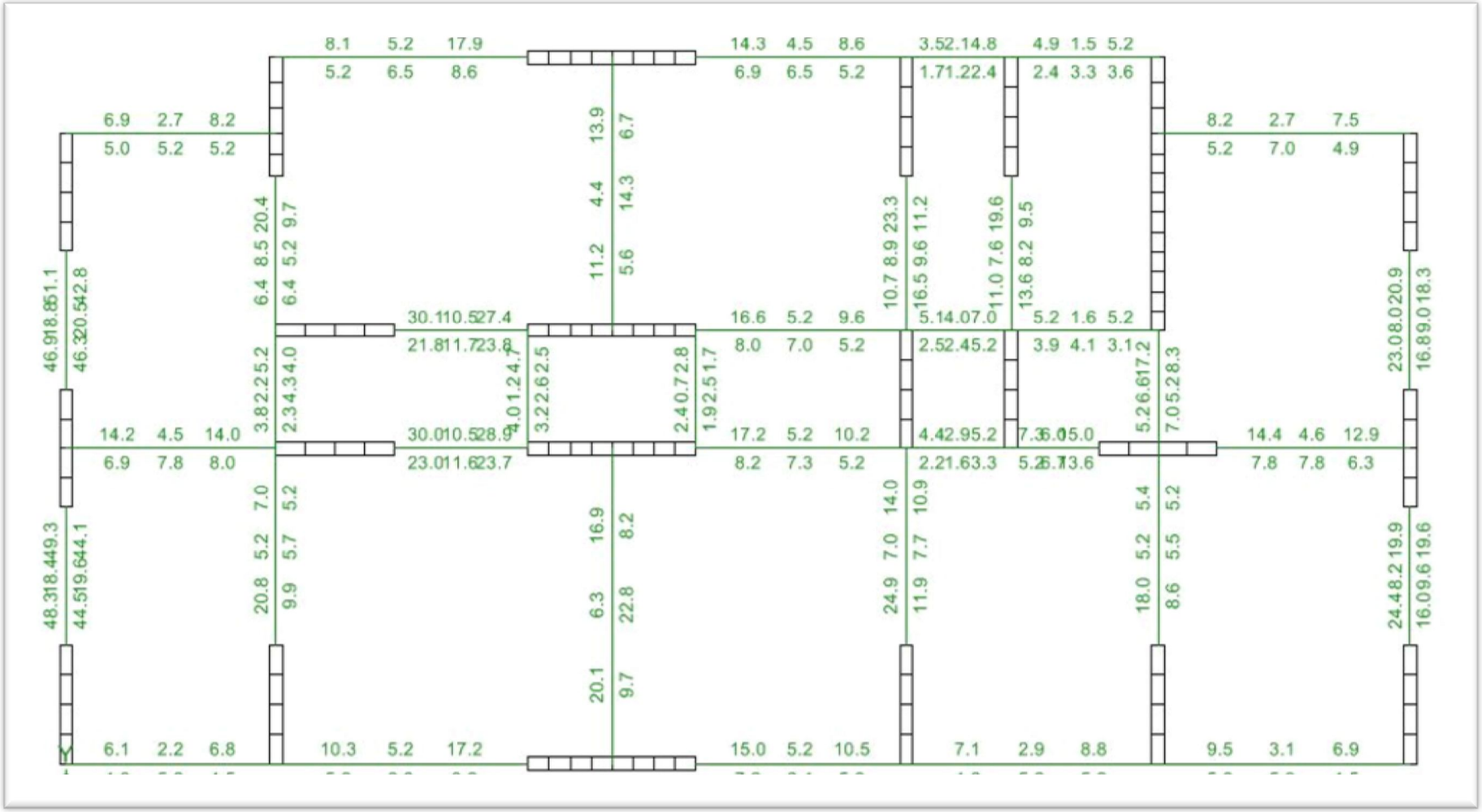
5.4.4 Betonarme hesapları

5.4.4.1 Sta4CAD programında betonarme hesapları

Sta4CAD programı, deprem kuvvetleri ve düşey yükleri hesapladıktan sonra, betonarme kesit hesaplarını da otomotik olarak yapmakta, kesitlerin ihtiyacı olan donatıları belirlemekte ve gerekli olan donatıları kesite yönetmelik koşullarına uyarak yerleştirmektedir. Sta4CAD modelinin, ETABS modeline göre daha rijit bir davranış göstermesinden dolayı, kiriş donatıları ETABS modeline oranla daha fazla çıkmıştır. Maksimum donatı oranını aşan kiriş boyutları bulunmuş, bu nedenle kiriş boyutları arttırılmıştır. ETABS ve Sta4CAD modellerinin kalıp planları incelendiği zaman, kiriş boyutlarındaki farklılık görülecektir. Ayrıca S102, S109, S112 ve S119 perdeleri ilk analizlerde bütün katlarda 30-400 olarak tasarlanmış, fakat bu kesitler kurtarmamıştır. Bu nedenle S102 ve S119 perdelerinin kesitleri ilk 11 kat 50-400, 12.–15. katlar arasında 40-400 yapılmıştır. S109 ve S112 perdelerinin kesitleri ise ilk 15 kat boyunca 40-400' e büyütülmüştür. ETABS modeline oranla kiriş ve bazı perde kesitlerindeki büyüme Sta4CAD modelindeki beton metrajlarını arttırmıştır.

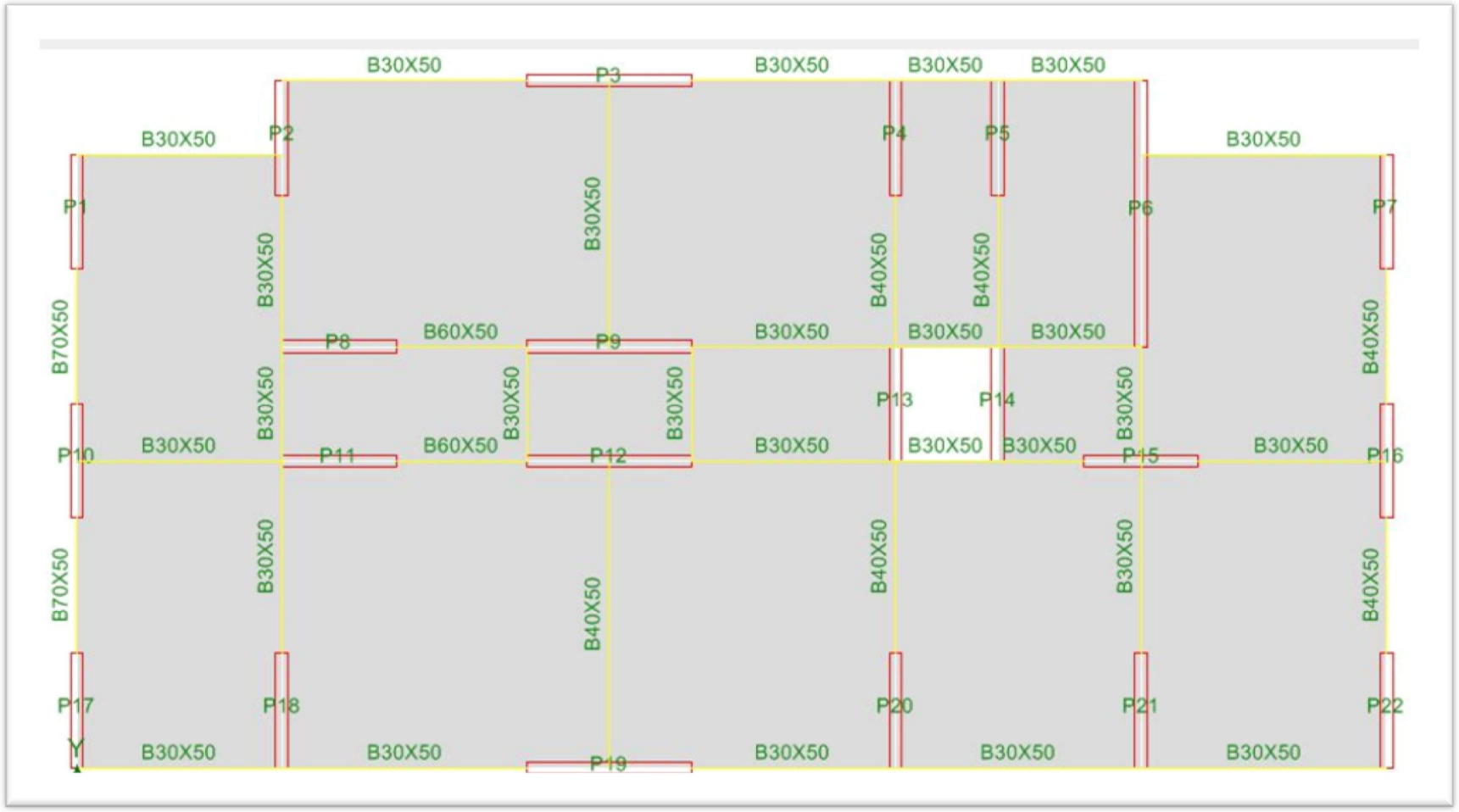
5.4.4.2 ETABS programında betonarme hesapları

ETABS programı ile kiriş betonarme hesapları, betonarme tasarımı modülü tarafından TS 500 yönetmeliğine uygun bir şekilde yapılmaktadır. Bütün katlarda yapılan betonarme tasarımı sonrası kirişlerde gerekli olan donatılar bulunmuş, minimum ve maksimum kiriş donatı koşulları da göz önüne alınarak gerekli donatılar kirişlere yerleştirmiştir. Örnek olarak Şekil 5. 10' da ETABS modeli 4. kat kiriş donatıları gösterilmiştir. Bütük kirişlerde gerekli olan donatı alanları EKLER kısmında verilen ETABS model çıktılarında bulunmaktadır.

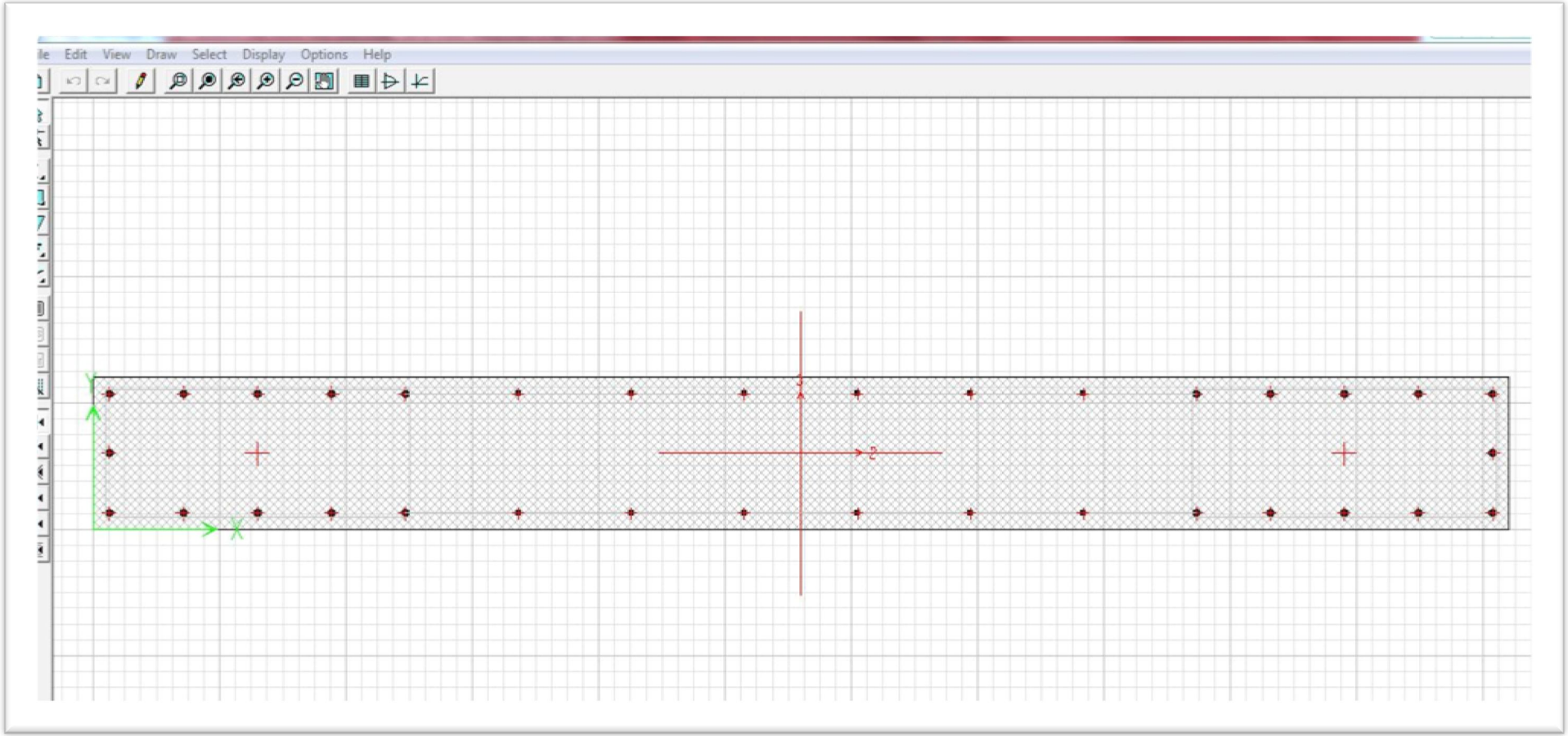


Şekil 5.10 : ETABS modeli 4. kat gerekli olan kiriş donatı alanları.

ETABS programı ile taşıyıcı perdelerin betonarme hesabının yapılması için öncelikle bütün perdelere pier numarası atanmaktadır. Modele atanan pier numaraları Şekil 5.11' de görülmektedir. Daha sonra Şekil 5.12' de görüldüğü üzere bu pier numaralarına ETABS programındaki 'section designer' modülü kullanılarak perdeye konulması istenen donatı tanımlanmaktadır. Perde tasarımı modülü ile perdelerin betonarme hesapları yapıldıktan sonra, konulan donatıya göre kapasite kontrolü yapılmakta ve perdelerin yüzde kaç ile çalıştıkları görülmektedir. Kesme tasarımı için ise, perdelere gelen kesme kuvvetleri hem R=2, hem de R=6 için program çıktılarından elde edilmiş, excel programı kullanılarak gerekli olan perde etriyeleri hesaplanmıştır. Örnek olarak Şekil 5.13' te P1 pier numaralı perdenin eğilme ve kesme hesap sonuçlarının hesaplandığı excel tablosu görülmektedir.



Şekil 5.11 : ETABS modeline atanan pier numaraları.



Şekil 5.12 : ETABS modelinde ‘section designer’ modulü kullanılarak tanımlanan 30-280 perde boyuna donatısı.

PROJE	30 KATLI BETONARME YAPI PERDE KONTROL EXCELİ	f_{ck} (MPa)	40	ETABS Perde Kontrol v2.1
		f_{yk} (MPa)	420	
		f_{cd} (MPa)	26.67	
		f_{ctd} (MPa)	1.48	
		f_{yd} (MPa)	365.22	
MÜHENDİS		R	6.00	
KONTROL		G.F.	1.00	

Story	Pier Label	StnLoc	Pier Section	D/C Ratio	R6 V (kN)	R6 Ve (kN)	R2 V (kN)	Etriye çapı	Etriye aralığı	b_w (cm)	l_w (cm)	Vr1 (kN)	Vr2 (kN) max. Kapasite	Kesme Tasarımı	Eğilme Kapasitesi	Sonuç
STORY30	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.47	169.02	678.32	281.50	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY29	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.44	258.44	1091.39	472.44	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY28	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.46	313.60	1279.93	585.59	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY27	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.48	359.67	1418.85	674.00	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY26	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.50	402.39	1501.46	755.98	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY25	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.54	440.97	1539.41	831.13	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY24	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.58	476.36	1541.82	900.15	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY23	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.63	510.22	1521.65	965.99	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY22	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.69	543.76	1482.12	1031.26	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY21	P1	Bottom	30X280X60X11Q14X12Q12	0.76	577.05	1420.28	1096.25	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY20	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.46	609.89	2465.60	1160.29	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY19	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.51	642.45	2340.84	1223.53	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY18	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.57	674.95	2214.40	1286.61	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY17	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.64	707.60	2089.37	1350.05	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY16	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.71	740.81	1960.51	1414.26	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY15	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.79	774.82	1835.02	1479.71	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY14	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.89	809.68	1711.75	1546.73	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY13	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.93	845.17	1703.97	1614.87	10.00	15.00	30	280	1876.08	4928	R2	OK	OK
STORY12	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.96	880.73	1720.18	1682.87	10.00	15.00	30	280	1876.08	4928	R2	OK	OK
STORY11	P1	Bottom	30X280X60X11Q20X12Q16	0.98	916.25	1753.03	1750.48	10.00	15.00	30	280	1876.08	4928	R2	OK	OK
STORY10	P1	Bottom	30X280X60X15Q22X24Q16	0.80	952.64	2235.26	1819.56	10.00	15.00	30	280	1876.08	4928	R2	OK	OK
STORY9	P1	Bottom	30X280X60X15Q22X24Q16	0.90	990.16	2063.29	1890.50	10.00	13.00	30	280	2040.75	4928	R2	OK	OK
STORY8	P1	Bottom	30X280X60X15Q22X24Q16	0.95	1024.22	2021.49	1955.09	10.00	13.00	30	280	2040.75	4928	R2	OK	OK
STORY7	P1	Bottom	30X280X60X15Q26X24Q20	0.82	1045.94	2383.78	1998.68	10.00	10.00	30	280	2411.24	4928	R2	OK	OK
STORY6	P1	Bottom	30X280X60X15Q26X24Q20	0.91	1067.56	2192.90	2047.28	10.00	10.00	30	280	2411.24	4928	R2	OK	OK
STORY5	P1	Bottom	30X280X60X15Q26X24Q20	0.97	1207.21	2333.52	2288.19	10.00	10.00	30	280	2411.24	4928	R2	OK	OK
STORY4	P1	Bottom	30X280X60X15Q26X24Q20	0.98	1559.44	2983.62	2866.61	12.00	10.00	30	280	3117.66	4928	R2	OK	OK
STORY3	P1	Bottom	30X280X60X15Q26X24Q20	0.61	446.55	1381.65	716.98	10.00	20.00	30	280	1608.50	4928	R2	OK	OK
STORY2	P1	Bottom	30X280X60X15Q26X24Q20	0.46	975.25	4015.36	1745.71	10.00	15.00	30	280	1876.08	4928	R2	OK	OK
STORY1	P1	Bottom	30X280X60X15Q26X24Q20	0.46	1282.38	5251.06	2184.62	10.00	10.00	30	280	2411.24	4928	R2	OK	OK

Şekil 5.13 : ETABS modeli P1 perdesi kesme ve eğilme hesabı excel tablosu.

5.4.5 Demir ve beton metrajları

Sta4CAD ve ETABS programları ile yapılan analizler sonucu hesaplanmış olan beton ve demir metrajları Çizelge 5.7' de görülmektedir.

Çizelge 5.7 : Demir ve beton metrajları.

STA4CAD DEMİR METRAJI		ETABS DEMİR METRAJI	
Döşeme	170000 kg	Döşeme	170000 kg
Kiriş	282200 kg	Kiriş	176535 kg
Perde	207950 kg	Perde	226200 kg
Toplam	660150 kg	Toplam	572735 kg

STA4CAD BETON METRAJI	ETABS BETON METRAJI
5392 m3	5037 m3

5.5 Genel Değerlendirme

Metraj tablosu incelendiği zaman, her iki modelde de döşeme demir metrajları aynı çıkarken, kolon ve kiriş metrajlarında farklılıklar gözükmektedir. Kiriş demir metrajı Sta4CAD programı ile yapılan çözümde, ETABS programındaki çözüme göre % 60 oranında daha fazla çıkmıştır. Bu oran modellerin analiz sonuçları arasındaki ciddi farkın belki de en iyi göstergesidir. Bu farkın nedeni, Sta4CAD modelinin ETABS modeline göre daha rijit bir davranış göstermesi ve bu nedenle özellikle kiriş mesnetlerinde çıkan donatı alanlarının artmasıdır. Bu donatı artışı kiriş maksimum donatı alanlarının aşılmasına ve kiriş kesitlerinin büyümesine de neden olmuştur. Perde metrajların incelendiği zaman, perde demir metrajı, ETABS programı ile yapılan çözümde, Sta4CAD programındaki çözüme göre % 9 oranında daha fazla çıkmıştır. Bu artıştaki en büyük neden ise ETABS modelinde P1, P7, P10, P17 ve P22 pier numaralarına sahip perdelerde özellikle ilk 10 katta ciddi eğilme momentlerinin çıkmasıdır. Bu eğilme momentlerinin karşılanması için bu perdelere ciddi oranda boyuna donatı konulmuştur. Perde yönlerine dikkat edilirse, bu perdelerin hepsi y yönündedir. Y yönündeki periyodun, Sta4CAD modeline göre çok daha fazla olması, bu yöndeki deplasmanın dolayısıyla da bu perdelerdeki eğilmenin daha fazla gerçekleşeceği anlamına gelmektedir. Böylece bu perdelerdeli eğilme momentleri ETABS modelinde daha fazla çıkmış, bu perdelerdeki boyuna donatı metrajı artmıştır. Genel toplama bakılacak olursa, Sta4CAD programı ile yapılan çözümde hesaplanan toplam demir metrajı, ETABS programı ile yapılan çözümde

hesaplanan toplam demir metrajına oranla % 15 oranında daha fazladır. Beton metrajı ise Sta4CAD modelindeki çözümde, ETABS modeline göre % 7 oranında daha fazla hesaplanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında, Türkiye' de yapıların depreme karşı dayanıklı statik analiz çözümlerinde yaygın olarak kullanılan Sta4CAD ve ETABS programları ile farklı tipte betonarme yapılar çözülmüş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. İlk olarak taşıyıcı sistemi simetrik olan betonarme yapılar, 5,10,15,20,25 ve 30 katlı olmak üzere poligon perdeli Sta4CAD modeli, panel perdeli Sta4CAD modeli ve ETABS modeli olmak üzere 3 farklı şekilde modellenmiştir. Oluşturulan 18 farklı modelin analiz sonuçları incelendiği zaman, taşıyıcı sistemi simetrik olan yapıların analiz sonuçları birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır.

İkinci olarak, taşıyıcı sistemi simetrik olmayan betonarme bir yapının aynı şekilde 18 adet model oluşturulmuş ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarında poligon perdeli Sta4CAD modelinin daha rijit bir davranış sergilediği ve ETABS modeline göre periyotlarının daha az çıktığı görülmüştür. Panel perdeli Sta4CAD modellerinin periyotları ise ilk başta ETABS modellerine yakınken, kat sayısı arttıkça poligon perdeli Sta4CAD modellerinin periyotlarına yaklaşmıştır. Modellerin analiz sonuçları arasındaki ciddi farklılıklar, özellikle y yönündeki taban kesme kuvveti değerleri ve y yönündeki $(\delta_i)_{max}$ / h_i değerlerinin karşılaştırıldığı grafiklerde rahatlıkla farkedilmektedir. Poligon perdeli Sta4CAD modelinin diğer modelleme tiplerine göre daha rijit davranışı, kesme kuvveti ve $(\delta_i)_{max}$ / h_i değerlerinin de diğer modellere göre oldukça farklı çıkmasına neden olmuştur. Panel perdeli Sta4CAD model sonuçları ise grafiklerden görülebileceği üzere kendi içinde oldukça kararsızdır. ETABS modellerinin ise, Sta4CAD modellerine nazaran daha lineer sonuçlar verdiği görülmektedir.

Son olarak taşıyıcı sistemi düzensiz 30 katlı betonarme yapının Sta4CAD ve ETABS modelleri yapılmış, daha önceki bölümlerde incelenen kriterler karşılaştırılmış, ayrıca betonarme hesaplar yapılarak her iki modelin metrajları hesaplanmıştır. Taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların sonuçlarında görmüş olduğumuz Sta4CAD modelinin ETABS modeline göre daha rijit davranışı bu modellerin sonuçlarında da görülmüştür. Özellikle y yönündeki periyot ETABS modelinde 3.50

saniye çıkarken, Sta4CAD modelinde 2.87 saniye olarak hesaplanmıştır. Periyotlardaki bu ciddi farklılıktan dolayı ETABS modelindeki deplasmanlar, Sta4CAD modelindeki deplasmanlara nazaran daha fazla çıkmaktadır. Özellikle y yönündeki $(\delta_i)_{max}$ / h_i değerleri incelendiği zaman Sta4CAD modelindeki sonuçlar rahat iken, ETABS modelindeki değerler bu koşulun sınırı olan 0.02 değerine oldukça yakındır. Eğer modellerin kat sayıları 30 kattan daha fazla olsaydı, Sta4CAD modeli sınır değerin altındayken, ETABS modelindeki $(\delta_i)_{max}$ / h_i değerleri büyük ihtimalle sınır değerini aşacaktı. Sta4CAD programı ile modellendiği zaman yönetmelik koşullarına uygun olan yapı, ETABS programı ile modellendiği zaman yönetmelik koşullarını sağlamayacaktı. Metraj sonuçları incelendiğinde, Sta4CAD modelindeki kiriş donatı metrajının, ETABS modelindeki kiriş donatı metrajına oranla % 60 daha fazla olduğu görülmektedir. Perde donatı metrajları incelendiğinde ise ETABS modelinde perde metrajının Sta4CAD modelindeli perde metrajına göre % 9 oranında daha fazla çıkmıştır. Kiriş metrajlarındaki büyük farkın nedeni, Sta4CAD modelinin, özellikle y yönünde, ETABS modeline göre daha rijit hareketidir ve bu davranış özellikle kiriş mesnetlerindeki donatıların ciddi oranda artmasına neden olmaktadır. ETABS modelinin y yönündeki periyodunun Sta4CAD modeline göre daha fazla olması da y yönündeki perdelerde eğilme momentlerinin artmasına ve perde donatı metrajının artmasına neden olmuştur. Sta4CAD modeli kirişlerde daha fazla donatı metrajı hesaplarken, ETABS model sonuçlarına göre kirişlerde daha az donatı, perdelerde ise daha fazla donatı hesaplanmıştır. Yapılan 3 farklı çalışma sonuçları değerlendirildiği zaman, taşıyıcı sistemi simetrik olan yapılarda her 3 modelleme tipinde de analiz sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın çıktığı görülmüştür. Fakat taşıyıcı sistemi simetrik olmayan ya da düzensiz olan yapılarda her 3 modelleme tipindeki analiz sonuçları birbirinden oldukça farklı çıkmıştır. Taşıyıcı sistemi düzensiz ve yüksek katlı betonarme yapılarda ETABS programı ile çözümün daha ekonomik çıktığı görülmüştür. Periyot, deplasman ve deprem kuvvetleri sonuçlarının her 3 modelleme tipinde oldukça farklı çıkması, bir yapının statik analizleri yapılırken, hangi modelleme tipinin seçileceği konusunda ayrıntılı şekilde düşünülerek karar verilmesi gerektiğinin bir göstergesidir.

KAYNAKLAR

Celep, Z., 2009: *Betonarme Yapılar*

CSI., 2011: *ETABS Watch&Learn Videos*

CSI., 2011: *CSI Analysis Reference Manual for ETABS*

CSI., 2011: *Modeling and Optimized Design of Concrete Structures Using ETABS*

Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K., 2005 : *Örneklerler ETABS*

Ghosh, S.K., Fanella, D.A., ICC., 2004: *Seismic and Wind Design of Concrete Buildings*

DBYBHY. 2007: *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

TS 498. 1997: *Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 500. 2000: *Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Amasralı, S. 2000: *Çok Katlı Betonarme Yapıların Üç Boyutlu Analiz ve Tasarımı*, STA4-CAD, Ver.13,2, İstanbul.

ETABS, *Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems*, Nonlinear Version 9.7.3

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Can SIRLIBAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi: Adana / 1986

Adres: İstanbul

E-Posta: cansirlibas@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi