**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ÇERÇEVE VE PERDELİ SİSTEMLİ BETONARME BİNALARDA YÖNETMELİKLERE GÖRE MALİYET HESABI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Görkem URAL**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yapı Mühendisliği Programı**

**OCAK 2013**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ÇERÇEVE VE PERDELİ SİSTEMLİ BETONARME BİNALARDA YÖNETMELİKLERE GÖRE MALİYET HESABI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Görkem URAL**
**(501091111)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yapı Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdul HAYIR**

**OCAK 2013**

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091111 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Görkem URAL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"ÇERÇEVE VE PERDELİ SİSTEMLİ BETONARME BİNALARDA YÖNETMELİKLERE GÖRE MALİYET HESABI"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

| | | |
|---|---|---|
| **Tez Danışmanı :** | **Prof. Dr. Abdul HAYIR**<br>İstanbul Teknik Üniversitesi | ..... |
| **Jüri Üyeleri :** | **Prof. Dr. Ünal ALDEMİR**<br>İstanbul Teknik Üniversitesi | ..... |
| | **Doç. Dr. Ali KOÇAK**<br>Yıldız Teknik Üniversitesi | ..... |

**Teslim Tarihi :** **17 Aralık 2012**
**Savunma Tarihi :** **22 Ocak 2013**

***Anneme, Babama ve Ganiye'ye***

## 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 maddi ve manevi desteklerini sürekli hissettiğim Annem ve Babama da teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2012 Görkem Ural

**İÇİNDEKİLER**

**Sayfa**

**ÖNSÖZ** ..... **iii**
**İÇİNDEKİLER** ..... **iv**
**KISALTMALAR** ..... **ix**
**ŞEKİL LİSTESİ** ..... **v**
**SEMBOL LİSTESİ** ..... **ix**
**ÖZET** ..... **xi**
**SUMMARY** ..... **xiii**
**1. GİRİŞ** ..... **1**
1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı ..... 1
1.2 Perdeler ve Maliyete Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar ..... 2
**2. PERDELER** ..... **5**
2.1 Perde Türleri ..... 6
2.1.1 Konsol Perdeler ..... 6
2.1.2 Bağ Kirişli Perdeler ..... 7
2.2 DBYBHY-2007 ve TS-500'de Perdeler ..... 7
2.2.1 Enkesit koşulları ..... 7
2.2.2 Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği ..... 8
2.2.3 Gövde donatısı koşulları ..... 9
2.2.4 Gövde donatılarının düzenlenmesi ..... 10
2.2.5 Perde uç bölgelerinde donatı koşulları ..... 10
2.2.6 Tasarım eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri ..... 13
2.2.7 Perdelerin kesme güvenliği ..... 14
2.2.7.1 Sürtünme kesmesi ..... 14
**3. ÇERÇEVE SİSTEMLER İLE PERDELİ SİSTEMLERİN MALİYET KARŞILAŞTIRILMASI** ..... **17**
3.1 Kullanılan Analiz Programlarının Tanıtılması ..... 17
3.1.1 STA4CAD ..... 17
3.1.2 ETABS ..... 17
3.2 Modeller ..... 17
3.2.1 Model opsiyonları ..... 21
3.2.2 Yükler ..... 28
3.2.2.1 Öz ağırlık yükleri ..... 28
3.2.2.2 Kaplama yükleri ..... 29
3.2.2.3 Duvar yükleri ..... 29
3.2.2.4 Hareketli yükler ..... 29
3.3 Model'in 3D Görüntüsü ve Malzeme Bilgisi ..... 30
3.4 Çerçeve Sisteme Perdeleri Yerleştirme Şekli ..... 31
3.5 Analizler ve Metraj Değerleri ..... 32
**4. SONUÇ VE ÖNERİLER** ..... **75**

**KAYNAKLAR**..... **77**
**ÖZGEÇMİŞ**..... **78**

**KISALTMALAR**

**DBYBHY** **:** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
**TS-500** **:** Türk Standartları 500
**TS-498** **:** Türk Standartları 498

## ÇİZELGE LİSTESİ

**Çizelge 2.1** **:** μ Kesme Sürtünmesi Katsayısı Değerleri..... 14
**Çizelge 3.1** **:** Bina Genel Bilgileri .....16
**Çizelge 3.2** **:** Bina Önem Katsayısı .....17
**Çizelge 3.3** **:** Spektrum Karakteristik Periyotları .....17
**Çizelge 3.4** **:** Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı .....18
**Çizelge 3.5** **:** C35 Malzeme Özellikleri .....29

## ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa**


**Şekil 2.1 :** Konstrüktif Detaylar .....11
**Şekil 3.1 :** Sta4Cad Kiriş Betonarme Opsiyonları.....19
**Şekil 3.2 :** Sta4Cad Kolon Betonarme Opsiyonları.....22
**Şekil 3.3 :** Sta4Cad Plak Betonarme Opsiyonları .....25
**Şekil 3.4 :** Modelin 3D Görüntüsü .....28
**Şekil 3.5 :** 1.Model Sta4cad Görüntüsü .....30
**Şekil 3.6 :** 2.Model Sta4cad Görüntüsü.....32
**Şekil 3.7 :** 3.Model Sta4cad Görüntüsü.....33
**Şekil 3.8 :** 4.Model Sta4cad Görüntüsü.....34
**Şekil 3.9 :** 5.Model Sta4cad Görüntüsü .....35
**Şekil 3.10 :** 6.Model Sta4cad Görüntüsü .....36
**Şekil 3.11 :** 7.Model Sta4cad Görüntüsü.....37
**Şekil 3.12 :** 8.Model Sta4cad Görüntüsü .....38
**Şekil 3.13 :** 9.Model Sta4cad Görüntüsü.....39
**Şekil 3.14 :** 10.Model Sta4cad Görüntüsü .....40
**Şekil 3.15 :** Donatı Maliyet Eğrisi.....41
**Şekil 3.16 :** Beton Maliyet Eğrisi .....42
**Şekil 3.17 :** 1.Model Sta4cad Görüntüsü(Z3) .....44
**Şekil 3.18 :** 2.Model Sta4cad Görüntüsü(Z3) .....45
**Şekil 3.19 :** 3.Model Sta4cad Görüntüsü(Z3) .....46
**Şekil 3.20 :** 4.Model Sta4cad Görüntüsü(Z3) .....47
**Şekil 3.21 :** 5.Model Sta4cad Görüntüsü(Z3) .....48
**Şekil 3.22 :** 6.Model Sta4cad Görüntüsü(Z3).....49
**Şekil 3.23 :** 7.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü(Z3).....50
**Şekil 3.24 :** 7.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü(Z3).....51
**Şekil 3.25 :** 7.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü(Z3).....52
**Şekil 3.26 :** 8.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü(Z3).....53
**Şekil 3.27 :** 8.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü(Z3).....54
**Şekil 3.28 :** 8.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü(Z3).....55
**Şekil 3.29 :** 9.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü(Z3).....56
**Şekil 3.30 :** 9.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü(Z3).....57
**Şekil 3.31 :** 9.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü(Z3).....58
**Şekil 3.32 :** 10.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü(Z3).....59
**Şekil 3.33 :** 10.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü(Z3).....60
**Şekil 3.34 :** 10.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü(Z3).....61
**Şekil 3.35 :** Donatı Maliyet Eğrisi(Z3).....62
**Şekil 3.36 :** Beton Maliyet Eğrisi(Z3).....63
**Şekil 3.37 :** ETABS 1.Model 3D Görüntüsü.....64
**Şekil 3.38 :** 1.Model ETABS Plan Görüntüsü.....65

**Şekil 3.39 :** Periyod-İvme Değerleri.....66
**Şekil 3.40:** 1.Model ETABS Analiz Sonuçları.....67
**Şekil 3.41:** 10.Model ETABS 3D Görüntüsü(Z3).....69
**Şekil 3.42:** 10.Model ETABS Plan Görüntüsü(Z3).....70

## SEMBOL LİSTESİ

$A_0$ : Etkin yer ivme katsayısı

Ac : Kolonun veya perde uç bölgesinin brut enkesit alanı

$A_{ch}$ : Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı.

$A_g$ : Herhangi bir kata, gözönüne alınan deprem doğrultusuna parallel

$A_p$ : Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı

$A_{sh}$ : s enine donate aralığına karşılık gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan $b_k$'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı.

A(T) : Spektral İvme Katsayısı

$b_k$ : Birbirine dik yatay doğrultuların her biri için, kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu.

$f_{cd}$ : Betonun tasarım basınç dayanımı.

$f_{ck}$ : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı.

$f_{ctd}$ : Betonun tasarım çekme dayanımı

$f_{yd}$ : Boyuna donatının tasarım akma 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

$l_w$ : Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

$(M_d)_t$ : Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment.

$(M_p)_t$ : Perdenin taban kesitinde $f_{ck}$, $f_{yk}$ ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi

$M_{ra}$ : Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda $f_{cd}$ ve $f_{yd}$'ye gore hesaplanan taşıma gücü momenti.

$M_{ri}$ : Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünden $f_{cd}$ ve $f_{yd}$'ye gore hesaplanan pozitif veya negative taşıma gücü momenti.

$M_{rj}$ : Kirişin sol ucu j'deki kolon veya perde yüzünden $f_{cd}$ ve $f_{yd}$'ye gore hesaplanan pozitif veya negative taşıma gücü momenti.

$M_{rü}$ : Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda $f_{cd}$ ve $f_{yd}$'ye gore hesaplanan taşıma gücü momenti.

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$R_a(T_1)$ : Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

S : Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı

$V_d$ : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti.

$V_e$ : Kolon, kiriş ve perdede enine donate hesabında esas alınan kesme kuvveti.

$V_r$ : Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı.

$V_t$ : Binaya etkiyen toplam deprem kuvveti.

W : Binanın hareketli yük katılım katsayısı ile bulunana ağırlığı.

$\alpha_f$ : Kesme-sürtünme donatısının kesme düzlemi ile yaptığı açı

$\beta_v$ : Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
Ø : Donatı çapı
$\rho_{sh}$ : Perdede yatay gövde donatılarının hacımsal oranı
$\mu$ : Kesme Sürtünmesi Katsayısı

## ÇERÇEVE VE PERDELİ SİSTEMLİ BETONARME BİNALARDA YÖNETMELİKLERE GÖRE MALİYET HESABI


## ÖZET

Türkiye'de yürürlükte olan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" e göre ülke topraklarının %66'sı, nüfusumuzun %71'i, toplam belediyelerin %68'i 1. ve 2. Deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Bu nedenle can ve mal kayıplarının fazlalığı açısından deprem, doğal afetler içerisinde ayrı bir öneme sahiptir.

İmar afları ve siyasi politikalar sonucu mühendislik hizmeti almamış yapıların günden güne artması deprem bilincinin kaybolmasına neden olmuştur.

Mühendislerin depreme karşı perde önlemi ilk olarak 13 Mart 1992 Erzincan depremi sonrası gündeme gelmiştir. Son yayınlanan DBYBHY-2007'de ise daha ayrıntılı ele alınmıştır. Perdeler statik anlamda yapıların yanal ötelenmelerini sınırlandırdığı gibi uygulamadaki hataları da çerçeve sistemlere nazaran daha iyi tölere edebilmektedirler.

Günümüz müteahitleri arasındaki genel kanının tersine perdeler inşaat maliyetine olumlu yönde katkı yapmaktadır. Kaba İnşaat malzeme maliyetleri içinde en maliyetli kalem inşaat demiridir. Perdeli sistemlerde rijitlik, dayanım ve süneklilik çerçeve sistemlere göre daha verimli bir şekilde sağlanabilmektedir. Yüksek sünek tasarlanan perdeler demir metrajını azaltmakta, kiriş boyutlarının küçülmesine izin vermekte ve böylece beton metrajınıda etkilemektedir.

Çalışmada genel hatlarıyla perdelere gereksinim nedenleri, depreme karşı dayanıklı yapı tasarımındaki önemi, inşaat maliyetine olumlu etkileri vurgulanmaktadır. Ayrıca perdelerin DBYBHY-2007'ye göre konstrüktif kuralları açıklanmaktadır. Bu kuralların kullanılan paket programlarından STA4CAD'e opsiyon yardımı ile nasıl etki ettirilecekleri, opsiyon ayarları gösterilerek anlatılmaktadır.

ETABS ve STA4CAD programları ile çift çözüm yapılmış ve toplam yapı kütlesi, periyod gibi dinamik kuvvet unsurları karşılaştırılmıştır. Aynı özellikteki yapıların farklı programlarla, farklı sonuçlar vermesinin sebebi tartışılmıştır.

Çerçeve sisteme, belirli bir sistematik içerisinde eklenen perdeler ile malzeme metrajlarındaki değişim belirlenerek "Malzeme Maliyet Eğrileri" oluşturulmuş ve perde elemanların maliyete etkileri açıklanmıştır. Bu etkinin farklı zemin sınıflarında nasıl değiştiği de aynı modellerin değişik zemin sınıfı için analiz edilmesiyle yeni "Malzeme Maliyet Eğrisi" oluşturulmuştur.

Çalışmanın sonuç kısmında paket programların sonuçlarının mertebe olarak kontrol edilmesi, perdelerin depreme dayanıklı yapı tasarımındaki önemli rolü ve maliyete olumlu katkıları anlatılmaktadır.

## COAST CALCULATION OF THE REINFORCED STRUCTURES WITH COLUMN-BEAM AND THE WALL SYSTEMS


### SUMMARY

According to current regulations, Specifications for Buildings to be build in Seismic Zones, %66 of our country, %71 of our population, %68 of the municipalities are in the first or second seismic zone. Therefore, earthquake is essential because of loss of life and property.

Because of the remission of development and political strategies, there are a lot of structures without engineering services therefore, earthquake consciousness disappeared.

Engineers have made the wall provision for earthquake at first time after 1992 Erzincan earthquake.More details and information about the walls are given in Specifications for Buildings to be build in Seismic Zones.Walls can not only limit the horizontal displacements of structures but also tolerate the faults which make during construction period, better than the column-beam systems.

Walls have benefits to coast of the construction. Rebars have the highest coast of the rough construction.About the rigidity, durability and strength, The walls are better than the column-beam systems. The wall, designed high ductility, can reduce the rebar amount and let the smaller beam dimmensions therefore coast of the concrete will be more affordable.

In this study, the requirements of using walls, its importance for Earthquake Resistant Structures benefit to the coast of construction are emphasized. According to Specifications for Buildings to be build in Seismic Zones the construction rules of walls are explained.

Structural informations are defined according to Specifications for Buildings to be build in Seismic Zones.

Seismic Zone class is determined as Zone 1 therefore Effective Ground Acceleration Coefficient is 0.4 g.

Local Site Class is Z2 therefore Spectrum Characteristic Periods are between $T_a$ = 0.15 s. and $T_b$= 0.40 s.

The structures were analyzed by 2 different softwares, STA4CAD and ETABS.

STA4CAD is a software developed for structural engineering to determine the safety and design of a building under dead load, seismic, temperature, wind and lateral soil effects. The software can run static and RC analysis with taking into account several Turkish and international codes.

The program applies matrix-displacement method with 6 unknowns for each node in 3D space.It applies rigid flooor diapghrams also.

ETABS is a software that allows model creation, modification, execution of analysis, design optimization, and results review from within a single interface. Section designer allows definations of complex sections.

Intended purpose of building is determined as residential therefore Importance factor of structure is taken into account as 1.

Structural Behaviour Factors can change according to ductility level of structure. There are 3 types of building structural system.These are Cast-In-Situ Reinforced Concrete Buildings, Prefabricated Reinforced Concrete Buildings, Structural Steel Buildings.

Structural Behaviour Factors can be classified as 2 different groups according to its ductility level. These are Systems of Nominal Ductulity Level and Systems of High Ductulity Level.

Every building structural system has 4 groups and each group has 2 different structural behaviour factors.

For Cast-In-Situ Reinforced Concrete Buildings, first group is Buildings in which seismic loads are fully resisted by frames, second group is buildings in which seismic loads are fully resisted by coupled structural walls, third group is buildings in which seismic loads are fully resisted by solid structural walls, fourth group is buildings in which seismic loads are fully resisted by frames and solid and/or coupled structural walls. For these groups, Systems of nominal ductulity level is 4. For second and fourth group, Systems of High Ductulity Level is 7. For first group, Systems of High Ductulity Level is 8. For third group, Systems of High Ductulity Level is 6.

For Prefabricated Reinforced Concrete Buildings, first group is Buildings in which seismic loads are fully resisted by frames with connections capable of cylic moment transfer, second group is Buildings in which seismic loads are fully resisted by single storey frames with columns hinged at top.Third group is Prefabricated buildings in which seismic loads are fully resisted by prefabricated or cast-in-situ solid and/or coupled structural walls with hinged frame connections.Fourth group is Buildings in which seismic loads are jointly resisted by frames with connections capable of cylic moment transfer and cast-in-stu solid and/or coupled structural walls. For first and fourth group, Systems of nominal ductulity level is 3.For first group, Systems of High Ductulity Level is 7. For second group, Systems of High Ductulity Level is 3. For third group, Systems of High Ductulity Level is 5. For fourth group, Systems of High Ductulity Level is 6.

Models are determined as High Ductulity Level , 7.

10 different models were analysed with structural informations which are explained above. Therefore the wall effect to the coast can be seen easily. After rebar and concrete quantities have been calculated, for site class Z2, rebar cost decreases %18.2 and concrete cost increases %7.3.For site class Z3, rebar cost decreases %21.5 and concrete cost decreases %8.76.

As it is understood, If the number of walls increases, the rebar quantities can be reduced.

Concrete coast does not change dramatically. Local site class change to Z3 from Z2 therefore, site effect can be seen.

As we understood, walls benefit to coast of rough construction.These structural elements improve rigidity and strength too.

When model 1 and model 10 were designed with ETABS, there are a difference about total weight of building calculated by considering Live Load Participation Factor.If all properities are same, why is there a difference between STA4ACD and ETABS?

STA4CAD is a fully integrated software that can detect depth and width. Beams and columns are defined as frame elements with ETABS therefore, intersection with columns-slabs, beams-slabs calculate twice on ETABS. This is the main reason of the difference.

Finally, structures always should analyse with 2 software. Results should be checked.Walls are essential to design earthquake resistant structures.

# 1.GİRİŞ

## 1.1 Yapılan Çalışmanın Amacı

Ülkemizde ki nüfus artış hızı dikkate alındığında konut için yeterli arazi sayısı oldukça azdır. Bu ise ciddi bir barınma problemi oluşturmaktadır. Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı Derneği (GYODER) tarafından hazırlanan "Türkiye ve Dünya Gayrimenkul Sektör Raporu 1. Çeyrek, 2012" raporunda önümüzdeki 10 yıllık süreçte nüfus ve gelir artışına orantılı olarak konut ihtiyacının 7.5 milyonu aşması beklenmektedir. Yatayda yer probleminden dolayı yayılamayan yapılar düşey doğrultuda yayılma ihtiyacı göstermektedir. Çok katlı yapıların önem kazanmasının en önemli sebebi barınma ihtiyacı için gerekli olan arazilerin yetersizliğidir. Perdeler, çok katlı yapıların en önemli taşıyıcı unsurlarıdır. Yine aynı raporda konutlarda talep belirleyen faktörlerin içinde "Fiyat, Ulaşım, Yenilik ve Deprem Güvenliği" gösterilmektedir. Deprem dayanıklı yapı tasarımında perdelerin önemi çok yüksek olmakla birlikte statik verimin dışında perde kullanımı, toplam inşaat maliyetini de olumlu yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, Perdelerin Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türk Standartları 500 ve Türk Standartları 498 kapsamında incelenmeleri, Çerçeve Sistem ile Perdeli Sistemler arasındaki donatı ve beton malzemeleri bakımından maliyet farkları ele alınmıştır.

## 1.2 Perdeler ve Maliyete Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Dünyada uzun süredir var olan, ülkemizde ise 99 depreminden sonra önem kazanan "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı" inşaat sektörünün en önemli konularından biri olmuştur. Yapıların pazarlanması ve satış süreçlerinde "Deprem Güvenliği" fiyatı etkileyen önemli unsurların başında gelmektedir. Depreme dayanıklı yapılar tasarlamak için gerekli olan rijitlik, süneklilik ve dayanım kriterleri şu şekilde tanımlanmaktadır (Aktan ve Kıraç, 2009);

Dayanım: Yeterli dayanımdan amaç, öncellikle taşıyıcı sistem elemanları, kendilerine etkiyen yük ya da yük etkileri nedeniyle oluşacak kesit zorlarını kırılmadan yani taşıma gücünü aşmadan taşıyabilmelidir

Rijitlik: Yapı için yeterli rijitlik; ikinci mertebe momentlerini mümkün olduğunca küçültmek, sıkça oluşan depremlerde yani kullanılabilirlik sınır durumuna karşı gelen depremlerde yapısal olmayan hasarları azaltmak için gerekli olmaktadır. Yatay yükler etkisi altında yapı rijitliğinin en önemli ölçütü elemanın kendi rijitliği ve yapıda bir katın bir alt kata göre yapmış olduğu göreli ötelenme miktarıdır.

Süneklik: Yapı ve elemanlarının taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan şekil değiştirme yapabilme ve tekrarlı yükler etkisi altında enerji tüketebilme özelliğine o yapının ya da yapı elemanlarının sünekliliği denilmektedir.

Bu üç kriter perdeli sistemlerde, sadece çerçevelerden oluşan sistemler ile kıyaslandığında çok daha rahat sağlanmaktadır.

Perdeli Sistemlerin Maliyet Optimizasyonu hakkında Atabay (2004) tarafından belirli tasarım değişkenleri belirlenerek bir çalışma yapılmıştır. Yapıda bulunan perde elemanların maliyet fonksiyonu $C_p$ olarak tanımlanmıştır. Bu fonksiyonun içinde çeliğin birim ağırlık maliyeti, başlıkta kullanılan düşey donatı boyu, başlıkta kullanılan düşey donatı birim boy ağırlığı, gövdede kullanılan düşey donatı boyu, gövdede kullanılan düşey donatı birim boy ağırlığı, başlıkta kullanılan enine donatı boyu, başlıkta kullanılan enine donatı birim boy ağırlığı, gövdede kullanılan enine donatı boyu, gövdede kullanılan enine donatı birim boy ağırlığı, çiroz donatısı boyu, çiroz donatısı birim boy ağırlığı, betonun birim hacim maliyeti, perdenin enkesit uzunluğu, perdenin enkesit genişliği, perdenin yüksekliği yer almaktadır.

Atabay bu çalışmasında, taşıyıcı olan ve olmayan bütün elemanların maliyetini incelerken işçilik, nakliye maliyetlerini de göz önünde bulundurmuştur.

Tasarım değişkeni olarak ise yapı sisteminde kullanılan perde boyutları seçilmiştir. Optimizasyon yönteminin kullanılması ile ne kadar ekonomi sağlandığı, yapıda kullanılan taşıyıcı sistemi elemanlarının zorlanma düzeyleri ile doğru orantılıdır. Eğer taşıyıcı sistem elemanları minimum boyutlar seçildiğinde bile minimum donatı kullanımını gerektirecek kadar az etkilere maruz kalıyorlarsa, minimum boyutların seçimi ekonomik çözüm olabilir. Kesit zorları, yani, kesite etki eden dış yükler arttıkça kullanılması gereken donatı ve beton miktarı artacağından bu durumda maliyet optimizasyonu gerekir.

## 2. PERDELER

Perdeler, DBYBHY-2007'ye göre planda uzun kenarının kısa kenarına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Kolonlarla kıyaslandıklarında daha rijit elemanlar oldukları için sisteme etkiyen yatay yüklerin büyük bir kısmını karşıladıkları gibi, çerçeve sistemin yatay deplasmanlarını kısıtlayarak sistem elemanlarının deprem etkisi altında hasar görmelerini de büyük ölçüde engeller. Ayrıca, katlar arası yer değiştirmelerin sınırlanması ile çerçeve sistemde ikinci mertebe etkilerin büyümesi önlenir. Yapının yüksekliği arttıkça perdeler, oldukça önemli ve gerekli taşıyıcı sistem elemanları olarak ortaya çıkar. Yirmi katlı bir yapıda perdeli bir sistem seçmek hem ekonomi hem de yanal deplasmanları kontrol altında tutabilmek adına zorunlu bir hal alır.

Perdeler yapı sistemlerinin deprem yüklerini güvenli bir şekilde karşılaması konusunda aşağıda verilen konulara özen gösterilmesi gerekir (Celep ve Akkaya,1996):

a) Perdeler, yatay rijitliklerinin büyük olması sebebiyle, yatay deprem yükünün önemli bir kısmını taşırlar ve bunun sonucunda, kesitlerinde, büyük eğilme momentleri ortaya çıkar. Buna karşılık, normal bir bina kalıp planında, kolon ve perdeler oldukça düzgün dağıtıldığı için düşey yüklerin karşılanmasında kesitlerinde büyük normal kuvvetler meydana gelmez. Bunun sonucu olarak, kolon temellerinde normal kuvvet etkili olurken, perde temellerinde momentin etkili olduğu bir durum meydana gelir. Bu ise, perde temellerinde zemin ile temel arasında çekme bölgelerinin büyük olmasına sebep olur. Dikkat edilmediğinde, deprem etkisinde perde temelinin rijit bir şekilde dönme ile zorlanması ortaya çıkar ki, bu sünek olmayan bir güç tükenmesi şekli olduğu için sakınılması gereken bir durumdur. Bunun için, kalıp planında perdeye yakın kolonlarla olan mesafeyi büyüterek, perde normal kuvvetinin büyümesi söz konusu olabildiği gibi, perde temelinin komşu kolon temelleri ile birleştirilmesi suretiyle kolon normal kuvvetlerinin yararlı etkisinden faydalanmak da bir çözüm olarak görülebilir.

Perde normal kuvvetlerinin arttırıldığı durumlarda perde kesitlerindeki donatı ihtiyacı da azaltılmış olur.

b) Deprem kuvvetleri bir atalet kuvveti olduğu için, kütlenin bulunduğu döşeme ve kirişlerde meydana gelirler. Bunların güvenli bir biçimde karşılanmaları için perdelere iletilmeleri gerekir. Bu iletim, döşeme ve kirişlerin perde ile birleşen kesitlerinde ortaya çıkar. Bu kesitlerin özenli bir biçimde boyutlandırılması ve donatılması ile bu durum sağlanabilir. Bu tür güvensiz bir durumla karşılaşmamak için perdenin döşeme ve kirişlerle birleşim kesitlerinde boşluklardan kaçınmak uygundur.

## 2.1 Perde Türleri

### 2.1.1 Konsol Perdeler (Boşluksuz Perdeler)

Yüksek yapılarda bulunan dolu perdeler konsol kiriş gibi davranırlar. Perdeler, kat seviyelerinde kat döşemeleri ile bağlandıkları için, ince kesitlerine rağmen yanal burkulma tehlikesi azalır. Kat döşemelerinin yatay diyafram gibi davranmaları nedeniyle, perdelerde burkulmaya neden olan kritik boyun perde yüksekliği yerine kat yüksekliği olarak kabul edilmesi uygundur. Konsol perdeler, yatay yüklerden meydana gelen eğilme momenti yanında, düşey yükler nedeniyle oluşan eksenel normal kuvvet etkisi altındadır.

Kolonlarda olduğu gibi, betonun izin verilen en büyük kısalmasını büyütmek ve böylece kesitin sünekliliğini artırmak için, konsol perdelerin en çok zorlandığı mesnet kesitinde, mesnetten yukarı bölgede perdenin plandaki boyutuna yakın yükseklik boyunca enine donatıların sıkıştırılması uygundur. Ayrıca, boyuna donatıların burkulmasını önlemek için perde yüksekliği boyunca yatay donatıların kullanılması gerekir. Perdelerin eleman olarak burkulmasını önlemek, uç bölgelerinde beton basınç bölgesini büyütmek ve kesitteki zorlamayı hafifletmek için perdenin her iki uç kısmında başlık bölgesi düzenlenmesi zorunludur. Başlık bölgesi, yatay yükün belirli bir yönü için, tamamen basınç etkisi altında olacağından, bu bölgenin kolonlara benzetilerek düzenlenmesi ve donatılması uygun olur. Başlık bölgesi düzenlenmesi perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli ölçüde artırır.

### 2.1.2 Bağ Kirişli Perdeler (Boşluklu Perdeler)

Bu tip perdeler, boşluksuz perdelerde kapı, pencere gibi konstrüktif nedenlerle açılan boşluklar nedeniyle meydana gelirler veya aynı düzlem içerisinde bulunan boşluksuz perdelerin kat hizalarında birbirleri ile ya da başka çerçevelerle uygun bağlantı kirişleri yardımıyla bağlanması ile oluşurlar. Meydana getirilen boşluklar, hiçbir zaman perdenin eğilme dayanımını azaltmamalı ve perdenin yatay ve düşey yöndeki kayma dayanımı, perdenin eğilme dayanımını tamamiyle sağlayabilecek şekilde olmalıdır.

Perdelerdeki boşluklar düzenli bir şekilde oluşturulur ve uygun yerlere konulurlarsa, oldukça iyi enerji dağıtabilirler ve yapının sünek davranış göstermesine yardımcı olabilirler. Perdelerin birbirleri ile bağlantıları kirişler vasıtasıyla olur. Bu nedenle, bu tip perdeler bağ kirişli perdeler olarak da adlandırılırlar. Perdelerin bağ kirişlerinde aşırı zorlanmalar meydana gelir.

## 2.2 DBYBHY-2007 ve TS-500'de Perdeler

### 2.2.1 Enkesit koşulları

Daha önce de belirtildiği üzere uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan taşıyıcı elemanlara perde denilmektedir. Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan yapılar dışında diğer yapılarda perdelerin gövde bölgesindeki kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda **(2.1)** ve **(2.2)** ifadelerinin her ikisinin de sağlanması durumunda perde kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \qquad \textbf{(2.1)}$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5\ f_{ctd} \qquad \textbf{(2.2)}$$

**(2.1)** ve **(2.2)** ifadeleri, bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

Kat yüksekliği 6 m'den daha büyük olan ve kat yüksekliklerinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulan perdelerde, gövde bölgesindeki, perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulduğu noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20'sine eşit olabilir. Ancak bu kalınlık 300 mm'den az olamaz.

### 2.2.2 Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği

$H_w / l_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalar dışında, perde uç bölgelerindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Kat yüksekliği 6 m'den daha büyük olan perdelerin uç bölgelerinin, kat yüksekliğinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yatay doğrultuda tutulduğu durumlarda, uç bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulan noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20'sine eşit olabilir. Ancak, bu kalınlık kat yüksekliğinin 1/20'sinden veya 300 mm'den az olamaz. Perde uç bölgeleri, perde uç bölgesinin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde de düzenlenebilir.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2l_w$ değerini aşmamak üzere, **(2.3)** ve **(2.4)** ifadelerinde verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq l_w \qquad \textbf{(2.3)}$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \qquad \textbf{(2.4)}$$

Burada $H_w$, temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren ölçülen perde yüksekliğidir. Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, $H_w$ ve $H_{cr}$ büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru göz önüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katın altındaki ilk bodrum katının kat yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır. Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır.

Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır.

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin en kesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için yukarıda tanımlanan alana eşit olacaktır.

### 2.2.3 Gövde donatısı koşulları

Perdenin iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatılarının her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / l_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır.

**(2.1)** ve **(2.2)** ifadelerinde verilen koşulların her ikisini de sağlayan binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmeyecektir.

Uç bölgeleri dışında perde yüzünün her iki bölgesindeki donatı ağları beher metrekare perde yüzünden en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışında beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

### 2.2.4 Gövde donatılarının düzenlenmesi

Perdelerin yatay gövde donatıları aşağıda belirtildiği şekilde düzenlenebilir. Bu şekilde düzenlenen yatay gövde donatıları, kritik perde yüksekliği boyunca ileride anlatılacak olan perde uç bölgelerine konulacak sargı donatısının belirlenmesinde hesaba katılabilir.

Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır. Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirlmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan ⊃ biçminde yatay donatılar yerleştirilecektir.

Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaktır. Ancak, gövde donatısının kenetlenme boyunun perde uç bölgesi uzunluğundan daha küçük veya eşit olması durumunda ↄ biçmindeki donatılar konmayabilir. Bu durumda perde uç bölgelerindeki enine donatının birim boydaki toplam alanı, perde gövdesindeki yatay donatının birim boydaki toplam donatı alanından az olmayacaktır.

### 2.2.5 Perde uç bölgelerinde donatı koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanın perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak daha önce tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0,002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14'ten az olmayacaktır.

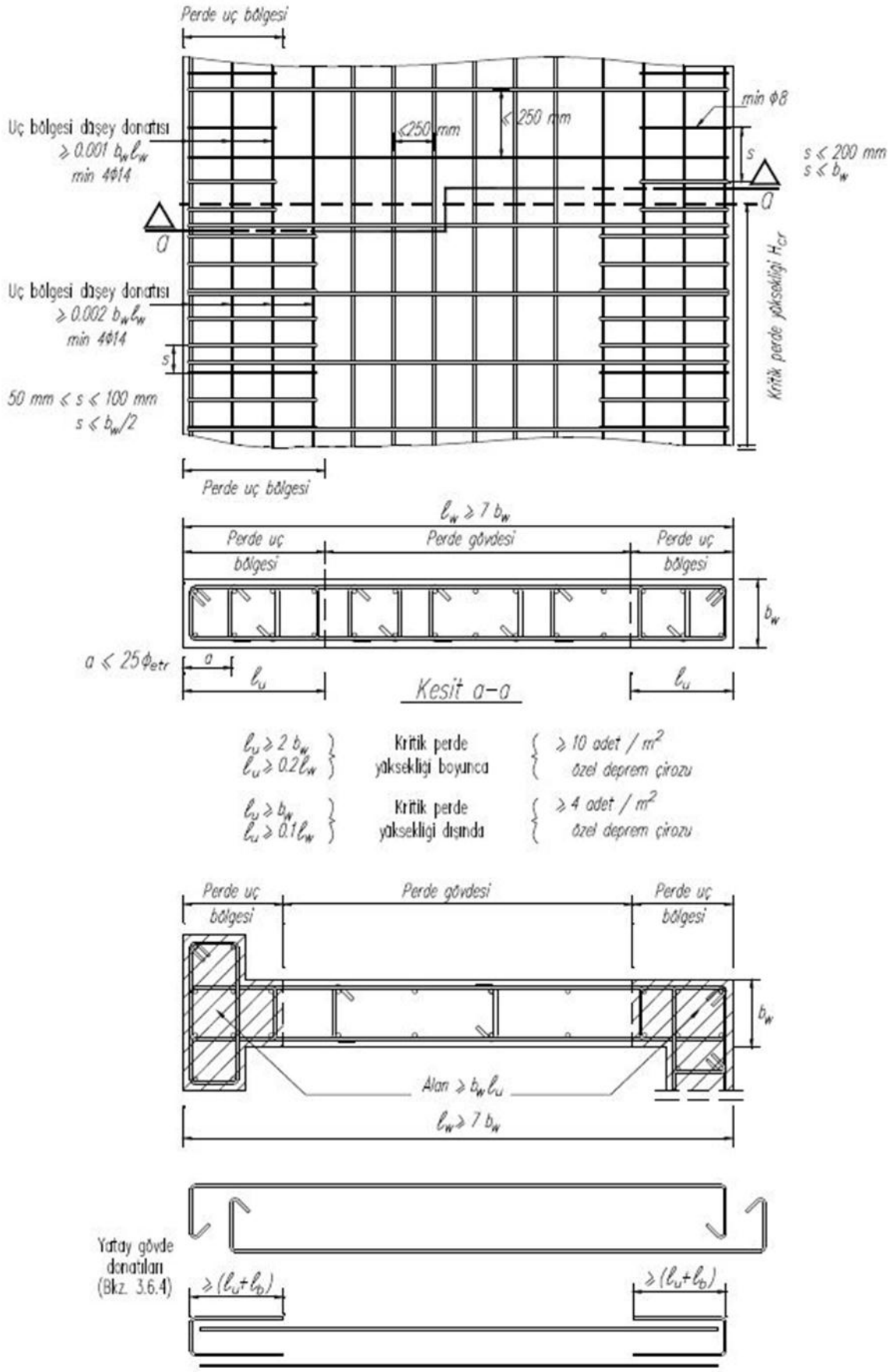
Perde uç bölgelerinde düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

(a) Uç bölgelerinde kullanılacak olan enine donatının çapı 8mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki uzaklık, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

(b) Daha önce tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için **(2.5)** ifadesinin sonucu ile belirlenen enine donatının en az 2/3'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır. Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

$$A_{sh} \geq 0.0075 \times s \times b_k \, (f_{ck}/f_{ywk}) \qquad \textbf{(2.5)}$$

(c) Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır.




**Şekil 2.1 :** Konstrüktif Detaylar

### 2.2.6 Tasarım eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri

$H_w$ / $l_w$ > 2.0 koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri, kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak perde tabanında oluşan eğilme momentine eşit olacaktır. Kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesidin üstünde ise perdenin tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır. Çevresinde rijit perdeler bulunan bodrumlu binalarda sabit perde momenti kritik perde yüksekliği boyunca gözönüne alınacaktır.

$H_w$ / $l_w$ > 2.0 olması durumunda, her bir katta perde kesitlerinin taşıma gücü momentlerinin, perdenin güçlü doğrultusunda kolonlar için **(2.6)** ifadesi ile verilen koşulu sağlaması zorunludur. Aksi durumda perde boyutları ve/veya donatıları arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$(M_{ra}+M_{rü}) \geq 1.2\ (M_{ri}+M_{ri}) \qquad \textbf{(2.6)}$$

$H_w$ / $l_w$ >2.0 koşulunu sağlayan perdelerde, gözönüne alınan herhangi bir kesitte enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti,$V_e$, **(2.7)** ifadesi ile hesaplanacaktır.

$$V_e=\beta_v \text{ x } (M_p)_t / (M_d)_t \text{ x } V_d \qquad \textbf{(2.7)}$$

Bu bağıntıda yer alan kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı $\beta_v$=1.5 alınacaktır. Ancak deprem yükünün tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda $\beta_v$=1.0 alınabilir. Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda $(M_p)_t$ =1.25 $(M_r)_t$ alınabilir. Düşey yükler ile birlikte $R_a$=2 **(2.8)** ifadesine göre hesaplanan kesme kuvvetinin **(2.7)** ifadesi ile hesaplanan $V_e$'den küçük olması durumunda $V_e$ yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. $H_w$ / $l_w$ ≤ 2.0 olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım kesme kuvvetleri denkleme göre hesaplanan kesme kuvvetlerine eşit alınacaktır.

$$V_t = W \text{ x } \frac{A(T1)}{Ra(T1)} \geq 0.1 \text{ x } A_0 \text{ x } I_w \qquad \textbf{(2.8)}$$

### 2.2.7 Perdelerin kesme güvenliği

Perde kesitlerinin kesme dayanımı, Vr, **(2.9)** ifadesi ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} ( 0.65\ f_{ctd} + \rho_{sh}\ f_{ywd}) \qquad \textbf{(2.9)}$$

**(2.7)** ifadesinde tanımlanan $V_e$ tasarım kesme kuvveti 2.10 ve 2.11 koşullarını sağlayacaktır.

$$V_e \leq V_r \quad \textbf{(2.10)}$$

$$V_e \leq 0.22x\ A_{ch}\ x\ f_{cd} \quad \textbf{(2.11)}$$

Aksi durumda, perde enine donatısı ve/veya perde kesit boyutları bu koşullar sağlanmak üzere arttırılacaktır.

Temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak yatay inşaat derzlerindeki düşey donatı, o kesitte aktarılan kesme kuvveti gözönüne alınarak, TS-500'de tanımlanan kesme sürtünmesi yöntemi ile kontrol edilecektir.

### 2.2.7.1 Sürtünme kesmesi

İki ayrı malzemenin birleştiği düzlemlerde veya ayrı zamanlarda dökülmüş iki beton yüzeyinin birleştiği düzlemlerde, kesme hesabı ve donatı detaylandırması sürtünme kesmesi dikkate alınarak yapılır. Sürtünme kesmesi için hesap yapılan düzlemde, önce bir çatlak oluştuğu varsayılır. Sürtünme kesmesi için de **(2.12)** koşulu sağlanmalıdır.

$$V_r \geq V_d \quad \textbf{(2.12)}$$

**(2.12)** ifadesindeki $V_r$ , **(2.13)** ifadesi ile hesaplanır.

$$V_r=A_{wf}\ x\ f_{yd}\ x\ \mu \quad \textbf{(2.13)}$$

**(2.13)** ifadesinde, kesme-sürtünme donatısı kesit alanı olarak ($A_{wf}$) yalnızca birleşme düzlemine dik doğrultuda düzenlenmiş donatı çubuklarının toplam alanı kullanılmalıdır. **(2.13)** ifadesinde gösterilen $\mu$ kesme sürtünmesi katsayısının çeşitli durumlardaki değerleri Çizelge 2.1 de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1** : $\mu$ Kesme Sürtünmesi Katsayısı Değerleri

| | |
|---|---|
| Birdöküm Beton (Monolitik) | $\mu$=1,4 |
| Sertleşmiş beton ile yeni betonun birleştiği yüzeylerde pürüzlendirilmiş yüzey | $\mu$=1 |
| Sertleşmiş beton ile yeni betonun birleştiği yüzeylerde pürüzlendirilmemiş yüzey | $\mu$=0,6 |
| Çelik profil ve betonun birleştiği yüzeylerde | $\mu$=0,7 |

Kesme sürtünme donatısının kesme düzlemine eğik olduğu durumlarda kesme kuvveti donatıda çekme kuvveti oluşturuyorsa, $V_r$ aşağıdaki **(2.14)** ifadesi ile hesaplanır.

$$V_r=A_{wf}\ x\ f_{yd}\ x\ (\mu \sin \alpha f + \cos \alpha f) \quad \textbf{(2.14)}$$

Kesme kuvvetinin donatıda basınç oluşturduğu durumlarda, bu donatı etkili değildir. Deprem durumunda donatı çatlak düzlemine dik olarak düzenlenmelidir. Denklem deki $\alpha_f$ açısı, kesme-sürtünme donatısının kesme düzlemi ile yaptığı dar açıdır.

Sürtünme kesmesinin **(2.15)** ifadesindeki sınırı geçmesine izin verilmez ve bu sınır hesaplanırken beton tasarım basınç dayanımı $f_{cd}$, 25Mpa'dan büyük alınamaz.

$$V_d \leq 0.2\ f_{cd}\ A_c \qquad \textbf{(2.15)}$$

Kesme düzlemindeki doğrudan etkili çekme kuvveti varsa, her iki yandan yeterince kenetlenmiş ek donatı ile karşılanmalıdır. Bu düzlemde doğrudan etkili olan kalıcı basınç kuvvetinin en düşük değeri gözönüne alınarak kesme-sürtünme donatısı azaltılabilir.

# 3.ÇERÇEVE SİSTEMLER İLE PERDELİ SİSTEMLERİN MALİYET KARŞILAŞTIRILMASI

## 3.1.Kullanılan Analiz Programlarının Tanıtılması

Bu çalışmada STA4CAD Ver.13 ile ETABS v.9.7.3 paket programları kullanılmıştır.

### 3.1.1 STA4CAD

Bu program; çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgâr ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır. Program; statik ve betonarme analizleri, standart ve yönetmelikleri esas alacak şekilde yapabilmektedir.

Program, statik analizde rijit kat diyaframını dikkate almakta, her noktada 6 serbestlikli 3 boyutlu stifness metodu ile kullanmaktadır.

Plan aplikasyon olarak grafik ortamda girilen yapı bilgileri, eş zamanlı olarak planda ve üç boyutlu görüntüde işlenmektedir. Veri girişinde, akıllı menülerle; yük, boyut ve yönetmelikle ilgili bilgiler mouse ile düzenlenebilmektedir.

### 3.1.2 ETABS

Bu program "Sonlu Elemanlar Yöntemi" ni kullanarak betonarme yapıların dinamik ve statik hesaplarını, lineer ve lineer olmayan çözüm ve boyutlandırmasını yapabilmektedir.

## 3.2. Modeller

Üç aşamadan oluşan bu kısım , perdelerin İnşaat Maliyetine etkisini göstermek için yapılan model analizlerinin sonuçları doğrultusunda elde edilen maliyet eğrilerini kapsamaktadır. Perdelerin maliyete etkisini açık bir şekilde görebilmek için toplam on model tasarlanıp, birinci aşamada bu modeller, STA4CAD programı ile "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Türk Standartları 500" ve "Türk Standartları 498" yönetmeliklerine sadık kalınarak incelenmiştir.

Birinci model sadece kolonlardan oluşmuş olup, onuncu model sadece perdelerden oluşmaktadır.Bütün modellerin kat sayısı, kat yükseklikleri, deprem bölgesi ve zemin sınıfı aynı olup bir sonra ki aşamada zemin sınıfı da değiştirilerek maliyetteki azalışın daha keskin görülmesi sağlanacaktır.

Modeller 20 katlı olup kat yükseklikleri 3.0 metredir. İki Bodrum katında 25 cm ebatında toprak perdeleri mevcuttur.İncelenen on modele ait veriler Çizelge 3.1'de görüldüğü gibidir;

**Çizelge 3.1** : Bina Genel Bilgileri

| | | |
|---|---|---|
| Deprem Bölgesi | | 1.Derece |
| Etkin Yer İvme Katsayısı | | 0.40g |
| Yerel Zemin Sınıfı | | Z2 |
| Tasarım Spektrum Karakteristik Periyotları | | Ta=0.15sn/Tb=0.40sn |

Binanın fonksiyonu konut olarak kabul edilmiş olup "Bina Önem Katsayısı" I değeri Çizelge 3.2 uyarınca 1 olarak kabul edilmiştir.(DBYBHY, 2007 , sf.10)

**Çizelge 3.2 :** Bina Önem Katsayısı

| | |
|---|---|
| **4. Diğer binalar**<br>Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar<br>(Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb) | 1.0 |

Yerel Zemin Sınıfı 2.Bölgede olup Çizelge 3.3 uyarınca Ta=0.15sn , Tb=0.40 sn olarak kabul edilmiştir.(DBYBHY, 2007, sf.11)

**Çizelge 3.3 :** Spektrum Karakteristik Periyotları

| ***Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı*** | $T_A$ *(saniye)* | $T_B$ *(saniye)* |
|---|---|---|
| Z1 | 0.10 | 0.30 |
| Z2 | 0.15 | 0.40 |
| Z3 | 0.15 | 0.60 |
| Z4 | 0.20 | 0.90 |

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı "R" ise Çizelge 3.4 uyarınca modellerimizin taşıyıcı sistemlerine göre değişkenlik göstermiştir.

Tamamen kolonlardan oluşan 1. Modelimiz Çizelge 3.4 1.1 maddesi uyarınca "Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar" kapsamına girdiğinden davranış katsayısı "R" 8 olarak kabul edilmiştir. Diğer modellerimize perde ilavesi yapıldığından dolayı R katsayısı tablodaki 1.4 maddesi uyarınca "Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli(boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar" kapsamına girdiğinden R değeri 7 olarak kabul edilmiştir.

Yapı davranış katsayısı Yerinde dökme betonarme binalar, Prefabrike betonarme binalar ve çelik binalar olmak özere üç ayrı kategoride incelenmiştir.

Yerinde dökme betonarme binalar ise, deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı, deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar, deprem yükünün tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar ve deprem yüklerinin çerçevelerle ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar olmak üzere dört ayır başlıkta incelenmiştir.

Modellerimizin hepsi yerinde dökme betonarme binalar başlığı altında olup tasarım yüksek sünek olarak kabul edilmiştir.

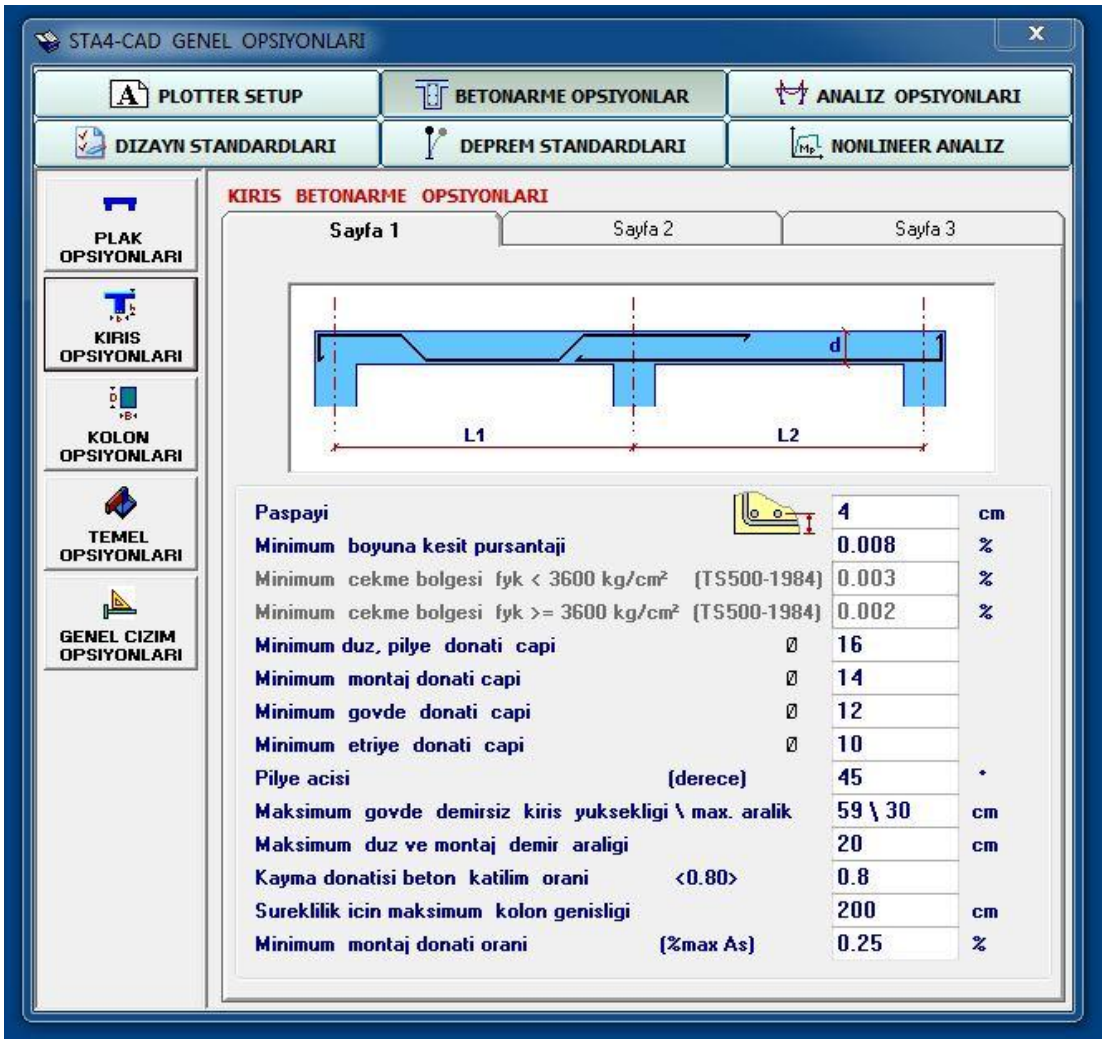
**Çizelge 3.4** : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

| *BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ* | *Süneklik Düzeyi Normal Sistemler* | *Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler* |
|---|---|---|
| **(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR** | | |
| **(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 |
| **(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR** | | |
| **(2.1)** Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar | 3 | 7 |
| **(2.2)** Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar | — | 3 |
| **(2.3)** Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar | — | 5 |
| **(2.4)** Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar | 3 | 6 |
| **(3) ÇELİK BİNALAR** | | |
| **(3.1)** Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar | 5 | 8 |
| **(3.2)** Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar | — | 4 |
| **(3.3)** Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar | | |
| **(a)** *Çaprazların merkezi olması durumu* | 4 | 5 |
| **(b)** *Çaprazların dışmerkez olması durumu* | — | 7 |
| **(c)** *Betonarme perdelerin kullanılması durumu* | 4 | 6 |
| **(3.4)** Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar | | |
| **(a)** *Çaprazların merkezi olması durumu* | 5 | 6 |
| **(b)** *Çaprazların dışmerkez olması durumu* | — | 8 |
| **(c)** *Betonarme perdelerin kullanılması durumu* | 4 | 7 |

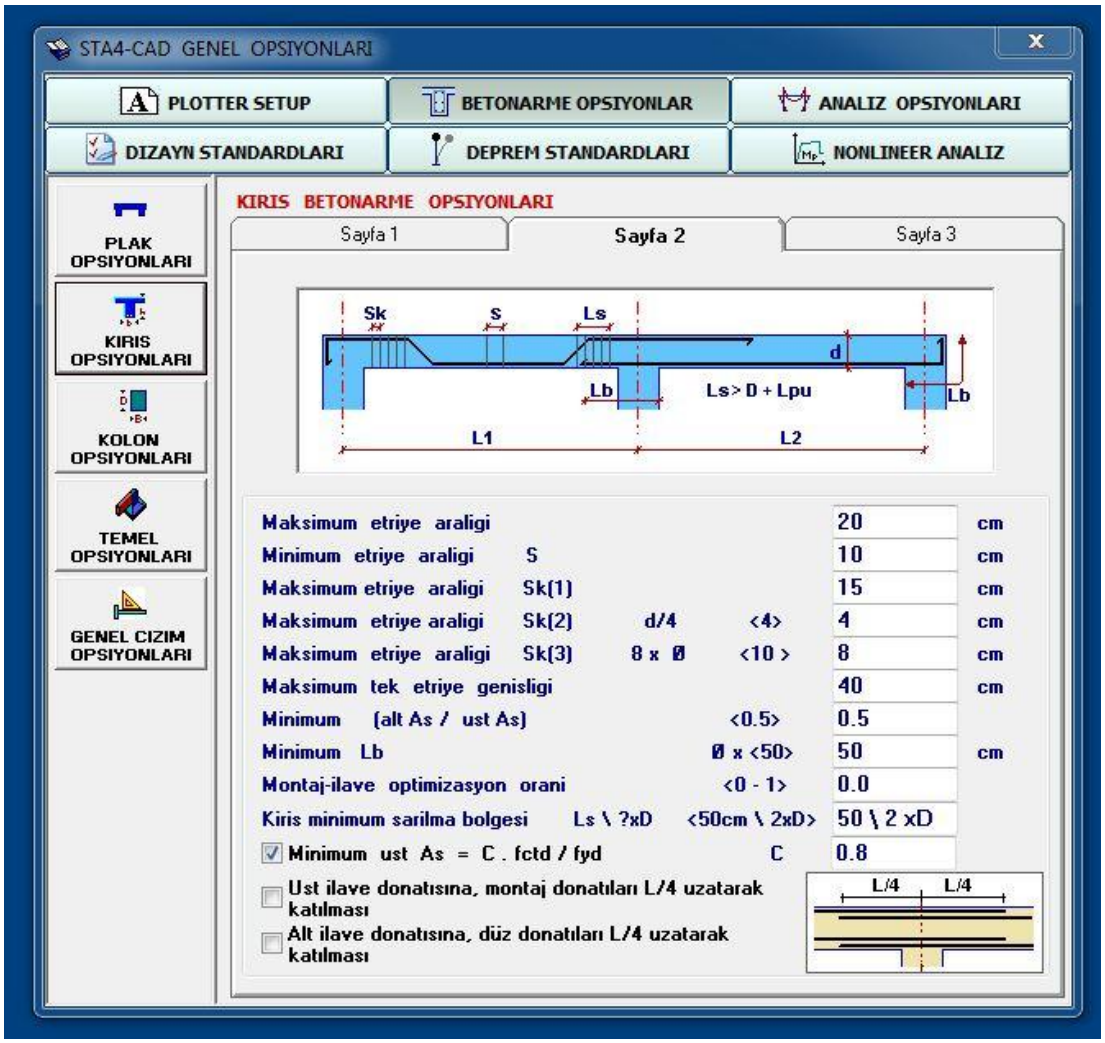
### 3.2.1 Model opsiyonları

STA4CAD paket programında analiz sonuçlarına etki eden en önemli faktörlerden biri, programın opsiyon ayarlarıdır. Doğru şekilde yapılmayan opsiyon ayarları aynı model üzerinde çok değişik sonuçlara sebebiyet verebilir. ”Herşeyi programdan beklemek” mantığı yerine mühendis olarak programa müdahele etmeli ve sonuçların doğruluğundan emin olunması günümüz koşullarında çok önemlidir. Bu sebeple opsiyonlar kirişler, kolonlar ve plaklar için aşağıda ki gibi ayarlanmıştır;

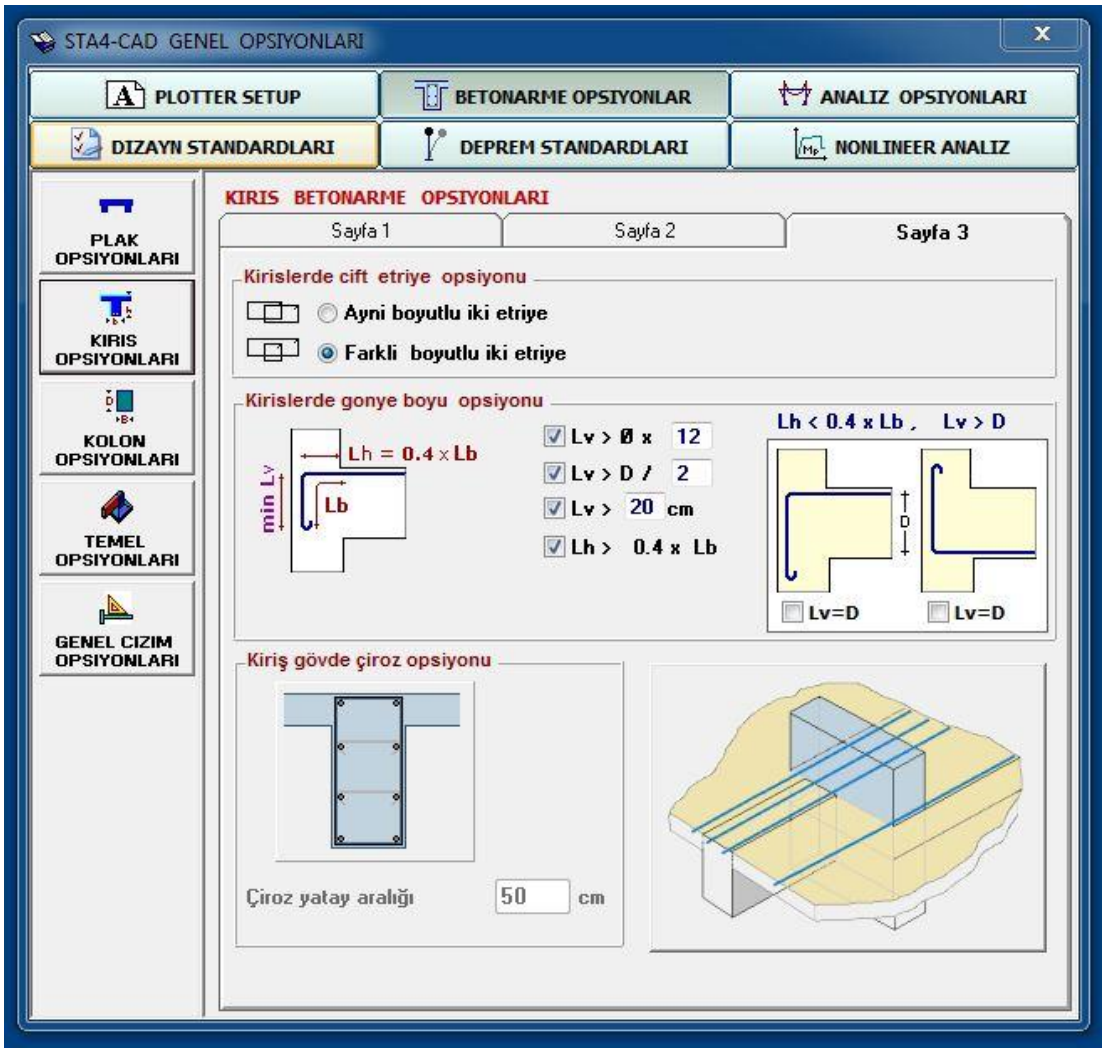
Kiriş Opsiyonları için;




**Şekil 3.1(a) :** Sta4Cad Kiriş Betonarme Opsiyonları

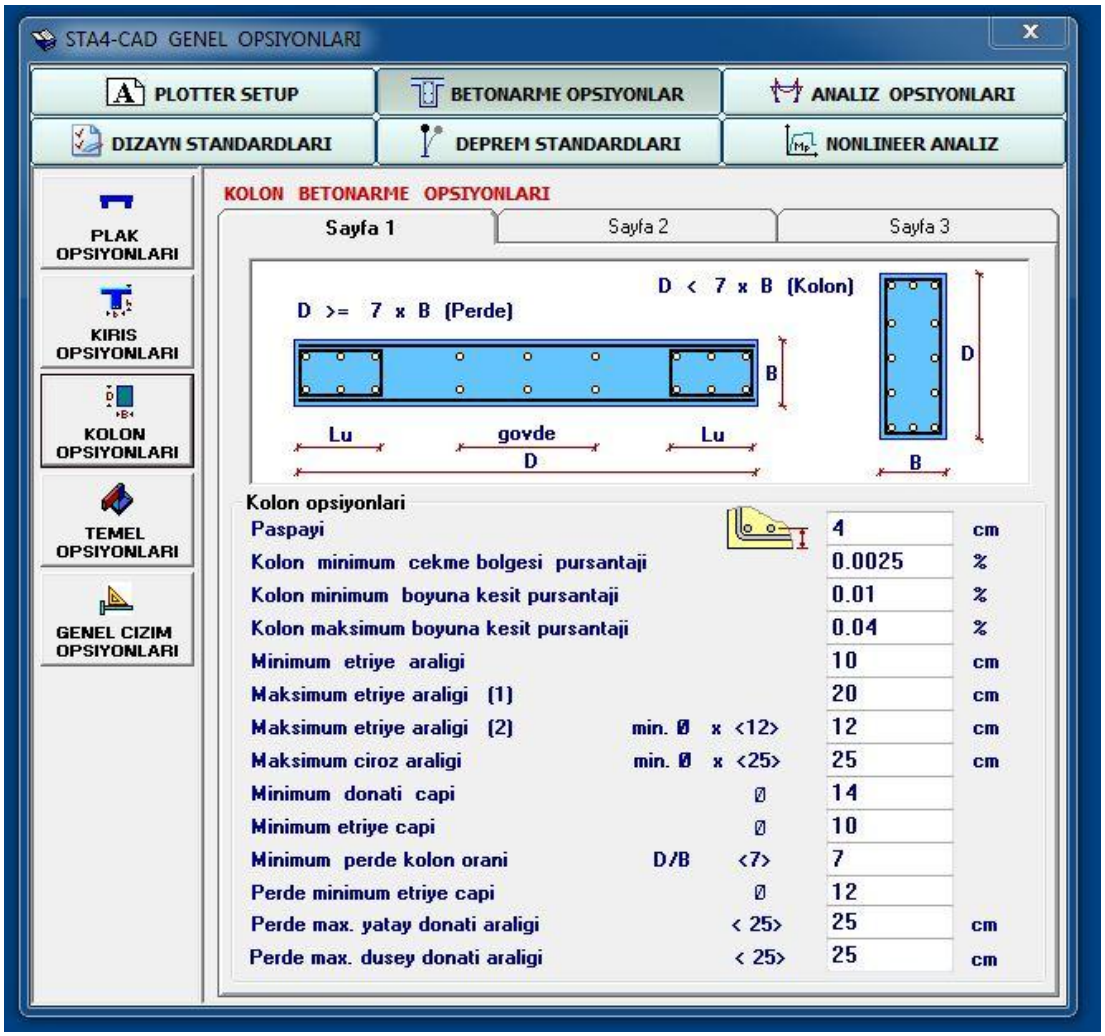



**Şekil 3.1(b) :** Sta4Cad Kiriş Betonarme Opsiyonları

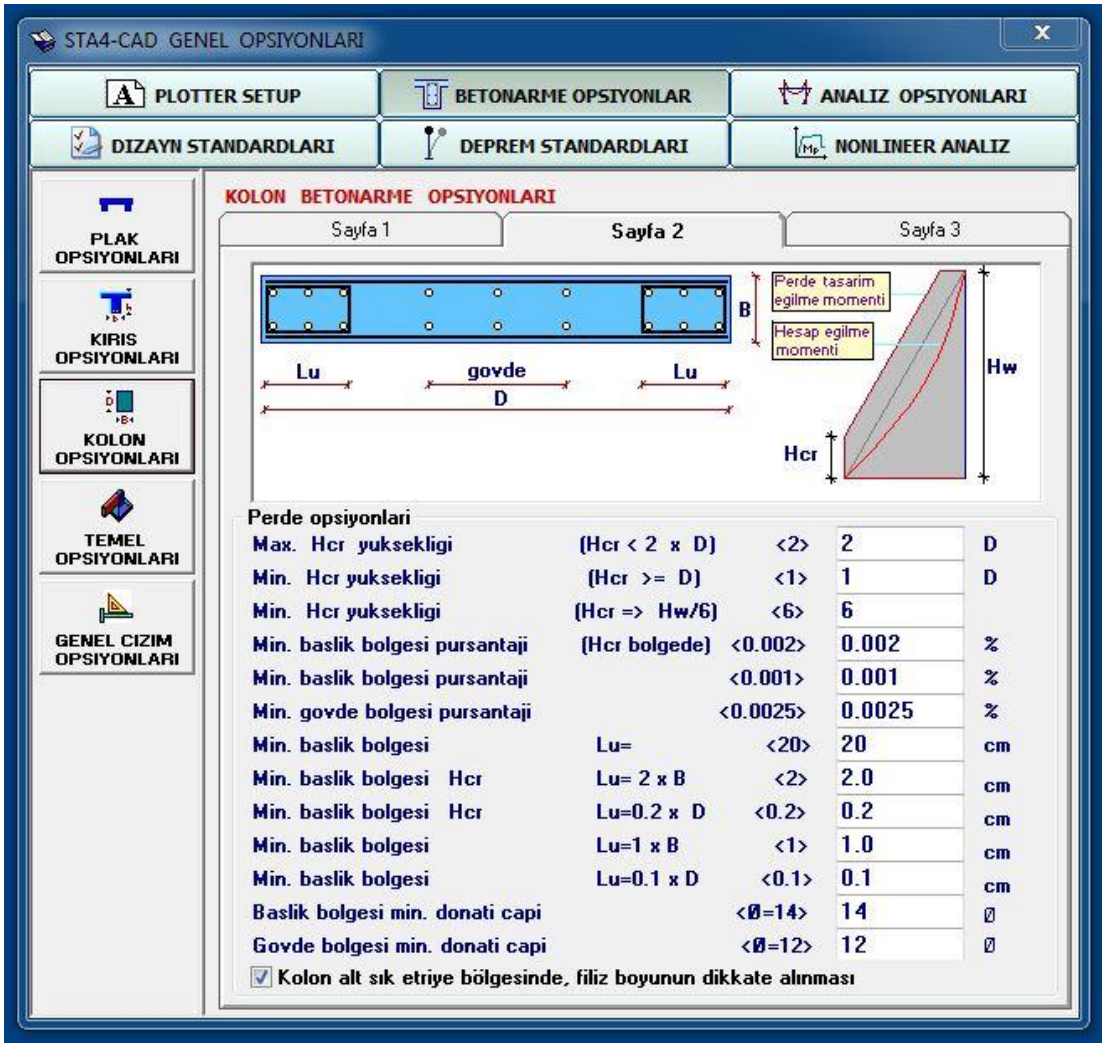



**Şekil 3.1(c) :** Sta4Cad Kiriş Betonarme Opsiyonları

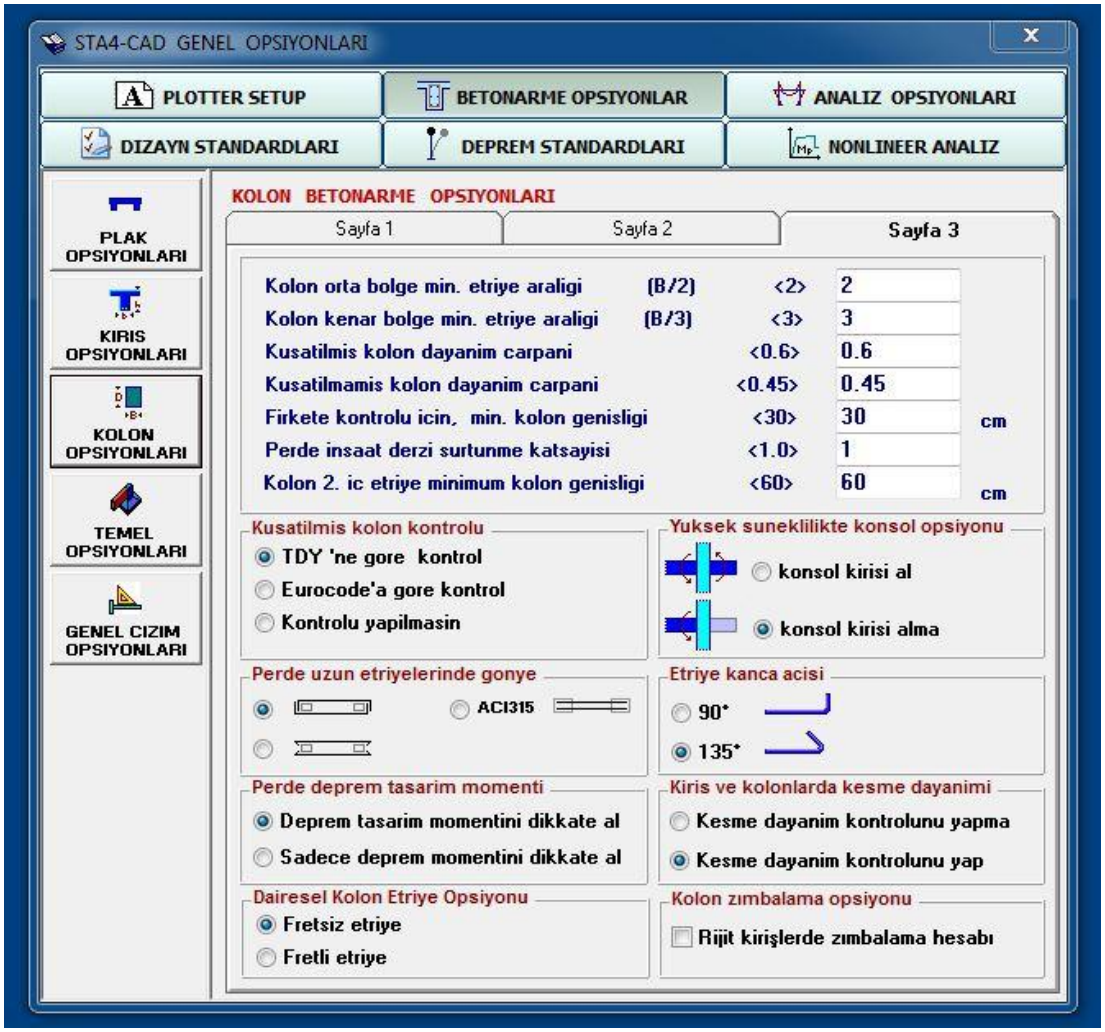
Kolon Opsiyonları için;




**Şekil 3.2(a) :** Sta4Cad Kolon Betonarme Opsiyonları

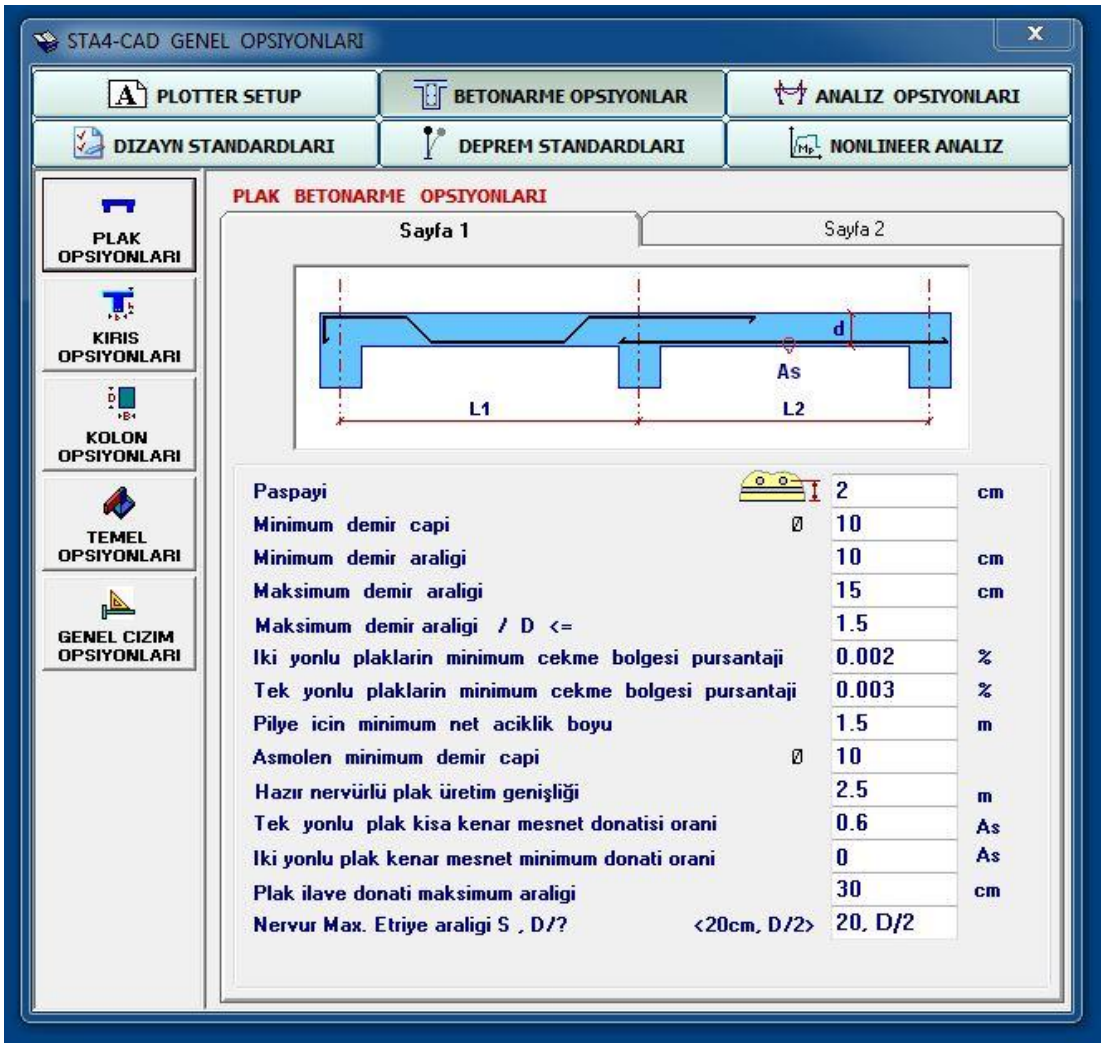



**Şekil 3.2(b) :** Sta4Cad Kolon Betonarme Opsiyonları

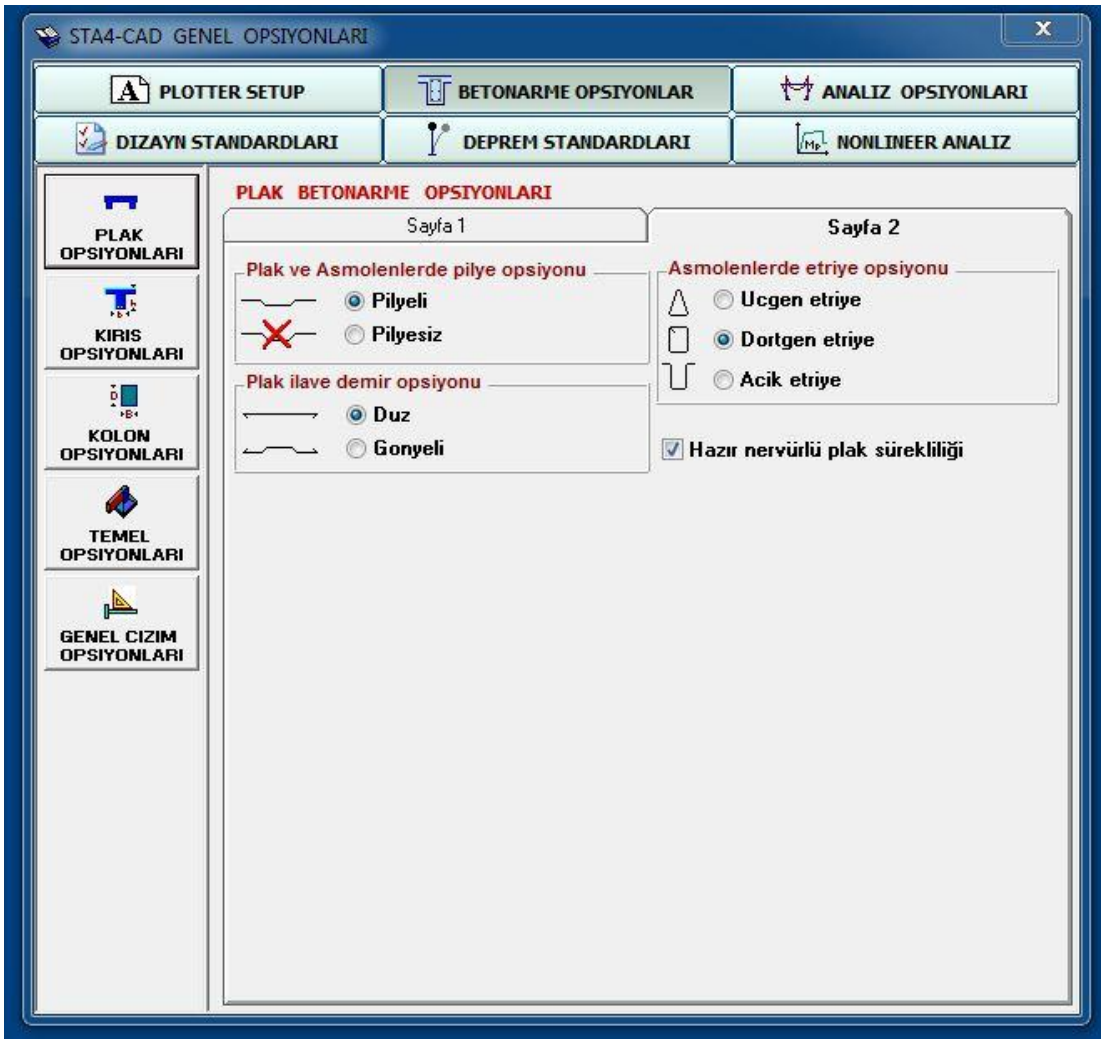



**Şekil 3.2(c) :** Sta4Cad Kolon Betonarme Opsiyonları

Plak Opsiyonları için;




**Şekil 3.3(a) :** Sta4Cad Plak Betonarme Opsiyonları




**Şekil 3.3(b) :** Sta4Cad Plak Betonarme Opsiyonları

### 3.2.2 Yükler

Opsiyon ayarları tamamlandıktan sonra modellerimizde alınacak olan yükler minimum TS498 yönetmeliğinde belirtilen yükler olmak şartı ile belirlenmiştir.

#### 3.2.2.1 Öz ağırlık yükleri

Yapısal elemanların (kirişler, kolonlar, perdeler, döşemeler) öz ağırlık yükleri kullanılan bilgisayar programı tarafından otomatik olarak hesaplanıp sisteme etki ettirilmektedir. Hesaplarda, aşağıda verilen öz ağırlıklar dikkate alınmıştır.

$\gamma_{betonarme}$= 25.00 kN/$m^3$

$\gamma_{beton}$ = 22.00 kN/$m^3$

$\gamma_{toprak}$= 18 kN/$m^3$

### 3.2.2.2 Kaplama yükleri

Kaplama (6cm) = 0.06 x22=1.32kN/$m^2$

Sıva (2cm) = 0.02 x22=0.44kN/$m^2$

Tesisat = 0.20kN/$m^2$

---

2.0kN/$m^2$

### 3.2.2.3 Duvar yükleri

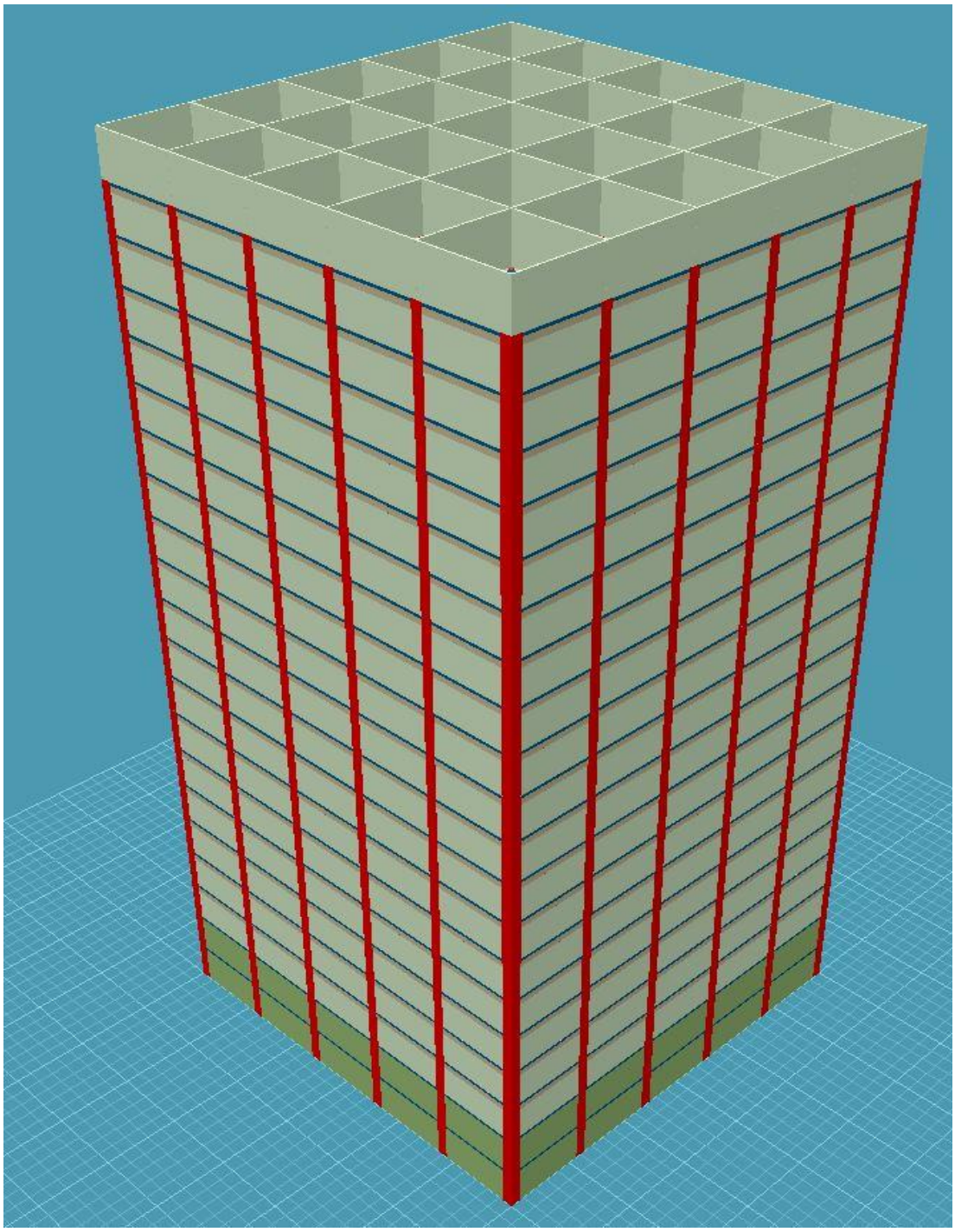
Bütün kirişlerde 13 cm tuğla duvar yükü kabul edilerek 6.25 kN/$m^2$ yük etki ettirilmiştir.

### 3.2.2.4 Hareketli yükler

Konut Yapılarında Hareketli Yükler 3.5 kN/$m^2$ olarak alınmıştır.

### 3.3 Model'in 3D Görüntüsü ve Malzeme Bilgisi

Modelin genel olarak 3 boyutlu görünüşü şekil 3.4'te verilmiştir;



**Şekil 3.4 :** Modelin 3D Görüntüsü

Yapıda malzeme olarak C35 hazır beton ve S420 çelik kalitesi kullanılmıştır.

C35 hazır beton özellikleri çizelge 3.5'te verilmiştir.

**Çizelge 3.5** : C35 Malzeme Özellikleri

| | Karakteristik Dayanım | Tasarım Dayanımı | Eşdeğer Küp (150mm) | 28 Günlük Elastisite Modülü |
|---|---|---|---|---|
| BASINÇ (fck) | 35 Mpa | 23,3 Mpa | 45 Mpa | 33000 |
| ÇEKME (fctk) | 2,1 Mpa | 1,38 Mpa | | |

## 3.4 Çerçeve Sisteme Perdeleri Yerleştirme Şekli

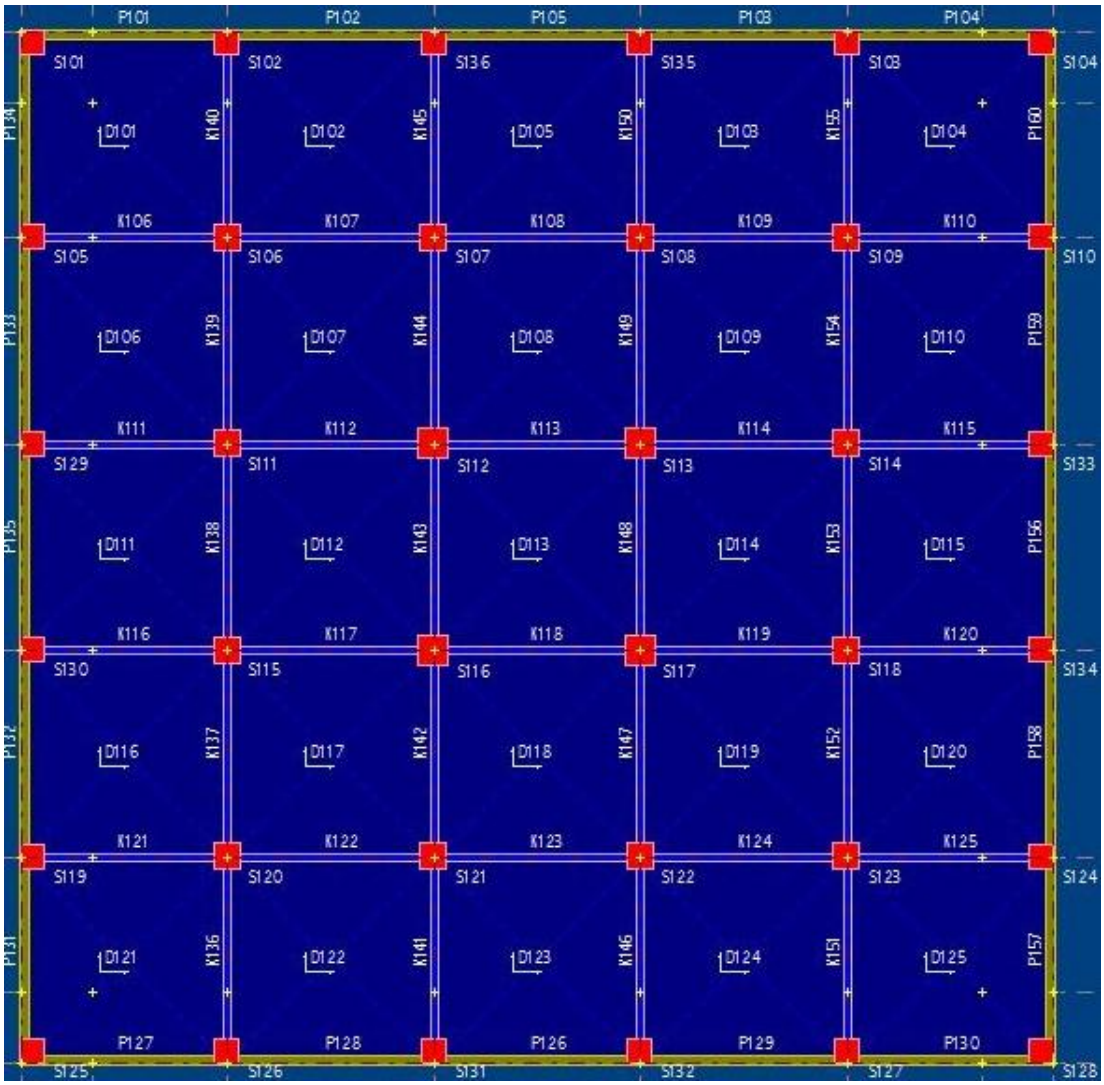
Birinci modelden Onuncu modele doğru giderken perde yerleştirme sistemi şu şekilde gerçekleştirilmiştir;

1-Perdeler dıştan içe doğru yerleştirilmiş, önce köşe kolonlar perdeye çevrilmiş daha sonra iç taraftaki kolonlar perdeye çevrilmiştir.

2-İlk eklenen perdeler X yönünde olduğu için daha sonraki perdeler Y yönünde eklenmiştir. Bunun sebebi rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi arasında büyük farklar oluşmasını engelleyerek burulma probleminden uzakalaşmaktır.

### 3.5 Analizler ve Metraj Değerleri

1.Model; Şekil 3.5'te gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.5 :** 1.Model Sta4cad Görüntüsü

Bu model sadece kolonlardan oluşmaktadır.

Kolon boyutları 85x85,75x75,70x70 olarak belirlenmiştir. Kolon boyutlarındaki fark Süneklilik Alanı Yetersizliği problemini gidermek için yapılmıştır.

DBYBHY- 2007 Bölüm 3 madde 3.3.1.2 uyarınca Süneklilik Alanı **(3.1)** formülü ile hesaplanmaktadır.

$$N_d \leq 0{,}5 \times f_{ck} \times A_c \qquad \textbf{(3.1)}$$

Süneklilik Alanı Koşulu şöyledir;

Kolonun brüt enkesit alanı, $N_{dm}$ düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm}/ (0.50\ f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.

Süneklilik alanı yetersiz çıkan kolonlarda bu sorunu giderebilmek için iki yöntem izlenebilir:

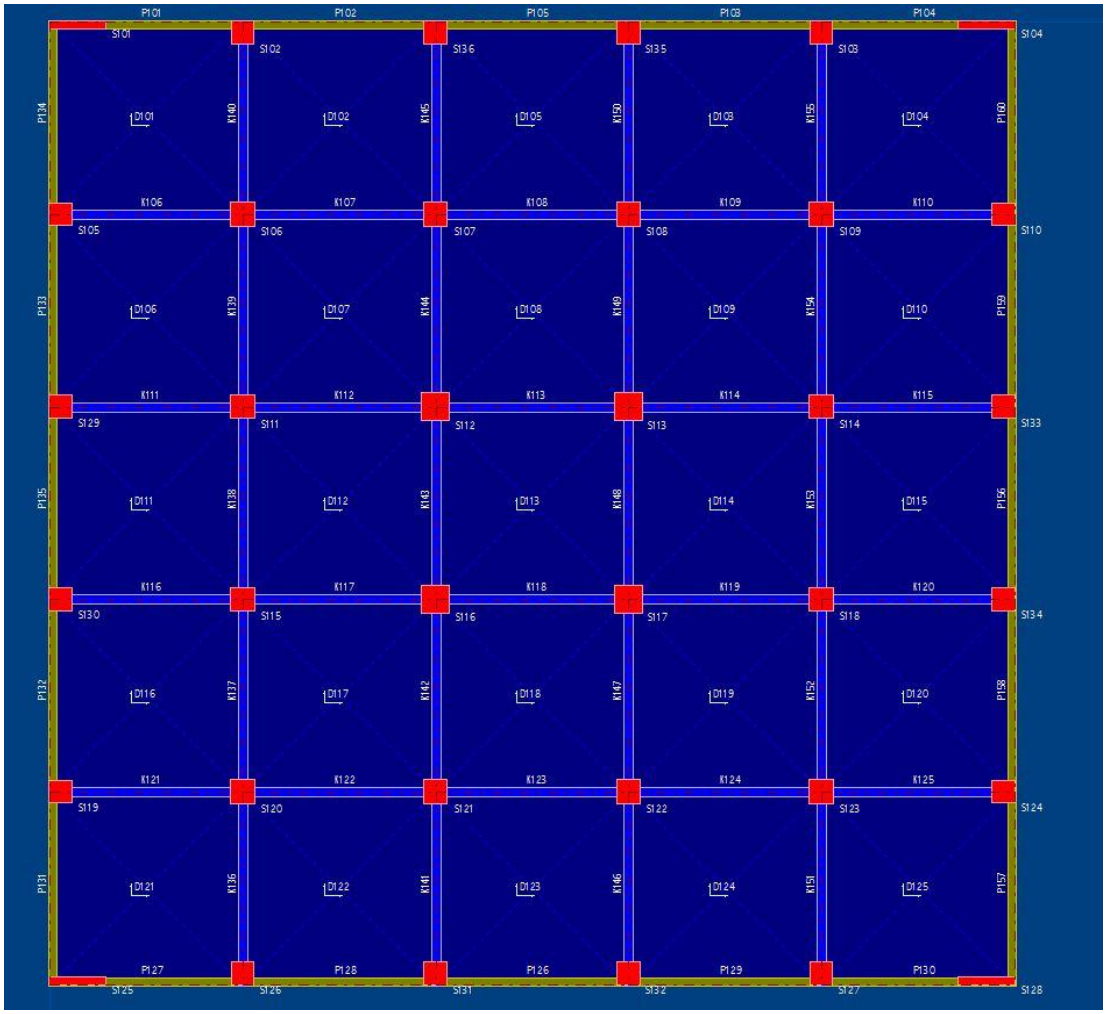
1-Malzeme mukavemetini arttırmak. Örneğin; C35 yerine C40 kullanmaktır. Şu andaki piyasa verilerine göre C35 ile C40 arasında 10 TL fiyat farkı olmasına rağmen çok katlı yapılarda beton metrajı yüksek olduğu için ciddi mali külfet olacaktır.

2-Sadece süneklilik alanı problemi veren kolonların boyutlarını belirli katlarda büyüterek daha az maliyetli bir çözüm oluşturulabilir.

1. Modelimizde yapının periyodu Y yönünde 1,96 saniye çıkmaktadır.

Toplam donatı metrajı 681 ton'dur. 5508,8 $m^3$ C35 beton metrajı hesaplanmıştır.

2.Model; Şekil3.6'da gösterildiği gibi tasarlanmıştır.

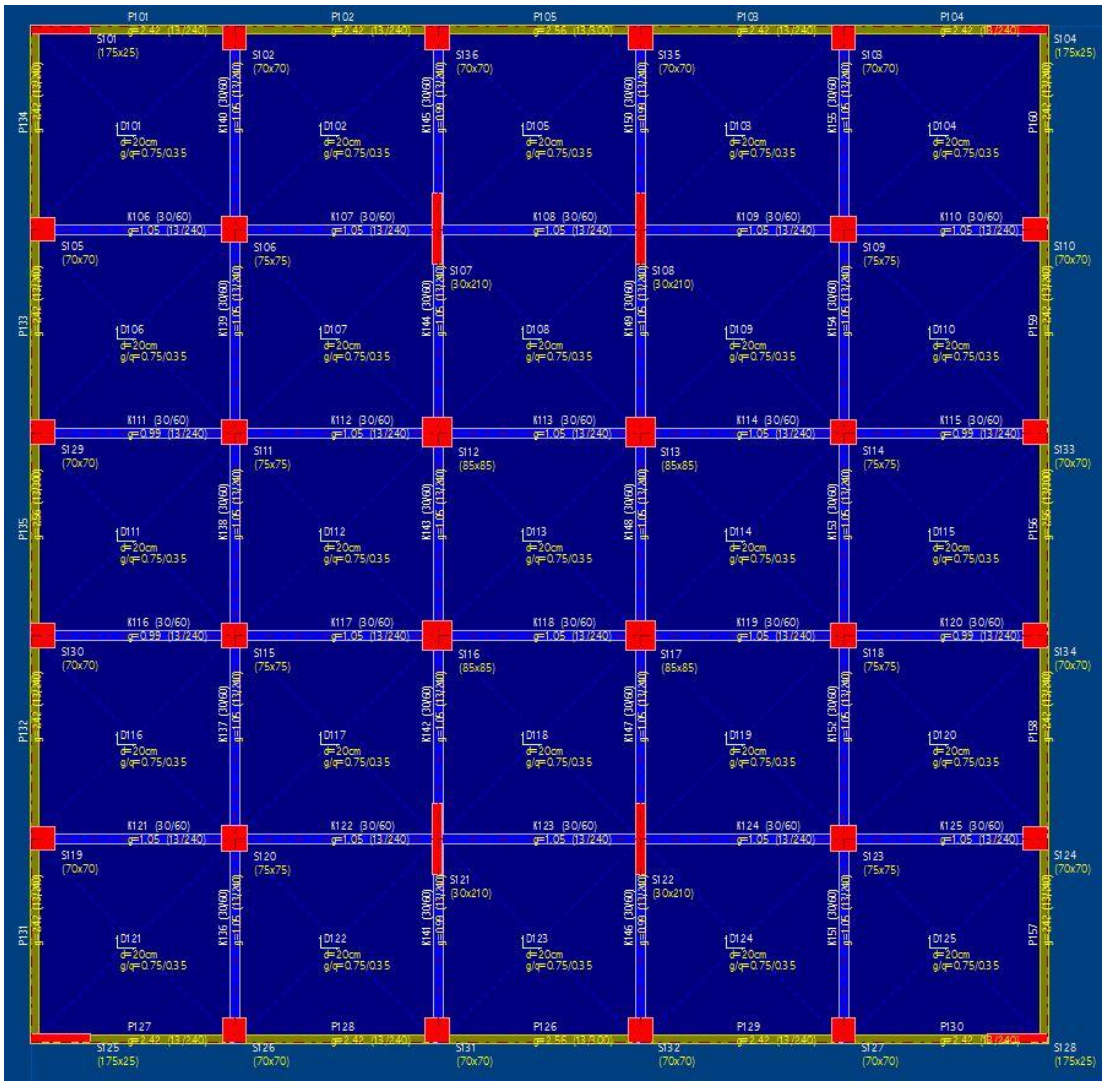



**Şekil 3.6 :** 2.Model Sta4cad Görüntüsü

İkinci modelde yapının 4 tarafında ki kolonlar 175 cm x 25 cm boyutunda 4 adet perdeye çevirilmiştir. Yapının periyodu Y yönünde 2,004 saniye olarak bulunmuştur.

Bu modelde toplam donatı metrajı 665 ton'dur. 5484,8 $m^3$ C35 beton metrajı hesaplanmıştır.

3.Model; Şekil3.7'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.

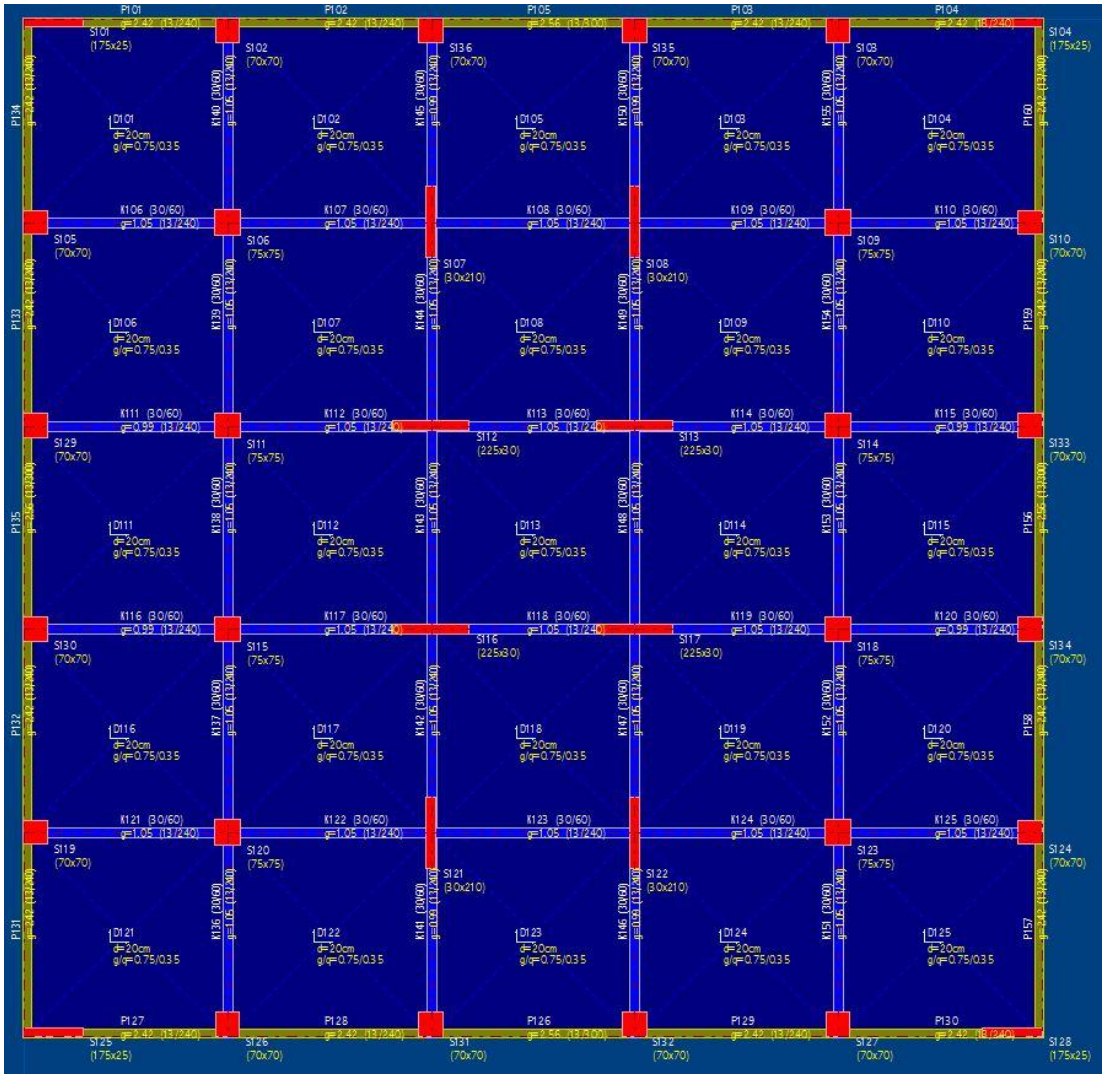


**Şekil 3.7 :** 3.Model Sta4cad Görüntüsü

Bu modelde ikinci modele ilave olarak 4 adet perde daha eklenmiş ilk modelde X yönünde eklenen perdelerin aksine rijitlik ve ağırlık merkezleri arasındaki mesafe artıp burulma problemi yaşamamak adına üçüncü modelde ki perdeler Y yönünde eklenmiştir. Boyutları 30 cm x 210 cm'dir.

Yapının periyodu X yönünde 2,0334 saniye olup, toplam donatı metrajı 658 ton'dur. 5481,6 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

4.Model; Şekil3.8'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.

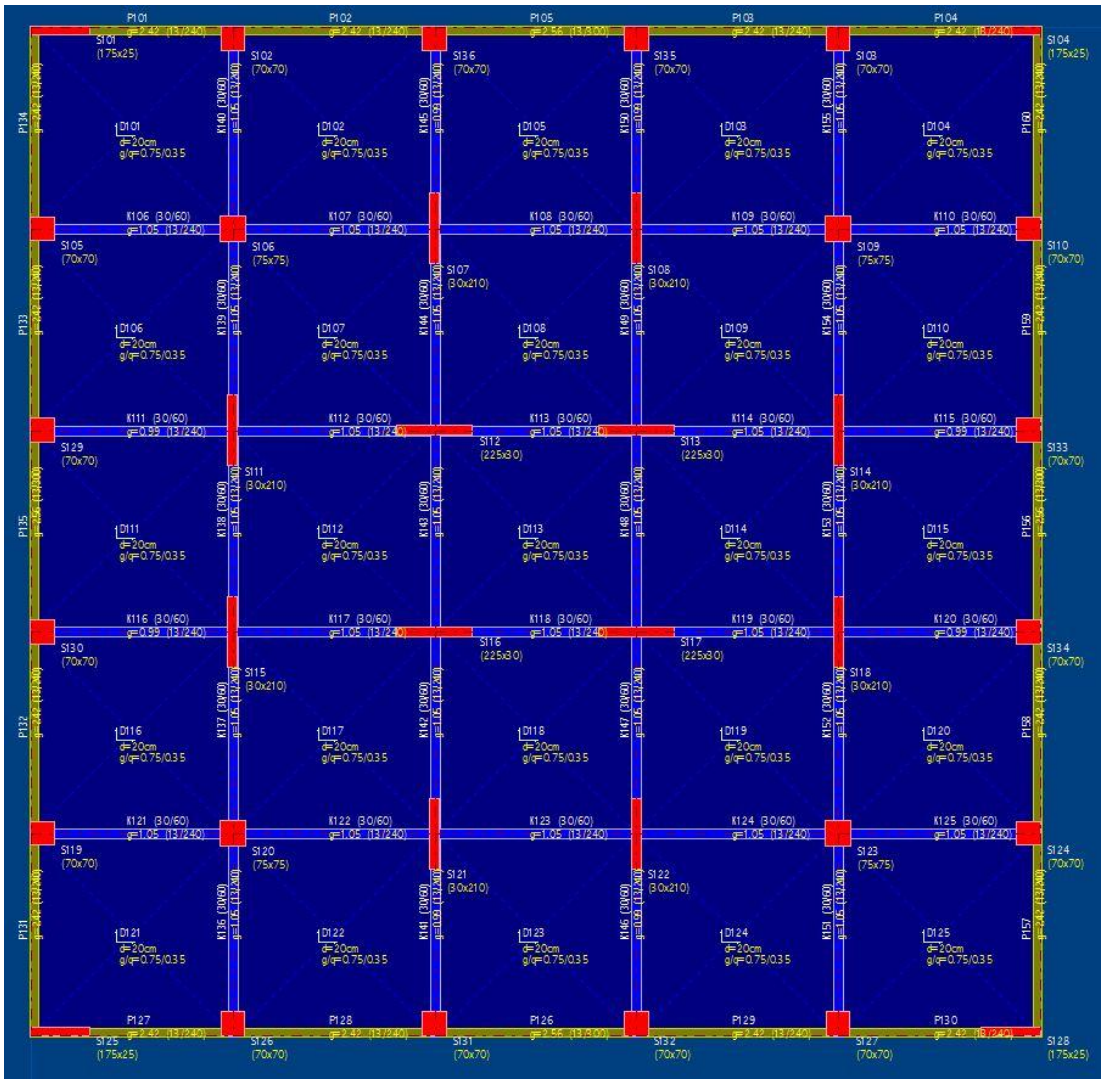


**Şekil 3.8 :** 4.Model Sta4cad Görüntüsü

Dördüncü modelde 8 adet X yönünde 4 adet Y yönünde toplam 12 adet perde bulunmaktadır. Eklenen perdeler 30 cm x 225 cm boyutlarındadır.

Yapının periyodu Y yönünde 2,0238 saniyedir. Toplam donatı metrajı 653 ton'dur. 5464 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

5.Model; Şekil3.9'da gösterildiği gibi tasarlanmıştır.

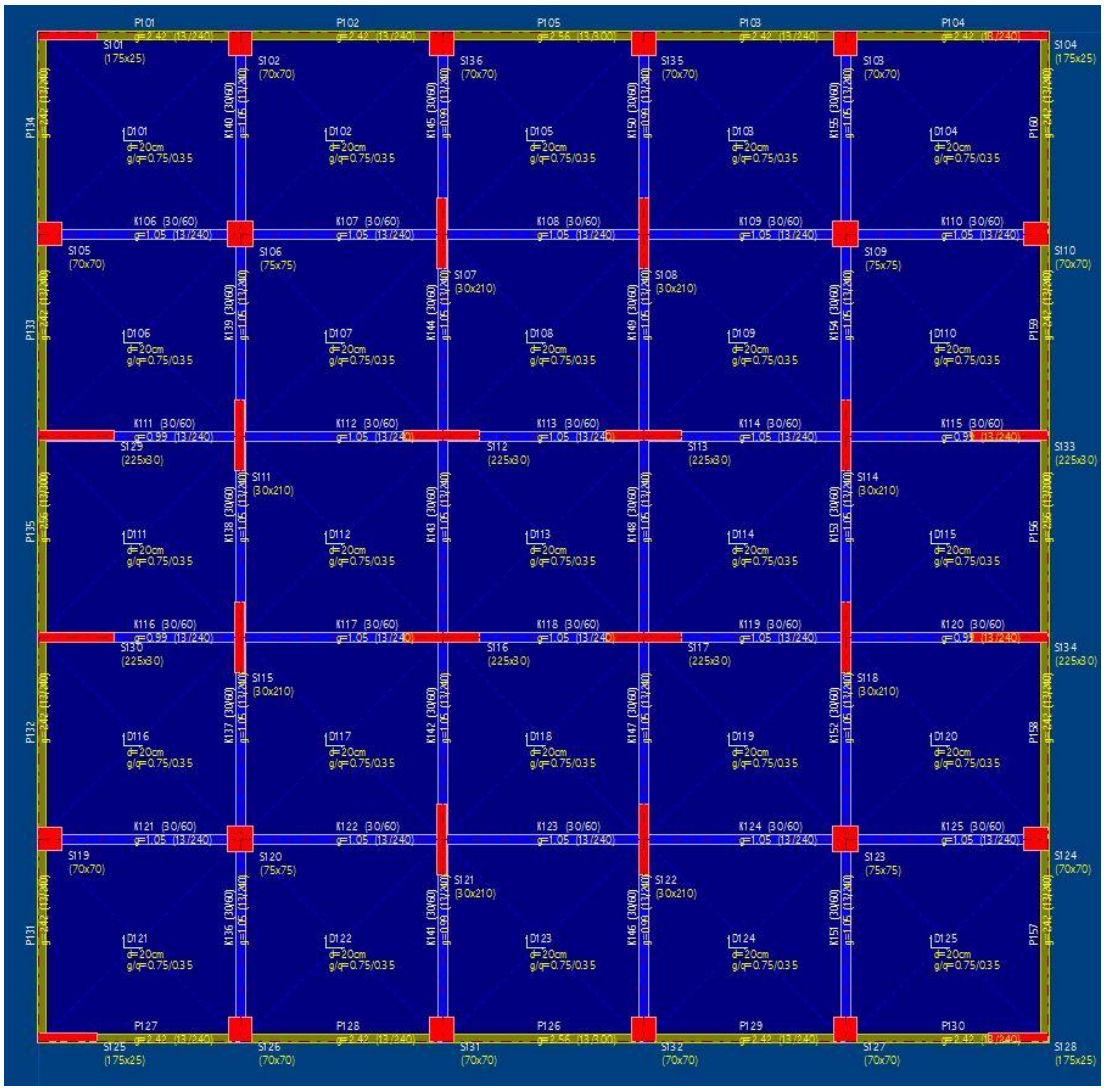


**Şekil 3.9 :** 5.Model Sta4cad Görüntüsü

Toplam 16 perde bulunan bu modele Y yönünde 4 adet 30 cm x 210 cm ebatlarında perde eklenmiştir.

Yapının periyodu X yönünde 2,004 saniye olarak hesaplanmıştır. Toplam donatı metrajı 641 ton'dur. 5447,1 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

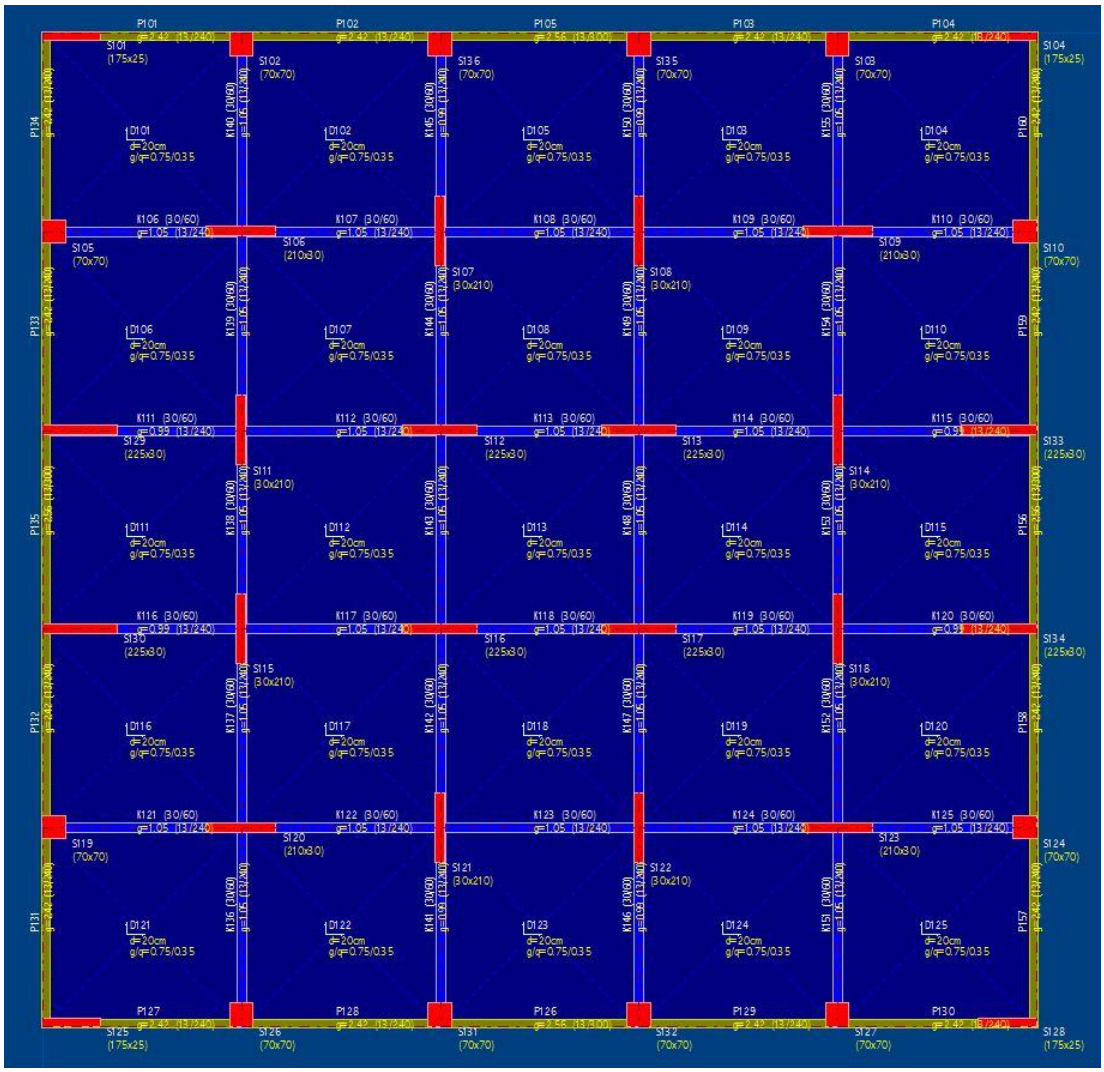
6.Model; Şekil3.10'da gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



**Şekil 3.10 :** 6.Model Sta4cad Görüntüsü

Bu modelde X yönünde 4 adet 30 cm x 225 cm ebatlarında perde eklenmiş olup, yapının periyodu Y yönünde 1,9846 saniye olarak hesaplanmıştır. Toplam donatı metrajı 629 ton'dur. 5476,7 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

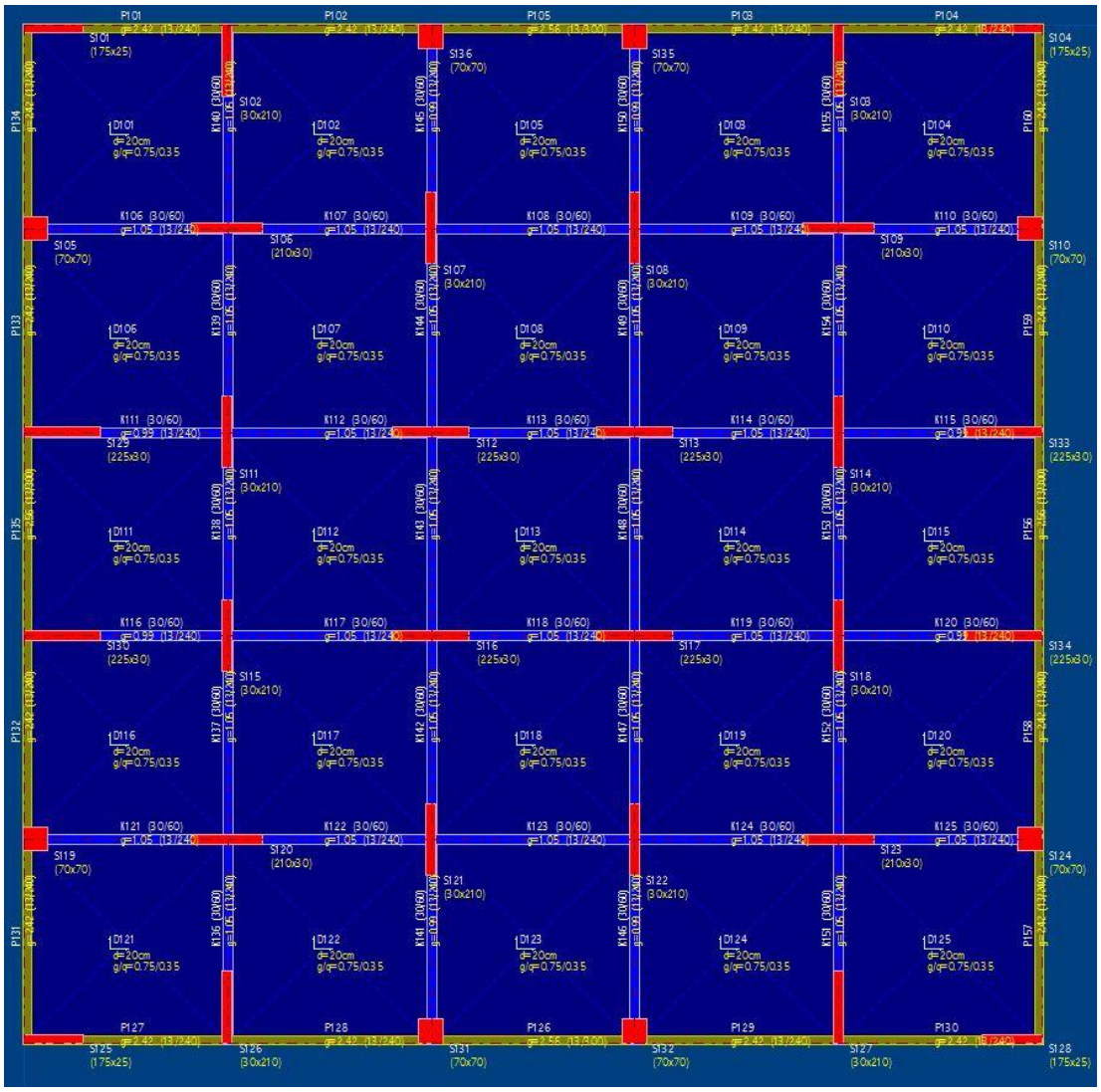
7.Model; Şekil3.11'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



**Şekil 3.11 :** 7.Model Sta4cad Görüntüsü

X yönünde 4 adet 30 cm x 210 cm perde eklenmiş olup yapının periyodu Y yönünde 2,1111 saniyedir. Toplam donatı metrajı 616 ton'dur. 5455 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

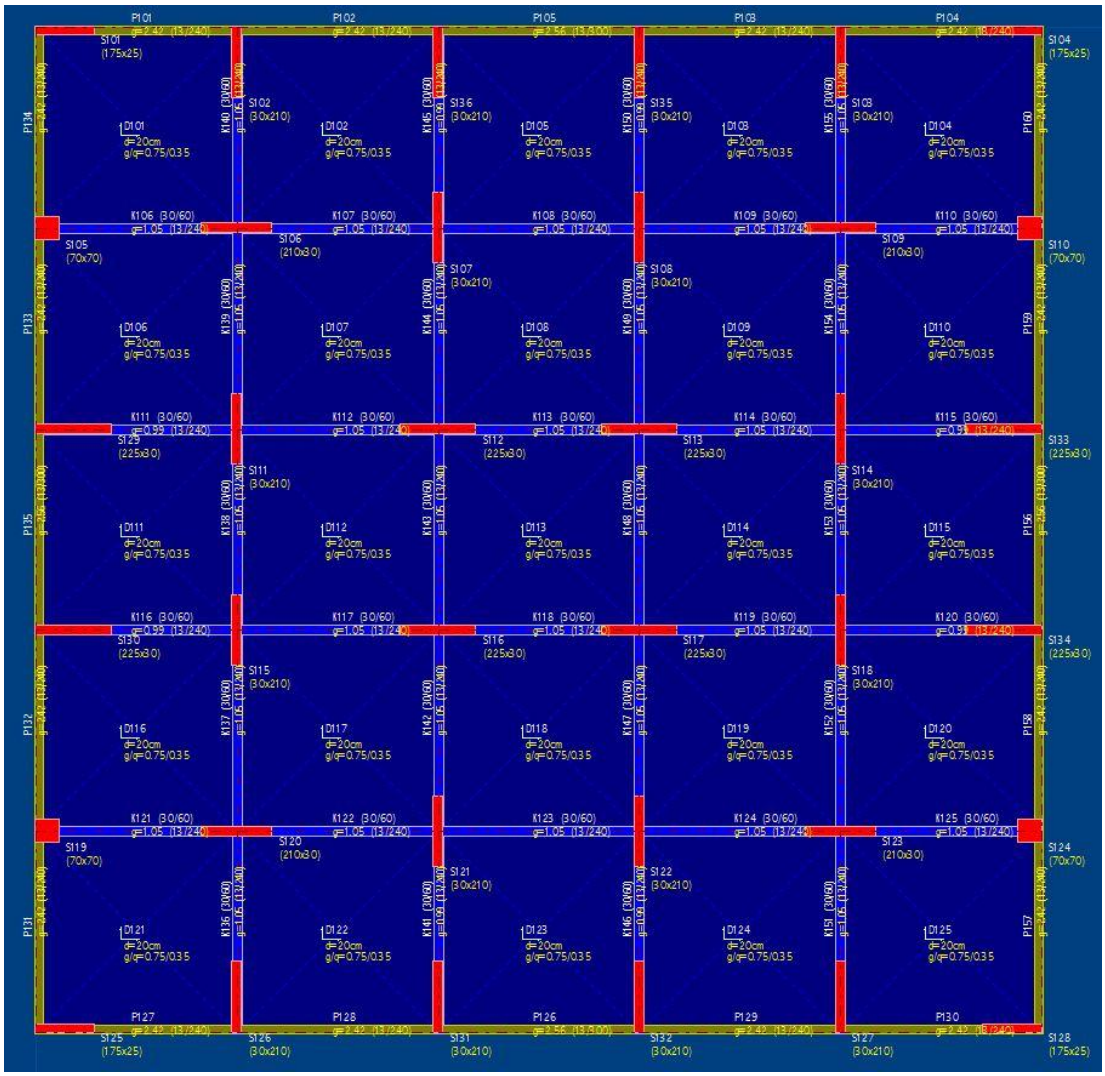
8.Model; Şekil3.12'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



**Şekil 3.12 :** 8.Model Sta4cad Görüntüsü

4 adet Y yönünde 30 cm x 210 cm perde eklenmiştir. Yapının periyodu Y yönünde 2,0505 saniyedir. Toplam donatı metrajı 599 ton olup 5442 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

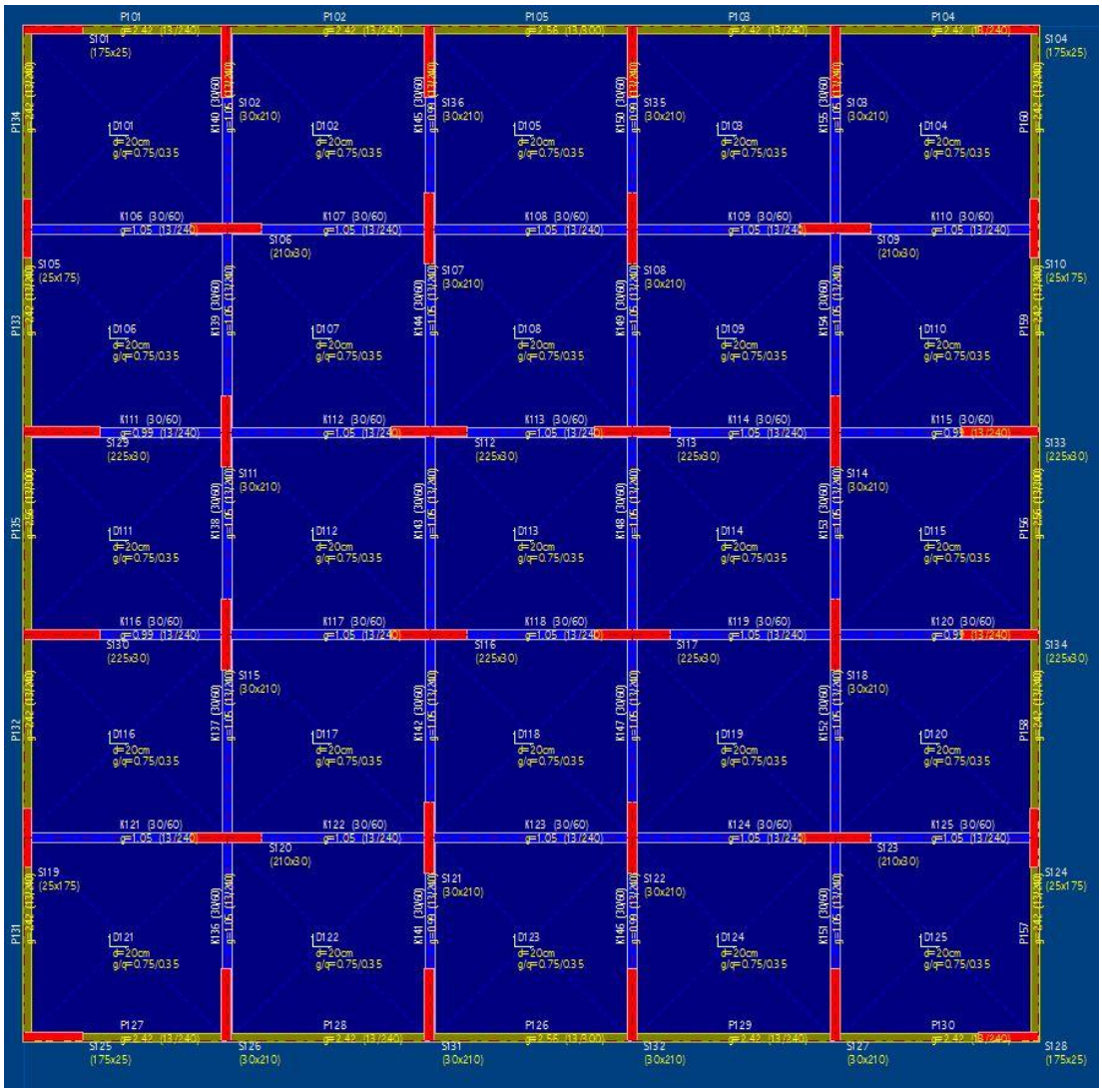
9.Model; Şekil3.13'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



**Şekil 3.13 :** 9.Model Sta4cad Görüntüsü

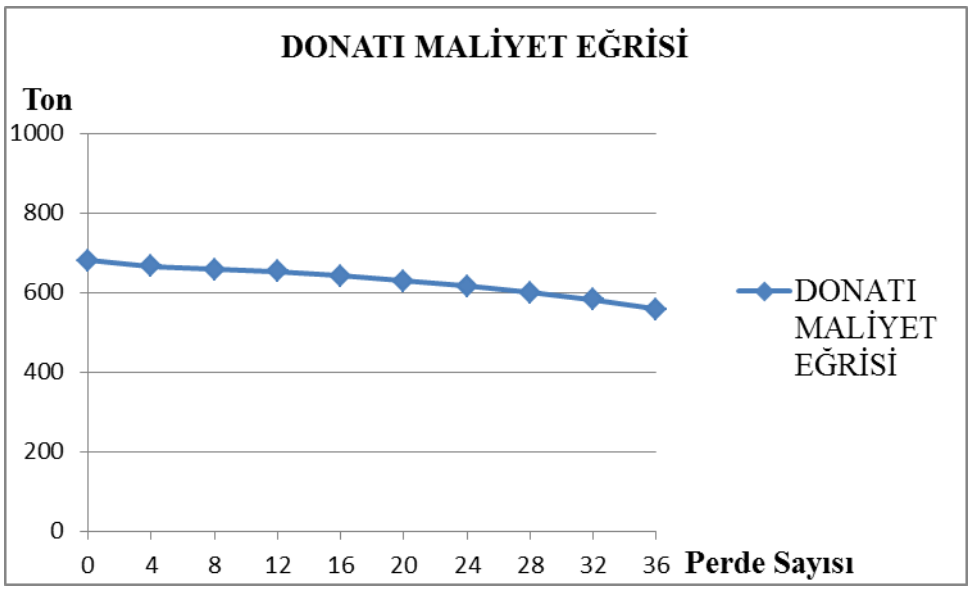
4 adet Y yönünde 30 cm x 210 cm perde eklenmiştir. Yapının periyodu X yönünde 2,0181 saniye çıkmıştır. Toplam donatı metrajı 582 ton'dur. 5400$m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

10.Model; Şekil3.14'te gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



**Şekil 3.14 :** 10.Model Sta4cad Görüntüsü

Onuncu Model'in tüm taşıyıcı sistemi perdelerden oluşmaktadır. Yapı Davranış Katsayısı "R" daha öncede belirttildiği üzere yapının Yüksek Sünek Yapı olarak kabul edilmesinden dolayı Y yönündeki Perde Taban Kesme Oranı $C_{sy}$=0,83 ve R değeri 10-4x0,83=6,68 olarak kabul edilmiştir. Toplam donatı metrajı 557 ton'dur. 5385m$^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır. On modelin perde sayısı ve donatı metrajındaki değişimleri grafik olarak çizildiğinde maliyet eğrisi şekil 3.15'de görülebilmektedir;




**Şekil 3.15 :** Donatı Maliyet Eğrisi

Şekil 3.15'te X aksında ki bilgiler perde sayısını göstermektedir.

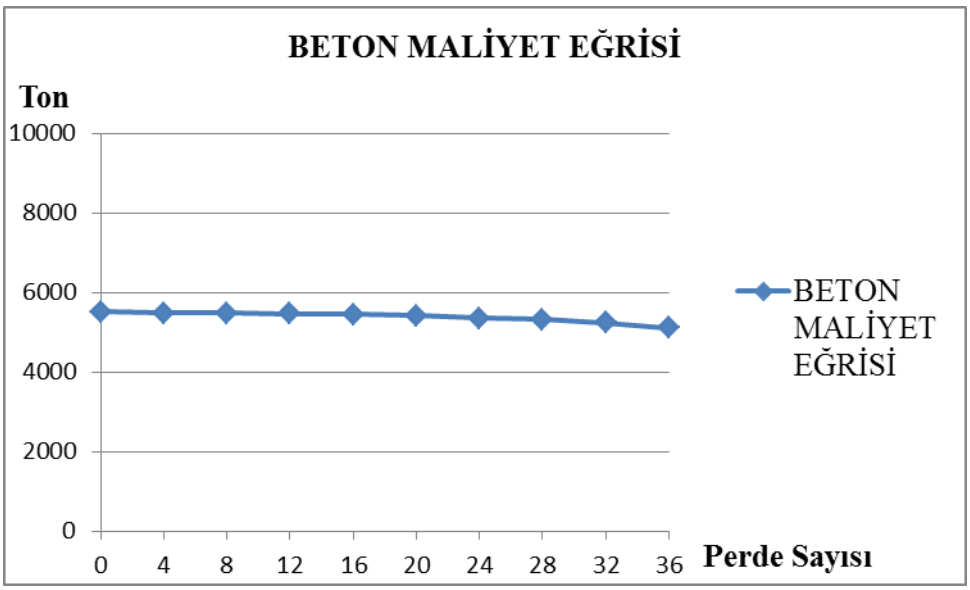
0 perde sayısı tamamen kolonlardan oluşan 1. modeli ifade etmekte olup, 36 perde sayısına sahip olan model ise tamamen perdelerden oluşan 10. modeli ifade etmektedir.

Y aksındaki bilgiler ise 10 modele karşılık gelen toplam donatı metrajını ton cinsinden ifade etmektedir.

Sadece kolonlar (1. Model) ile sadece perdelerden oluşan (10. Model) modeller arası toplam donatı metrajı farkına bakıldığı zaman 681ton-557ton=124ton'dur.

Sonuçta, %18,2 daha az donatı maliyeti olan bir taşıyıcı sisteme ulaşılmıştır.

Modellerin perde sayısına göre beton metrajlarında ki değişimlerini şekil 3.16'da görmek mümkündür. Sadece kolonlar (1. Model) ile sadece perdelerden oluşan (10. Model) modeller arası toplam beton metrajı farkına bakıldığı zaman 5508.8m3-5116m3 =393m3'dur. Sonuçta, %7,3 daha az beton maliyeti olan bir taşıyıcı sisteme ulaşılmıştır.




**Şekil 3.16 :** Beton Maliyet Eğrisi

Beton ve donatı maliyetleri yapının toplam maliyetlerine eş değer olarak etki eden faktörler değildir. Öncellikle demir, dünyada beton malzemesinden çok daha pahalı bir malzemedir. İşçilik açısından bakıldığında, beton malzemesi kaba inşaat aşamasında kalıp işçiliğini, donatı metrajı ise demir işçiliğini etkilemektedir. Günümüz koşullarında demir işçiliği kalıp işçiliğinin neredeyse iki katı kadar maliyetlidir. Donatı metrajının azalması toplam inşaat maliyetini oldukça etkilemektedir.

İkinci kısımda, bu eğrinin daha keskin değişmesi zemin sınıfının 3. sınıf yapılması ile sağlanacaktır. Bunun sebebi ise;

3. zemin sınıfında çok katlı yapılarda kirişler sadece kolonlardan oluşan bir sistemde aşırı zorlanacaktır. Çünkü perdeli sistemlerde deplasmanlar kolonlu sisteme göre daha az olacağı için kirişler daha rahat olacaktır.

Üçüncü kısımda ise 1. ve 10.modeller ETABS programı ile analiz edilip donatı metrajları STA4CAD ile karşılaştırılacak böylece ülkemizde en yaygın kullanılan iki programın maliyetlere olan etkisi gösterilecektir.

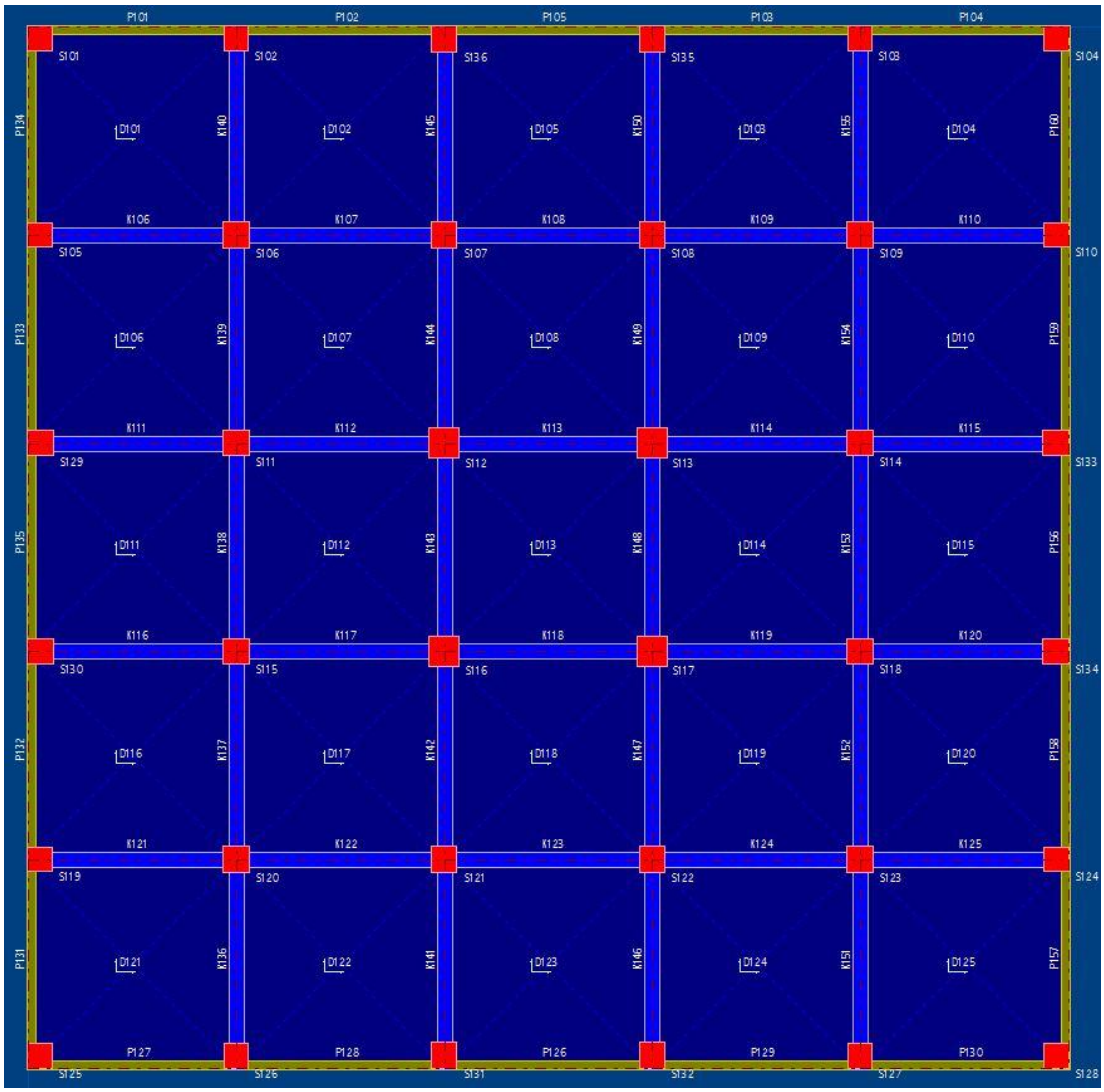
Zemin sınıfının değiştirilmesi, çok katlı yapılarda periyodu ciddi şekilde etkilediği için gelen deprem kuvveti hatırı sayılır bir oranda artmaktadır. Sadece kolonlardan oluşan bir sistemde kirişler, gelen kesme kuvvetleri yüzünden çok zorlanmakta ve kesitleri büyümektedir. Bu da maliyeti etkiliyen en önemli unsurdur. Sisteme perde eklenmesi, 4'er adet ve belirli bir sistematik içerisinde

gerçekleştiğinden dolayı kirişler rijitlik artışı yüzünden önce ciddi şekilde zorlanıp daha sonra perde sayısının giderek artması ve bu perdelerin kesme kuvvetlerini karşılaması ile rahatlamışlardır.

Bu kısımda zemin sınıfı 2.bölge yerine 3.bölge olarak kabul edilmiştir. En düşük bölge olan 4.sınıfın göz önünde bulundurulmamasının sebebi 20 katlı bir yapının Z4 sınıfında bir zemine uygulanamayacağı ve zemin iyileştirmesi yöntemleri ile bunun ya Z2 veya Z3 haline getirilmesi gerektiğindendir.

Yapının Zemin Sınıfı haricinde diğer bütün özellikleri ilk kısımdaki yapı özelliklerimizle aynıdır.

1.Model; Şekil 3.17'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.

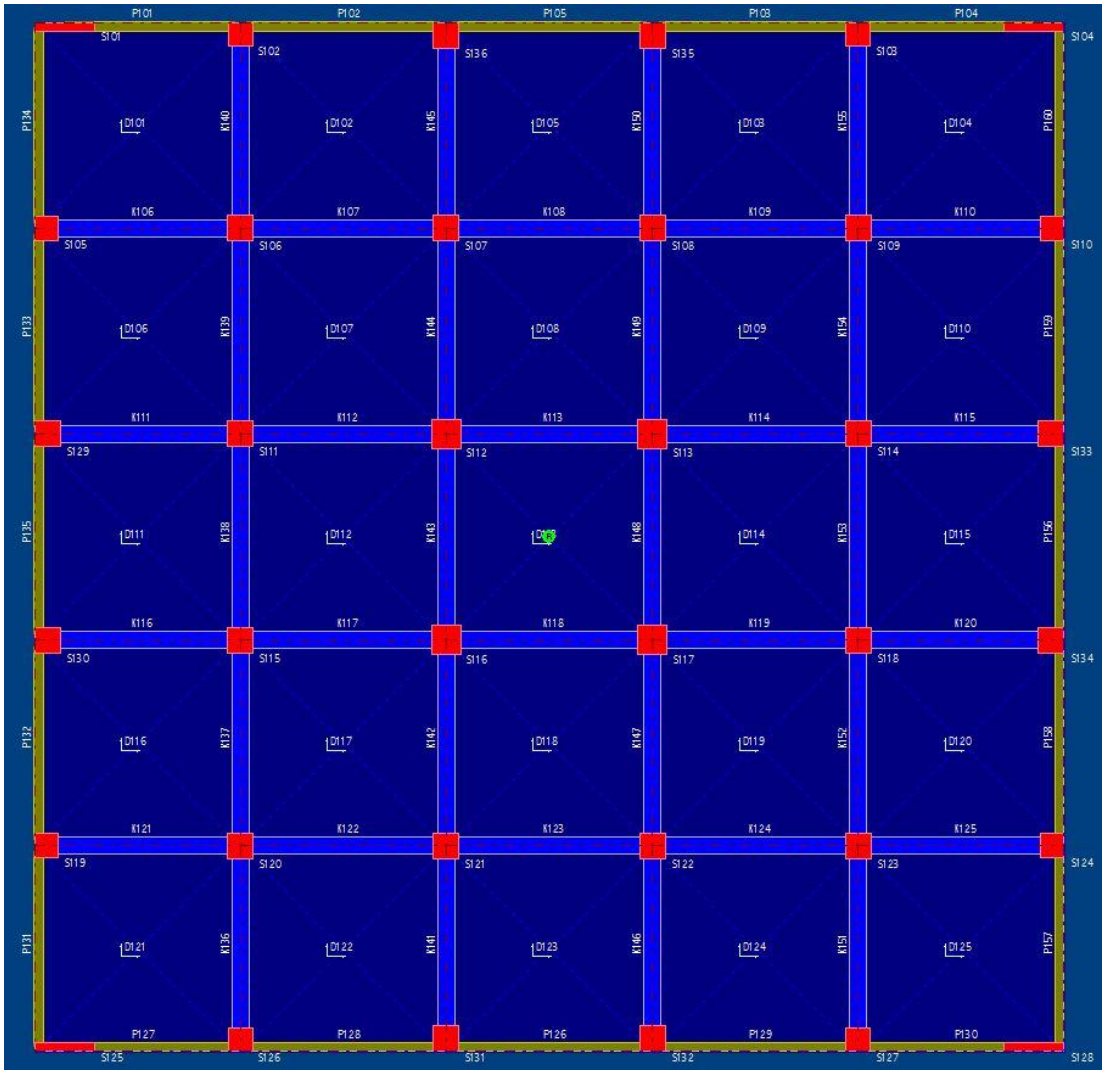



**Şekil 3.17 :** 1.Model Sta4cad Görüntüsü (Z3)

Daha öncede belirtildiği üzere kiriş boyutları yapının zemin sınıfından dolayı ciddi anlamda gelen kesme kuvveti dolayısıyla artmıştır. Birinci modelde tüm katlarda, kirişler 50 cm genişliğinde, 60 cm derinliğindedir.

Yapının periyodu X yönünde 1,7439 saniye olup, toplam donatı metrajı 786 ton'dur. 5980 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

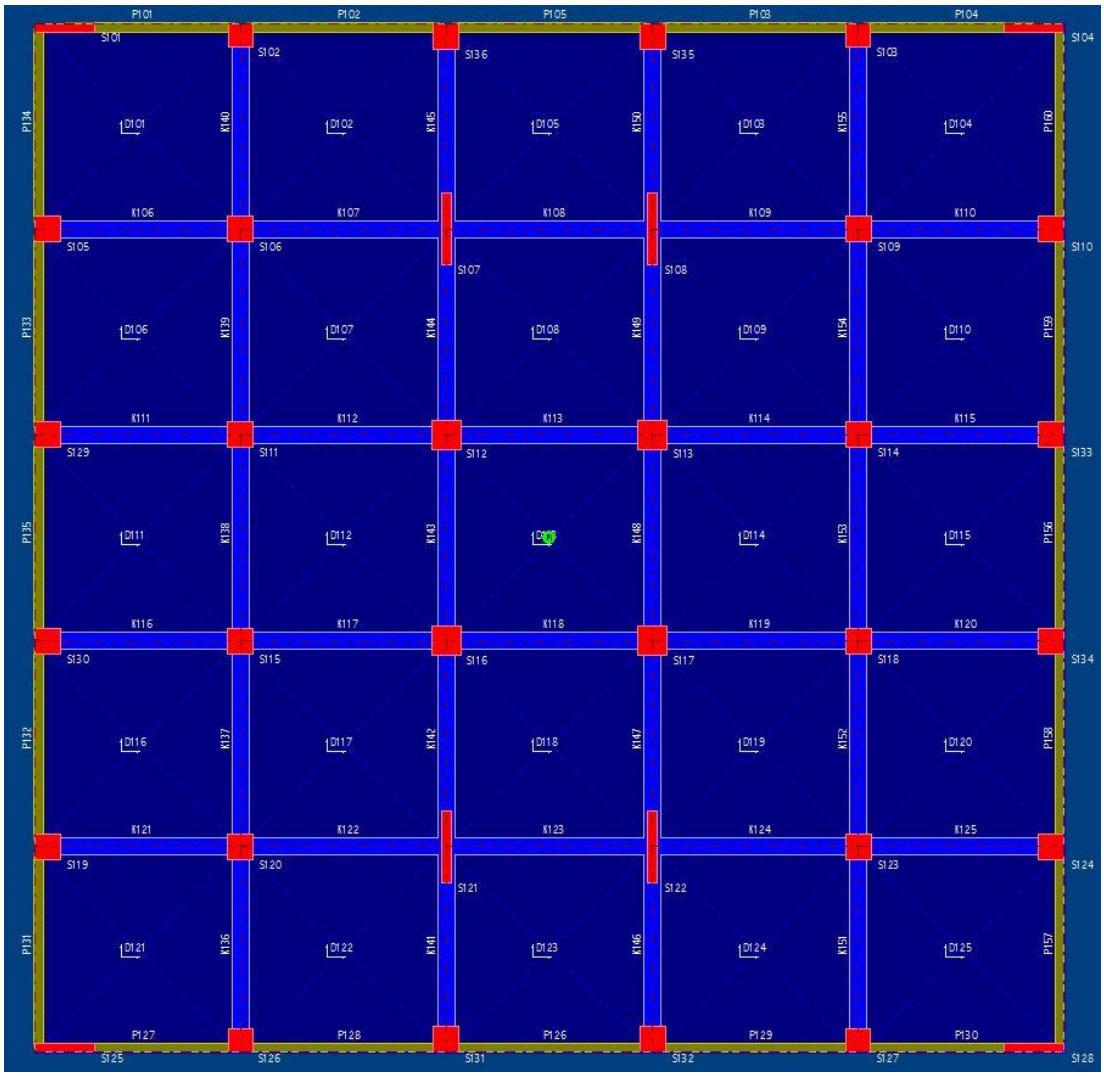
2.Model; Şekil3.18'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.18 :** 2.Model Sta4cad Görüntüsü (Z3)

Yapının periyodu Y yönünde 1,7783 saniye olup, toplam donatı metrajı 788 ton'dur. 5951$m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

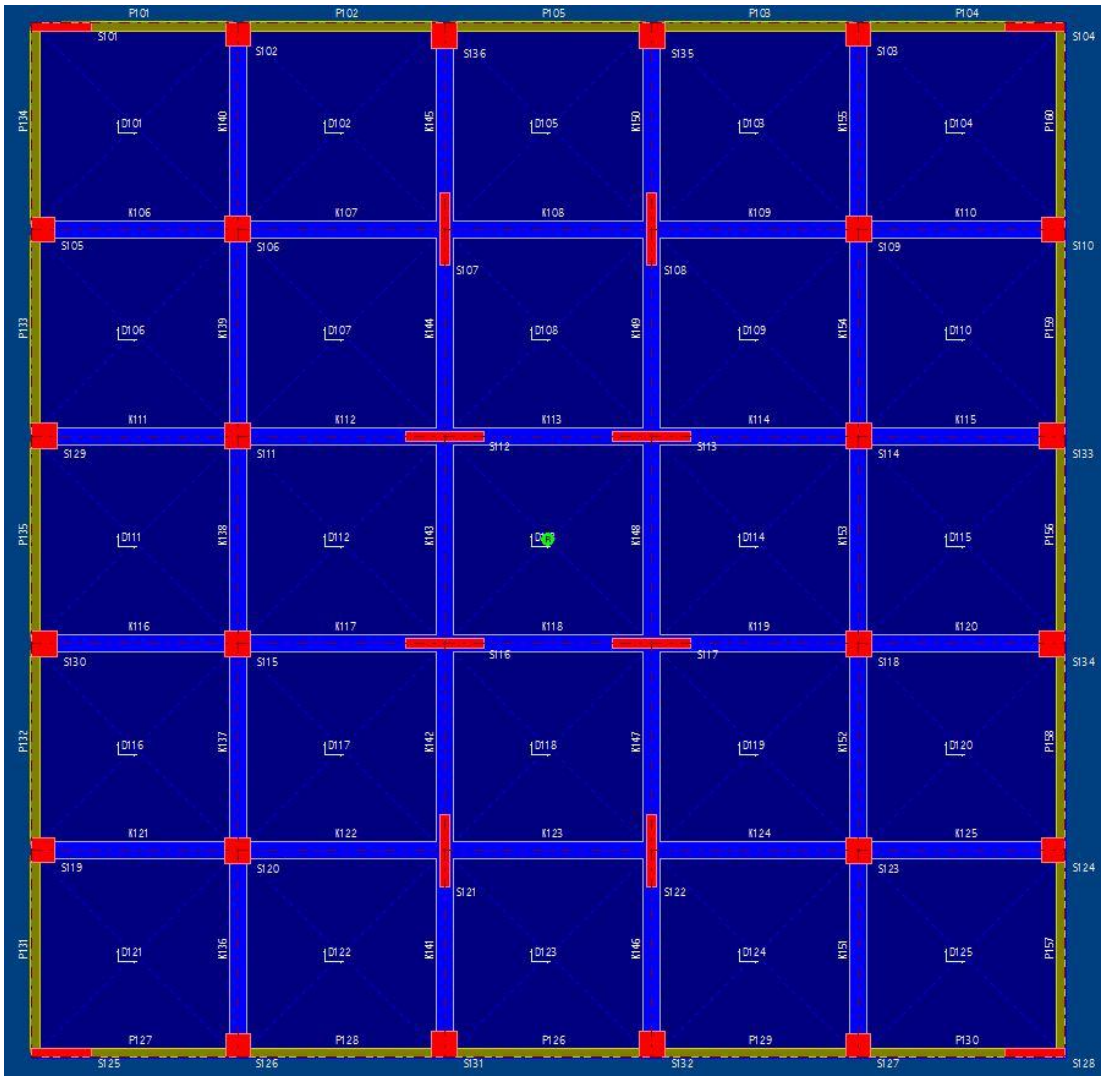
3.Model; Şekil3.19'da gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.19 :** 3.Model Sta4cad Görüntüsü (Z3)

Yapının periyodu X yönünde 1,7913 saniye olup, toplam donatı metrajı 785 ton'dur. 5945m$^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

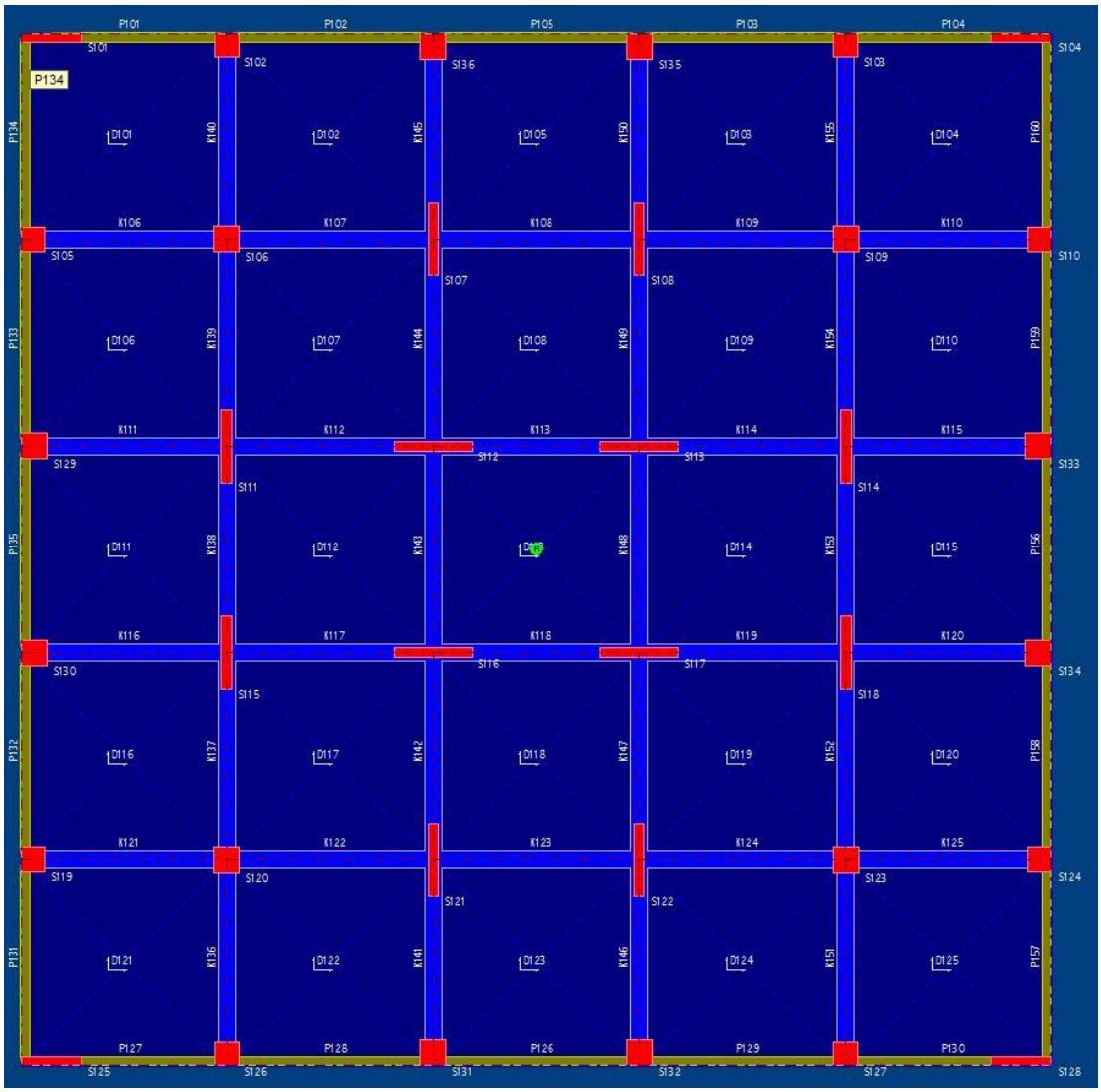
4.Model; Şekil3.20'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.20 :** 4.Model Sta4cad Görüntüsü (Z3)

Yapının periyodu Y yönünde 1,8014 saniye olup, toplam donatı metrajı 780 ton'dur. 5911$m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

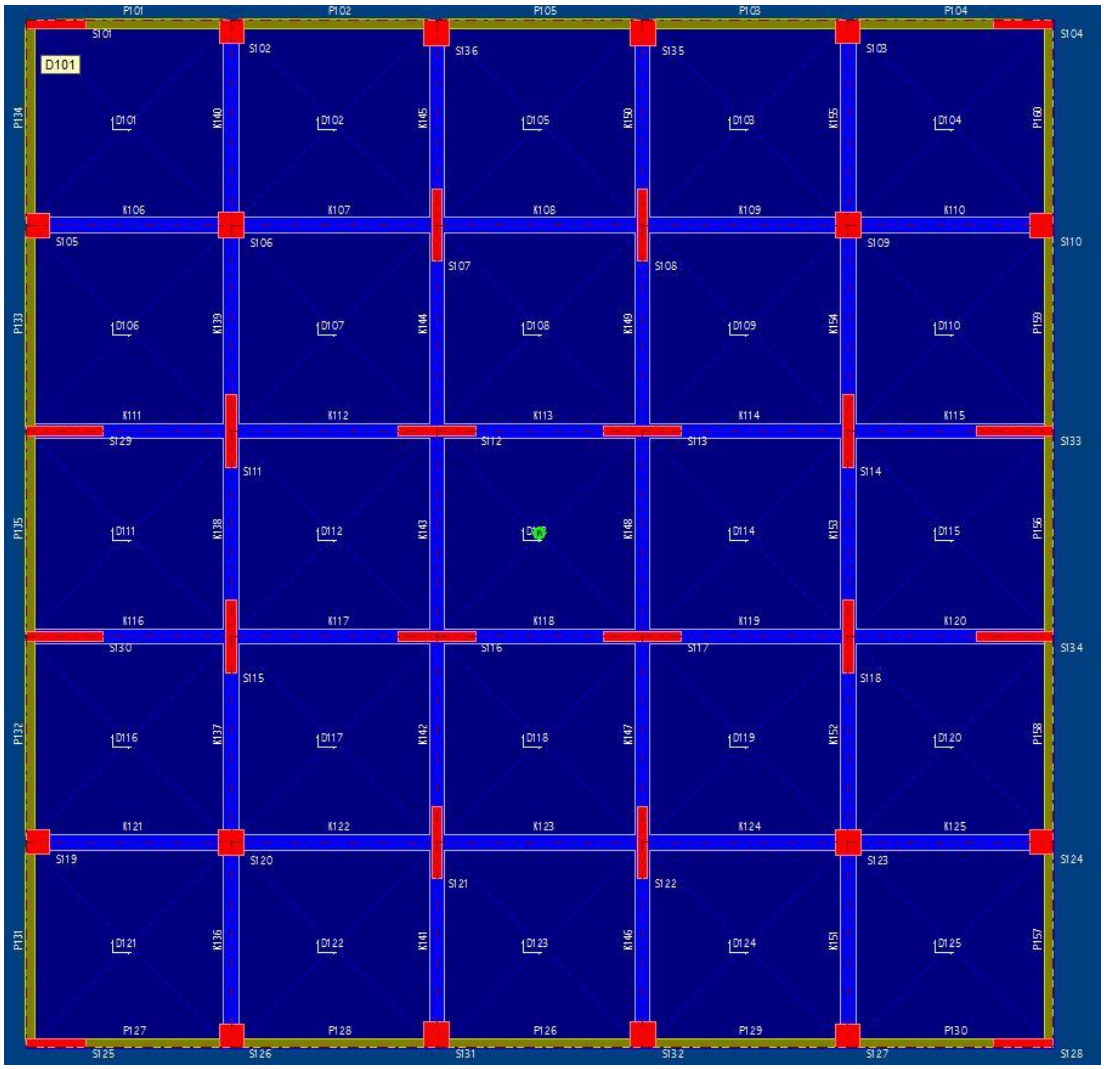
5.Model; Şekil3.21'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.21 :** 5.Model Sta4cad Görüntüsü (Z3)

Yapının periyodu X yönünde 1,78 saniye olup, toplam donatı metrajı 773 ton'dur. 5896 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

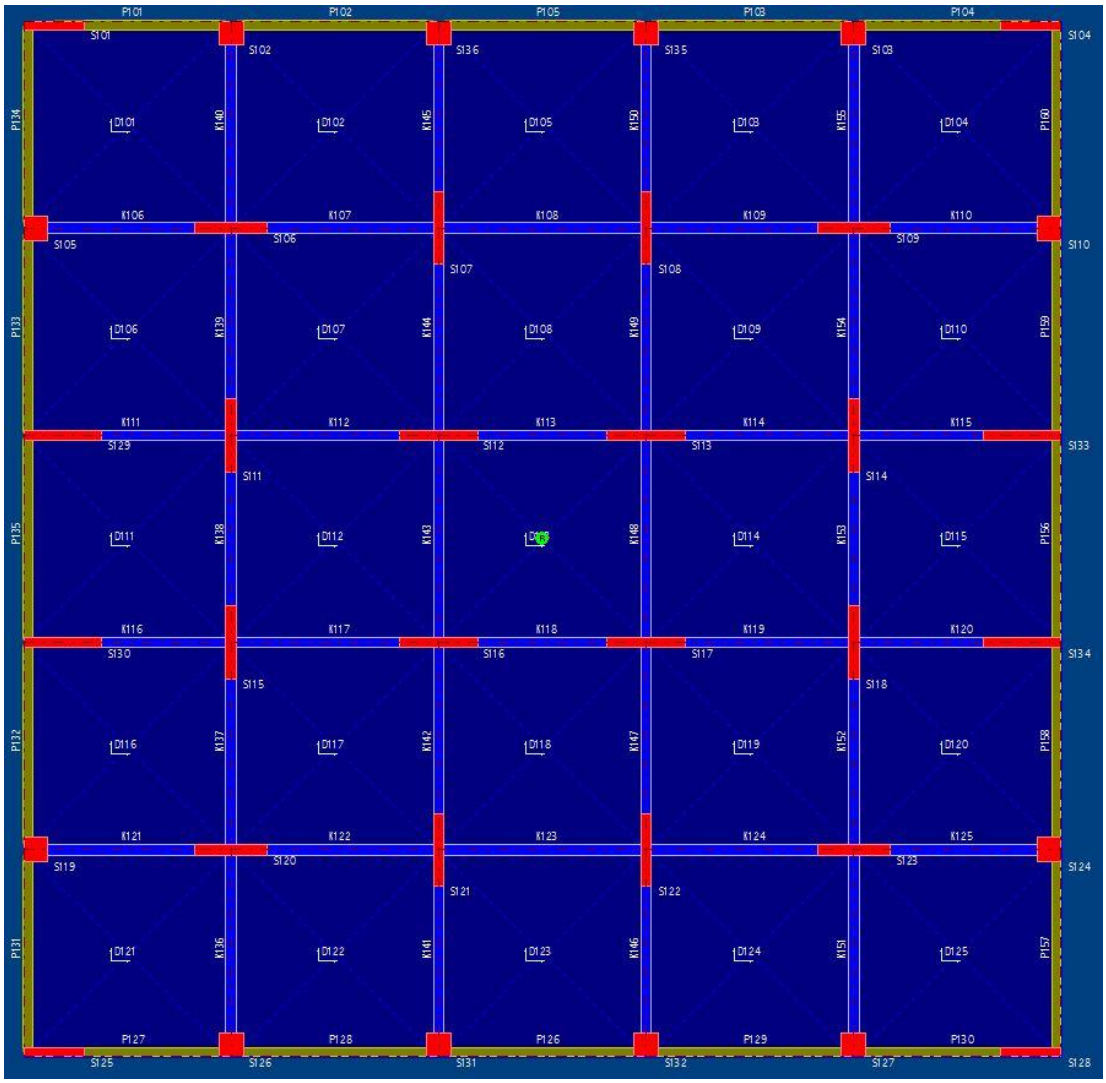
6.Model; Şekil3.22'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.22 :** 6.Model Sta4cad Görüntüsü (Z3)

Yapının periyodu Y yönünde 1,8048 saniye olup, toplam donatı metrajı 746 ton'dur. 5802 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

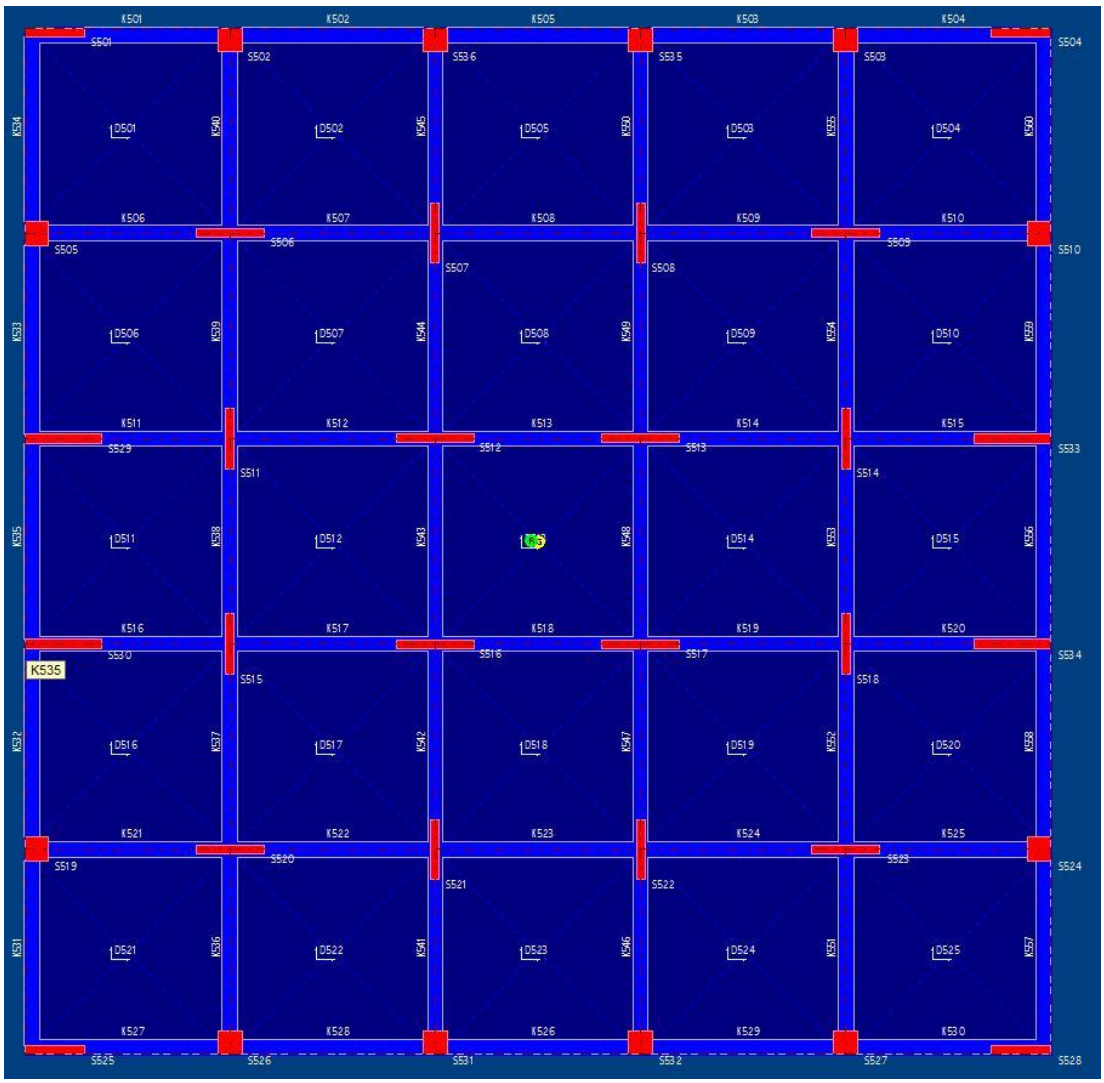
7.Model; Şekil3.23'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.23 :** 7.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü (Z3)

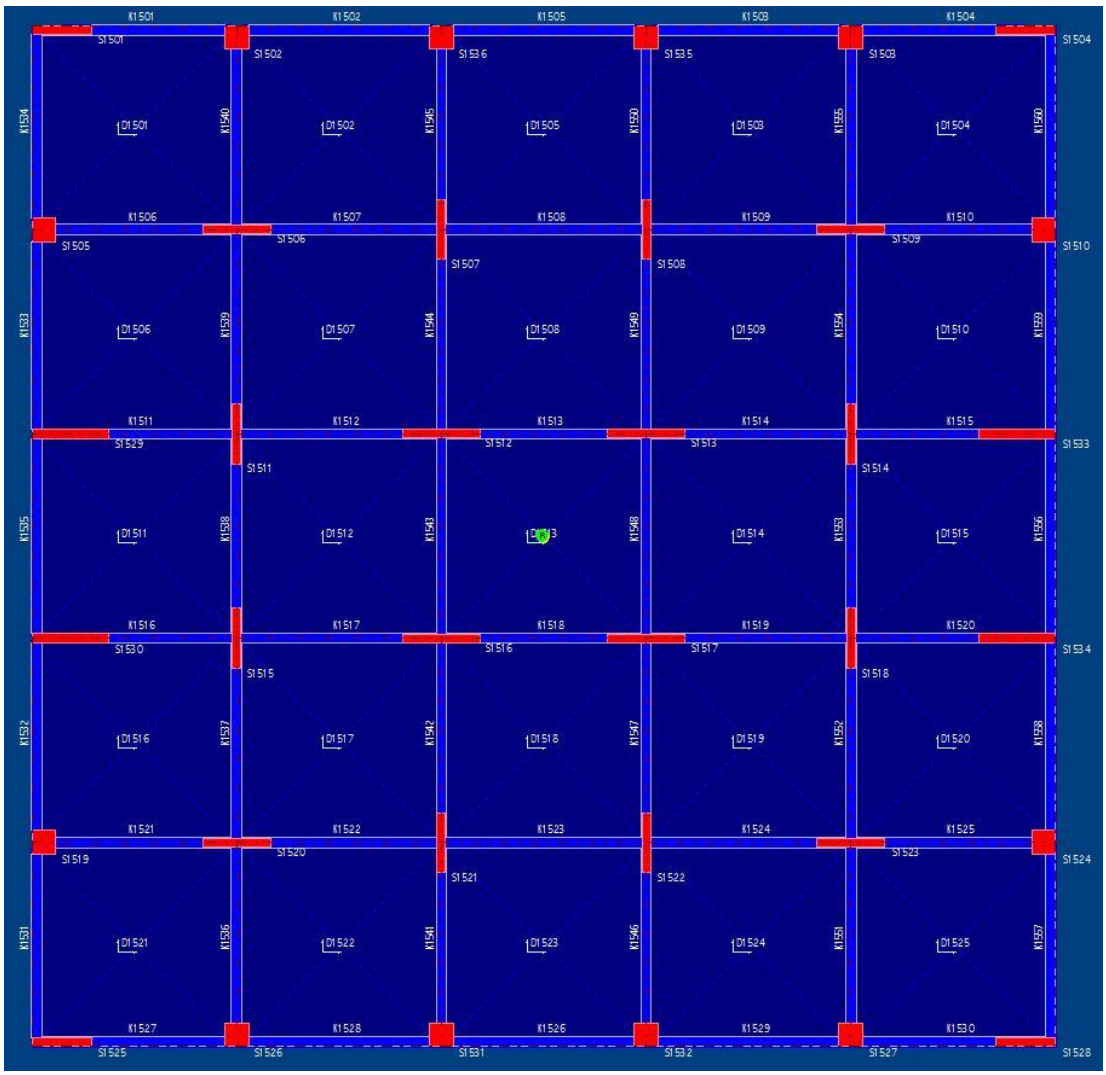
1. kat planı (Kirişler 30cmx60cm)

Bu modelde perde sistemi gitgide geliştiği için kirişler ilk katlarda daha rahattır. İlk üç kat kiriş ebatları 30cm genişliğinde 60cm derinliğinde olup 4. ile 11. katlar arasında 45cm genişliğinde, 60cm derinliğindedir.12. ile 20.kat arasındaki kirişler ise yine 30cm genişliğinde, 60 cm derinliğindedir.




**Şekil 3.24 :** 7.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü (Z3)

5. kat planı (Kirişler 45cmx60cm) şekil 3.24'te görülmektedir.

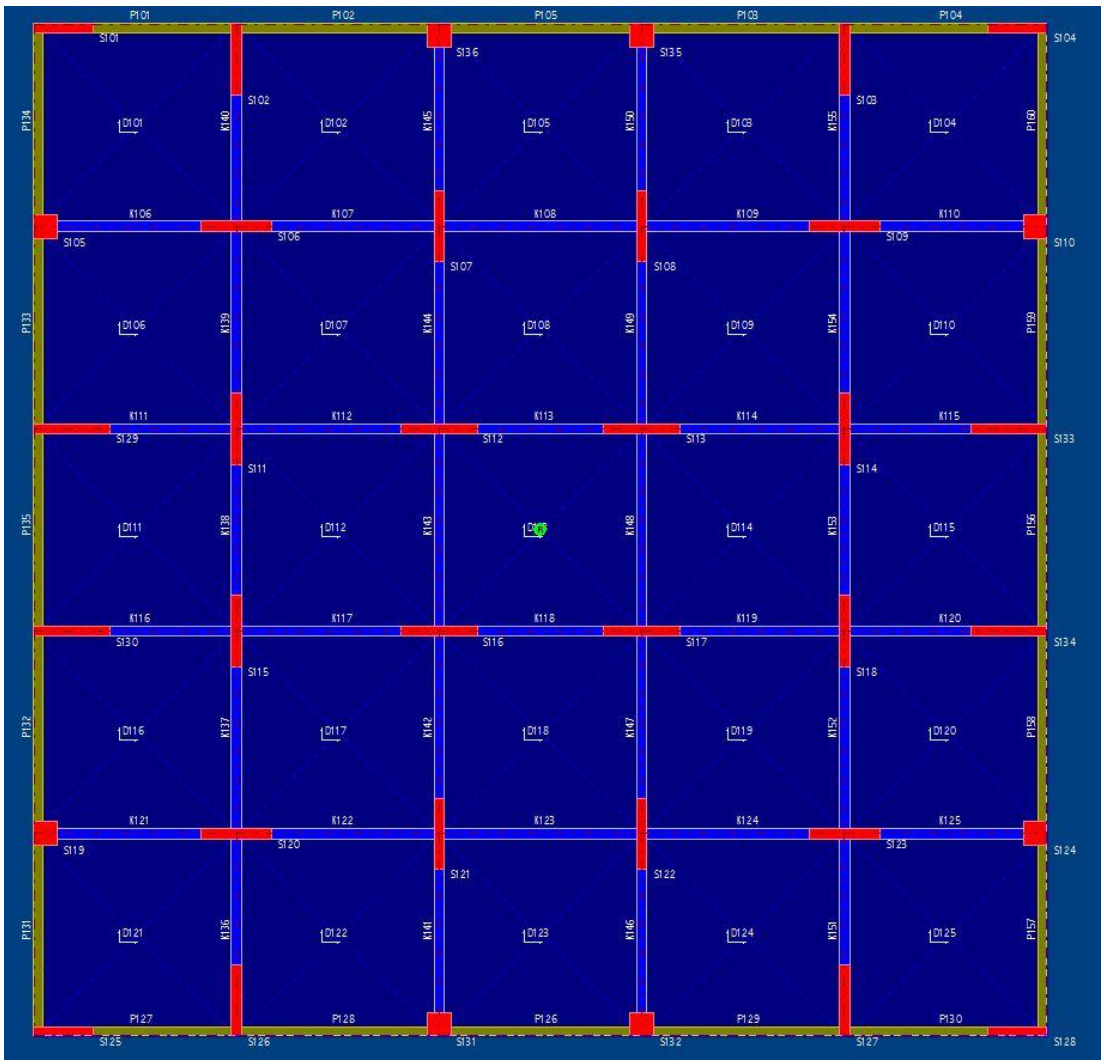


**Şekil 3.25 :** 7.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü (Z3)

15. kat kalıp planı (Kirişler 30cmx60cm) şekil 3.25'te görülmektedir.

Yapının periyodu Y yönünde 1,9352 saniye olup, toplam donatı metrajı 700 ton'dur. 5593 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

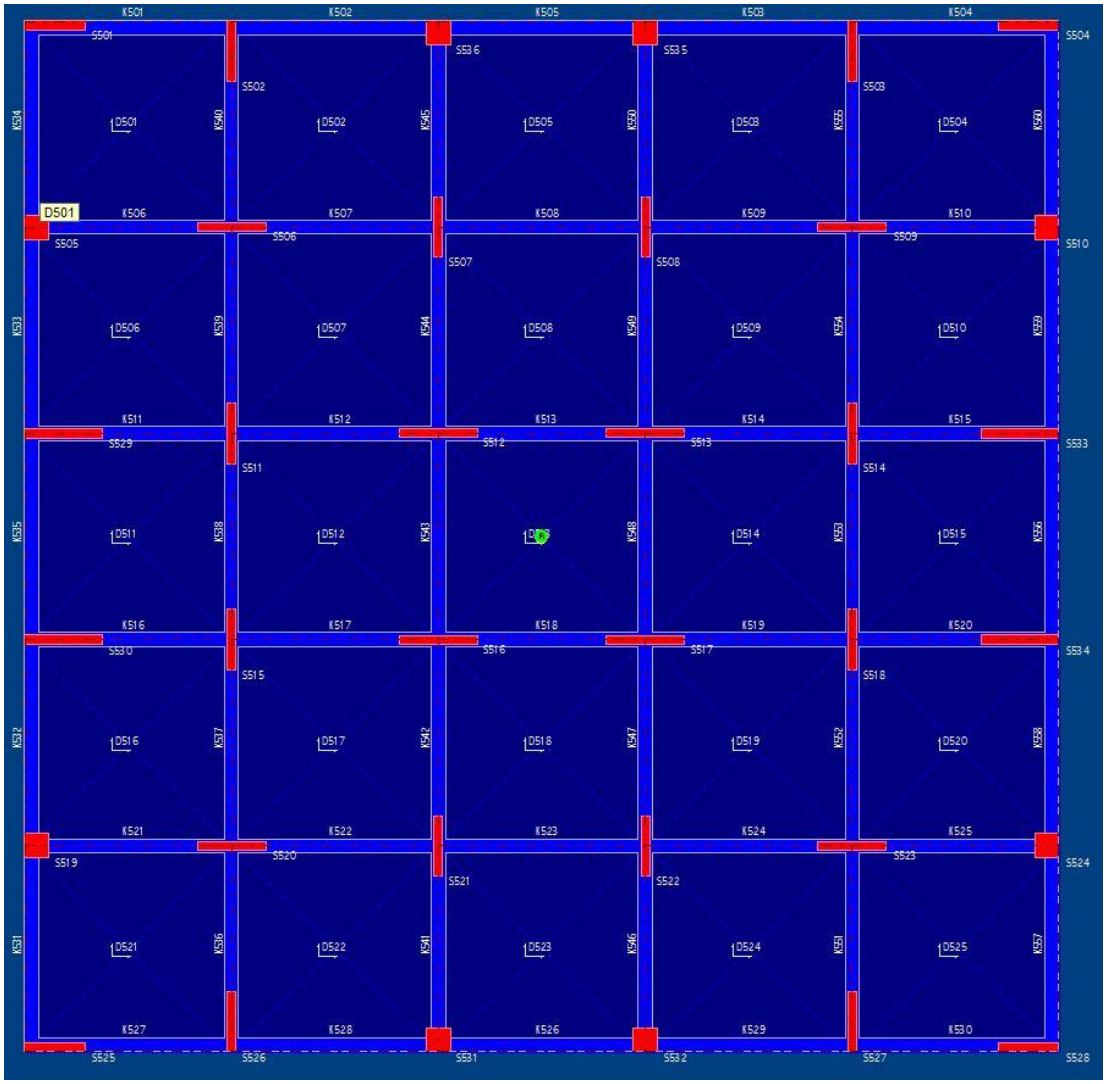
8.Model; Şekil3.26'da gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.26 :** 8.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü (Z3)

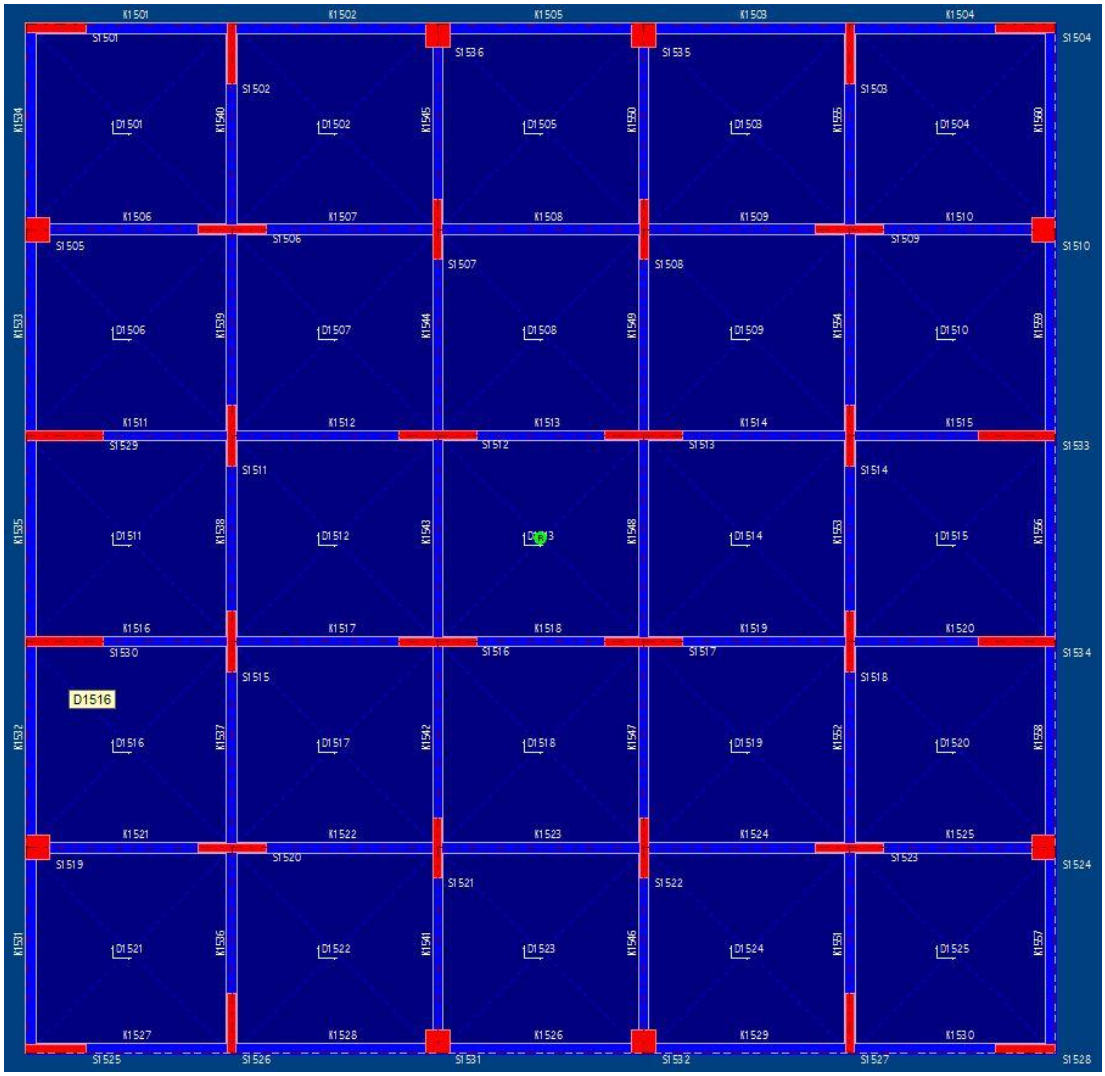
1. kat planı (Kirişler 30cmx60cm)

Bu modelde perde sistemi gitgide geliştiği için kirişler ilk katlarda daha rahattır. İlk üç kat kiriş ebatları 30cm genişliğinde, 60cm derinliğinde olup 4. ile 11.katlar arasında 40cm genişliğinde, 60cm derinliğindedir.12. ile 20.kat arasındaki kirişler ise yine 30cm genişliğinde, 60 cm derinliğindedir.




**Şekil 3.27 :** 8.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü (Z3)

5. kat planı (Kirişler 40cmx60cm) şekil 3.27'de gösterilmiştir.

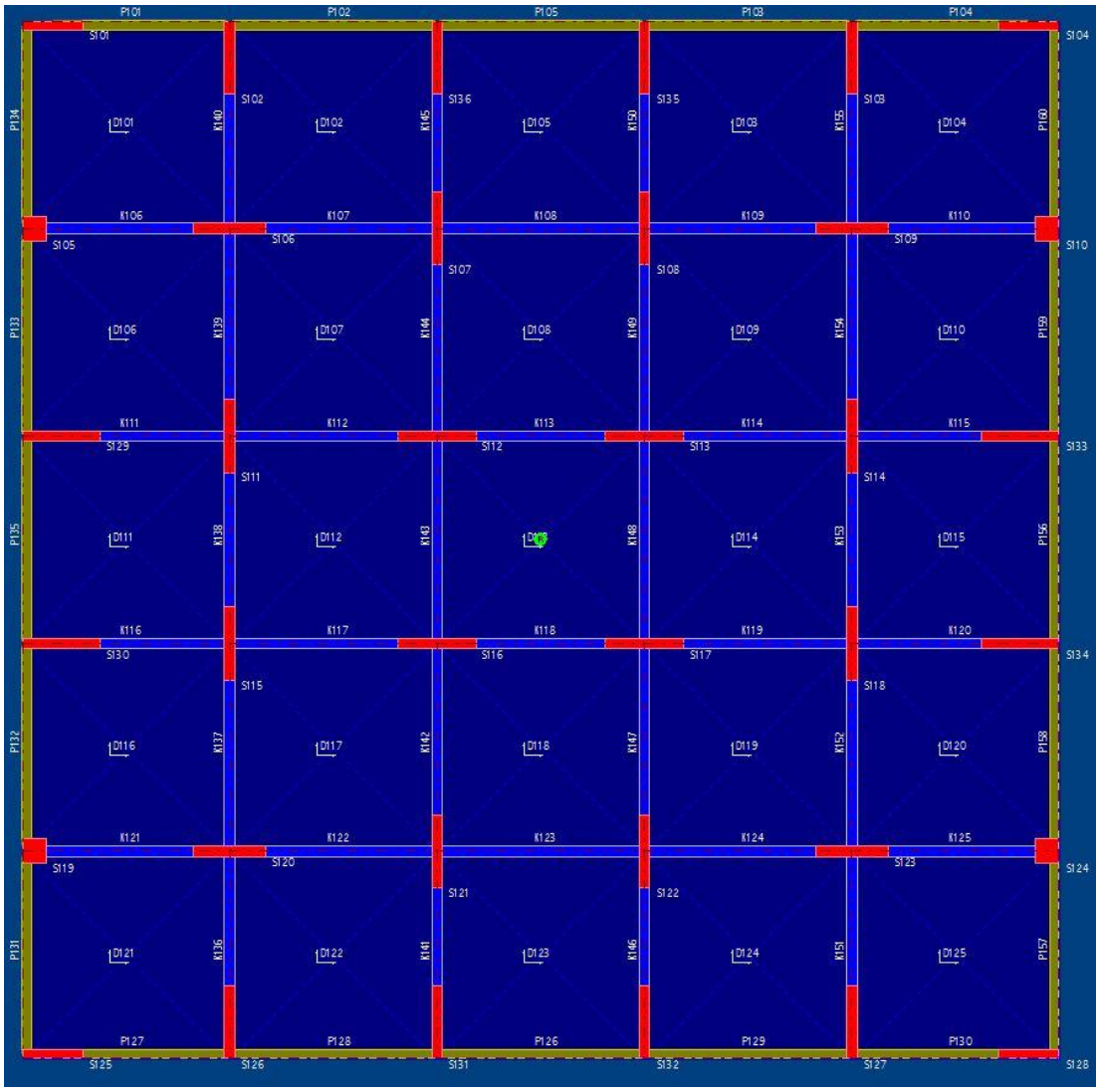



**Şekil 3.28 :** 8.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü (Z3)

15. kat kalıp planı (Kirişler 30cmx60cm) şekil 3.28'de gösterilmiştir.

Yapının periyodu X yönünde 1,944 saniye olup, toplam donatı metrajı 675 ton'dur. 5530 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

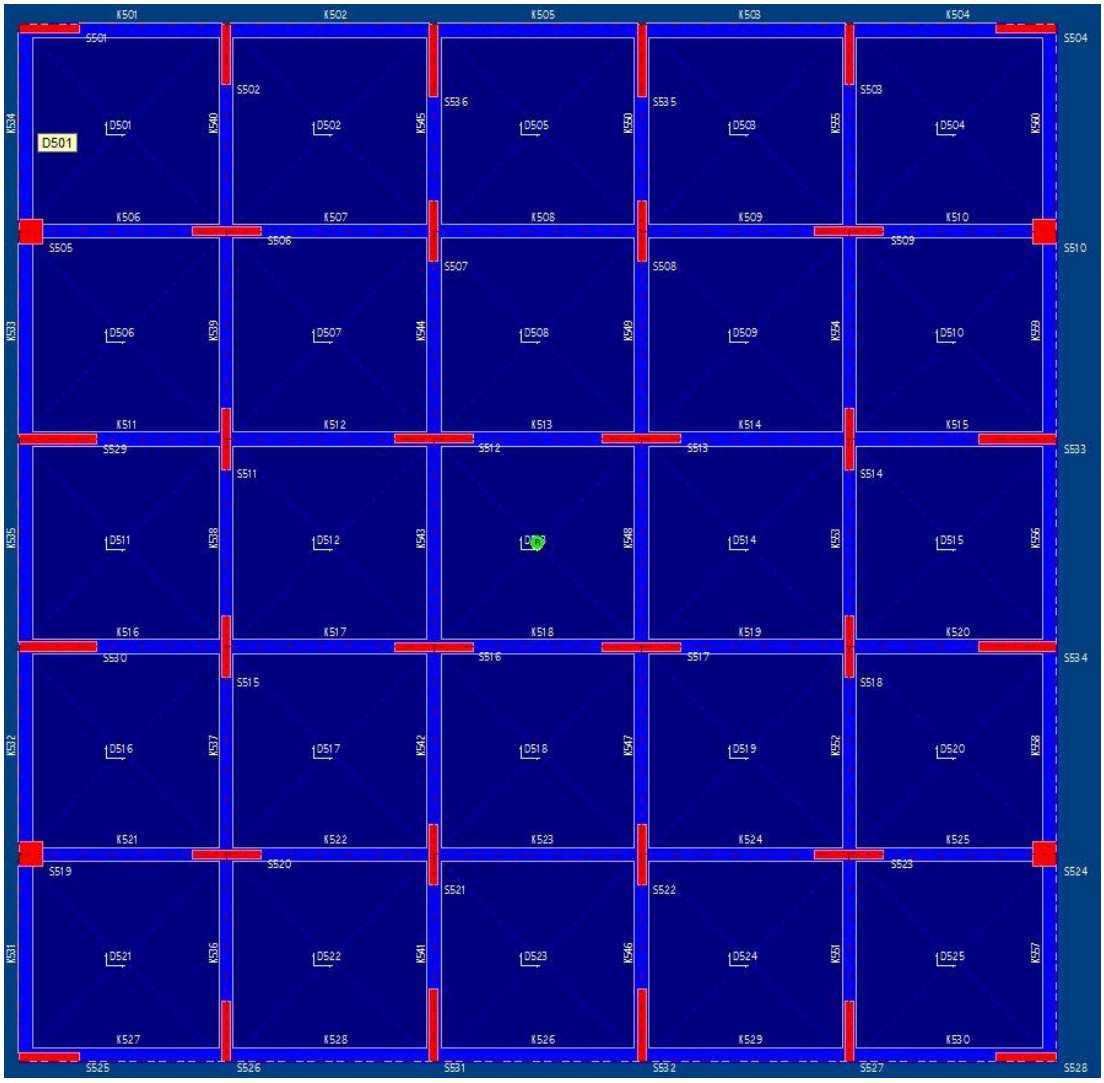
9.Model; Şekil3.29'da gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.29 :** 9.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü (Z3)

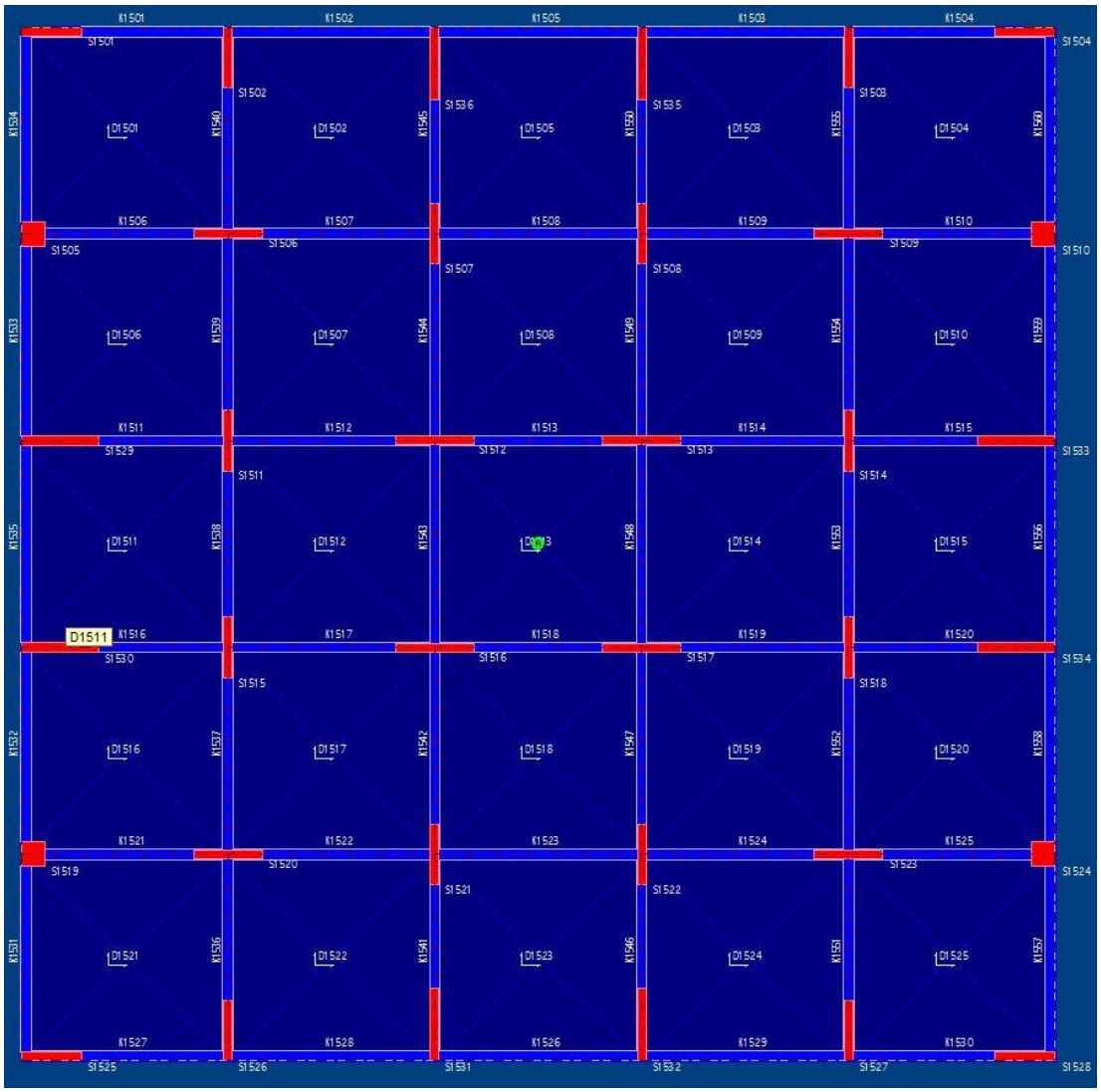
1. kat planı (Kirişler 30cmx60cm)

Bu modelde perde sistemi gitgide geliştiği için kirişler ilk katlarda daha rahattır. İlk üç kat kiriş ebatları 30cm genişliğinde, 60cm derinliğinde olup 4. ile 11.katlar arasında 40cm genişliğinde, 60cm derinliğindedir.12. ile 20.kat arasındaki kirişler ise yine 30cm genişliğinde, 60 cm derinliğindedir.




**Şekil 3.30 :** 9.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü (Z3)

5. kat planı (Kirişler 40 cm x 60 cm) şekil 3.30'da gösterilmiştir.

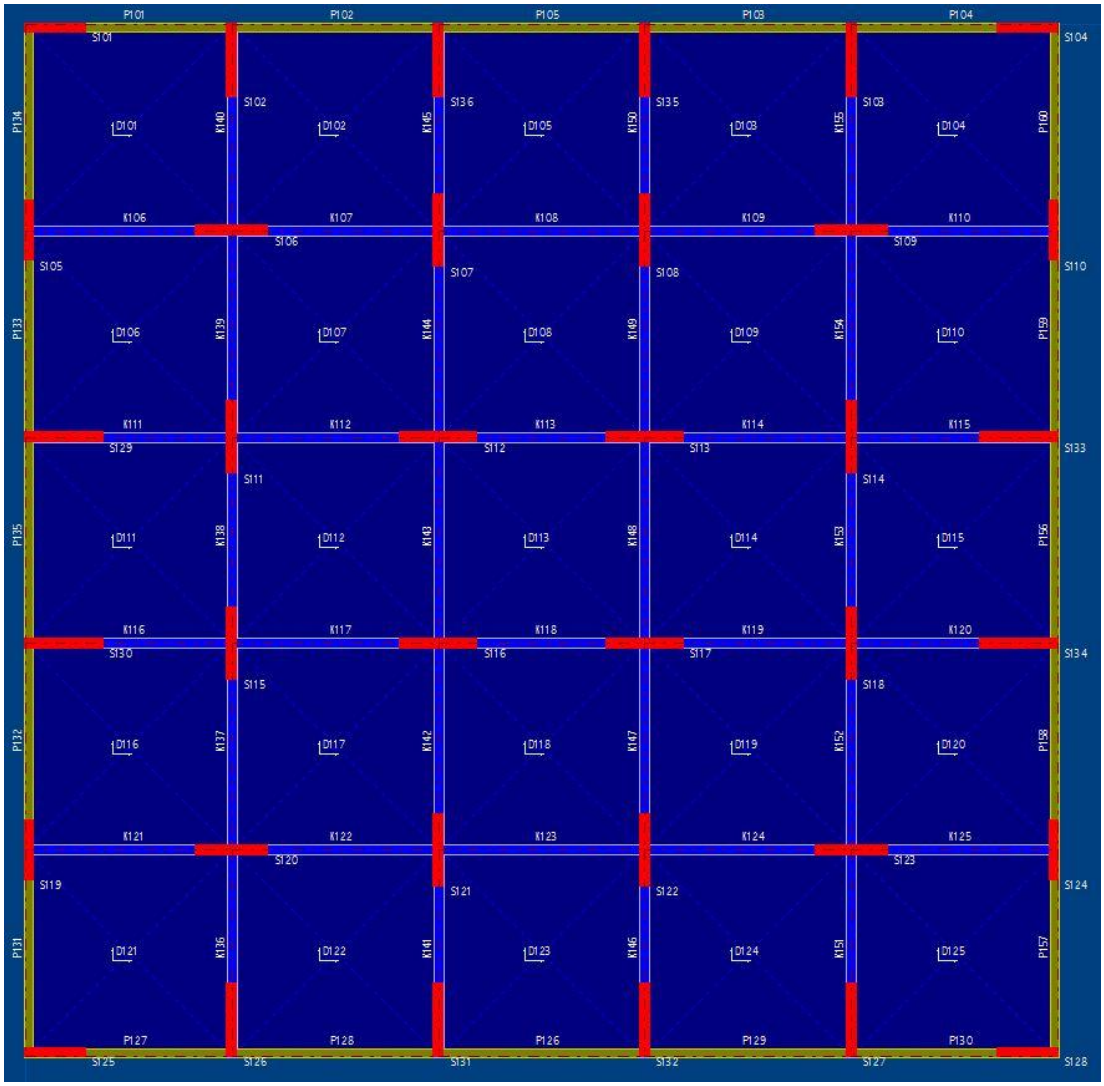


**Şekil 3.31 :** 9.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü (Z3)

15. kat kalıp planı (Kirişler 30 cm x 60 cm) şekil 3.31'de gösterilmiştir.

Yapının periyodu X yönünde 1,9233 saniye olup, toplam donatı metrajı 656 ton'dur. 5527 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

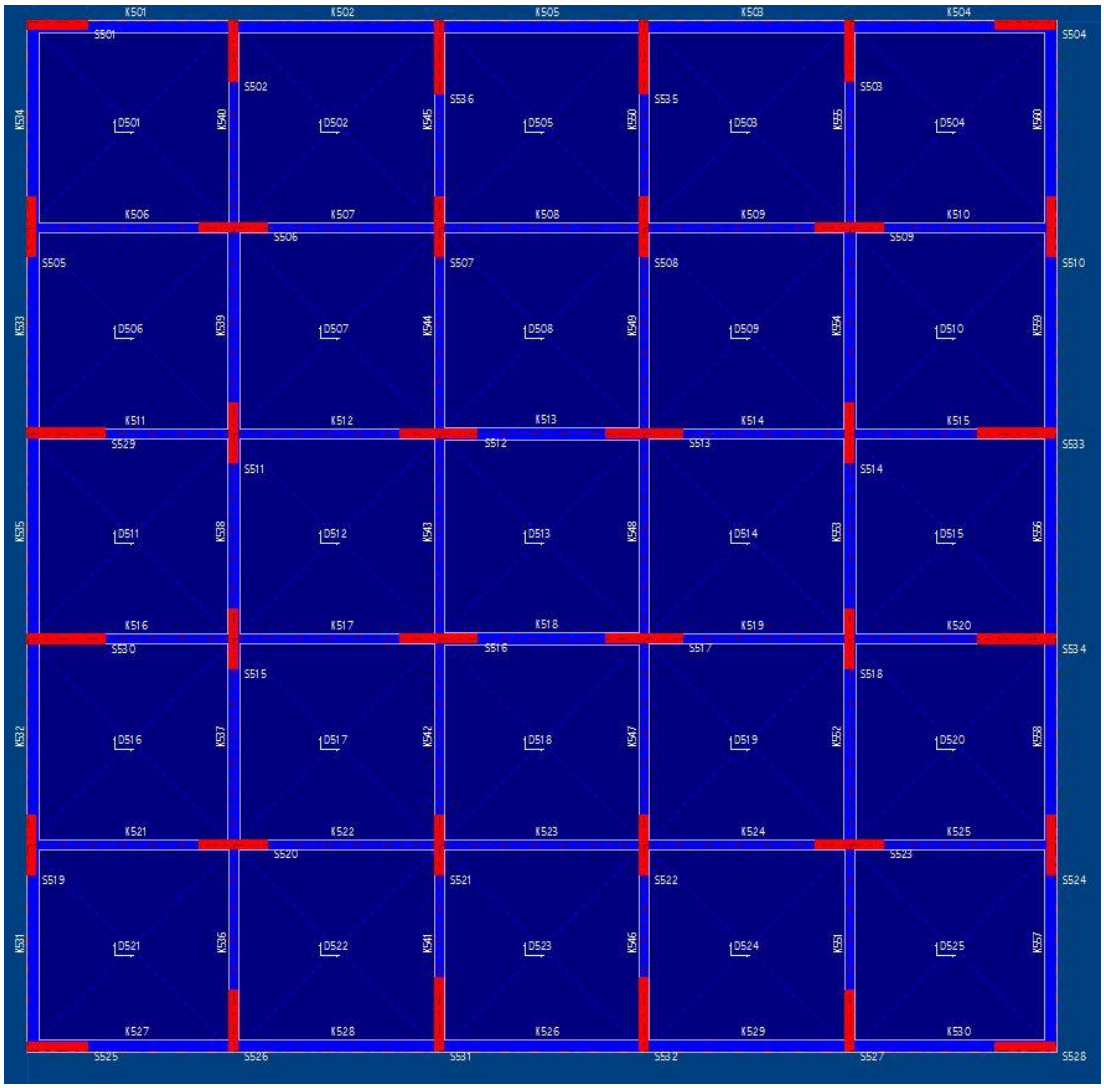
10.Model; Şekil3.32'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.32 :** 10.Model Sta4cad 1.Kat Görüntüsü (Z3)

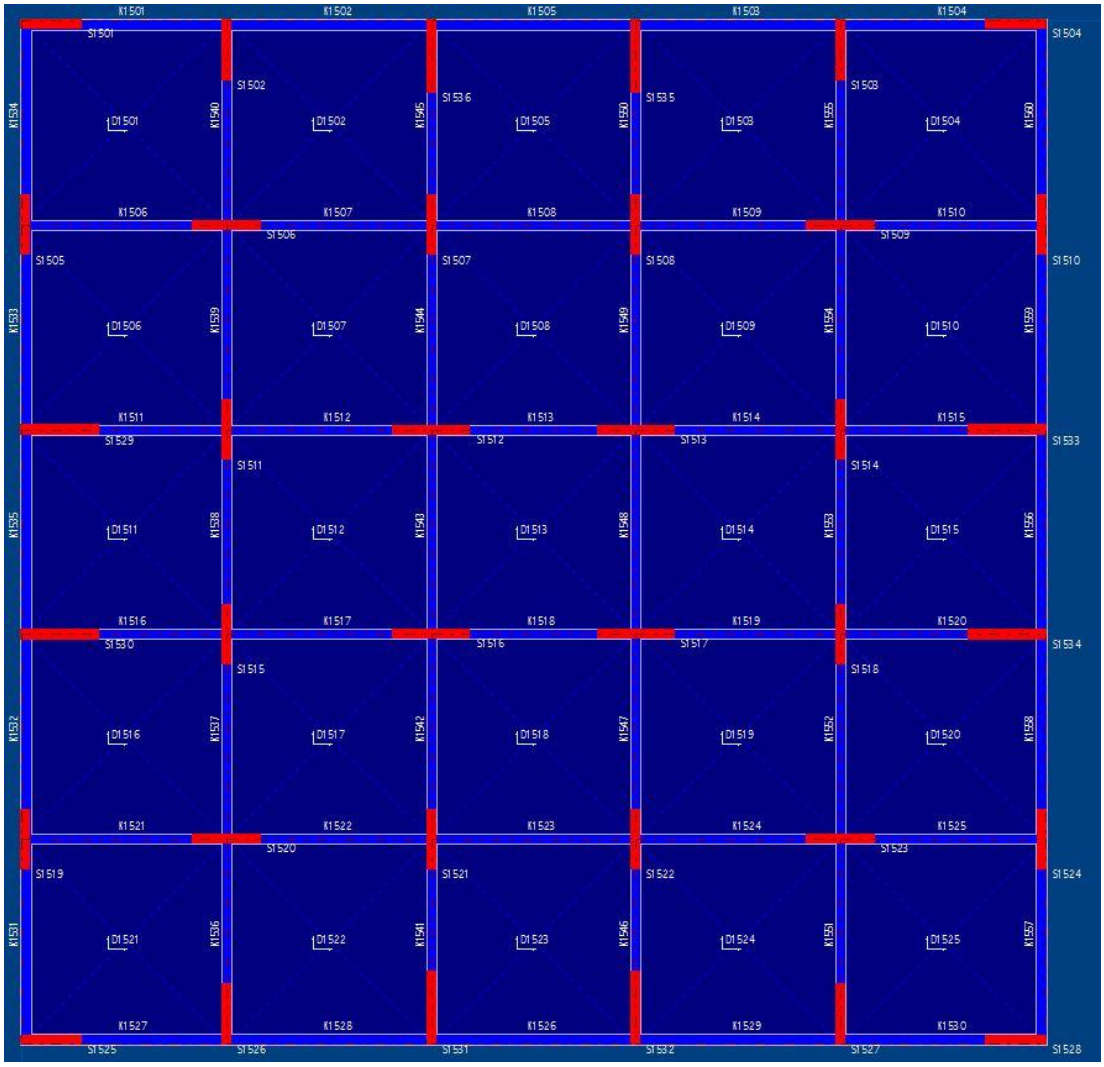
1. kat planı (Kirişler 30 cm x 60 cm)

Bu modelde perde sistemi gitgide geliştiği için kirişler ilk katlarda daha rahattır. İlk üç kat kiriş ebatları 30cm genişliğinde, 60cm derinliğinde olup 4. ile 11.katlar arasında 35 cm genişliğinde, 60cm derinliğindedir.12. ile 20.kat arasındaki kirişler ise yine 30cm genişliğinde, 60 cm derinliğindedir.




**Şekil 3.33 :** 10.Model Sta4cad 5.Kat Görüntüsü (Z3)

5. kat planı (Kirişler 35 cm x 60 cm) şekil 3.33'te gösterilmiştir.

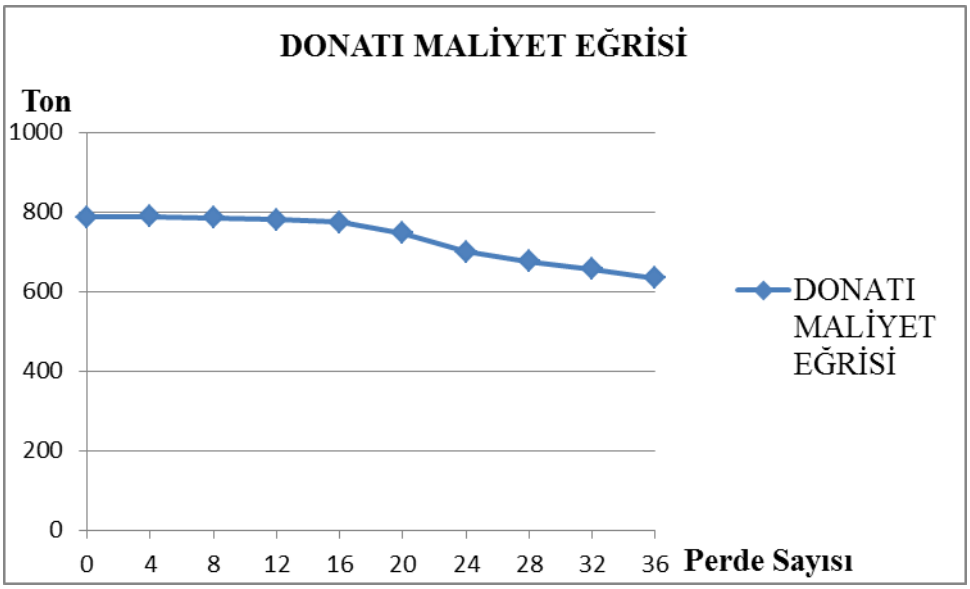


**Şekil 3.34 :** 10.Model Sta4cad 15.Kat Görüntüsü (Z3)

15. kat kalıp planı (Kirişler 30 cm x 60 cm) şekil 3.34'te gösterilmiştir.

Yapının periyodu X yönünde 2,0196 saniye olup, toplam donatı metrajı 619 ton'dur. 5456 $m^3$ C35 hazır beton metrajı hesaplanmıştır.

10 modelin perde sayısı ve donatı metrajındaki değişimler grafik olarak çizildiğinde maliyet eğrisini şu şekilde görmek mümkündür;




**Şekil 3.35 :** Donatı Maliyet Eğrisi (Z3)

Şekil 3.35'te X aksında ki bilgiler perde sayısını göstermektedir.

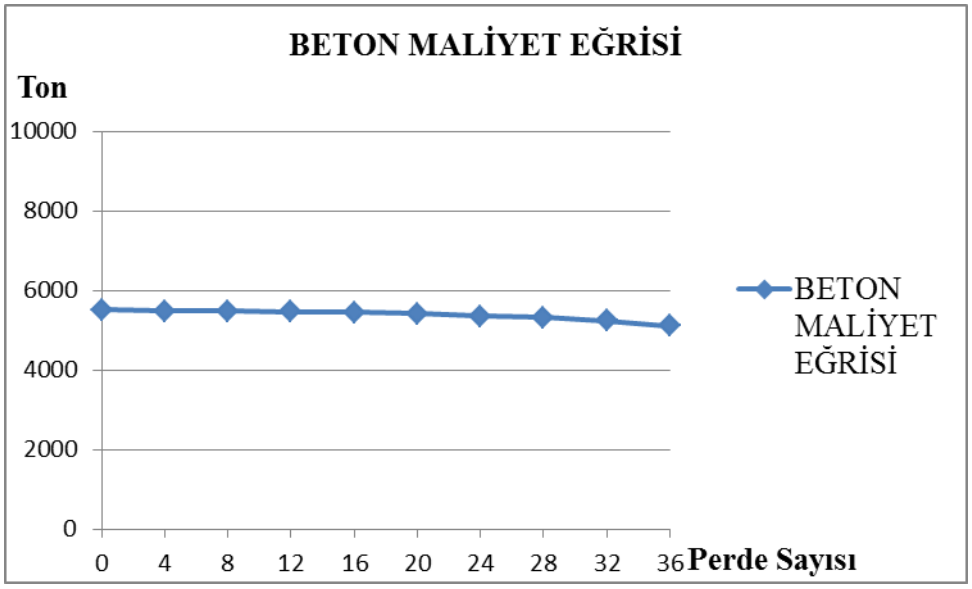
0 perde sayısı tamamen kolonlardan oluşan 1.modeli ifade etmekte olup 36 perde sayısına sahip olan model ise tamamen perdelerden oluşan 10. modeli ifade etmektedir.

Y aksındaki bilgiler ise 10 modele karşılık gelen toplam donatı metrajını ton cinsinden ifade etmektedir.

Sadece kolonlar (1.Model) ile sadece perdelerden oluşan (10. model) modeller arası toplam donatı metrajı farkına bakıldığı zaman 786ton-619ton=152ton'dur.

Sonuçta, %21.25 daha az donatı maliyeti olan bir taşıyıcı sisteme ulaşılmıştır.

3.Zemin sınıfında modellerin perde sayısına göre beton metrajının değişimi ise şekil 3.36'da gösterilmiştir ;



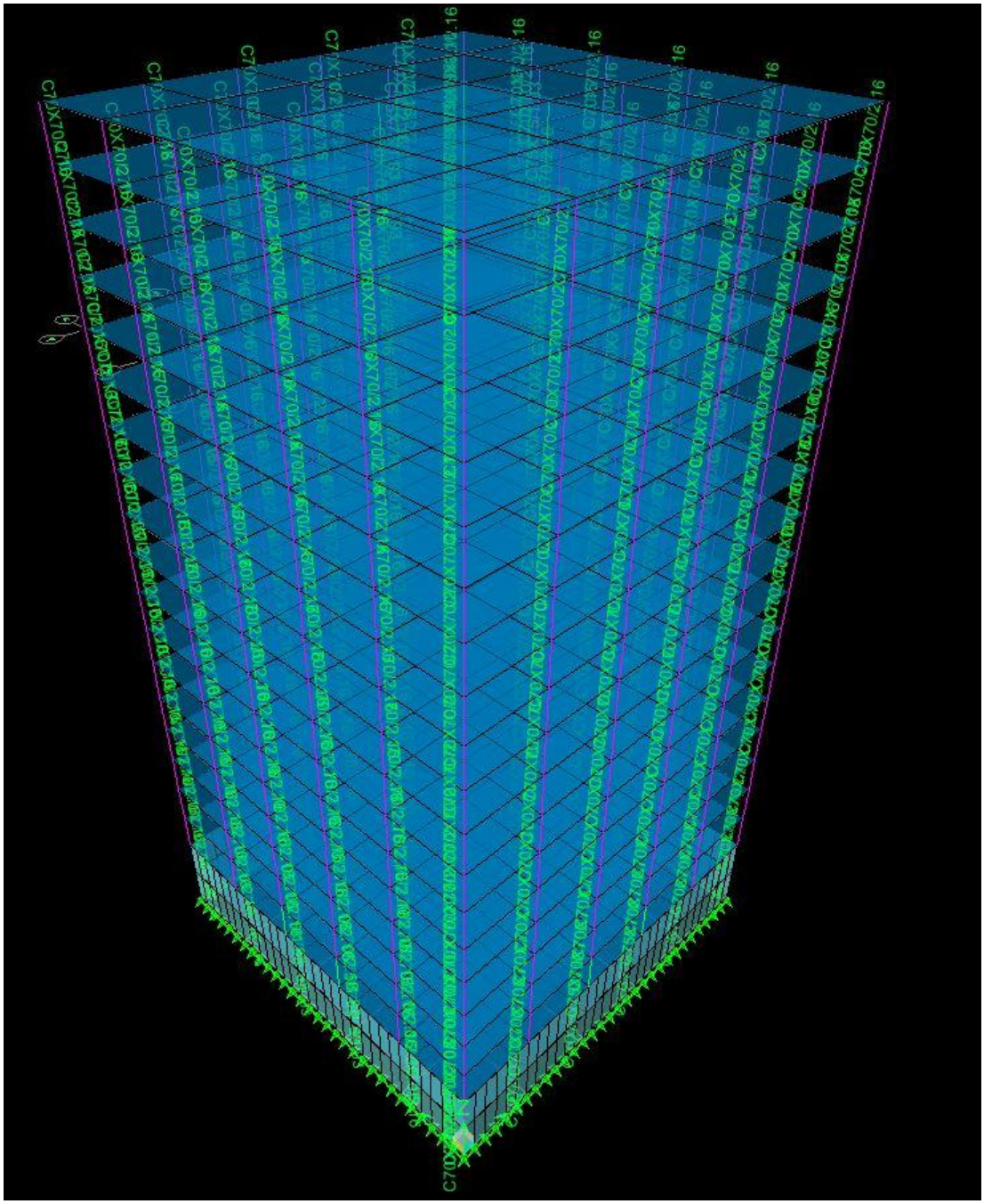

**Şekil 3.36 :** Beton Maliyet Eğrisi (Z3)

1.ve10.modeller arasında ki beton metrajı farkı incelenirse 5980 $m^3$-5456 $m^3$=524$m^3$'tür.

Sonuçta, %8.76 daha az beton maliyeti olan bir taşıyıcı sisteme ulaşılmıştır.

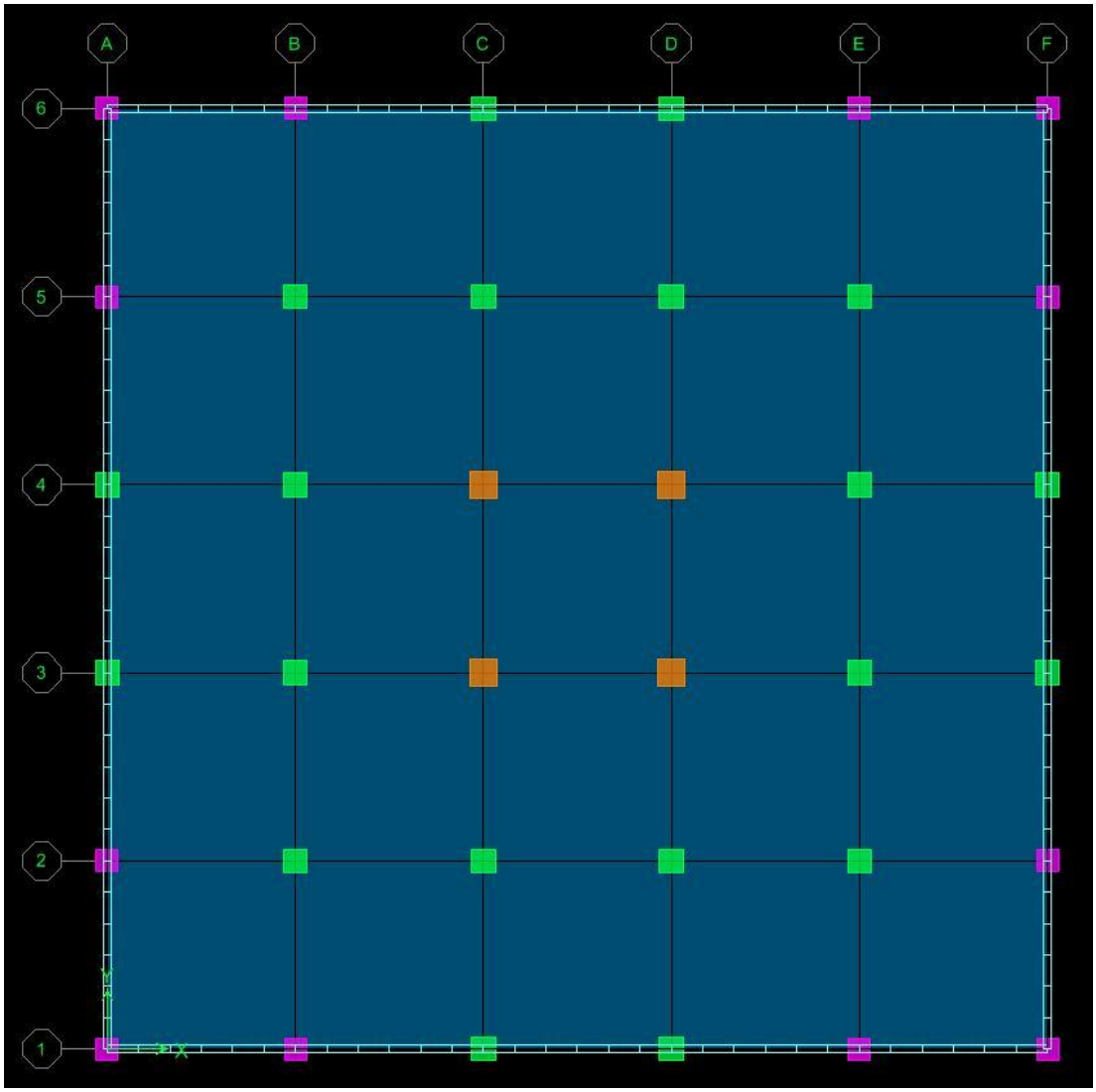
ETABS paket programı Computers and Structures firması tarafından hazırlanmış olup SAP2000 programının betonarme yapılar için bir takım özellikleri düzenlenerek oluşturulmuş bir programdır. Ülkemizde kullanımı birçok hesabın mühendis tarafından manuel olarak yapılması gerektiğinden çok ileri seviyede değildir.

3.Zemin sınıfında sadece kolonlardan oluşan 1.Modelimizi ETABS programına bütün taşıyıcı sistem özellikleri STA4CAD programı ile aynı kalmak koşuluyla girdiğimizde modelin 3 boyut görüntüsü şu şekilde olmaktadır;



**Şekil 3.37 :** ETABS 1.Model 3D Görüntüsü

Plan görüntüsü ise Şekil3.38'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.




**Şekil 3.38 :** 1.Model ETABS Plan Görüntüsü

ETABS programında deprem etkileri STA4CAD programı gibi otomatik olarak değilde spekturumların manuel olarak atanması ile etki ettirilmektedir. Bunun için hazırladığımız excell dosyasında Zemin Sınıfı, Deprem Bölgesi, Bina Önem

Katsayısı ve Yapı Davranış Katsayısı girilerek kendimiz periyod ve ivme değerlerini şekil 3.39'da görüldüğü üzere elde edebiliyoruz.

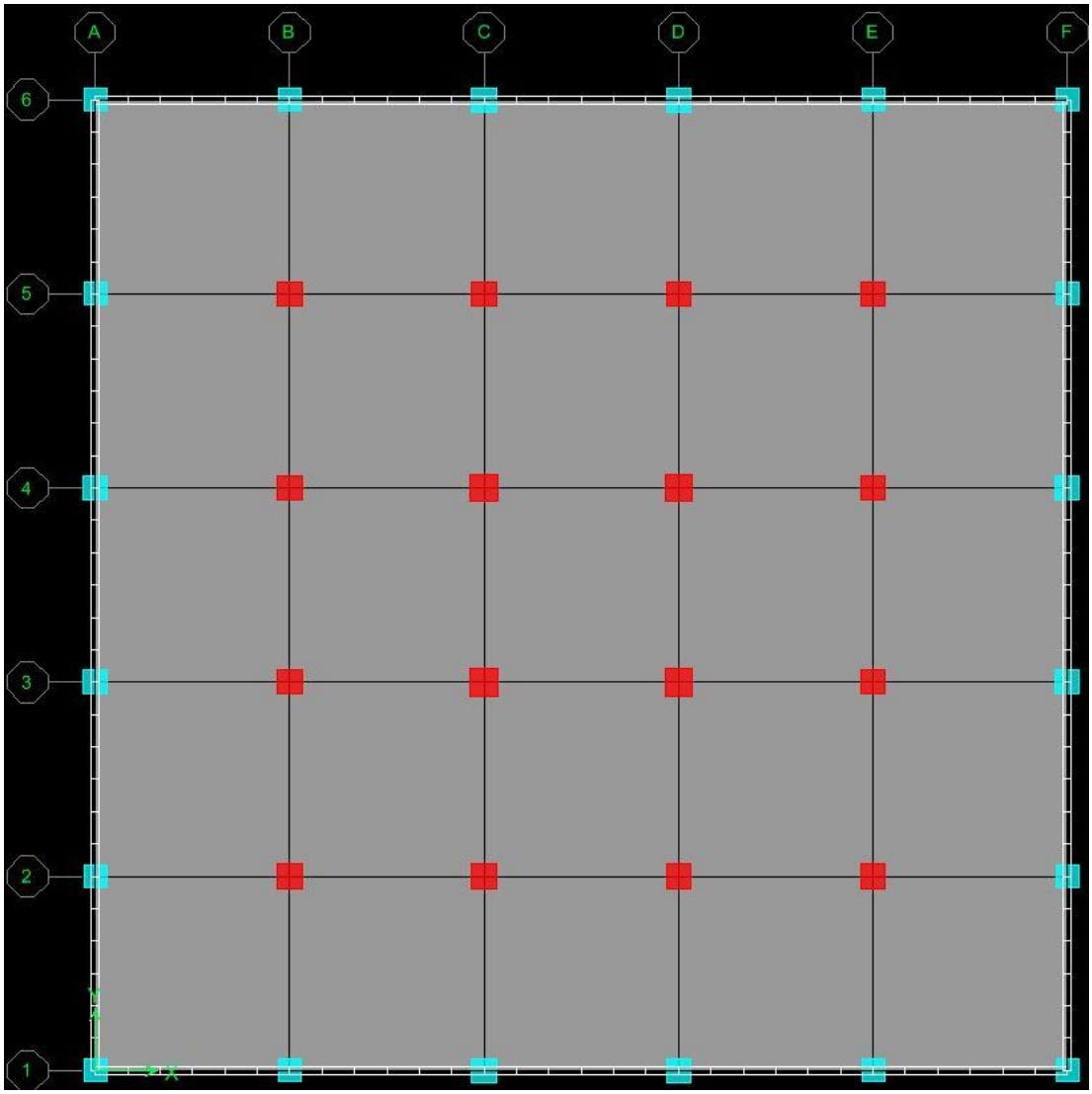
| T | S(T) | A(T) | A(T)*g | R | A(T)*g/R | A(T)*g | T | A(T)*g | A(T)*g/R | SPEC FILE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 1,00 | 0,40 | 3,92 | 1,5 | 2,62 | 3,92 | 0,00 | 3,92 | 2,62 | 0,00 | 2,62 |
| 0,05 | 1,50 | 0,60 | 5,89 | 3,3 | 1,77 | 5,89 | 0,05 | 5,89 | 1,77 | 0,05 | 1,77 |
| 0,10 | 2,00 | 0,80 | 7,85 | 5,2 | 1,52 | 7,85 | 0,10 | 7,85 | 1,52 | 0,10 | 1,52 |
| 0,15 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,15 | 9,81 | 1,40 | 0,15 | 1,40 |
| 0,20 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,20 | 9,81 | 1,40 | 0,20 | 1,40 |
| 0,25 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,25 | 9,81 | 1,40 | 0,25 | 1,40 |
| 0,30 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,30 | 9,81 | 1,40 | 0,30 | 1,40 |
| 0,35 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,35 | 9,81 | 1,40 | 0,35 | 1,40 |
| 0,40 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,40 | 9,81 | 1,40 | 0,40 | 1,40 |
| 0,45 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,45 | 9,81 | 1,40 | 0,45 | 1,40 |
| 0,50 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,50 | 9,81 | 1,40 | 0,50 | 1,40 |
| 0,55 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,55 | 9,81 | 1,40 | 0,55 | 1,40 |
| 0,60 | 2,50 | 1,00 | 9,81 | 7,0 | 1,40 | 9,81 | 0,60 | 9,81 | 1,40 | 0,60 | 1,40 |
| 0,65 | 2,34 | 0,94 | 9,20 | 7,0 | 1,31 | 9,20 | 0,65 | 9,20 | 1,31 | 0,65 | 1,31 |
| 0,70 | 2,21 | 0,88 | 8,67 | 7,0 | 1,24 | 8,67 | 0,70 | 8,67 | 1,24 | 0,70 | 1,24 |
| 0,75 | 2,09 | 0,84 | 8,21 | 7,0 | 1,17 | 8,21 | 0,75 | 8,21 | 1,17 | 0,75 | 1,17 |
| 0,80 | 1,99 | 0,79 | 7,79 | 7,0 | 1,11 | 7,79 | 0,80 | 7,79 | 1,11 | 0,80 | 1,11 |
| 0,85 | 1,89 | 0,76 | 7,42 | 7,0 | 1,06 | 7,42 | 0,85 | 7,42 | 1,06 | 0,85 | 1,06 |
| 0,90 | 1,81 | 0,72 | 7,09 | 7,0 | 1,01 | 7,09 | 0,90 | 7,09 | 1,01 | 0,90 | 1,01 |
| 0,95 | 1,73 | 0,69 | 6,79 | 7,0 | 0,97 | 6,79 | 0,95 | 6,79 | 0,97 | 0,95 | 0,97 |
| 1,00 | 1,66 | 0,66 | 6,52 | 7,0 | 0,93 | 6,52 | 1,00 | 6,52 | 0,93 | 1,00 | 0,93 |
| 1,05 | 1,60 | 0,64 | 6,27 | 7,0 | 0,90 | 6,27 | 1,05 | 6,27 | 0,90 | 1,05 | 0,90 |
| 1,10 | 1,54 | 0,62 | 6,04 | 7,0 | 0,86 | 6,04 | 1,10 | 6,04 | 0,86 | 1,10 | 0,86 |
| 1,15 | 1,49 | 0,59 | 5,83 | 7,0 | 0,83 | 5,83 | 1,15 | 5,83 | 0,83 | 1,15 | 0,83 |
| 1,20 | 1,44 | 0,57 | 5,63 | 7,0 | 0,80 | 5,63 | 1,20 | 5,63 | 0,80 | 1,20 | 0,80 |
| 1,25 | 1,39 | 0,56 | 5,45 | 7,0 | 0,78 | 5,45 | 1,25 | 5,45 | 0,78 | 1,25 | 0,78 |
| 1,30 | 1,35 | 0,54 | 5,28 | 7,0 | 0,75 | 5,28 | 1,30 | 5,28 | 0,75 | 1,30 | 0,75 |
| 1,35 | 1,31 | 0,52 | 5,13 | 7,0 | 0,73 | 5,13 | 1,35 | 5,13 | 0,73 | 1,35 | 0,73 |
| 1,40 | 1,27 | 0,51 | 4,98 | 7,0 | 0,71 | 4,98 | 1,40 | 4,98 | 0,71 | 1,40 | 0,71 |
| 1,45 | 1,23 | 0,49 | 4,84 | 7,0 | 0,69 | 4,84 | 1,45 | 4,84 | 0,69 | 1,45 | 0,69 |
| 1,50 | 1,20 | 0,48 | 4,71 | 7,0 | 0,67 | 4,71 | 1,50 | 4,71 | 0,67 | 1,50 | 0,67 |
| 1,55 | 1,17 | 0,47 | 4,59 | 7,0 | 0,66 | 4,59 | 1,55 | 4,59 | 0,66 | 1,55 | 0,66 |
| 1,60 | 1,14 | 0,46 | 4,48 | 7,0 | 0,64 | 4,48 | 1,60 | 4,48 | 0,64 | 1,60 | 0,64 |
| 1,65 | 1,11 | 0,45 | 4,37 | 7,0 | 0,62 | 4,37 | 1,65 | 4,37 | 0,62 | 1,65 | 0,62 |
| 1,70 | 1,09 | 0,43 | 4,26 | 7,0 | 0,61 | 4,26 | 1,70 | 4,26 | 0,61 | 1,70 | 0,61 |
| 1,75 | 1,06 | 0,42 | 4,17 | 7,0 | 0,60 | 4,17 | 1,75 | 4,17 | 0,60 | 1,75 | 0,60 |
| 1,80 | 1,04 | 0,42 | 4,07 | 7,0 | 0,58 | 4,07 | 1,80 | 4,07 | 0,58 | 1,80 | 0,58 |
| 1,85 | 1,02 | 0,41 | 3,99 | 7,0 | 0,57 | 3,99 | 1,85 | 3,99 | 0,57 | 1,85 | 0,57 |
| 1,90 | 0,99 | 0,40 | 3,90 | 7,0 | 0,56 | 3,90 | 1,90 | 3,90 | 0,56 | 1,90 | 0,56 |
| 1,95 | 0,97 | 0,39 | 3,82 | 7,0 | 0,55 | 3,82 | 1,95 | 3,82 | 0,55 | 1,95 | 0,55 |
| 2,00 | 0,95 | 0,38 | 3,74 | 7,0 | 0,53 | 3,74 | 2,00 | 3,74 | 0,53 | 2,00 | 0,53 |
| 2,05 | 0,94 | 0,37 | 3,67 | 7,0 | 0,52 | 3,67 | 2,05 | 3,67 | 0,52 | 2,05 | 0,52 |
| 2,10 | 0,92 | 0,37 | 3,60 | 7,0 | 0,51 | 3,60 | 2,10 | 3,60 | 0,51 | 2,10 | 0,51 |
| 2,15 | 0,90 | 0,36 | 3,53 | 7,0 | 0,50 | 3,53 | 2,15 | 3,53 | 0,50 | 2,15 | 0,50 |
| 2,20 | 0,88 | 0,35 | 3,47 | 7,0 | 0,50 | 3,47 | 2,20 | 3,47 | 0,50 | 2,20 | 0,50 |
| 2,25 | 0,87 | 0,35 | 3,41 | 7,0 | 0,49 | 3,41 | 2,25 | 3,41 | 0,49 | 2,25 | 0,49 |
| 2,30 | 0,85 | 0,34 | 3,35 | 7,0 | 0,48 | 3,35 | 2,30 | 3,35 | 0,48 | 2,30 | 0,48 |
| 2,35 | 0,84 | 0,34 | 3,29 | 7,0 | 0,47 | 3,29 | 2,35 | 3,29 | 0,47 | 2,35 | 0,47 |
| 2,40 | 0,82 | 0,33 | 3,24 | 7,0 | 0,46 | 3,24 | 2,40 | 3,24 | 0,46 | 2,40 | 0,46 |
| 2,45 | 0,81 | 0,32 | 3,18 | 7,0 | 0,45 | 3,18 | 2,45 | 3,18 | 0,45 | 2,45 | 0,45 |
| 2,50 | 0,80 | 0,32 | 3,13 | 7,0 | 0,45 | 3,13 | 2,50 | 3,13 | 0,45 | 2,50 | 0,45 |

**Şekil 3.39 :** Periyod-İvme Değerleri

Dosyanın "SPEC FILE" kısmındaki periyod ve ivmeleri hem yapımızın Yüksek Sünek olacak şekilde hesapladığımız Yapı Davranış Katsayısına göre hem de DBYBHY-2007 madde 3.6.6.3 uyarınca R=2'ye göre hesaplayıp yapıya etki ettirmeliyiz.

Sonuç olarak iki farklı spekturum dosyasını ETABS'a tanımlıyarak çözüm yapılmalı ve sismik yükler modele aktarılmalıdır.

Sadece kolonlardan oluşan 1.modelimizi ETABS ile analiz ettiğimizde ilk 9 katta kırmızı ile görülen kolonların kapasitesini aştığını görmekteyiz.




**Şekil 3.40 :** 1.Model ETABS Analiz Sonuçları

Daha önce belirtildiği üzere aynı model STA4CAD programı ile analiz edildiğinde kesiti yetersiz eleman bulunmamaktaydı. Fakat ETABS programında kapasite aşımı şekil 3.40'ta görülmektedir. Bunun sebebini anlamak için iki modelin kütleleri karşılaştırılmalıdır.

STA4CAD ile analiz edilen 1.modelde Genel Deprem Raporu kısmını incelediğimizde yapının toplam ağırlığının $W_t$=25.691(G+0.3Q) ton olarak görülmektedir.

ETABS ile analiz edilen 1.modelde ise Assembled Point Masses kısmını incelediğimizde yapının toplam ağırlığının $W_t$= 27.895(G+0.3Q) ton olarak hesaplandığı görülmektedir.

ETABS programı yapıyı aynı yükler altında %7,9 daha ağır hesaplamaktadır.

Kesiti yetersiz olarak görülen kolonlardan rastgele birtane seçip kapasitesine baktığımızda,

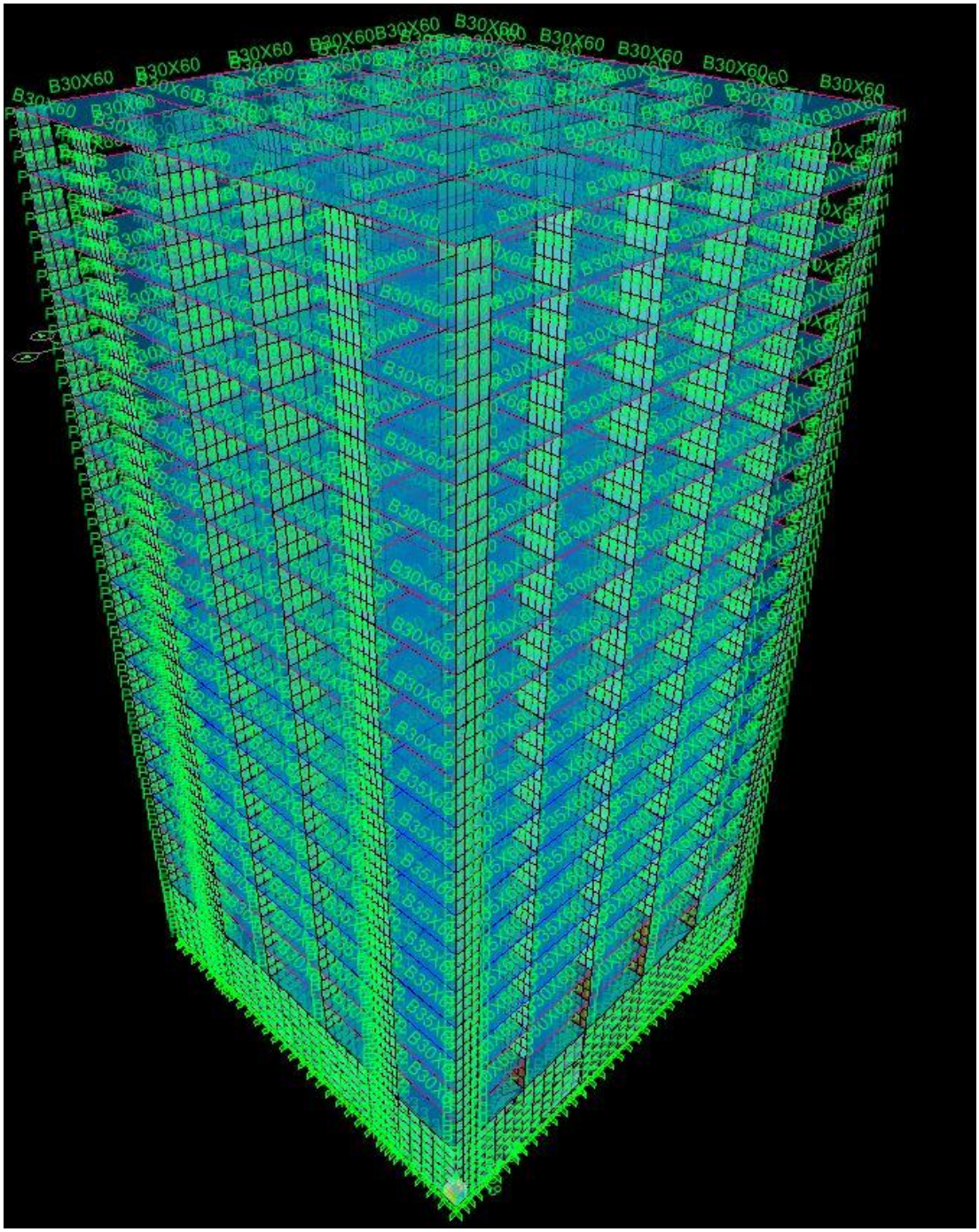
(Bu kolon STA4CAD modelinde S112, ETABS programında ise 4C aksında bulunan kolon varsayılsın) kolon performansının STA4CAD için %97 olduğunu görmekteyiz. Aynı kolonun ETABS için performansı ise % 117,5 olarak hesaplanmış ve kapasitesini aştığı görülmektedir.

Maliyet etkilerini net görebilmek için iki modelde limitlerde çalışmış olmamızdan dolayı ağırlıklar arası fark zaten performans olarak limitlerde çalışan kolonun kesitinin yetersiz olmasına sebep olmuştur. Böylece ETABS programındaki kütle fazlalığından dolayı kesitler yetersiz gelmektedir. Bu da iki model arasında maliyet karşılaştırması yapılmasını engellemektedir.

O halde sormamız gereken soru bütün yüklemeleri ve yapı genel bilgileri aynı olan iki modelin kütleleri neden farklı hesaplanmaktadır?

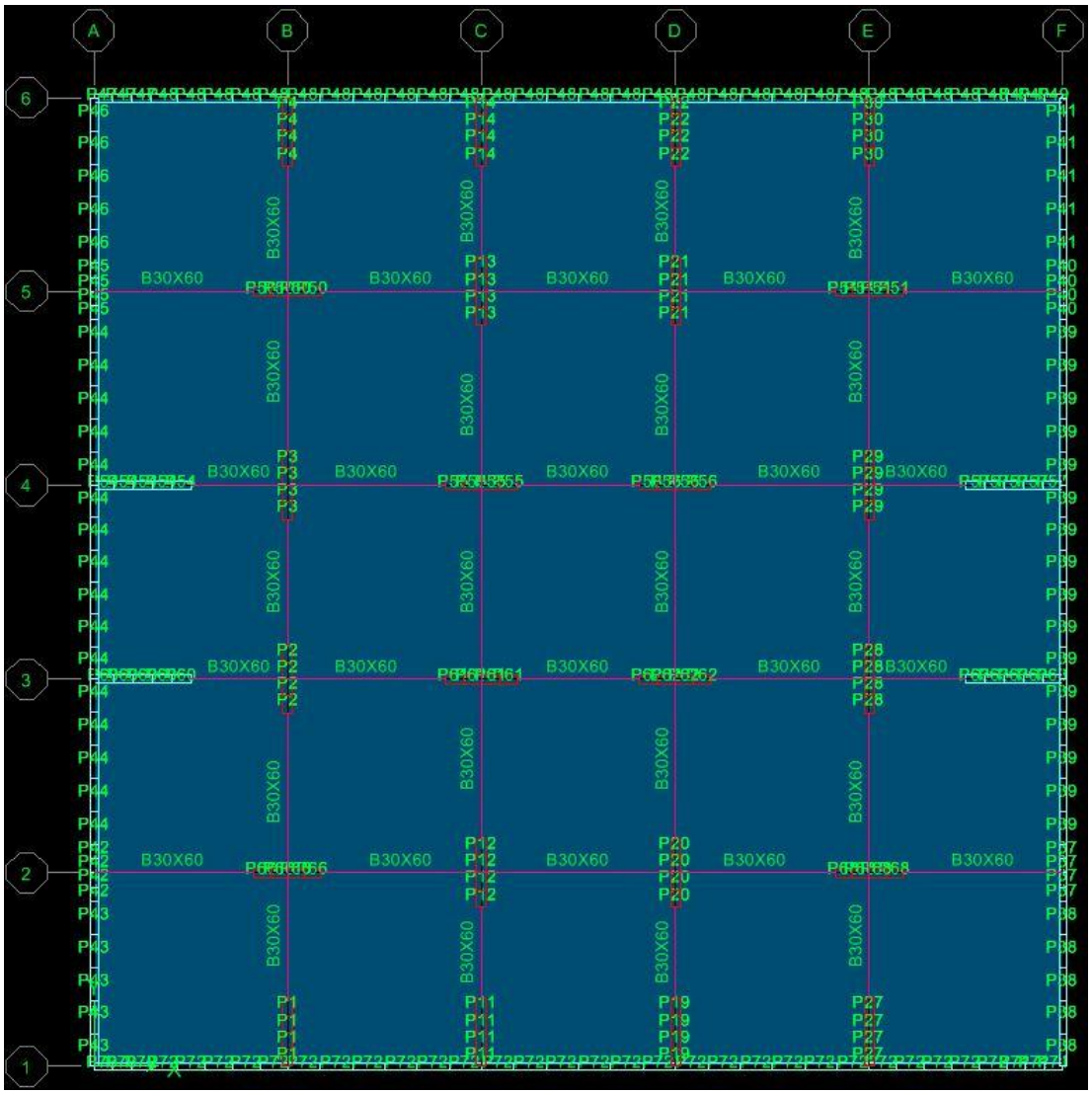
Bunun en temel sebebi STA4CAD programının bir derinlik ve genişlik algısının olması, kirişlerin döşeme ile kesiştikleri bölgenin, yapının toplam ağırlığına 1 kez etki ettirilmesine olanak sağlamasıdır. Fakat ETABS, program içinde tanımlanan elemanları birer nokta, çubuk veya alan olarak tanımlamaktadır. Kolon ve kirişleri çubuk, döşeme ve perdeleri alan olarak tanımlayan program, kirişlerin döşemeler ile kesiştikleri bölgeleri yapının ağırlığına 2 kere etki ettirmekte bu da mertebe olarak iki yapı arasında %10 civarında bir kütle farkına yol açmaktadır. Limitlerde çalışan kolonlar ETABS modelinde %7,9'luk kütle farkından dolayı yetersiz kalmaktadır.

Tamamen perdelerden oluşan 10.modelimizin 3 boyut görüntüsü ise şekil 3.41'de görülmektedir;



**Şekil 3.41 :** 10.Model ETABS 3D Görüntüsü (Z3)

Plan görüntüsü ise şekil 3.42'de görülmektedir;




**Şekil 3.42 :** 10.Model ETABS Plan Görüntüsü (Z3)

Sistem perdelerden oluştuğu için kütle farkı olsa bile sistem performansı çok iyidir.Perdelerin Demand (Gelen Kuvvet-Moment) ve Capacity (Kapasite) oranları kabul edilebilir değerlerdedir. Yapının periyodu 2,486 saniye X yönünde çıkmış olup bu değer STA4CAD modelinde 2,0196 saniyedir. ETABS modelimiz 21.676 ton ağırlığındayken bu değer STA4CAD modelinde daha önceden açıkladığımız nedenden ötürü 20.923 ton'dur. ETABS modelinde toplam donatı metrajı 590 ton çıkmaktadır. Aynı model STA4CAD programında 619 ton donatı metrajı vermektedir.

# 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem Güvenliği ve Maliyet faktörleri günümüzde inşaat sektörünün en önemli unsurlarından birisidir. Depreme dayanıklı yapıları tasarlamak için kullandığımız yöntemler mühendislerin yaşamış olduğu deneyimlerin uygulamaya adapte edilmesi ile oluşmuştur. Güvenli yapıyı, maliyeti optimize etmeden uygulamaya kalkmak, inşaat sektörünün bir ülkenin lokomatif sektörü olduğu dikkate alınırsa, o ülke ekonomisi için ciddi bir külfet olacaktır. Maliyet ve Deprem Güvenliği hiçbir şekilde ödün verilemeyecek unsurlardır.

Perde sistemler, her iki faktör içinde rasyonel bir çözüm yoludur. Bu tip taşıyıcı elemanlar dayanım, rijitlik, süneklilik gibi deprem dayanımını arttıran faktörleri sağladığı gibi çalışmadan da anlaşılacağı üzere malzeme metrajının en pahalı kalemi olan donatı metrajını da azaltmaktadır. Donatı oranının taşıyıcı elemanın enkesit alanındaki yüzdesinin azalması sadece malzeme metrajını değil süneklilik faktörünü de etkilemekte, böylece yapının enerji yutabilme kapasitesi artmaktadır.

Perdeler kolonlara göre daha rijit elemanlar olduğu için, kesme kuvvetinin çoğunu karşılamakta böylece kiriş ve döşemeleri oldukça rahatlatmaktadır. Güçlendirme yapılacak yapılarda da perde kullanımı, yapının depreme karşı olan dayanımını oldukça arttırmaktadır.

STA4CAD programı yapının ağırlığını ETABS programına göre gerçeğe daha yakın hesaplarken, ETABS ise çubuk eleman mantığıyla hareket ettiği için yapının ağırlığını daha fazla bulmaktadır. ETABS programında spektrum eğrileri, ekzantrisite yüzdeleri ve deprem artırım oranları kullanıcı tarafından belirlenip, etki ettirilebilirken, STA4CAD bu hesapları otomatik olarak yapıyor. Fakat STA4CAD programı Genel Deprem Raporu kısmında bu hesapların detayını vermemektedir. Böylece ETABS programının sağladığı kontrol imkanı STA4CAD programında mevcut değildir.

Ülkemizde sıklıkla kullanılan paket programları ile elde edilen sonuçlar birbiriyle tam anlamıyla uyumlu değildir. Mühendis olarak, programların verdiği sonuçlar tecrübelere bağlı olarak değerlendirilmeli en az iki program ile çözüm yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR


**Aktan, S., Kıraç, N**. (2010). Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 16-32.

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

**Atabay, Ş.** (2004). *Perdeli Betonarme Yapı Sistemlerinin Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı,* Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.

**Celep, Z., Akkaya, Y.** (1996). *Deprem Yüklerinin Karşılanmasında Betonarme Perdeler*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Meslekiçi Eğitim Seminerleri, 29 Kasım, İstanbul.

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

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

**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.

**Türkiye ve Dünya Gayrimenkul Sektör Raporu** (1.Çeyrek), (2011). http://www.gyoder.org.tr/PDFs/Publishings/REAL_ESTATE_SECTOR_OF TURKEY_AND_THE_WORLD_I_Quarter_2011_TR.pdf

## ÖZGEÇMİŞ

| | |
|---|---|
| **Ad Soyad** | **:** Görkem Ural |
| **Doğum Yeri** | **:** Hatay |
| **Doğum Tarihi** | **:** 13.11.1985 |
| **Adres** | **:** Kadıköy / İstanbul |
| **Lisans Üniversite** | **:** İstanbul Teknik Üniversitesi |