

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI DEPREM BÖLGELERİ'NDE İNŞA EDİLECEK KONUT  
BİNALARININ MALİYET ANALİZİ**

**Yusuf GENÇ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2014**

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI DEPREM BÖLGELERİ'NDE İNŞA EDİLECEK KONUT  
BİNALARININ MALİYET ANALİZİ**

**Yusuf GENÇ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2014**

Doç. Dr. Paki TURGUT danışmanlığında, Yusuf GENÇ' in hazırladığı “**Farklı Deprem Bölgeleri’nde İnşa Edilecek Konut Binalarının Maliyet Analizi**” konulu bu çalışma 27/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Doç.Dr. Paki TURGUT .....

Jüri Üyesi: Prof.Dr. Arif GÜREL .....

Jüri Üyesi: Prof.Dr. Hüsamettin BULUT .....

**Bu Tezin İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlediğini Onaylarım.**

**Prof. Dr. Sinan UYANIK**

**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	v
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
1.GİRİŞ .....	1
1.1. Yapı Analizi ve Yapı Maliyetlerini Etkileyen Unsurlar .....	2
1.1.1. Deprem Karakteristikleri Parametresi Etkisi .....	2
1.1.2. Zemin Sınıfı - Kat Adedinin ve Düzensizlik Parametresi Etkisi .....	3
1.1.2.1 Zemin Sınıfı Parametresi .....	3
1.1.2.2. Kat adedi ve Düzensizlik Parametresi .....	4
1.2. Depremi doğa ve yapılar üzerindeki etkileri .....	6
1.3. Türkiye'nin Depremselliği (Sismisitesi) .....	9
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	13
3.MATERYAL ve METOD .....	15
3.1. Çalışma Konusu Kullanılan İdeCAD Paket Programı .....	15
3.1.1. Program Statik Modülü .....	17
3.1.2. İdeCADStatik'te Akıllı Çerçeve Modeli .....	17
3.1.3.İdeCAD Statik'te Döşeme Statik Hesapları .....	18
3.1.4. İdeCADStatik'teDöşemelerden Kirişe Otomatik Yük Dağıtımını .....	20
3.1.5. Programda Yapılabilen Statik Analiz Türleri .....	20
3.1.5.1. Statik Analizlerde Dikkate Alınan Hususlar .....	20
3.1.5.2. Statik Analiz Sonrası Sonuçların İrdelenmesi .....	21
3.1.6. İdeCADStatik'te Betonarme Hesabı .....	22
3.1.7. İdeCADStatik'te Malzeme Tanımları .....	23
3.1.8. İdeCADStatik'te Hesaplama Raporları .....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....	27
4.1. Sayısal Uygulama Giriş .....	27
4.2. Sayısal Uygulama İdeCAD Data Girişi .....	30
4.3. Sayısal Uygulama İdeCAD Yapı Analiz Sonuçları .....	33
4.4. Sayısal Uygulama İdeCAD Yapı Eleman Metraj Analiz Sonuçları .....	35
4.5. Sayısal Uygulama İdeCAD Yapı Eleman Metraj Analiz Sonuçlarının Grafikselleştirilmesi .....	37
4.6. Yapı Maliyeti Mukayese Çalışması .....	41
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....	44
5.1. Sonuçlar .....	44
5.2. Öneriler .....	44
KAYNAKLAR .....	46
ÖZGEÇMİŞ .....	48

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### FARKLI DEPREM BÖLGELERİ'NDE İNŞA EDİLECEK KONUT BİNALARININ MALİYET ANALİZİ

Yusuf GENÇ

Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Paki TURGUT  
YIL: 2014, Sayfa:48

Farklı deprem bölgelerinde yapılan binaların kaba inşaat maliyetleriyle ilgili olarak literatürde yeterli çalışma bulunmasına rağmen ince inşaat maliyetiyle ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, aynı zemin parametrelerine sahip ancak farklı deprem bölgelerinde (1., 2., 3. ve 4. Derece Deprem Bölgeleri) yapılan 10 katlı binaların betonarme ve maliyet analizleri yapıldı. Betonarme ve maliyet analizinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldı. Yapılan analizler Deprem Bölgesi türünün kaba inşaat maliyetini önemli derecede etkilediğini ancak ince inşaat maliyetini pek etkilemediğini göstermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Deprem bölgesi, Zemin sınıfı, Yapı maliyet analizi, Yapı kaba ve ince inşaat maliyet analizi.

## **ABSTRACT**

**MSc Thesis**

### **COST ANALYSES ON RESIDENTIAL BUILDINGS BUILT IN DIFFERENT EARTHQUAKE REGIONS**

**Yusuf GENÇ**

**Harran University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assoc. Doç. Dr. Paki TURGUT  
Year: 2014, Page: 48**

There is not any study on the fine construction cost although the investigations on the rough construction cost of buildings constructed in the different seismic zones are sufficient in literature. In this study, the reinforced concrete and cost analysis of 10-storey buildings having the same soil parameter but for different seismic zones (1st, 2nd, 3rd and 4th Degree Earthquake Zones) is made. The results obtained from the reinforced concrete and cost analysis (for coarse and fine construction) are compared to each other. The analyses performed show that the kinds of seismic zone affect crucially the coarse construction cost of buildings but not the fine construction cost.

**KEY WORDS:**Seismic zone, Soil class, Construction cost structure analysis, Rough sand fine construction cost analysis.

## TEŐEKKÖR

Bu yűksek lisans tezi, Doç.Dr. Paki TURGUT' un danıŐmanlıęında tamamlanmıŐtır. Bu çalıŐmanın tűm safahatında desteęini esirgemeyen, beni sűrekli yűnlendiren ve zamanını bűyűk bir içtenlikle bana ayıran baŐta danıŐmanım Doç. Dr. Paki TURGUT' a, Yűksek Lisans tez savunmasına katılımlarından dolayı, jűri űyeleri Prof. Dr. Arif GÜREL' e ve Prof.Dr. Hűsamettin BULUT' a Hususan, Yűksek Lisans eęitimim boyunca her tűrlű desteęini benden hiçbir vakit esirgemeyen, akademik çalıŐmalarımnda yol gűsteren komisyon jűri űyesi danıŐmanım Doç.Dr. Paki TURGUT' a, Tezim ile ortak konuları içeren çalıŐmalarından ve tecrűbelerinden dolayı sűrekli destek veren İŐŐ. Yűksek Műhendisi Cihat YILDIRIMA' a, sabır, sebat ve űzverili bir çalıŐma gerektiren akademik hayatımda sűrekli yanımda olan maddi ve manevi desteęini benden esirgemeyen aileme, teŐekkűrű bir borç bilirim.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Deprem ivmesinin ana kaya ve yüzeyde değişimi .....	3
Şekil 1.2. Anadolu Levhasının Batıya Kayma Mekanizması (Okay Ve Diğerleri, 1999'da Düzenlenmiştir). .....	10
Şekil 1.3. Türkiye Diri Fay Haritası (MTA, 2012) .....	11
Şekil 1.4. Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası .....	12
Şekil 3.1. Betonarme yapı sistemlerinde ideCAD Statik programı arayüzleri .....	16
Şekil 3.2. Analiz durumu .....	17
Şekil 3.3. Akıllı çerçeve modeliyle tasarlanan bir yapıda görünüm .....	18
Şekil 3.4. Akıllı çerçeve modeliyle tasarlanan bir yapıdan farklı görünüm .....	18
Şekil 3.5. Döşemelerde entegre FEM plak modülüyle hesaplanmış döşemeden görünüm .....	19
Şekil 3.6. Yapılarda hesaplanmış döşemelerin kesit görüntüsü .....	19
Şekil 3.7. Analiz sonrası kolonlarda oluşan deplasmanlar .....	21
Şekil 3.8. Betonarme hesabı için yük kombinasyonlarını sağlayan modül .....	22
Şekil 3.9. Yapıya Ait Donatı Giriş Ekranı .....	23
Şekil 3.10. Yapıya Ait Malzeme Tanımlama Modülü .....	24
Şekil 3.11. Rapor Araç Çubukları .....	25
Şekil 3.12. Statik Rapor Ayarları .....	25
Şekil 4.1. Yapının Temel Kalıp Planı .....	27
Şekil 4.2. 11 Kat Yapı Karkas Sistem 3D Planı Matematik Modelleri .....	28
Şekil 4.3. Yapının Zemin ve Normal Kat Kalıp Planı Matematik Modeli .....	28
Şekil 4.4. Yapının Zemin ve 9 Normal Kat Mimari Oturum Planı .....	29
Şekil 4.5. Yapı Analizi ivme-Periyot Spektrum Eğrisi (İDECAD) .....	31
Şekil 4.6. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Donatı Miktarı Değişimi .....	38
Şekil 4.7. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Beton Miktarı Değişimi .....	38
Şekil 4.8. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Kalıp Miktarı Değişimi .....	39
Şekil 4.9. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Kaba Maliyet Değişimi .....	40
Şekil 4.10. Dört Farklı Deprem Bölgelerinde Donatı ve Kaba Maliyet Değişimleri .....	40



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Metraj Özeti .....	13
Çizelge 4.1. Yapının Malzeme Parametreleri Tablosu .....	30
Çizelge 4.2. Yapının Kimliği .....	30
Çizelge 4.3. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Analizi Zemin Parametreleri Tablosu .....	30
Çizelge 4.4. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Geometrik Bilgileri (İDECAD) .....	31
Çizelge 4.5. 2° Deprem Bölgesi için Deprem Parametreleri (İDECAD) .....	31
Çizelge 4.6. Yapı Analizi İvme-Periyot Spektrum Değerleri (İDECAD) .....	32
Çizelge 4.7. Yapının Dinamik Analiz Giriş Bilgi Raporu (İDECAD) .....	32
Çizelge 4.8. Yapının Malzeme Parametreleri (İDECAD) .....	32
Çizelge 4.9. Yapı Analiz Yük Kombinasyonları (İDECAD) .....	33
Çizelge 4.10. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Özet Raporu (İDECAD) .....	34
Çizelge 4.11. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Deprem Özet Raporu (İDECAD) .....	34
Çizelge 4.12. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Kalıp Metrajı ( İDECAD STATİK ) .....	35
Çizelge 4.13. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Beton Metrajı ( İDECAD STATİK ) .....	35
Çizelge 4.14. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Donatı Metrajı ( İDECAD STATİK ) .....	36
Çizelge 4.15. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Toplam ( Beton, Kalıp ve Donatı ) Metrajı ( İDECAD STATİK ) .....	36
Çizelge 4.16. 2° Deprem Bölgesi için Yapının İç Sıva Metrajı (İDECAD MİMARİ) .....	36
Çizelge 4.17. 2° Deprem Bölgesi için Yapının Tavan Sıva Metrajı (İDECAD MİMARİ) .....	37
Çizelge 4.18. 2° Deprem Bölgesi için Yapının Duvar Metrajı (İDECAD MİMARİ) .....	37
Çizelge 4.19. 1. ve 4. Derece Deprem Bölgelerine Göre Taşıyıcı Eleman ( Kolonların ) Kesit Değişimleri .....	41
Çizelge 4.20. Dört Ayrı Deprem Bölgesi için Yapı Toplam Kaba( Beton, Kalıp ve Donatı ) Maliyet Tablosu .....	42
Çizelge 4.21. Dört Ayrı Deprem Bölgesi için Yapı Toplam İnce ( Beton, Kalıp ve Donatı ) Maliyet Tablosu .....	43

## SİMGELER DİZİNİ

$A_o$	Etkin Yer ivmesi Katsayısı
ABYYHY'75	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975
DBYBHY'07	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
$F_{ck}$	Karakteristik beton dayanımı
$f_{cm}$	Mevcut beton dayanımı
$f_{ctd}$	Betonun tasarım çekme dayanımı
$f_{ctm}$	Karakteristik beton çekme dayanımı
$f_{yd}$	Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
$f_{yk}$	Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
GV	Güvenlik Sınırı
I	Bina Önem Katsayısı
R	Taşıyıcı sistem davranış kat sayısı
$R_a(T)$	Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$R_y$	Dayanım azaltma katsayısı
$S_a$	Spektral ivme
$S_d$	Spektral yer deęiştirme
$S(T)$	Spektrum Katsayısı
$T_a, T_b$	Spektrum Karakteristik Periyotlar
TS500	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
E	Taşıyıcı sistem beton elastisitemodülü
EX	X Yöndeki eksantristeli deprem yüğü
EY	Y Yöndeki eksantristeli deprem yüğü
$\sigma_{zern}$	Zemin emniyet gerilmesi
A	Zemin yatak katsayısı
W	Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı
$(\Delta^{Fn-X})$	X Yönü yapı tepesinde etki ettirilen ekstra eşdeğer deprem yüğü
$(\Delta^{Fn-Y})$	Y Yönü yapı tepesinde etki ettirilen ekstra eşdeğer deprem yüğü
$V_t$	Toplam deprem yüğü
$(V_t-X)$	X Yönde uygulanan toplam eşdeğer deprem yüğü
$(V_t-Y)$	Y Yönde uygulanan toplam eşdeğer deprem yüğü
$(V_t\beta-X)$	X Yönde uygulanan toplam deprem yüğü
$(V_t\beta-Y)$	Y Yönde uygulanan toplam deprem yüğü
$(F_{bk}-X)$	X Yönde Rijit bodrum katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü
$(F_{bk}-Y)$	Y Yönde Rijit bodrum katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü
$\beta$	Hesaplanan büyüklüklere göre alt sınır değer
$\beta^{vt(x)}/\beta^{vtB(x)}$	X Yönü deprem yüğü büyütme faktörü
$\beta^{vt(y)}/\beta^{vtB(y)}$	Y Yönü deprem yüğü büyütme faktörü
$(H_n)$	Yapının yüksekliği
G	Kalıcı Yüğü
Q	Hareketli Yüğü
$\Phi$	Donatı çapı

## 1. GİRİŞ

Ülkemizin büyük bir kısmı deprem kuşağı üzerinde olduğundan veson yıllarda yaşanmış depremler, yapı tasarımında gelişimi gerekli kılmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımdaki asıl hedef yapısal göçmeleri önlemek suretiyle can kaybının olmamasını sağlamaktır (Çanakçı ve Göğüş, 2001). Bir yapının depreme dayanıklı bir şekilde yapılmasında belirleyici en önemli unsur deprem yönetmelikleridir (Aydın, 2002). Ülkemizde depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkeleri, 2007 Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelikte (2007 DBYBHY) mevcuttur. Son yıllarda ülkemiz insanına çok büyük zarar veren depremler ülkemizin bir deprem kuşağında olduğu gerçeğini bizlere hatırlatmıştır.

Depremde hasar gören veya yıkılan yapılar üzerinde yapılan incelerde, hasar ve yıkılmanın çeşitli nedenleri olduğunu göstermektedir. Genellikle hasarların nedeni bilgisizlik, gerekli zemin etütlerinin yapılmamış olması, bina geometrisinin ve taşıyıcı sisteminin yetersiz veya eksik yapılmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. 2007 Deprem yönetmenliğinde; yapının tamamen elastik davrandığı kabul edilerek yapıya etkiyecek toplam deprem yükünün, yapının bulunduğu deprem bölgesinin ve zemin türünün yanında yapının kütlesi ve periyoduna bağlı olarak hesaplanacağı belirtilmiştir. Yani bir yapıya gelebilecek deprem kuvvetleri zemin parametreleri (zemin emniyet gerilmesi, zemin sınıfı, zemin gurubu vs.) deprem ivmelerine ve yapı türüne bağlı olarak değişir. Bir yapının genel güvenliği zemin, proje, üretim, uygulama ve denetim gibi öğelerin bir bütün halinde kaliteli ve doğru bir şekilde gerçekleşmesi ile sağlanabilir. Buna bağlı olarak da mühendislik; üretimde sağlamlık, estetik ve ekonomi arasındaki optimum çözümü bulabilme sanatı olarak ifade edilebilir. Son yıllarda konut ve endüstriyel yapı inşaatlarında bilinçsizce ekonomiye öncelik verilmesi veya başka bir ifade ile optimum yaklaşımın sağlanamaması önemli sorunlar açığa çıkarılmış ve binaların sağlamlığı ikinci planda kalmıştır. Bunun en önemli nedeni ekonomik koşullardan daha çok bilgisizliktir (Akman, 1999). Bir yapı, dayanım, durabilite (dayanıklılık), ekonomi, fonksiyon ve estetiği birlikte sağlamalıdır. Bu konuda mühendisliğin üzerine düşen en önemli görev de bu unsuru dikkate almaktır (Taşdemir ve Özkul, 1999).

Deprem kuvvetlerinin, taşıyıcı elemanlara etki ettiği bilinmektedir. Bundan dolayı taşıyıcı elemanların boyut tasarımlarını artırmak gerekmektedir. Bu durum yapı maliyetinin artmasına neden olacaktır. Çalışmamızda aynı konutun deprem bölgesi değiştirilerek ideCAD programı yardımıyla yapının statik analizi yapılarak analiz sonucunda yapı elemanlarının boyutlarının değişimi ve kaba inşaat metrajı yapılarak maliyete etkisi incelenecektir.

## **1.1. Yapı Analizi ve Yapı Maliyetlerini Etkileyen Unsurlar**

### **1.1.1. Deprem Karakteristikleri Parametresi Etkisi**

Deprem kuvvetlerinin taşıyıcı elemanların boyutlarına etki edeceği bilinmektedir, bu etki de doğal olarak yapı maliyetini etkileyecektir. Ülkemizdeki yerleşim bölgelerinin büyük bir kısmı aktif deprem kuşağında olup meydana gelmiş olan son depremlerde diğer yapılar gibi betonarme binalarda da kabul sınırlarının ötesinde hasarların meydana geldiği görülmüştür. Bu binaların maruz kaldıkları depremlerde yeterli performansı gösterememelerini kendilerinde bulunması gereken rijitlik, süneklik, stabilite, dayanım ve dayanıklılık niteliklerinden birinin ya da bir kaçının eksikliğine bağlamak mümkün olmaktadır.

Bilindiği üzere deprem kuvvetleri hesabı; özellikle deprem bölgesi parametresine göre değişmekte ve deprem karakteristiklerine göre önem arz etmektedir. Yapı maliyet artışının en önemli etkenlerinin başında deprem kuvvetleri gelmektedir. Bina çözümlenmeleri için yapılan yapı analizleri, yapıyı oluşturan yapı elemanlarının boyutlarının değişimi ve kaba inşaat metrajları ve maliyetlerinin deprem parametrelerinin artışına paralel bir şekilde değiştiğini ve arttığını göstermiştir.

Daha önce yapılan birçok çalışmada, deprem bölgelerinin değişimini dikkate alan yapı analizleri ve neticesinde yapı elemanlarının boyutlarının değişimi ve kaba inşaat metrajı yapılarak maliyete etkisinin ne denli önemli olduğu ortaya konmuştur.

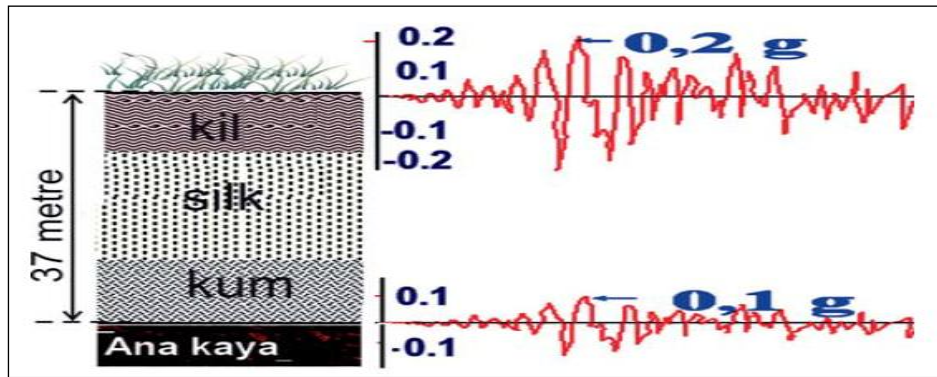
### 1.1.2.Zemin Sınıfı - Kat Adedinin ve Düzensizlik Parametresi Etkisi

#### 1.1.2.1 Zemin Sınıfı Parametresi

Deprem karakteristiğinin yanında yapılarda yapı maliyetinin artışına neden olan diğer bir etken yapıların üzerine inşa edildikleri zemin sınıfı gelmektedir. Özellikle zemin tabakalarının cins, kalınlık, yeraltı su seviyesi gibi özelliklerin değişebilir olması yakın bölgelerde aynı proje ile inşa edilmesine rağmen farklı hasara yol açabilmektedir (Ansal ve Lav., 1992). Aynı deprem büyüklüğünde iki farklı zeminde oluşan maksimum hızlar ve ivmeler Şekil 1’de görülmektedir. Zemin sınıfları ve deprem bölgelerinin bina yatay kuvvetlerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, Z1 ve Z2 zemin sınıfları arasında % 22 fark görülmüştür. Aynı çalışmada 1. ve 2. deprem bölgeleri arasında da % 33 fark görülmüştür (Muratoğlu ve Özkan, 2001).

Binaların depremde hasar görmesinin zeminden kaynaklanan bir durum olduğu ve depreme karşı binanın güvende olup olmadığına binanın statik sisteminden ziyade zeminin sağlam olması on plana çekilmektedir. Bazı kişilere göre zemin iyi ise deprem binayı yıkamaz. Zemin çok sağlam değilse bina yapmak doğru olmaz gibi bir şablon ortaya konulmaktadır.

Zemin koşulu binanın projelendirilmesinde önemli bir parametredir. Ana kayanın üzerindeki tabakaların cinsi binanın depremde maruz kalacağı etkiyi artırabilir. Örneğin, Şekil 1’de ana kayada yapılan tespitite deprem ivmesi yerçekimi ivmesinin 0.1 katı olarak ölçülmüş iken, 37 metre yukarıda uç farklı tabaka üzerinde aynı deprem ivmesinin iki kat arttığı deneysel olarak elde edilmiştir.



Şekil 1.1. Deprem ivmesinin ana kaya ve yüzeyde değişimi

Yumuşak zeminlerde etkinin arttığı bilinen bir gerçektir. Yumuşak zemin üzerine bina yapılmaz denemez, önemli olan zemin koşullarının belirlenmesi ve proje safhasında gereğinin yapılmasıdır. Yani, zemin durumuna göre deprem etkisi belirlenmeli ve belirlenen etkiye göre gerekli emniyet sağlanmalıdır. Burada önemli olan zemin koşullarının bilimsel değerlendirmesidir. Aksi halde zemin koşullarına uygun temel yapılmaması durumunda büyük hasarların oluştuğu bilinen bir gerçektir. Bu bağlamda yumuşak bir zeminin iyileştirmesi için ise bazen yapı maliyetinin %15 ila %40 arasında bir maliyet artışına neden olabilmektedir.

2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak tanımlanan zemin sınıflarının tek katlı sanayi yapılarının taşıyıcı sistemlerinin maliyetlerine olan etkisi incelemiştir. Bu amaçla 4 farklı zemin sınıfı üzerinde farklı kolon açıklıklarına ve de farklı çatı tiplerine sahip 172 adet farklı taşıyıcı sistem tasarlamışlar. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre Z2, Z3 ve Z4 sınıfı zeminler üzerine inşa edilecek yapıların taşıyıcı sistem maliyetleri Z1 sınıfı zeminlerdekine nazaran sırasıyla ortalama 14%, 20% ve 49% fazla olduğunu görmüşler (Dikmen ve Özek, 2007).

#### **1.1.2.2.Kat adedi ve Düzensizlik Parametresi**

Genellikle yapı maliyetleri kıyaslamasında, (kat planı aynı ve düzensizlikler dikkate alınarak) 4-8 katlı betonarme yapıların maliyet değişimi incelenmektedir. Metrajlı karkas maliyeti çıkartılan bu tipik binaların, 1. derece deprem bölgesine göre analizleri yapılmaktadır. 1.<sup>o</sup> deprem bölgesindeki çok katlı, düzensiz ve Z4 zemindeki binalarda bile, karkas maliyeti en çok %20 kadar artmaktadır. Temel maliyetinin büyüklüğünden ötürü, aynı zemin sınıfı için; kat adedi arttıkça taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyetleri genelde biraz azaldığı görülmüştür. Bu durum özellikle Z1 yerel zemin sınıfında daha belirgin olarak görülmektedir ve diğer parametreler ile de pek değişmemektedir. Z4 zemin sınıfı için ise, kat adedinin bir seviyeden sonraki artışı, özellikle A1 düzensizliği bulunan yapıların taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyetini daha bir artırmaktadır. Bu artış; tam düzenli binada %3-4 gibi küçük seviyelerde kalmaktadır. Fakat A1 düzensizliği olan 8 katlı bir yapı eğer Z4 üzerinde ise, %18-20 gibi karkas ek maliyetleri gündeme gelmektedir (Türkmen ve ark., 2005).

Elde edilen sonuçlara göre; kat adedi arttıkça taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyetlerinin genelde az da olsa azalması beklenmelidir. Düzenli yapılar için bu avantaj çok daha mümkün ve belirgindir. Sadece hem yüksek, hem düzensiz ve hem de zayıf zemin üzerindeki binaların karkas maliyeti belirgin bir şekilde (%20 kadar) artmaktadır. Diğer durumlarda bu artış çok daha azdır. Artışın asıl kaynağı, zemin parametreleri değil, daha çok yapı düzensizliği ve kat adedidir. Ancak bu sınırlı karkas sistem maliyet artışları karşılığında, yapımızın Vt tasarım taban kesme kuvvetleri, çok daha fazla artırılabilir (tasarım yöntemleri-Yönetmelikler, buna müsaittir). Yapıların dinamik deprem etkisi altında doğrusal ötesi gerçek davranışı ve deprem dayanımı, bu yazının konusu değildir. Ancak çok daha büyük Vt taban kesme kuvvetine göre tasarlanacak yapıların, bu açıdan çok daha rahat olacağı aşikardır. Dolayısıyla aynı karkas sistem maliyetine sahip sıkı zemin üzerindeki düzenli yapılar için, fazladan emniyet (overdesign) payının çok daha yüksek olduğu, bu çalışmadan da görülmektedir. Nitekim deprem sonrası hasar raporları da bu hususu doğrulamaktadır. İncelediğimiz yapı modelleri için, depreme dayanıklı yapı tasarımının getirdiği ek yük, en olumsuz şartlarda bile, toplam maliyetin ancak %5 artırmaktadır. Daha korumacı yönetmelik hükümleri koymak açısından bu, büyük bir imkandır. Projede kullanılan Vt tasarım taban kesme kuvvetinin ve gerçekte yapıya etkiyecek deprem kuvvetinin çok değişken oluşu, medyadaki-kamuoyundaki zemin-fay tartışmalarının yoğunluğunu önemini, haklı gösterebilir. Fakat mevcut yönetmelik ve statik-betonarme tasarım yöntemleri değişmedikçe, bu zemin tartışmaları sonuçta aranan-hedeflenen deprem dayanımını doğrudan etkileyemez. Çünkü özellikle zayıf zemindeki yüksek binaların overdesign payı, diğer yapıların bu overdesign payına göre, yine düşük kalır. Yapıların emniyet paylarının çok farklı olması ise, bir israftır ve toplumsal maliyeti de yüksektir.

İnsanlığın varoluşundan bu yana depremler insanları etkileyen en önemli doğal afetlerden biri olmuştur. Geçtiğimiz yüzyılda nüfus artışına, teknolojik ve ekonomik gelişime paralel olarak insanlar dağınık ve tenha yerleşim stilinden vazgeçerek kentlere göçmüşlerdir. Böylece şehirler büyümeye başlamış, insanoğlunun dünya üzerinde görülmesinden milyonlarca yıl önce de varolan depremlerin şehirler üzerindeki etkisi de giderek artan boyutta hissedilmeye başlamıştır. İlk dönemlerde insanlar depremlerin doğa üstü güçler tarafından oluşturulduğunu düşünmüş ve depremlerin nedenleri üzerinde bilimsel olmayan görüşler ileri sürmüşlerdir. Ancak

18. yüzyılın sonundan itibaren bu bağnaz görüşler etkisini yitirmiş, bilimsel düşünölmeye ve gözlemlerin bilimsel yöntemlerle değeriendirilmeye başlanması ile depremlerin nedenleri de ortaya konmaya başlanmıştır. 20. yüzyılda ise diğeri bütün bilim dalları gibi deprem bilimi de büyük bir gelişim süreci yaşamıştır. Bugün deprem bilimi teknolojik yeniliklerden önemli oranda faydalanmakta hatta teknoloji üretmektedir.

Bugün bilinen ve kabul edilen gerçek depremin yerin hareketleri sonucunda oluştuğudur. Depremler çeşitli nedenlerden dolayı oluşmaktadır. Bunlar başlıcaları olarak; volkanik patlamalara bağılı olarak oluşan depremler, yerkabuğı içerisindeki boşlukların çökmesi ile oluşan depremler ve en önemlisi olan faylanmaya bağılı olarak oluşan depremler sayılabilir.

Depremlibilimin en önemli kuramlarından biri 1910 yılında Amerikalı bilim adamı H.F. Reid tarafından ileri sürölen esnek yamulma enerji salınması (elasticrebound) kuramıdır. Bu kurama göre mevcut bir fayın iki tarafındaki bloklar fay düzlemi boyunca birbirlerine sürtündükleri için hareket edemez, üzerlerine gelen kuvvetleri deforme olarak karşılarlar. Bu durumdaki faylara kilitli fay denir (Tüysüz ve Erturaç, 2005). Üzerlerine yüklenen enerjiyi biriktiren ve deforme olan kayalar deformasyonun gücü sürtünme gücünü ya da bloklardan birini oluşturan kayaların kırılma dayanımını yenecek seviyeye gelince aniden kırılır ve fay oluşur. Kayalar içerisinde o zamana kadar biriken enerji, depremin odak noktasında boşalır, fay harekete geçerek bloklar bir miktar atılır. Fayın iki tarafındaki kayalar ise deformasyon öncesindeki hallerine dönerler. Kayalara etki eden kuvvet devam ettikçe bu döngü de sürer. Fay blokları arasında kaymanın başladığı yere depremin odak noktası, bu noktanın yeryüzündeki izdüşümüne merkez üssü ya da dış merkez denir (Şekil 1.3.). Esnek serbestlenme kuramına göre katı bir ortamda yer kabuğunun kırılması (faylanması) ve depremin oluşumunu zaman içinde aşamalı olarak göstermektedir.

## 1.2. Depremin doğa ve yapılar üzerindeki etkileri

Depremlerin oluşturduğu yer sarsıntısı gerek insan yapımı gerekse doğal yapılarda depremin büyüklüğüne ve şiddetine bağılı olarak farklı deformasyonlar meydana gelir. Yer sarsıntısının doğrudan neden olduğu bu hasarlara bağılı



olarak depremler örneğin tsunami, su baskını, yangın vb. olayları da tetiklemekte ve maddi-manevi zararlara neden olmaktadır.

Deprem nedeniyle yapılarda meydana gelen ve gözlenen hasarlar, depremin büyüklüğü, şiddeti, derinliği, depremin oluş mekanizması, zeminin türü, zemin-yapı etkileşmesinin durumu ve yapının türü ve kalitesi gibi faktörler tarafından denetlenir. Hasarı azaltmak için bunlardan zemin kalitesine sınırlı olarak müdahale edilebilmekte ve zemin değişik yöntemlerle iyileştirilebilmektedir. Zemin koşulları ve olabilecek bir depremin bina üzerindeki etkileri tahmin edilerek yapılacak binalarda ise depremi can kaybına yol açmadan mümkün mertebede yapıların taşıyıcı sistemler (kolon, kiriş, döşeme ve temel) hasar görmeden ve minimum hasarla atlatabilmektedir. Son zamanlarda ülkemizde ve dünyada yaşanan depremlerden edinilen tecrübelerle göre hafif çelik yapılar depremde en az hasara uğrayan yapılardır. Statik projeleri TS500 ve (DBYBHY-2007) Deprem Yönetmeliği koşulları dikkate alınarak hazırlanmış betonarme yapılar ise deprem esnasında iyi dayanan yapılardır. Ahşap yapılar büyük depremlerde eğilme ve katlar arasında kayma gerilmeleri göstermekle birlikte orta büyüklükteki depremlerde iyi davranmaktadır. Kagir ve kerpiç yığma yapılar ise süneklik katsayı değeri az olduğundan dolayı depreme en az direnç gösteren yapılardır. Özellikle kerpiç ve yığma yapılar ortanın altında sayılabilecek büyüklükteki depremlerde dahi yıkılmakta ve maddi manevi zararlara yol açmaktadır. 3 Şubat 2002'de Çay'da yaşanan depremde kerpiç evlerin hemen hemen çoğu çökmüş ya da ağır hasar görmüşlerdir. İstatistik sonuçlarına göre Türkiye'deki yapıların depreme karşı davranışı ve hasar gören binaya oranla can kaybı açısından dünyanın en geri birkaç ülkesi arasında yer almaktadır.

Depremler doğal unsurlar üzerinde de ciddi tahribat oluşturabilmektedir. 6 dan büyük ve sığ depremler yeryüzünde fay kırıkları oluşturabilirler. Depremin büyüklüğüne bağlı olarak deprem esnasında fayın iki tarafında bulunan bloklar birbirine göre hareket eder, böylece yüzey kırıkları oluşturur. Bu kırıklar bazen yüzlerce kilometre uzunluğa ulaşabilmektedir. Örneğin 1939 Erzincan depreminde yüzey kırığı 360 km, 1999 Gölcük depreminde ise 130 km olarak belirlenmiştir. Kırıkların yer içine doğru olan derinliği ise genellikle kilometrelerle ifade edilmektedir. Depremin büyüklüğüne bağlı olarak fayın iki tarafındaki blokların

birbirine göre hareket miktarı (atım) da farklı değerler almaktadır. Atım miktarı 1939 Erzincan depreminde 7.5 m, 1999 Gölcük depreminde 5 m, 2002 Çay depreminde ise 25 cm civarında olmuştur(Barka, 1992 ; Parsons ve ark., 2000).

Kuzey Anadolu fayı batı kesimlere doğru çatallanarak üç ana kola ayrılır. Sismolojik veriler en kuzeyde yer alan kolun bunlar arasında en aktif olduğunu, GPS verileri ise Kuzey Anadolu fayı üzerindeki yıllık ortalama 2 cmlik hareketin büyük bir kısmının bu kol üzerinde gerçekleştiğini göstermektedir (McClusky ve ark., 2000). Bu kol Marmara Denizi'ne İzmit Körfezi'nden girerek deniz içerisinden geçer ve Mürefte civarında yeniden karaya çıkar. Fayın Marmara Denizi içerisindeki geometrisi uzun yıllar tartışma konusu olmuştur. Ancak 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında uluslararası projelerle üretilen veriler bu kolun Marmara Denizi içerisinde iki parçalı bir tek fay şeklinde olduğunu ortaya koymuştur (Le Pichon ve ark., 2001).

Depremler genellikle mevcut olan heyelanların tetiklenmesine de yol açarlar. Bu heyelanlar kara alanlarında olabildiği gibi 1999 Gölcük depreminde yaşandığı gibi deniz altında da olabilir ve bu durumda dev dalgalara (tsunami) da yol açabilir. Depremler zaman zaman yer altı suyu içeren tabakaları etkileyerek suyun mevcut çatlaklardan yeryüzüne çıkmasını ve çamurla birlikte akmasına neden olmaktadır. Diğer yandan deprem esnasında henüz çimentolanmamış kayaların boşlukları içerisinde bulunan yeraltı suları yüksek basınç kazanarak zemin tanelerinin birbirlerine olan sürtünmelerini yok etmekte, böylece kum oranının fazla olduğu ya da zeminin gevşek olduğu ortamlar, depremlerin sarsıntısı etkisiyle sıvı gibi davranarak özelliklerini kaybetmektedir. Sıvılaşma adı verilen bu olay sonucunda zemin taşıma gücünü kaybetmekte, binalar sıvılaşmış zemin üzerinde yüzdüklerinden devrilmekte ya da zemine batmaktadır. 1999 Gölcük depreminde Adapazarı merkezinde görülen hasarın büyük bir kısmı sıvılaşma nedeni ile olmuştur. Denizler altındaki depremlerde oluşan faylanma ve deformasyonlar çok büyük su hacmini harekete geçirerek kıyılarda deniz basmasına ve büyük dalgalara neden olur. Bu dalgalara tsunami denir. Kıyıya yakın yerlerde bu dalgaların yüksekliği artar ve kıyılarda çok büyük zararlara neden olur. Yapılan araştırmalar Marmara çevresinde tarihsel dönemlerde en az 12 tsunami hadisesinin yaşandığını işaret etmektedir.

### 1.3. Türkiye'nin Depremselliği

Alp-Himalaya deprem kuşağında yer alan Türkiye'de olan depremler, Atlantik Okyanus ortası sırtının iki tarafa doğru yayılmasına bağlı olarak Afrika-Arabistan levhalarının kuzey-kuzeydoğuya doğru hareket etmeleriyle ilişkilidir. Ayrıca, Kızıldeniz'in uzun eksenini boyunca bugün de devam eden deniz tabanı yayılması nedeni ile Arabistan levhası kuzeye doğru itilmekte ve Avrasya levhasının altına doğru dalmaya zorlanmaktadır. Bu zorlanma ile Arabistan levhası ile Avrasya kıtası arasında kalan Doğu Anadolu bölgesinde yoğun sıkışma etkisi oluşmaktadır(<http://turkiyecografyasi.net>).

Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı gibi belli başlı büyük kırıkları harekete geçiren bu sıkışma milyonlarca yıldır devam etmekte ve günümüzde de yaşadığımız depremlerin ana nedenini oluşturmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı 1400-1500 km uzunluğunda bir faydır. Kuzey Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu Fayı arasında kalan Anadolu levhası yılda 13-27 mm hızla, batıya doğru hareket etmekte ve en batıda ise sola doğru kıvrılarak Girit dalma-batma bölgesine doğru ilerlemektedir (Şekil 1.2). Arabistan levhasının kuzeye doğru ilerlemesi ile Atlas Okyanusu ve Akdeniz'i Hint okyanusuna bağlayan eski bir okyanus yok olmaya başlamış ve böylece Arabistan kıtası ile Avrasya kıtası birbirleri ile çarpışma sürecine girmiştir. Anadolu bu çarpışma bölgesi üzerinde bulunmaktadır. Çarpışma sırasında Anadolu'nun doğusunda kıta kabuğu kalınlaşmış olup bu kalınlaşma halen de devam etmektedir. Bu sayede Doğu Anadolu birkaç milyon yıldır yaklaşık 2000 m yükselmiştir (<http://turkiyecografyasi.net>).

Günümüzden yaklaşık 5 milyon yıl önce Kuzey Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu Fayı Karlıova'da birleşmiş olup Anadolu levhası da 100 yılda 2 metre kuzeye doğru ilerleyen Arabistan levhasının sıkıştırması sonucunda o tarihten beri batıya doğru kaymaktadır. Anadolu levhasının batıya hareketi, Yunanistan-Ege coğrafyasındaki yer kabuğu tarafından engellenmeye çalışılmaktadır. Bu engelleme Batı Anadolu'da genişlemelere yol açmakta ve bu bölgede graben ve horst adı verilen çöküntü ve yükselti alanları oluşmaktadır(<http://turkiyecografyasi.net>).

Afrika levhasının kuzeyindeki, Akdeniz'in tabanındaki kalıntı okyanussal kabuk yaklaşık 15 milyon yıl önce Girit Adası'nın güneyinde, Avrasya levhasının altına dalmaya başlamış, dalan bölüm Manto içinde ergiyerek magmaya dönüşmüş ve bu magma tekrar yükselerek Ege Denizi'ndeki volkanik ada yayı kuşağını oluşturmuştur. Anadolu levhasındaki yaşanan bu süreç beraberinde de birçok fayın gelişmesine ve buna bağlı olarak da depremlerin oluşmasına neden olmaktadır(<http://turkiyecografyasi.net>).

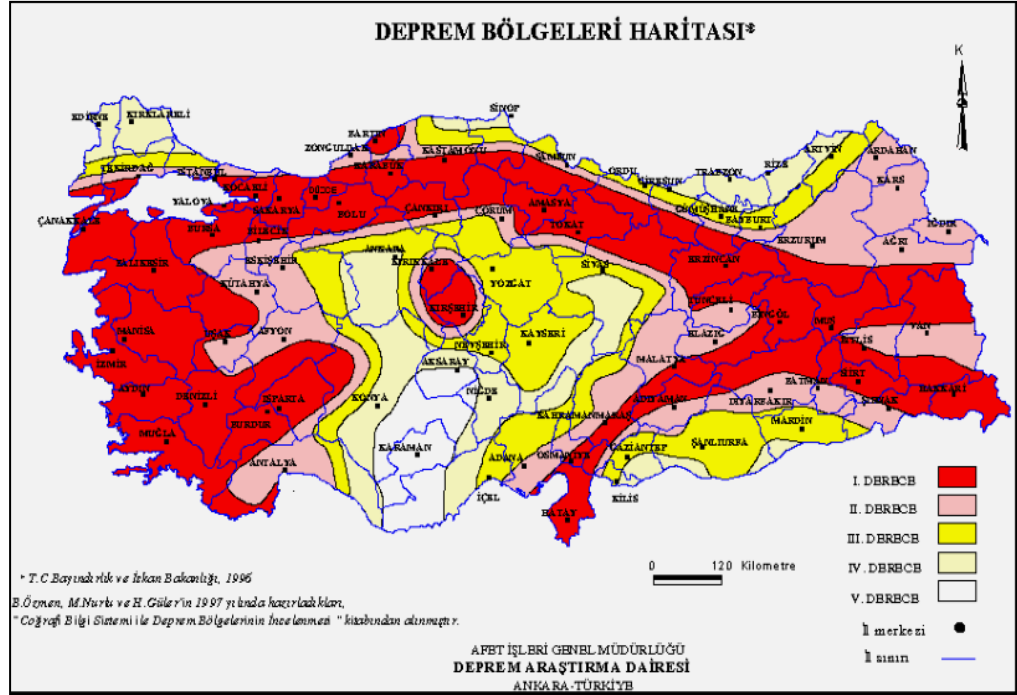
Türkiye deprem potansiyelinin daha iyi anlaşılabilmesi için (Şekil 1.3.) Türkiye diri fay haritası, (Şekil 1.4.) Türkiye deprem bölgeleri haritasına bakmak yararlı olacaktır.



Şekil 1.2. Anadolu Levhasının Batıya Kayma Mekanizması (Okay Ve Diğerleri, 1999'da Düzenlenmiştir).



Şekil1.3. Türkiye Diri Fay Haritası (MTA, 2012)



Şekil 1.4. Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası

Daha önceki bölümlerde de değindiğimiz gibi depremlerin oluşumu kaçınılmazdır. Depremi nerede, ne zaman, hangi büyüklükte meydana geleceğini tam olarak bilmenin mümkün olmadığı kabul edilen bir olgudur. Bu amaçla hem dünyada hemde Türkiye'de çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda depremin olacağı ve bu oluşacak depremlere önlem alınması gerekliliği fikri kabul edilmektedir. Depreme karşı tüm tedbirlerin alınıp depremin yıkıcı etkilerini azaltmaya karşı insanlar bilinçlendirilmelidir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Özkan ve Muratoğlu(2005), konut türü betonarme bir binanın taşıyıcı sistem maliyetinin, deprem bölgelerine bağlı değişimini incelemiştir. Bu çalışma sonucunda 1'inci ve 4'üncü deprem bölgeleri arasında betonarme binaların, salt taşıyıcı sistem maliyetindeki artış oranının % 14 düzeyinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Boyutlandırma neticesinde yapılan metraj özeti ve imalatların birim fiyatlandırması sonucundaki bina kaba maliyeti (Çizelge 2.1.) de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Metraj Özeti

Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı	Beton m <sup>3</sup>	Demir (ton)	Kalıp m <sup>2</sup>	Beton (YTL)	Demir (YTL)	Kalıp (YTL)	Toplam Tutar (YTL)
1.derece	Z1	260	27	1875	73,631	962,2	10,7	65.185,96
2.derece	Z1	254,3	25,1	1853	73,631	962,2	10,7	62.702,68
3.derece	Z1	251,7	23,9	1839	73,631	962,2	10,7	61.206,80
4.derece	Z1	224	21,8	1715	73,631	962,2	10,7	55.819,80

Dorum, Özkan, Erdal (2006) çalışmasına göre; 1. ve 4. Deprem Bölgeleri arasında; betonarme binaların, salt taşıyıcı sistem maliyetindeki değişim oranı % 14 düzeyinde olduğu gözlenmiştir. 2. ve 3. Derece Deprem bölgelerinde ise maliyette gerçekleşen azalma % 6'yı geçmemektedir. Zemin sınıfları arasında maliyet değişimi incelendiğinde ise Z1 ve Z2 zemin sınıfları arasında % 5, Z1 ve Z3 zemin sınıfları arasında % 18, Z1 ve Z4 zemin sınıfları arasında % 22 oranında maliyet artışı görülmektedir.

Çalışmada, deprem bölgesi ve zemin sınıfının değişmesi ile yapı maliyetinde meydana gelen değişim incelenmiştir. 5 katlı üç yapının her bölgede ve zemin sınıfında statik ve betonarme analizi yapılmış ve kaba inşaat maliyeti hesaplanmıştır. Yapılan analizler neticesinde 1. Derece Deprem Bölgesine göre 2. Bölgede % 4, 3. Bölgede % 6, 4. Bölgede de % 14 yapı maliyetinde düşüş gerçekleşmiştir. Zemin sınıflarında ise 2. zemin sınıfında % 5, 3. zemin sınıfında % 18 ve 4. zemin sınıfında ise % 22 düzeylerinde maliyet artışı görülmüştür. Zemin sınıfının en kötü olduğu Z4 sınıfta deprem bölgeleri değişimdeki maliyet değişimi daha sınırlı kalmaktadır. Z1

zemin sınıfında maliyette görülen düşüş daha net şekilde görülmektedir (Dorum, Özkan, Erdal, 2006).

Kat adedi dört ile sekiz arasında değişen binalarda, taşıyıcı sistem maliyeti, bina toplam maliyetinin % 23-27'si arasında bir değere tekabül etmektedir. Kat adedi, deprem bölgesi ve zemin sınıfı değişiminin bu oranları fazla etkilemediği görülmüştür. Buradan sekiz kata kadar olan betonarme binalarda; taşıyıcı sistem maliyetinin, bina toplam maliyetini fazlaca etkilemeyeceğini söylemek mümkündür. Bir binayı depreme dayanıklı yapmakla yapmamak arasındaki maliyet farkı, bina toplam maliyetinin yaklaşık %4-8 gibi küçük bir oranını oluşturmaktadır. Toplam bina maliyeti içerisindeki yüzdesi bu kadar küçük olan bir maliyeti düşürmek amacıyla, taşıyıcı sistem elemanların boyut ve donatı tasarrufuna yönelmek, yapıyı deprem güvenliği açısından tehlikeye düşürmekten başka bir işe yaramayacağını söylemek mümkündür.

Muratoğlu ve Özkan(2005),çalışmasına göre üç farklı kalıp planına sahip 4 ve 8 katlı yapıların dört deprem (1., 2., 3. ve 4.) bölgesine ve dört zemin sınıfına (Z1, Z2, Z3, Z4) göre binaların katlarında meydana gelen deprem yükleri belirlenmiştir. Yerel zemin sınıfları ve deprem bölgeleri de yapının yatay kuvvetlerine etki etmişlerdir.1. derece deprem bölgesindeki bir yapıda, Z1 ve Z2 yerel zemin sınıflarında etki eden yatay yük arasında % 25 fark görülmüştür. Z1 yerel zemin sınıfındaki bir yapıda ise 1. ve 2. deprem bölgeleri arasında % 33 fark görülmüştür.



### 3. MATERYAL ve METOD

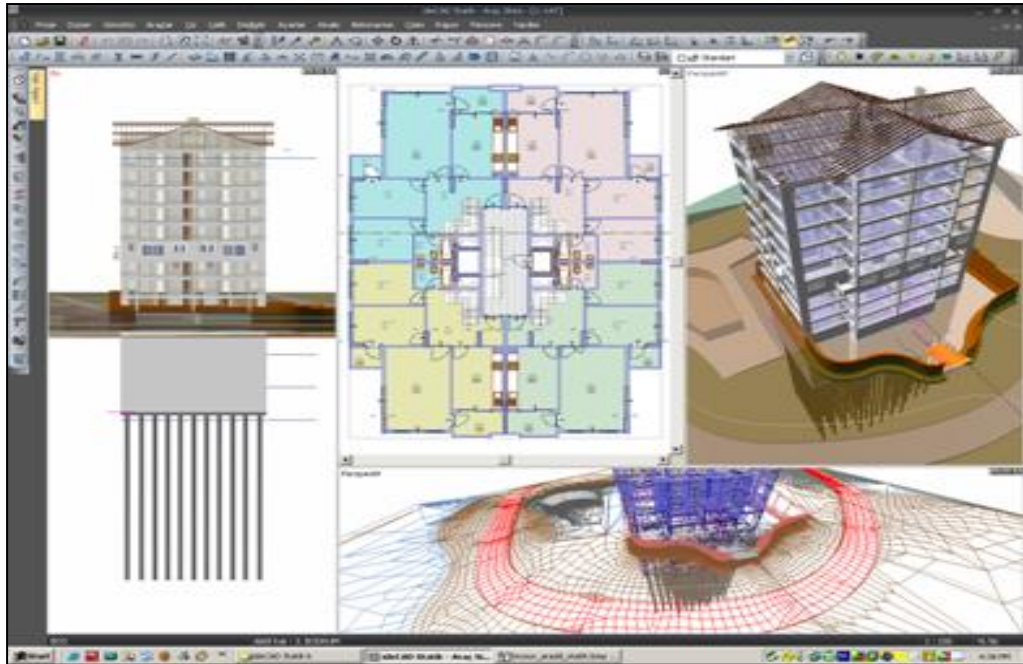
#### 3.1. Hesap Analizi İçin Kullanılan İdeCAD Paket Program

Binamızın bulunduğu mahalde binanın temel türüne karar verebilmek için zemin etüdü yapılmıştır. Binamızın taşıyıcı sisteminin hesabı ideCADStatik programı kullanılarak yapılmıştır. İdeCAD Statik programına binanın parametrelerini(zemin etüdü değerleri, yapı sınıfı, deprem bölgeleri ve bunlara bağlı girilmesi gereken etkin ivme katsayısı, bina önem katsayısı, sistem davranış katsayısı vb.) girilmeden önce binanın projesi ideCAD mimaride yapısal elamanlar (kolon ve döşeme) ve yapısal olmayan (duvar, duvar penceresi ve kapı vs.) modellenmiştir. Duvar yüklerinin ve boşluklarının düşey yük kombinasyonuna aktarılması duvar alanı, sıva, boya vs. metrajlarının sağlıklı bir şekilde elde edilebilmesi için modellemeye özen göstermiştir. Modellenen yapının dataları ile,ideCAD paket programının ide Statik modülüne aktarımı yapılarak binanın taşıyıcı sistem hesabı yapılmıştır. Hesap analizi sonucu; yapının deprem, betonarme- statik analiz sonuçları yanında yapı kaba hesap metrajları (beton metrajı, donatı metrajı ve kalıp metrajı) hesaplanmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı güncel birim fiyatlarıyla bu metrajlar ile yapı maliyetinin %40'ı hesaplanmıştır. Literatürde kaba maliyet, yapı maliyetinin %40'na mukabil gelme şartıyla yapının %100 maliyeti hesaplanabilmektedir. Bu sonuçlar ileriki bölümlerde verilmiştir. Öte yandan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2013 yılı 'Yapı Yaklaşık Birim TL/m<sup>2</sup> maliyetleriyle bu yapının yaklaşık maliyeti ayrıca hesaplanarak kıyaslamaya gidilmiştir(2013 Çevre ve Şehircilik). Yapının ince imalat metrajlarının bir kısmı ise; ideCAD' in mimari hesap modüllünden elde edilerek toplam maliyet hakkında bir fikir vermiştir.

Araştırma ve Bulgular bölümüne bir altlık olarak; yapı analizleri için ülkemizde en çok tercih edilen ideCAD (ide Mimari- ide Statik Modülleri) programı hakkında genel bilgi vermekte fayda vardır.

İdeCAD' in Statik modülü; İnşaat mühendislerine yönelik bir yapısal analiz (Statik Betonarme) bilgisayar yazılımıdır. Betonarme yapı sistemlerinin statik ve dinamik analizi, boyutlandırılması, projelendirilmesi, güçlendirilmesi ve detaylandırılmasında kullanılan komple entegre bir yazılım programıdır. İdeCAD aynı proje dosyasıyla; hem statik hemde mimari projenin entegre çalışmasına olanak sağlamaktadır. Bu ise inşaat mühendisleri ve mimarların ayrılmaz bir bütün olduğu bilinciyle; aynı proje dosyası paylaşımı ile daha sağlıklı projeler üretilmesine imkan sağlamaktadır. Yapıların gerçek anlamda modellenmesine olanak sağlamak için; mimari modülde çizilen gerçek duvar (pencere ve kapı boşlukları minha edilerek) elemanları, statik modül ile yapının tam anlamıyla gerçek ağırlığı tespit edilmektedir. Statik modül, döşeme, kolon, kiriş ve temel gibi elemanlar ile yapı iskeletini gerçek duvar yükleriyle tasarıma fırsatı sunan bir program olup analiz sonuçlarının kısa bir süre içerisinde grafiklerle irdelenmesine imkan sağlayan eş zamanlı üç boyutlu arayüze de sahiptir. Bu yönüyle de; ideCAD Statik, tüm inşaat mühendislerine; güvenilir hesaplamalar yapacakları hızlı ve planlı çalışma olanağı sunmaktadır.

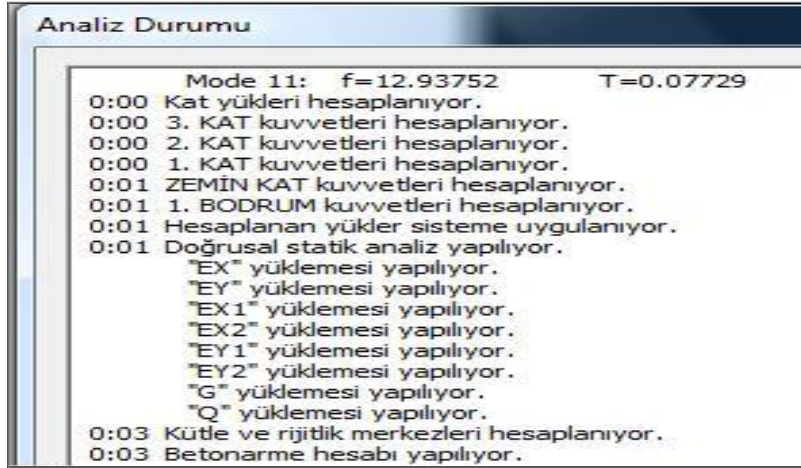
Genel amaçlı tasarım ve çizim programı olan ideCAD Statik; katları olan veya olmayan, katlarda rijit diyaframı olan, kısmen rijit diyaframı olan veya tamamen rijit diyaframsız yapıların, yarı veya tam rijit diyafram kabulleriyle yapı analizlerini otomatik olarak yapabilir.



Şekil 3.1. Betonarme yapı sistemlerinde İdeCAD Statik programı arayüzleri

### 3.1.1. Program Statik Modülü

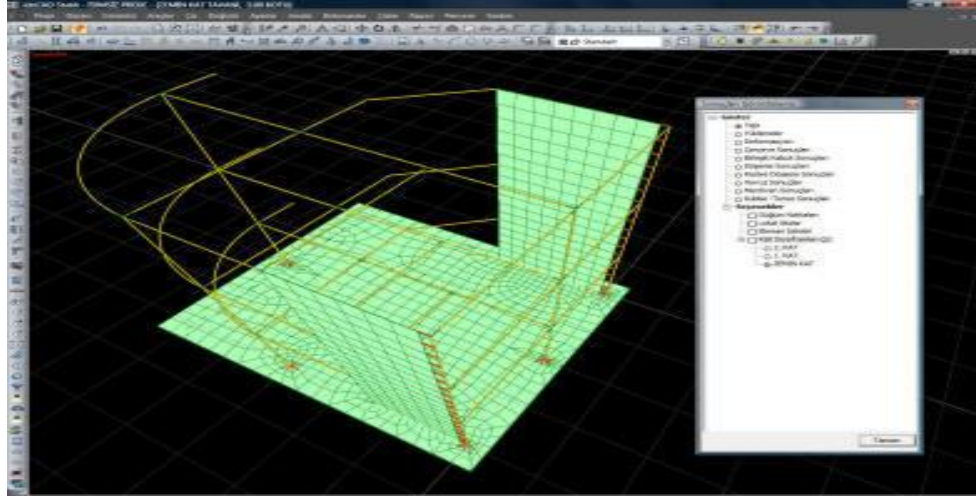
İdeCAD statik programında analizin nasıl yapıldığı hakkında genel bilgi; 2007 yılı (DBYBHY) Türk Deprem Yönetmeliği'ne ve 2000 yılında yayımlanan Türk Betonarme Yönetmeliği olan TS500'e tam olarak uyumlu olan ideCAD Statik programında gerekli tüm kontroller otomatik yapılabilmektedir.



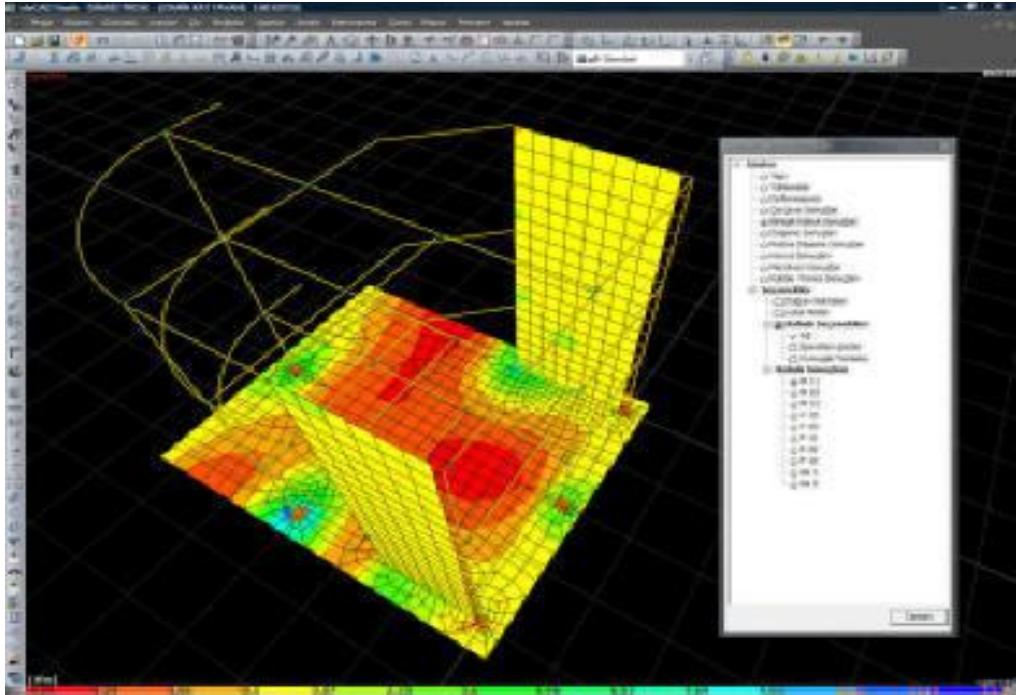
Şekil 3.2. Analiz durumu

### 3.1.2. İdeCAD Statik'te Akıllı Çerçeve Modeli

Programda, yaklaşık çerçeve modelleri yerine, çubuk ve levhalardan oluşan 3 boyutlu çerçeve modeli kullanılır. Sistemi oluşturulan model bileşenlerinin otomatik olarak üretilmesi, mühendislere kolaylık ve hız sağlar. Model, mimari programından alınmışsa, yapının geometrisi bellidir. Kat yükseklikleri, döşemeler, kirişler, kolonlar ve yapıyı oluşturulan diğer elemanların boyut ve konumları zaten tanımlanmış olur. Bu durumda, statik yapı elemanlarının boyutlarını değiştirerek, modeli güvenli ve ekonomik hale getirebiliriz. Modeli oluşturduğumuzda yapının gerçek karkas görüntüsü ortaya çıkar. Karkas yapıya ait çubuklar, levhalar, eleman ve düğüm numaraları, mesnetlenme şekilleri ve döşeme meshleri, matematik için otomatik olarak oluşturulur.



Şekil 3.3. Akıllı çerçeve modeliyle tasarlanan bir yapıda görünüm



Şekil 3.4. Akıllı çerçeve modeliyle tasarlanan bir yapıdan farklı görünüm

### 3.1.3. İdeCADStatik'te Döşeme Statik Hesapları

Döşeme hesaplarında bütünleşmiş FEM (Finite Element Method) plak modülü devreye girer; döşeme meshleri planlarından otomatik olarak üretilir. Mesnetleme koşulları, plandaki kirişlerin, döşeme boşluklarının, kolonların ve perdelerin konumları çerçevesinde otomatik olarak algılanır. Plak FEM modülüyle kirişli ve ters kirişli plakların, nervürlü ve kaset kirişli döşemelerin, mantar ve kirişsiz döşemelerin





### 3.1.4. İdeCADStatik'te Döşemelerden Kirişe Otomatik Yük Dağıtımı

Yapıların düşey, yatay, doğrusal, noktasal ve alansal yükler gerçek yapı geometrisinden otomatik olarak algılanır ve üretilir. Döşemelerden kirişlere aktarılan yükler, FEM analizi sonucu hesaplanan gerçek yüklerdir. Kiriş üzerindeki duvar yükleri, kapı ve pencere boşlukları dikkate alınarak hesaplandığı gibi, kirişlerin kendi ağırlıkları da kombinasyonlarda kullanılmak üzere dikkate alınır. Geometriden bağımsız yükler kullanıcı tarafından ayrıca tanımlanabilir. Döşeme yükleri hesaplanırken, döşeme boşluklarının ve döşeme üzerindeki konsantre yüklerin kirişlere tamamen doğru bir şekilde aktarılması titiz bir hesaplama sürecinde önemli bir rol oynar. Sistemde tanımlanan toprak ve rüzgar yükleri, kombinasyonlarda kullanılmak üzere dikkate alınır ve seçilen yönetmelik koşullarına göre yükleme kombinasyonları oluşturulur. Böylece sistem, matematik modeli, yükleri ve yükleme kombinasyonları ile birlikte hesaba hazır hale gelir.

### 3.1.5. Programda Yapılabilen Statik Analiz Türleri

Lineer statik analiz, Lineer performans analizi, Large displacements nonlinear analizi, Time history analizi, Response spektrum analizi, Euler buckling analizi, Modal analiz (Eigen Value), Artımsal itme analizi, Response + - burulma yüklemesi yapabilme, Aşamalı inşaat hesabı, T1 ve T2 olarak iki farklı yükleme durumu ile ısı farkları hesabı (sıcaklık değişimi yüklemesi)

#### 3.1.5.1. Statik Analizlerde Dikkate Alınan Hususlar

Analizlerde dikkate alınan hususlar şöyledir:

Aşamalı inşaat hesabında CEB-FIB 90 yöntemi ile betonun zamana bağlı elastisite modülü değişimini, rötre ve sünme etkilerini dikkate alabilme,

Yükleme durumuna göre eleman bazında elastisite modülü veya atalet momentleri için azaltma faktörleri tanımlayabilme,

Dilatasyonlu yapıların ortak temel analizi,

Response analizde yönsel ve birleştirme yapabilme,

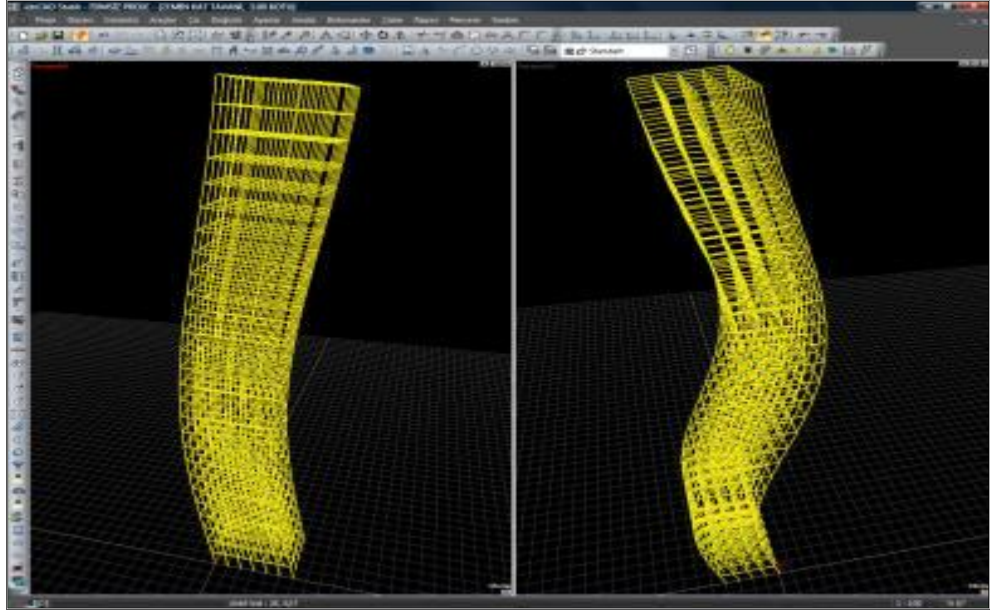
Modal analizde kolon kiriş birleşim noktalarında yoğunlaşmış kütleler tanımlayabilme,

Statik, modal, lineer, nonlinear, time history ve buckling analizde yapı-temel etkileşimli çözüm,

Düzensiz gelişigüzel yapılarda, kütleleri, noktasal ve yoğunlaşmış kat kütleleri şeklinde kullanabilme,

TS500 6.3.8 Yineden Dağılım maddesini uygulayabilme,

TS498 Madde 13 Hareketli yük azaltması maddesini uygulayabilmesi.



Şekil 3.7. Analiz sonrası kolonlarda oluşan deplasmanlar

### 3.1.5.2. Statik Analiz Sonrası Sonuçların İrdelenmesi

Analizden sonra yükleme sırasında yapının genel olarak davranışını yapı taşıyıcı elemanlarının tesir durumunu anlamak ve optimum düzeyde kesitleri bulmak için gerekli maddeleri şu şekilde sıralayabiliriz.

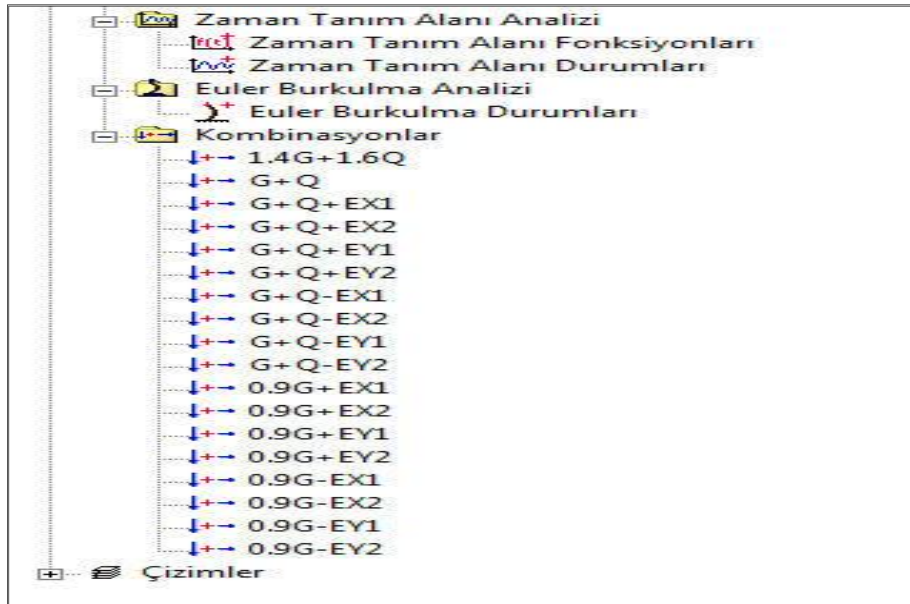
Moment, kesme kuvveti, normal kuvvet diyagramlarının çizilmesi,  
3 boyutu animasyon,

Hesap sonuçlarının incelenmesini kolaylaştıracak "sonuç yapı ağacı,"

Eleman uç kuvvetlerini, ham, global ve yönetmelik gereği değişmiş sonuçlar olarak ayrı ayrı inceleyebilme,  
Kolon kapasite diyagramları,  
Yapı devrilme kontrolü

### 3.1.6. İdeCADStatik'te Betonarme Hesabı

Betonarme hesaplarının otomatik olarak yapılmasına olanak veren ideCAD Statik, akıllı donatı seçimi algoritması ile mühendislerin işlerini büyük oranda kolaylaştırır. Tüm yapı elemanlarının donatı çaplarının özelleştirilebildiği programda, tablalı veya dikdörtgen kesitli kirişlerin ve iki eksenli eğilme etkisinde dairesel, eliptik, dikdörtgen ve poligonal kolonların betonarme hesapları, taşıma gücü yöntemine göre, yönetmelik koşulları da dikkate alınarak yapılır ve donatılandırılır. Her tip merdiven hesabının ve detay çizimlerinin yapılabildiği program ile, kirişli/kirişsiz döşemelerin betonarme hesapları, döşeme boşlukları, noktasal ve çizgisel yükler dikkate alınarak; mantar plaklarda ise başlıklı/başlıksız/tablalı/tablasız dizayn edilerek yapılır.



Şekil 3.8. Betonarme hesabı için yük kombinasyonlarını sağlayan modül

Elastik zemine oturan plak teorisiyle kirişli radye temel, tekil temel hesabı ve çizimi de programla gerçekleştirilen işlemler arasında yer alır. Radye temel, kirişli



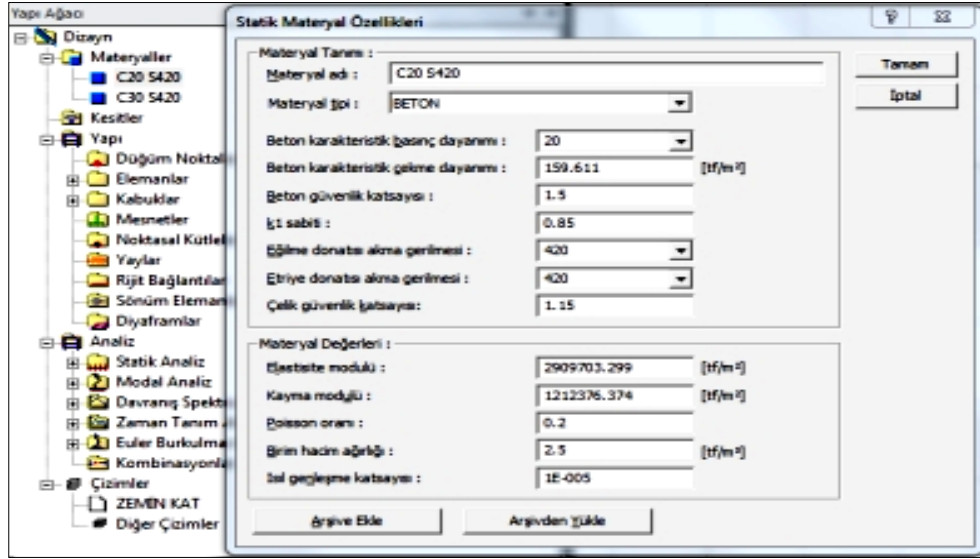
radıyenin yanı sıra düz plak şeklinde kirişsiz radye biçiminde, sürekli temel ve tekil temel kesitleri ise dikdörtgen veya trapez kesit şeklinde oluşturulabilir. Program sayesinde temel analizi yapılarak temellerin uç kuvvetleri bulunur ve betonarme hesabına otomatik aktarılır. Temel hesabında oluşan zemin gerilmeleri, tüm yüklemeler -deprem, sabit ve hareketli düşey, rüzgar, toprak- dikkate alınarak bulunur ve en olumsuz yükleme seçilerek, yönetmelik koşulları ile temel betonarmesi yapılır. Betonarme hesabında tüm donatılar, programda belirtilen şekilde otomatik seçilirler ve çizime aktarılırlar.

	Nervür-Kaset		İstinat Duvarı				Kuru Temel				Merdiven		
	Kiriş-Bağ Kiriş	Kolon	Perde		Döşeme-Radye Döşeme		Tekil Temel		Sürekli Temel		Sürekli Temel		
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Montaj :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Düz :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plye :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
İlave :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Etiye :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Çapraz :			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Çapraz Etiye :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="radio"/> Kiriş													
<input type="radio"/> Bağ Kiriş													

Şekil 3.9. Yapıya Ait Donatı Giriş Ekranı

### 3.1.7. İdeCADStatik'te Malzeme Tanımları

Betonarme malzeme editörü ile beton ve çelik sınıfları hazır listeden seçilerek tanımlanır. Beton ve çelik sınıflarına göre okunan malzeme hesap değerleri, seçilen sınıfa göre otomatik ekrana getirilir. Bununla birlikte özellikle güçlendirme projelerinde ihtiyaç duyulabilecek ara değerler için malzemeler özelleştirilebilir ve yapı elemanlarına atanabilir. Yapı elemanlarına tek seferde atanabilen betonarme malzemeler, gerekirse her bir eleman için de ayrı ayrı tanımlanabilir.



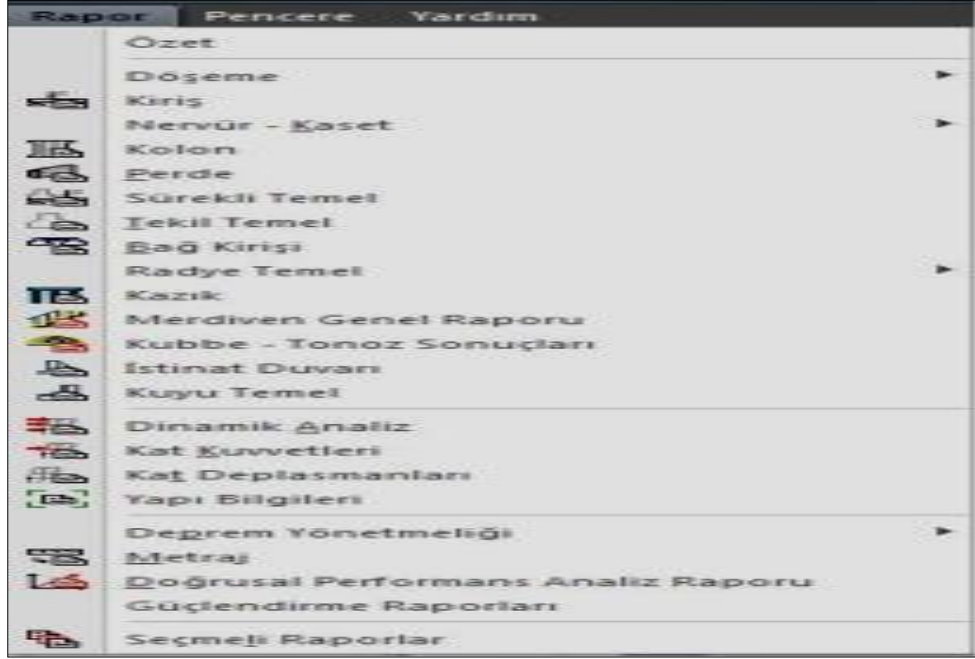
Şekil 3.10.Yapıya Ait Malzeme Tanımlama Modülü

### 3.1.8.İdeCADStatik'te Hesaplama Raporları

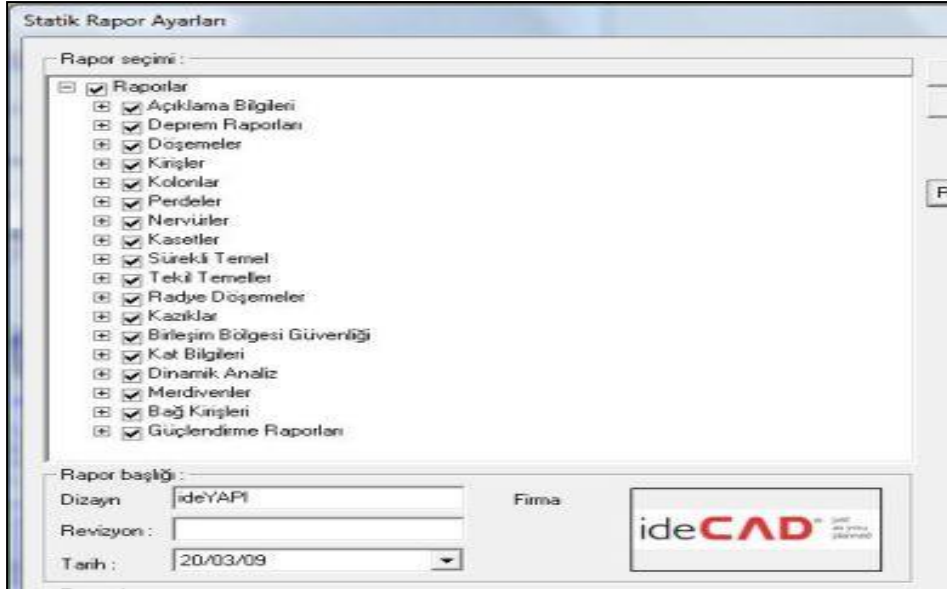
Yapı analizi sonrası; hesap raporlarının üstün yanları aşağıda sunulmuştur. İdeCAD Statik;

- Hesap raporlarını, kolay anlaşılır ve görsel olarak grafik açıklamaktadır.
- Hesap sonuçlarının yönetmeliklere göre uygunluğunun neden-sonuç ilişkisine göre formüller ve açıklamalarla verilmesi
- 3B pencerelerindeki görüntülerin resim olarak kaydedilmesi
- Raporlara firma (kurum) logosu ve resim dosyası ekleyebilme özelliğine haizdir.
- Rapor içerisinde büyüklüklerin birimlerini ayrı ayrı değiştirebilir.
- Raporları ve çizimleri PDF formatı olarak hazırlayabilme ve kayıt edebilir.
- Raporlar aynı anda 2 sayfa ya da 4 sayfa bloklar halinde yan yana sunabilir.
- TS500 ve Deprem yönetmeliği uyumluluk özet raporu hazırlar.
- Uygunluk kontrolünü sağlamayan elemanların bulmasını kolaylaştıran hata izleme aracına haizdir.
- Kalıp, beton ve demir metrajları otomatik olarak hazırlanmakta, seçenekli olarak ister kat bazında, ister eleman bazında, toplam veya detaylı metraj şeklinde raporlayabilmektedir.

- k) İdeCAD Rapor programının özellikleri dahilinde görüntülenebilen metrajlar, pdf veya txt dosyası formatlarına da çevrilebilmektedir.
- l) Yapı bileşeni metrajı ile daha detaylı metraj yapabilme olanaklarını da içeren ideCAD Statik, AMP programına da data aktarabilmektedir.



Şekil 3.11. Rapor Araç Çubukları



Şekil 3.12. Statik Rapor Ayarları

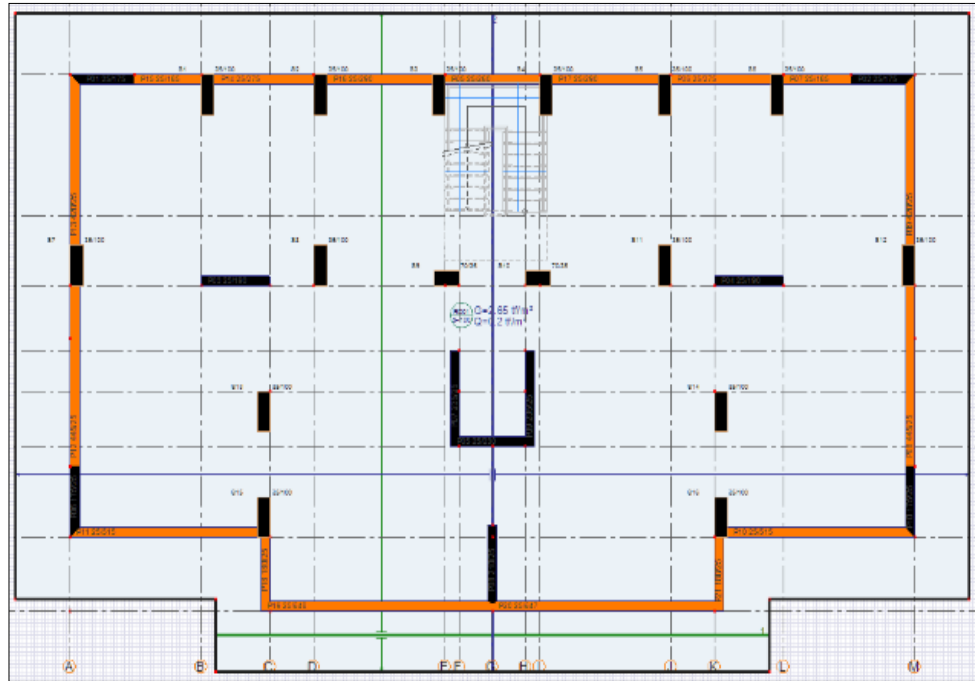
Bahsedilen bu raporların veri çıktıları; uygulama bölümünde detaylı olarak verildiğinden burada görsel görüntüsü verilmeye gerek duyulmamıştır.

Bu bölümde söz konusu tez için kullanılacak olan ideCAD paket programını kısaca tanıtmaya çalışmıştır. 8 bölümde oluşan bu tanıtım, bölüm ve bilgiler dikkate alındığında tez konusu olan “yapı maliyetinin tam olarak saptanabilmesi ”için programın; gerek statik-betonarme analizi gerekse de yapım metrajlarının tam ve güvenilir olması noktasında ideCAD paket programının yeterli olduğu verilere sahip olduğu görülmüştür.

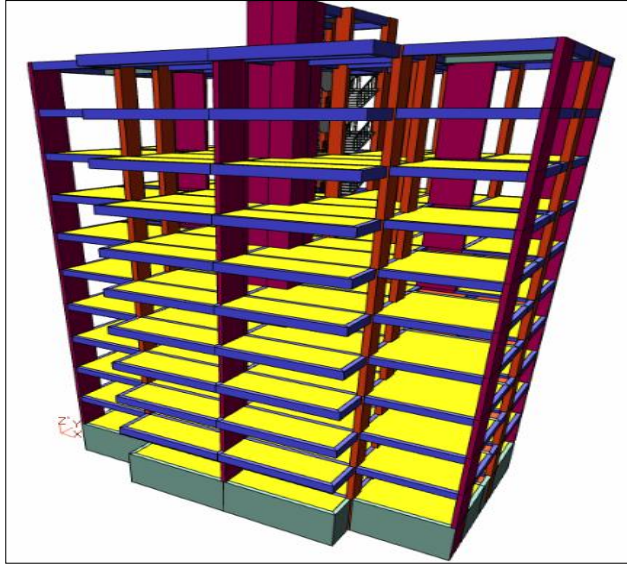
## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Sayısal Uygulama Giriş

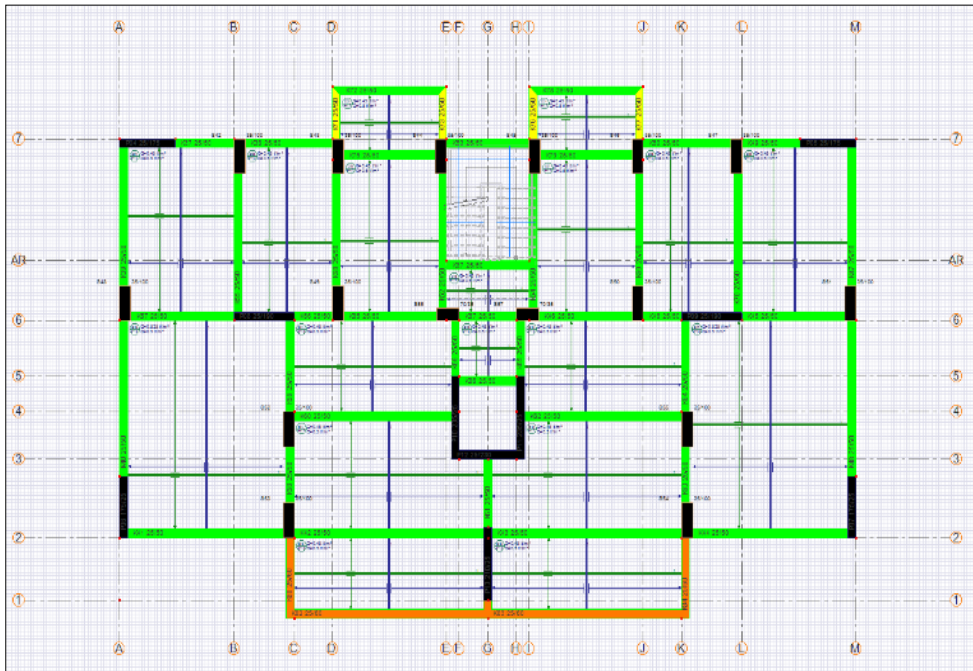
Bu çalışmada, Batman İli Tilmerç Mah. Toki Mevkiinde yer alan konut türü, iki daireli betonarme bir bina; 11 katlı olarak (bodrum+zemin + 9 normal kat) İdeCAD7.0sürüm analiz programı yardımıyla modellenerek çözülmüştür. Oluşturulan modellerin; dört değişik deprem bölgesi ve her bir deprem bölgesi aynı zemin sınıfı ve zemin parametreleri esas alınmak suretiyle statik ve betonarme hesapları yapılmıştır.Yapının dış duvarları 19'luk, iç duvarları da 13.5 cmlik standart tuğla duvar olarak yük analizine gidilmiştir.



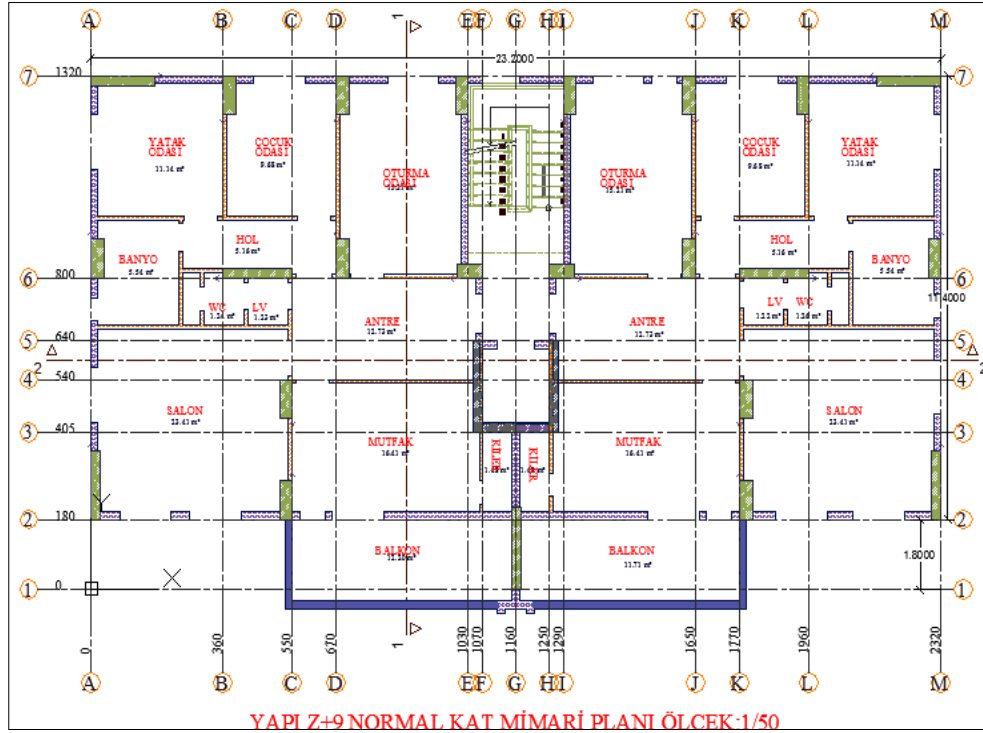
Şekil 4.1. Yapının Temel Kalıp Planı



Şekil 4.2.11 Kat Yapı Karkas Sistem 3D Planı Matematik Modelleri



Şekil 4.3. Yapının Zemin ve Normal Kat Kalıp Planı Matematik Modeli



Şekil 4.4. Yapının Zemin ve 9 Normal Kat Mimari Oturma Planı

Bir önceki sayfada verilen yapı planlarında görüleceği üzere; araştırmaya konu ve dikdörtgen formundaki yapı, 23.20m x11.40 m ebatlarında olup ~ 265 m<sup>2</sup>dir. Yapının taşıyıcı sistem elemanlarından temel sistemi dört farklı deprem durumuna göre radye temel kalınlığı 60cm ile 90cm arasında değişkenlik gösterilmiştir. Bu değişkenlik ise beton ve donatı metrajı noktasında kaba maliyetinde elle tutulur bir artışa neden olmuştur. Yapıda X yönünde 4 adet, Y yönünde ise 3 adet ve yapının merkezinde 25cm lik U asansör perdesi kullanılmıştır. Kolon ön tasarım aşaması 4°deprem bölgesi için minimum 60cmx30cm ebatları kullanılmış, A<sub>0</sub> deprem bölge parametresi artışına paralel bir şekilde yapının bu kolonlarında ciddi boyut artışı meydana geldiği görülmüştür. Aynı şekilde 4° deprem bölgesi için minimum 25cmx35cm ile 25 cm x50cm ebatlarındaki uygun kiriş kesitlerinde, deprem riski artışına paralel olarak (kolonlar kadar olmasa da) düşük oranlarda kesit artışları olduğu da gözlenmiştir. Döşeme plağı genelinde 10cm ve yer yer 13cm olup, boyut artışı A<sub>0</sub> deprem ivmesinden bağımsızdır. Yapı ile ilgili yapı kimliği ve zemin genel analiz data verileri diğer sayfada verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yapının Malzeme Parametreleri Tablosu

Taşıyıcı sistem ortalama beton	$f_{ck}$ , küp	C30 (300 kg/cm <sup>2</sup> )
Dayanımı	$f_{ck}$ , silindir	C25 (250 kg/cm <sup>2</sup> )
Taşıyıcı sistem beton elastisitemodülü	E	302500,00 (kg/cm <sup>2</sup> )
Taşıyıcı sistem kullanılan donatı	$f_{yk}$	S420 (420 Mpa)

Çizelge 4.2. Yapının Kimliği

ÖZET KİMLİK TABLOSU		
Binanın Adresi		Batman İli TilmerçMah.Toki Mevkiinde
Deprem Bölgesi		1 <sup>0</sup> , 2 <sup>0</sup> , 3 <sup>0</sup> , 4 <sup>0</sup> Deprem bölgesi için
Kat sayısı	N	B+Z+9 Normal= 11 Katlı Yapı Sistemi
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	$A_0$	0,4-0,3-0,2-0,1
Bina Önem Katsayısı	I	1 ( Konut Türü Yapılar İçin )
Sistem Davranış Katsayısı	R	Perdeli-Çerçevesiz Yapı Taşıyıcı Sistemi=7
Yerel Zemin Sınıfı (kabul edilen)	Z	Z2-A ( Bölge Karakteristik Zemin Formasyonu)
Spektrum Karakteristik Periyodları	$T_A, T_B$	0.15, 0.4 sn
Zemin Emniyet Gerilmesi	$\sigma_{zem}$	17,00 t/m <sup>2</sup>
Hesap Yöntemi		ModSüperpozisyonu

Çizelge 4.3.2° Deprem Bölgesi için Yapı Analizi Zemin Parametreleri Tablosu

ZEMİN PARAMETRELERİ	
Tez konusu Bina için Bölge Zemin Değerleri kullanılmıştır.	AÇIKLAMA
Zemin Emniyet Gerilmesi	$\sigma_{zem} = 17 \text{ t/m}^2$
Zemin Yatak Katsayısı	$A = 2500 \text{ t/m}^3$
Etkin Yer İvmesi	$A_0 = 0.30$
Yerel Zemin Sınıfı	Z2
Spektrum Karakteristik Periyodları $T_A, T_B$	0.15, 0.40 sn
Zemin Hakim Periyodu	0.25 sn

## 4.2. Sayısal Uygulama İdecad Data Girişi

İdecad Mimari modülde yapı planı; yapıya ait mimari aks, duvar-kolon yerleşimleri, kat yüksekliği tanıtılmıştır. Aynı yapı modelin data dosyası; ideCAD Statik modülde paylaşılmış, döşeme, kolon, kiriş, temel gibi elemanlar ve kirişlere gelen gerçek duvar yükleri yapı iskeletini tasarımı tamamlanmıştır. Yapı analizi ve ideCAD Statik programı model giriş dotaları aşağıda kısaca özetlenmeye çalışılmıştır.

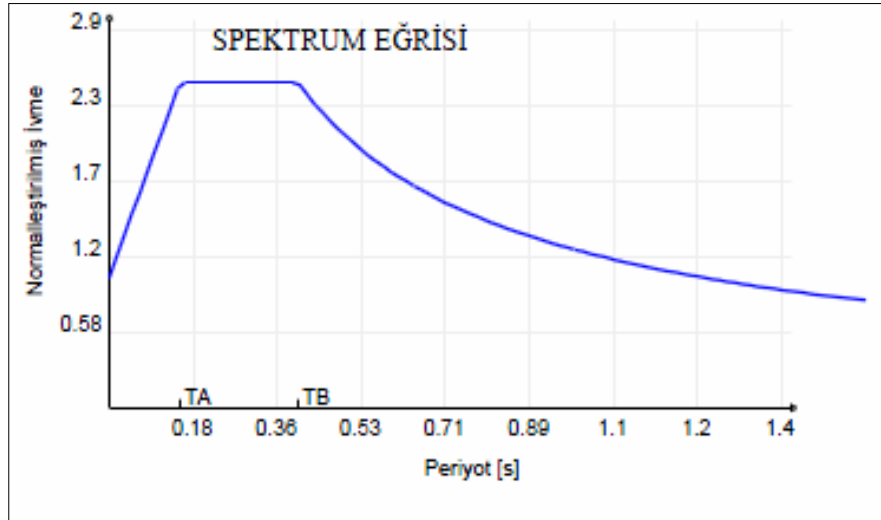


Çizelge4.4.2°Deprem Bölgesi için Yapı Geometrik Bilgileri (İdeCAD)

YAPI GEOMETRİK BİLGİLERİ	
Kat Sayısı	12
Yapı Yüksekliği	36.00 ( m)
Rijit Bodrum Üstü Yapı Yüksekliği	36.00 ( m)
Rijit Bodrum Katı Sayısı	1
Rijit Bodrum Kat Numarası	-1
Maksimum Kat Yüksekliği	3.00 ( m)
Maksimum Kiriş Açıklığı	6.16 (m)
Rijit Diyafram Sayısı	12

Çizelge 4.5. 2°Deprem Bölgesi için Deprem Parametreleri (İdeCAD)

DEPREM PARAMETRELERİ	
Yapı Önem Katsayısı [I]	1.00
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Girilen) [x/y]	6.50/6.50
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (Seçilen) [x/y]	6.50/6.50
Eksantriste Oranı	0.05
Süneklik Düzeyi [x/y]	Yüksek/Yüksek
Deprem Bölgesi	2
Etkin Yer İvme Katsayısı	0.30



Şekil4.5.Yapı Analizi ivme-Periyot Spektrum Eğrisi (İdeCAD)

Çizelge 4.6. Yapı Analizi İvme-Periyot Spektrum Değerleri (İdeCAD)

Periyot (sn)	S (T)	Periyot (sn)	S (T)
0.00	1.00	1.00	1.20
0.10	2.00	1.10	1.11
0.20	2.50	1.20	1.04
0.30	2.50	1.30	0.97
0.40	2.50	1.40	0.92
0.50	2.09	1.50	0.87
0.60	1.81	1.60	0.82
0.70	1.60	1.70	0.79
0.80	1.44	1.80	0.75
0.90	1.31	1.90	0.72

Çizelge 4.7. Yapının Dinamik Analiz Giriş Bilgi Raporu (İdeCAD)

Deprem Parametreleri	Simge	Değer
Hareketli yükler dahil yapı toplam ağırlığı	(W)	3909.59 (ton)
Yapı Yüksekliği (Rijit bodrum varsa o kattan ölçülen yükseklik)	(Hn)	33.00 (m)
X yönünde yapı tepesinde etki ettirilen ekstra eşdeğer deprem yükü	( $\Delta^{Fn-X}$ )	14.59 (tf)
Y yönünde yapı tepesinde etki ettirilen ekstra eşdeğer deprem yükü	( $\Delta^{Fn-Y}$ )	15.67 (tf)
X yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-X)	176.82 (tf)
Y yönünde uygulanan toplam eşdeğer deprem yükü	(Vt-Y)	189.90 (tf)
X yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modalkombinasyon)	(Vt $\beta$ -X)	155.86 (tf)
Y yönünde uygulanan toplam deprem yükü (modalkombinasyon)	(Vt $\beta$ -Y)	157.26 (tf)
Rijit bodrum katlara etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü (X Yönü)	(Fbk- X)	77.60 tf
Rijit bodrum katlara etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü (Y Yönü)	(Fbk- Y)	77.60 (tf)
X yönü VtB/Vt oranı	Vt $\beta$ (x)/Vt(x)	0.88
Y yönü VtB/Vt oranı	Vt $\beta$ (y)/Vt(y)	0.83
Hesaplanan büyüklere ilişkin alt sınır değerleri	$\beta$	0.90
X yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta^{vt(x)}/^{vtB(x)}$	1.02
Y yönü deprem yükü büyütme faktörü	$\beta^{vt(y)}/^{vtB(y)}$	1.09

Çizelge 4.8. Yapının Malzeme Parametreleri (İdeCAD)

MALZEME BİLGİLERİ	
Kolonlar	C25, S420
Perdeler	C25, S420
Kirişler	C25, S420
Döşemeler	C25, S420
Temeller	C25, S420
Beton Güvenlik Katsayısı	1.50
Çelik Güvenlik Katsayısı	1.15
Beton Birim Hacim Ağırlığı	2.50

Çizelge 4.9. Yapı Analiz Yük Kombinasyonları (İdeCAD)

YÜKLEME KOMBİNASYONLARI		
1.4G+1.6Q	G	Sabit Yük
G+Q	Q	Hareketli Yük
G+Q+EX1	± EX1, EX2	X Yönü +%5 ve -%5 Eksantristeli Deprem Yükleme
G+Q+EX2		
G+Q+EY1		
G+Q+EY2		
G+Q-EX1	± EY1, EY2	Y Yönü +%5 ve -%5 Eksantristeli Deprem Yükleme
G+Q-EX2		
G+Q-EY1		
G+Q-EY2		
0.9G+EX1		
0.9G+EX2		
0.9G+EY1		
0.9G+EY2		
0.9G-EX1		
0.9G-EX2		
0.9G-EY1		
0.9G-EY2		

### 4.3.Sayısal Uygulama İdeCAD Yapı Analiz Sonuçları

2007 Deprem Yönetmeliğine göre, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan betonarme binalarda, süneklik düzeyi yüksek sistemlerin kullanılması zorunluluğu vardır. Bu çalışmaya konu yapının yüksekliği  $H_N > 25$  olduğundan, analizlerinin tamamında (üçüncü ve dördüncü deprem bölgeleri dahil) süneklik düzeyi yüksek yapı taşıyıcı sistemi dikkate alınmıştır. Dinamik analize tabi tutulan yapının deprem hesaplarında, Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmış ve bu analiz sonuçları TS500 ve (DBYBHY-2007) Deprem Yönetmeliği kıstaslarına göreirdelenerek raporlanmıştır.

Çizelge 4.10.2°Deprem Bölgesi için Yapı Özet Raporu (İdeCAD)

YAPI ÖZET RAPORU	
<b>Malzeme Kesit Kontrolleri</b>	
Kullanılan Beton Sınıfı	Projede C20 veya üzeri beton sınıfı kullanılmıştır.
Kesit Kontrolü	Projede tüm elemanların kesitleri yeterlidir.
<b>Öteleme ve Düzensizlik Kontrolleri</b>	
Görelî Öteleme	Görelî kat öteleme koşulu sağlanmıştır. $\delta_i(\max)/h=0.007 < =0.002$ (4.kat)
İkinci Mertebe Etkileri	Bütün katlarda 2. mertebe koşulu sağlanmıştır. $\Phi_i(\max)=0.017 < 0.12$ (3.kat)
A1 Düzensizliği	Bütün katlarda A1 üzensizliği sağlanmıştır. $i(\max)=1.30 < 1.2$ Çatı katı Dinamik analiz yapılmıştır.
A2 Düzensizliği	Bütün katlarda A2 üzensizliği koşulu sağlanmıştır.
A3 Düzensizliği	Bütün katlarda A3 üzensizliği koşulu sağlanmıştır.
B1 Düzensizliği	Bütün katlarda B1 üzensizliği koşulu sağlanmıştır. $\eta^{ci(\min)}=0.89 > 0.8$ Zemin Kat)
B2 Düzensizliği	Bütün katlarda B2 üzensizliği koşulu sağlanmıştır. $\eta^{ki(\min)}=1.61 < =2.0$ (1.Kat)
B3 Düzensizliği	Bütün katlarda B3 düzensizliği koşulu sağlanmıştır.

Çizelge 4.11. 2° Deprem Bölgesi için Yapı Deprem Özet Raporu (İdeCAD)

YAPI DEPREM YÜKÜNÜN BELİRLENMESİ	
Yapı Toplam Ağırlığı	3909.59 [ton] Hareketli yük katsayısı= 0.3000
Toplam Deprem Yüğü (X Yönü)	$V_t=176.82$ [ton] (Dinamik Yöntem)
Toplam Deprem Yüğü (Y Yönü)	$V_t=189.90$ [ton] (Dinamik Yöntem)
Yapı Doğal Titreşim Periyodu	$T_a=0.15 \leq T_b=0.40 \leq T_r=1.13$ (sn)
Spektrum Katsayısı	$S(T)=1.09$
Hesaba Katılan Mod Sayısı	Hesaba katılan mod sayısı yeterlidir. Hesaba 18 mod katılmıştır.

Yapı analiz çalışması; eleman yük analizleri TS498'e göre ve döşeme, kiriş ve kolon boyutlama ilkeleri TS500'e göre uygun bir biçimde yapılmıştır. Yapı taşıyıcı eleman kesitleri en uygun şekle sokma yöntemi (yeterli bir biçimde) ile tayin edilmiştir. Kesit optimizasyonundaki amacımız; yapı metrajlarında gerçek değerlerin yakalanabilmesi ve yapıda minimum maliyeti yakalama ilkesi güdülmüştür. Dört farklı deprem bölgesi yapı analizlerine ait hesaplar tamamen uygun olup, yapıya ait taşıyıcı eleman tümü ise kesit anlamında yeterli olduğu görülmüştür.

#### 4.4. Sayısal Uygulama İdeCAD Yapı Eleman Metraj Analiz Sonuçları

TS500 ve Deprem Yönetmeliği (DBYBHY-2007) kısıtlarına ve Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre analizi dört farklı deprem bölgesi için yapı analizleri İdeStatik Modülünde çözümlenmiştir. Aynı modül ile kalıp, beton ve demir metrajları otomatik olarak hazırlanmış, seçenekli olarak ister kat bazında, ister eleman bazında, toplam veya detaylı metraj şeklinde raporlar elde edilmiştir. İdeCAD Rapor programının özellikleri dahilinde görüntülenebilen metrajlar, pdf dosyası formatlarına da çevrilmiştir. Dört farklı deprem bölgesi için gerekli kaba yapı metrajı ve ince imalat metrajları (duvar, iç sıva ve tavan sıva metrajları) tamamı alınmış ve örnek olarak 2° deprem bölgesi kaba metraj ve ince imalat (duvar, iç sıva ve tavan sıvası) metraj ve maliyetleri verilmeye çalışılmıştır. Daha sonraki 5. bölümde, dört farklı deprem bölgesi için elde edilen kaba yapı metrajları, Excell yardımı ile mukayese tabloları olarak verilmiştir.

Çizelge 4.12.2° Deprem Bölgesi için Yapı Kalıp Metrajı (İdeCAD Statik)

<b>KALIP METRAJİ</b>	
<b>Açıklama</b>	<b>Toplam</b>
Toplam Çatı Katı ( Asansör Kulesi )	98.36 (m <sup>2</sup> )
Normal Kat Toplamı	593.25 (m <sup>2</sup> )
Zemin Kat Toplamı	593.25 (m <sup>2</sup> )
Bodrum Kat Toplamı	889.9(m <sup>2</sup> )
Radye Temel	56.56(m <sup>2</sup> )
Genel Toplam	6977.36(m <sup>2</sup> )

Çizelge 4.13.2° Deprem Bölgesi için Yapı Beton Metrajı (İdeCAD Statik)

<b>BETON METRAJİ</b>	
<b>Açıklama</b>	<b>Toplam</b>
Toplam Döşemeler	284.1 (m <sup>3</sup> )
Toplam Kirişler	176.771 (m <sup>3</sup> )
Toplam Kolonlar	115.35 (m <sup>3</sup> )
Toplam Perdeler	224,873 (m <sup>3</sup> )
Radye Temel	255.528 (m <sup>3</sup> )
Genel Toplam	1056.622 (m <sup>3</sup> )

Çizelge 4.14.2° Deprem Bölgesi için Yapı Donatı Metrajı (İdeCAD Statik)

DONATI METRAJI ( Kg )									
Açıklama	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø 24	Ø8-Ø12	(> = Ø14)
Kirişler	401.54		17.05	908.86				418.59	908.86
Perdeler	2610.77	1976.68			1227.79			4587.45	1227.79
Kolonlar	1032.80				1742.48			1032.80	1742.48
Radye Temel	501.20					24378.13		501.20	24378.13
Kat Toplam	6591.23	1976.68	17.05	908.86	2970.27	24378.13		8584.95	28257.26
Genel Toplam	50664.37	5408.16	747.01	20569.71	20396.41			56819.54	65344.26

Çizelge 4.15.2°Deprem Bölgesi için Yapı Toplam (Beton, Kalıp ve Donatı) Metrajı (İdeCAD Statik)

TOPLAM METRAJ	
BS25 Betonu	1056.61 (m <sup>3</sup> )
Beton Kalıp	6977.36 (m <sup>2</sup> )
S420 Donatı (İnce)	56819.54 (kg)
S420 Donatı (Kalın)	65344.26 (kg)
S420 Donatı (Toplam)	122163.80 (kg)

Çizelge 4.16. 2°Deprem Bölgesi için Yapının İç Sıva Metrajı (İdeCAD Mimari)

İÇ SIVA METRAJI	
Bodrum	40.46 (m <sup>2</sup> )
Zemin Kat	572.92 (m <sup>2</sup> )
1. Kat	601.99 (m <sup>2</sup> )
2. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
3. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
4. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
5. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
6. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
7. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
8. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
9. Kat	600.96 (m <sup>2</sup> )
Genel Toplam	6023.05 (m <sup>2</sup> )

Çizelge 4.17.2°Deprem Bölgesi için Yapının Tavan Sıva Metrajı (İdeCAD Mimari)

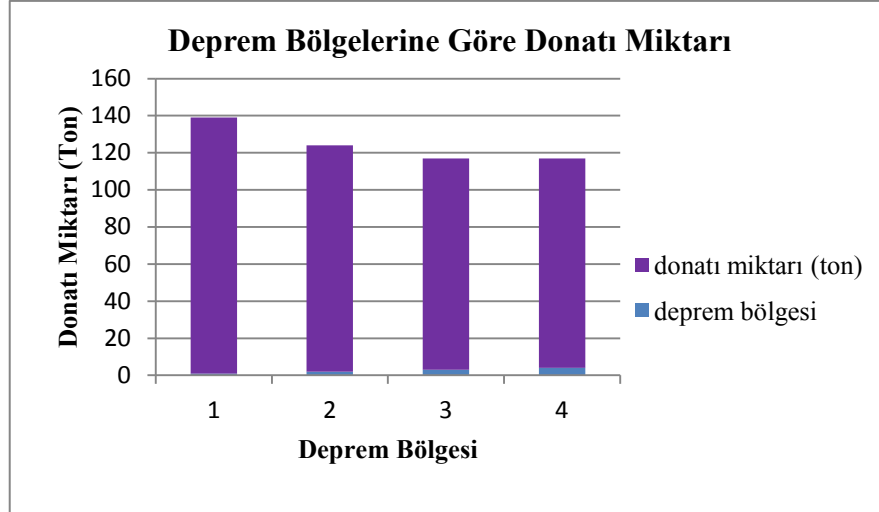
<b>TAVAN SIVASI METRAJİ</b>	
Bodrum	261.52 (m <sup>2</sup> )
Zemin Kat	226.71 (m <sup>2</sup> )
1. Kat	238.14 (m <sup>2</sup> )
2. Kat	240.84 (m <sup>2</sup> )
3. Kat	240.98 (m <sup>2</sup> )
4. Kat	240.98 (m <sup>2</sup> )
5. Kat	240.98 (m <sup>2</sup> )
6. Kat	240.98 (m <sup>2</sup> )
7. Kat	240.98 (m <sup>2</sup> )
8. Kat	240.98 (m <sup>2</sup> )
9. Kat	240.98 (m <sup>2</sup> )
Genel Toplam	2654.07 (m <sup>2</sup> )

Çizelge 4.18. 2° Deprem Bölgesi için Yapının Duvar Metrajı (İdeCAD Mimari)

<b>DUVAR METRAJİ</b>	
Bodrum	43.32 (m <sup>3</sup> )
Zemin Kat	373.74 (m <sup>3</sup> )
1. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
2. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
3. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
4. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
5. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
6. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
7. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
8. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
9. Kat	385.13 (m <sup>3</sup> )
Genel Toplam	3883.23 (m <sup>3</sup> )

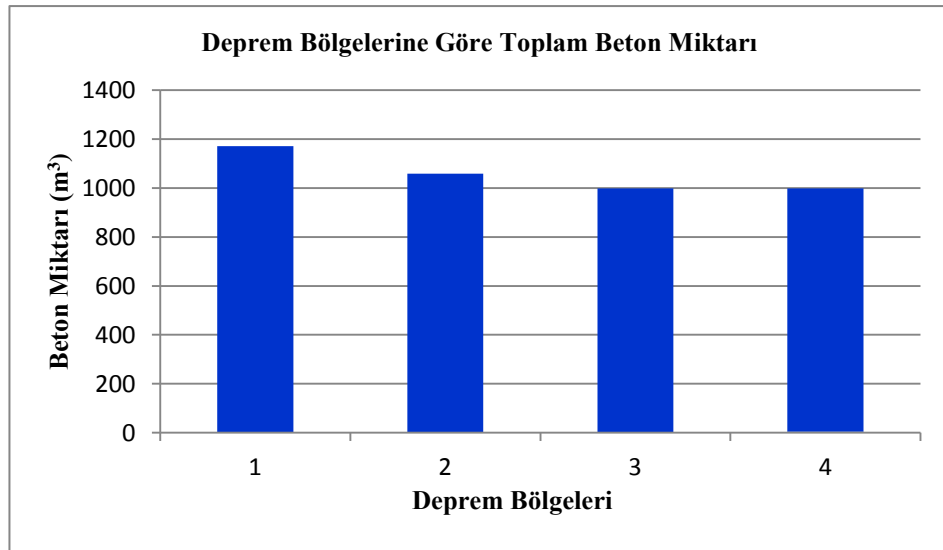
#### 4.5. Sayısal Uygulama İdeCAD Yapı Eleman Metraj Analiz Sonuçlarının Grafikselsel Çizimi

Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre dört farklı deprem bölgesi için yapı analizleri ideStatik Modülünde çözümlenmiştir. Aynı modül ile kalıp, beton ve demir metrajları otomatik olarak hazırlanmış, ve bu metrajları Çevre ve Şehircilik 2013 yılı birim fiyatlarla çarpılarak kalıp, beton, demir ve kaba maliyetleri hesaplanmıştır. Dört farklı deprem bölgesi için maliyet ve metraj Excell yardımı ile mukayese sütun grafikleri olarak verilmiştir.



Şekil4.6. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Donatı Miktarı Değişimi

Şekil 4.6. incelendiğinde, deprem riski azaldıkça donatı miktarının azaldığı görülmektedir. Deprem riski artıkça yapının düşey ve yatay taşıyıcı sistem elemanlarının kesitinde bir artış meydana gelmiştir. Bu artışla beraberinde donatı miktarını da artırılmıştır. Dört farklı deprem bölgelerine göre sırasıyla donatı miktarı;138, 122, 114 ve 113 ton dur. Artış farkının en açık görüldüğü durum 1. ve 4. deprem bölgeleri arasındadır. Bu bölgeleri karşılaştırıldığında yaklaşık % 18' lik bir değişim vardır.

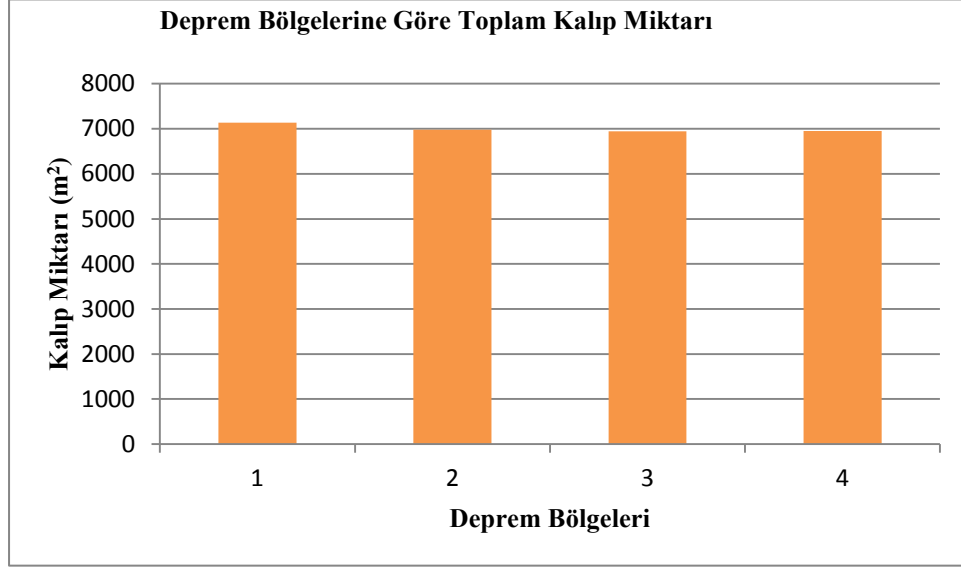


Şekil 4.7. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Beton Miktarı Değişimi

Şekil 4.7.incelendiğinde, deprem bölgelerine göre beton miktarı değişkenlik göstermektedir. Değişimin en çok görüldüğü durum 1. ile 4. deprem bölgeleri

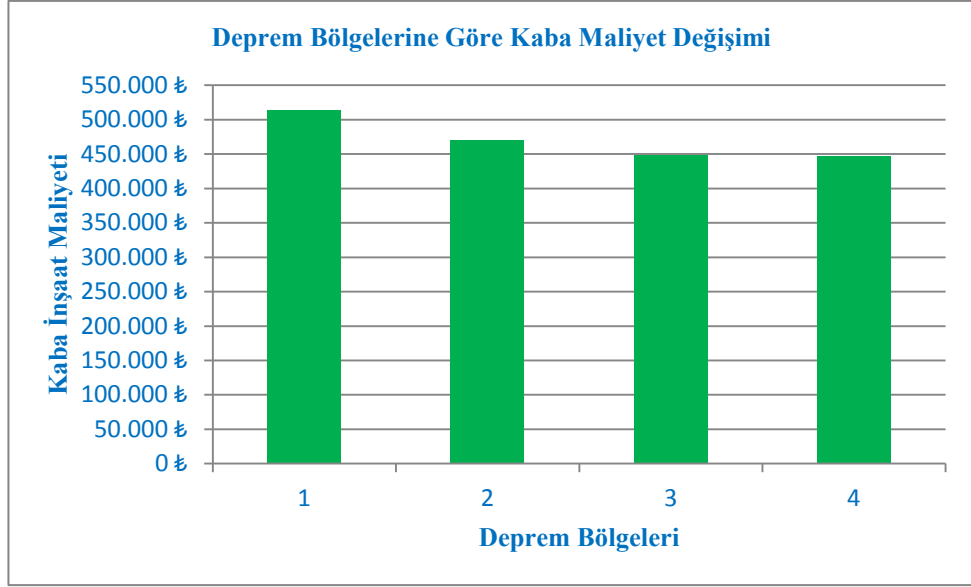


arasındadır. 3. ve 4. deprem bölgeleri arasında beton kübajında ise yok denecek kadar az değişim gösterilmektedir. Dört farklı deprem bölgelerinde beton miktarları 1. ile 4. deprem bölgeleri arasındadır. Bu durumu karşılaştırıldığında 1. ve 4. deprem bölgeleri arasında yaklaşık % 15' lik bir değişim vardır.



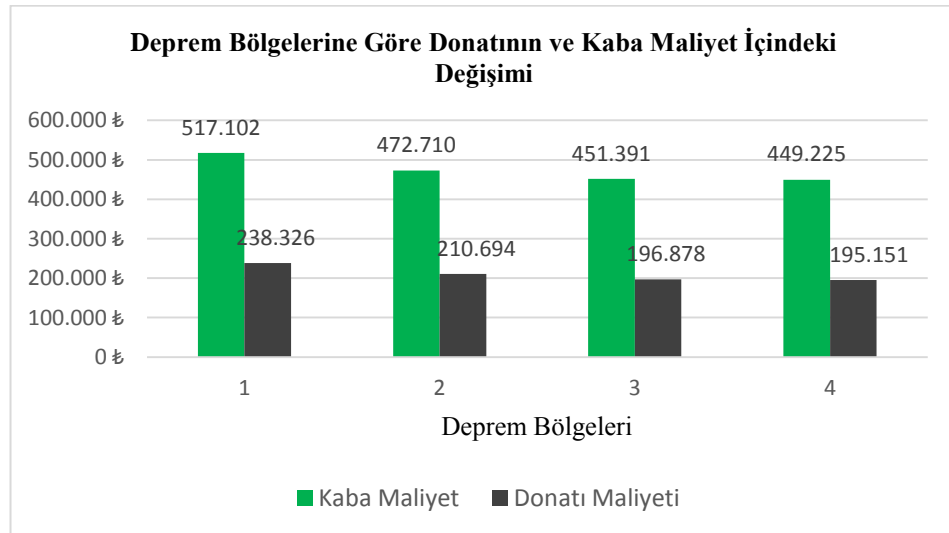
Şekil 4.8. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Kalıp Miktarı Değişimi

Şekil 4.8. incelendiğinde, dört farklı deprem bölgelerine göre kalıp miktarının değişimi verilmiştir. Kalıp miktarındaki değişimin en çok olduğu bölge 1. ve 4. deprem bölgeleri arasındadır. 1. bölgedeki değişimin diğer bölgelere fazla olmasındaki neden deprem esnasında taşıyıcı sistemler (düşey ve yatay) en çok zorlanan elemanlar olduğu için kesitlerde bir artış meydana gelir. Bu artışla birlikte yapının kalıp miktarı artar. 1. ve 4. deprem bölgelerini karşılaştırıldığında kalıp miktarında % 3' lük bir değişim vardır.



Şekil 4.9. Dört Farklı Deprem Bölgelerine Göre Kaba Maliyet Değişimi

Şekil 4.9. incelendiğinde, deprem riski azaldıkça bina kaba maliyetinin azaldığı görülmektedir. Maliyet farkının en çok görüldüğü durum 1. ve 4. deprem bölgeleri arasındadır. 4. derece deprem bölgesinde inşa edilen bir yapı 1. derece deprem bölgesinde inşa edilen bir yapının kaba maliyeti karşılaştığında yaklaşık % 13.2' ye gelmektedir.



Şekil 4.10. Dört Farklı Deprem Bölgelerinde Donatı ve Kaba Maliyet Değişimleri

Şekil 4.10. incelendiğinde, dört farklı deprem bölgelerinde donatı ve kaba maliyet değişimi verilmiş, ve bu maliyet değişimi deprem riski azaldıkça kaba ve donatı maliyetin azaldığı görülmektedir. 3. ve 4. deprem bölgeleri arasında donatı ve kaba maliyetinin fazla değişmediği görülmektedir. Demek oluyor ki deprem riski azaldıkça bir yapının kaba maliyeti fazla değişiklik gösterilmediği anlaşılmıştır.

Çizelge 4.19. 1. ve 4. Derece Deprem Bölgelerine Göre Taşıyıcı Eleman (Kolonların) Kesit Değişimleri

1. ve 4. Derece Deprem Bölgelerine Göre Düşey Taşıyıcı Elemanların Kesit Değişimleri						
1° Derece Deprem Bölgesi İçin				4° Derece Deprem Bölgesi İçin		
Düşey Yapı Elemanı Kolon	X Yönü (cm)	Y Yönü (cm)	Kesit alanı (cm <sup>2</sup> )	X Yönü (cm)	Y Yönü (cm)	Kesit alanı (cm <sup>2</sup> )
S101	70	70	4900	30	60	1800
S102	30	60	1800	30	60	1800
S103	35	70	2450	30	60	1800
S107	30	60	1800	30	60	1800
S108	70	70	4900	30	60	1800
S109	35	70	2450	60	30	1800
S113	40	90	3600	35	70	2450
S115	50	50	2500	35	70	2450

Çizelge 4.19.'da görüldüğü gibi 1. ve 4. derece deprem bölgelerinde düşey elemanların kesitlerinde büyük oranda değişim gösterilmiştir. Deprem riski artıkça düşey elemanlar hem X yönden hemde Y yönden değişkenlik gösterilmiştir. Bu değişkenlik yapı maliyetini etkilemiştir.

#### 4.6. Yapı Maliyeti Mukayese Çalışması

Teze konu 11 katlı yapı maliyet mukayesesi için (bodrum+zemin + 9 normal kat) modellenmiştir. Oluşturulan modellerin dört değişik deprem bölgesi ve her bir deprem bölgesi aynı zemin sınıfı ve zemin parametreleri esas alınmak suretiyle statik ve betonarme hesapları yapılmıştır. Yapı analiz neticesinde kaba ve ince imalatlara ait metraj ve yaklaşık maliyetler elde edilmiştir.

Çizelge 4.20.Dört Ayrı Deprem Bölgesi için Yapı Toplam Kaba (Beton, Kalıp ve Donatı) Maliyet Tablosu

YAPI İNŞAATININ KABA MALİYETİ							
YER	YAPI KABA İMALAT METRAJİ			ÇEVRE ve ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI 2013 BİRİM FİYATI (TL)			TOPLAM FİYAT (TL)
DEPREM BÖLGESİ	BETON	DONATI	KALIP	BETON	DONATI	KALIP	
	m <sup>3</sup>	Ton	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	
1	1171	138	7138	116	1727	20	517.102
YER	YAPI KABA İMALAT METRAJİ			2013 BİRİM FİYATI (TL)			
DEPREM BÖLGESİ	BETON	DONATI	KALIP	BETON	DONATI	KALIP	
	m <sup>3</sup>	Ton	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	
2	1057	122	6977	116	1727	20	472.710
YER	YAPI KABA İMALAT METRAJİ			2013 BİRİM FİYATI (TL)			
DEPREM BÖLGESİ	BETON	DONATI	KALIP	BETON	DONATI	KALIP	
	m <sup>3</sup>	Ton	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	
3	995	114	6944	116	1727	20	451.391
YER	YAPI KABA İMALAT METRAJİ			2013 BİRİM FİYATI (TL)			
DEPREM BÖLGESİ	BETON	DONATI	KALIP	BETON	DONATI	KALIP	
	m <sup>3</sup>	Ton	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	
4	995	113	6944	116	1727	20	449.225

Çizelge 4.20.'de görüldüğü üzere; sırasıyla (deprem bölgeleri için) yapılacak yapı kaba maliyetleri;517.102,00 TL, 472.710,00 TL, 451.391,00 TL,449.225,00 TL elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda beklendiği üzere deprem bölge parametrelerinin artışına göre kaba metrajlar ve neticesinde yapı maliyeti artmaktadır. Örneğin 1.ve 4.cü derece deprem bölgelerinin karşılaştığımızda %15'lik beton artışı,%18'lik donatı artışı, %3'lük kalıp maliyeti artışı gözlenmiştir.Bu sonuçlar ile yapıda en fazla donatıda artış meydana geldiği görülmektedir. Bu fark; 1. ve 2.ci deprem bölgelerinde yapılacak yapılarda yüksek süneklik istenen donatı artışı, düşey elemanlarda kesit artışları ve temel kalınlığının artışına bağlı olarak gelişmiştir.Analiz sonucunda 1.derece deprem bölgesinde

yapının temel kalınlığı 90 cm, 2. derecede 70 cm, 3. ve 4. derecede ise 60 cm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.21. Dört Ayır Deprem Bölgesi için Yapı Toplam İnce (Duvar, sıva, boya, fayans) Maliyet Tablosu

YAPI İNŞAATININ İNCE MALİYETİ								
YAPI İNCE İMALAT METRAJİ				ÇEVRE ve ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI BİRİM 2013 FİYATI (TL)				TOPLAM FİYAT (TL)
DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	TL	
3836	8704	8704	2641	26	16	10	25	387.193
YAPI İNCE İMALAT METRAJİ				2013 BİRİM FİYATI (TL)				
DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	TL	
3883	8677	8677	2654	26	16	10	25	388.029
YAPI İNCE İMALAT METRAJİ				2013 BİRİM FİYATI (TL)				
DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	TL	
3903	8628	8628	2657	26	16	10	25	387.345
YAPI İNCE İMALAT METRAJİ				2013 BİRİM FİYATI (TL)				
DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	DUVAR	SIVA	BOYA	FAYANS	
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	TL	TL	TL	TL	
3886	8676	8676	2657	26	16	10	25	388.138

Çizelge 4.21.'de görüldüğü üzere; sırasıyla (deprem bölgeleri için) yapılacak yapı ince maliyetleri;387.193,00 TL, 388.029,00 TL, 387.345,00 TL, 388.138,00 TL elde edilmiştir.Görüleceği üzere yapının ince maliyetlerinde dikkate değer bir metraj ve sonucunda maliyet artışı ve oranı görülmemiştir.Bu oran da %1 mertebelerindedir.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada sadece deprem bölgelerinin değişmesi ile yapı maliyetinde meydana gelen değişim incelenmiştir. 11 katlı olarak (Bodrum + Zemin + 9 Normal kat) dört farklı deprem bölgesinde statik ve betonarme analizi yapılmış ve kaba inşaat maliyeti hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucunda;

**1-**Tüm analiz ve maliyet mukayeseleri için kaba ve ince maliyetlerde sadece taşıyıcı elemanların kesit artışı ile ciddi bir fark görülmüş, ancak taşıyıcı olmayan elemanlarının azalışından meydana gelen az bir fark görülmektedir.

**2-**Tüm analiz sonucunda betonarme binanın kat adedi, bina ağırlıkları, deprem yükleri, titreşim periyotları, düzensizlik durumları, kat yanal deplasmanları, görelî kat ötelemeleri vs. bunun dışında taşıyıcı sistem için gerekli beton, kalıp ve donatı miktarları karşılaştırılarak taşıyıcı sistem maliyetine etkileri irdelenmiştir.

**3-**Bu çalışmada kat adedi ve zemin parametresi aynı olan sadece farklı deprem bölgelerinde yapılan yapı için kaba maliyette bir artış görülmüştür.

**4-** Bu artış ise genel anlamda 1.ve 4. derece deprem bölgeleri için yapı kaba maliyetlerinde yaklaşık %13.2 oranında bir maliyet artışına karşı gelmektedir. Bu oranın bu seviyede kalmasının en önemli etkeninin aynı zemin sınıfının seçilmiş olması olduğu söylenebilir.

**5-**Buna benzer çalışmalar giriş kısmında anlatılmıştı. Ancak zemin parametreleri, kat adedi ve yapı düzensizlikleri dikkate alınmış olsaydı, yapı maliyeti artış oranının 8 kat ve üstü yapılar için %30 seviye bandına kadar çıkabileceğini söyleyebiliriz.

### 5.2. Öneriler

Devletin yapmış olduğu ihalelerde genel olarak tip projeler kullanılmaktadır. Tip projeler 1. derece deprem bölgesine göre projelendirilmektedir. Yapıların statik analizi yapının inşa edileceği bölgeye göre yapılmaktadır. Ancak proje hangi bölge veya

zemin sınıfında yapılırsa yapılsın eleman boyutlarında birdeğişiklik yapılmamaktadır. Bu durum, yatırımlara ayrılan bütçenin gereksiz kullanılmasına ve neticesinde de diğer yatırımlara ödeneğin gitmemesine sebep olmaktadır. Buna karşılık, 4. derecede olan bir bölgede yapı 1. dereceye göre projelendirilerek daha güvenli yapılar inşa edilebilir gibi biryorum yapılabilir. Hali hazırda yapılar deprem yönetmeliğine göre projelendirilmiş vekendi bölgelerinde meydana gelen bir deprem neticesinde güvenilir sınırlar içerisinde kalmaktadır. Bu sebeple ek bir güvenliğe ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu şekilde düşünüldüğünde mühendisliğin sağlamlık, estetik ve maliyet üçlemesi zedelenmektedir. Yıllık bütçenin % 4-5'inin yatırımlara ayrıldığı düşünüldüğünde, yatırımlarda yapılan gereksiz harcamanın çok önemli olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yapılar projelendirirken TS500 ve Deprem Yönetmeliği göz önünde bulundurarak tasarlanması gerekir. Deprem esnasında yapıda meydana gelen burulma momentinin en az olması için rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi olabildiğince birbirine yakın olması gerekir. Dinamik analiz sonucunda yapıya gelen deprem kuvvetlerini azaltmak için mümkün mertebede hafif malzeme kullanılmalı ve yapı üzerine gelen deprem ve kesme kuvvetlerini karşılamak için simetrik perdeler kullanılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- AKMAN, M. S., 1999. Deprem Hasarları ve Yapı Malzemeleri, Hazır Beton, Yıl 6, Sayı 35, Eylül-Ekim.
- ANSAL, A. M., LAV, A.M., 1995. Geotechnical Factors in 1992 Erzincan Earthquake, 5th Conference on Seismic Zonation, Nice, Vol. 1, 667-674.
- ANSAL, A.M., ŞENGEZER, B.S., İYİSAN, R. and GENÇOĞLU, S., 1993. The Damage Distribution in March 13, 1992 Earthquake and Effects of Geotechnical Factors Invited Lecture, Soil Dynamics and Geotechnical Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam, 413-434.
- BARKA, A. A., 1992. The north anatolian fault zone. *Annales tectonicae*, special issue, suppl. to vol. VI, 164-195.
- ÇANAKÇI, H. ve GÖĞÜŞ, M., 2001. Yerel Zemin Sınıfının Hatalı Belirlenmesinin Yapıya Gelen Yatay Yüklere Etkisi. Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongre ve Sergisi.
- ÇEVRE ve ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI, 2013. Yapı yaklaşık birim fiyatı.
- DEPREM YÖNETMELİĞİ, 2007. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- DORUM, A., ÖZKAN, Ö. ve MÜRSEL, E., 2006. Farklı Deprem Bölgeleri Ve Farklı Zemin Sınıflarının Kaba Yapı Maliyetine Etkisi Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi Cilt 5, Sayı:1.
- DİKMEN S. Ü. ve ÖZEK S., 2007. Deprem bölgelerinde zemin sınıfının sanayi yapılarının maliyetine etkisi. İmo teknik dergi, 2011 5543-5558, yazı 357
- GUTENBERG, B. ve RICHTER, C.F., 1956. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 46: 105-145.
- <http://turkiyecografyasi.net/fay-olusumu-ve-depremler/>.
- <http://www.Çevre ve Şehircilik 2013 Birim Fiyatları>.
- <http://www.idecad.com.tr/showsubpage.aspx?pageID=124>, (Erişim Tarihi:05.04.2014).
- İMO, 2011. Deprem Bölgelerinde Zemin Sınıfının Sanayi Yapılarının Maliyetine Etkisi. *Teknik Dergi* 5543-5558, Yazı 357.
- LE PICHON, X., ŞENGÖR, A.M.C., DEMİRBAĞ, E., RANGIN, C., İMREN, B., ARMİJO, R., GÖRÜR, N., ÇAĞATAY, N., MERCIER, B., MEYER, B., SAATÇILAR, B., TOK, B., 2001. The active main Marmara fault. *Earth and Planet. sci. lett.*, 192: 595-616.
- MCCLUSKY, S., BALASSANIAN, S., BARKA, A., DEMİR, C., ERGINTAV, S., GEORGIEV, I., GÜRKAN, O., HAMBURGER, M., HURST, K., KAHLE, H., KASTENS, K., KEKELIDZE, K., KING, R., KOTZEV, V., LENK, O., MAHMOUD, S., MISHIN, A., NADARIYA, M., OUZOUNIS, A., PARADISSIS, D., PETER, Y., PRILEPIN, M., REILINGER, R., SANL I., SEEGER, H., TEALEB, A., TOKSÖZ, M.N., VEIS, G., 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus. *J. Geophys. Res.*, 105: 5695-5719.
- MURATOĞLU, Ö. ve ÖZKAN, Ö., 2001. Zemin Sınıfları ve Deprem Bölgelerinin Bina Yatay Yüklerine Etkisi” Deprem Sempozyumu 2005, Bildiriler Kitabı, 1097-1104
- MURATOĞLU, Ö. ve ÖZKAN Ö., 2005. Zemin Sınıfları ve Deprem Bölgelerinin Bina Yatay Yüklerine Etkisi, Kocaeli Sempozyumu Mart 23-25.



- M.T.A. Genel Müdürlüğü Yayınları, No. 34, 5-20.
- OKAY, A., KAŞLILAR-ÖZCAN, BOZTEPE-GÜNEY, A. ve KUŞÇU, I., 1999, Marmara Depreminde İstanbul'u tehdit eden kırıklar, Cumhuriyet Bilim Teknik, 648, 9.
- ÖZKAN, Ö. ve MURATOĞLU, Ö., 2005. Deprem Bölgelerinin Bina Maliyetine Etkisi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, Mart 23-25.
- TAŞDEMİR, M. A., ÖZKUL, M. H. ve Atahan, H. N., 1999. Türkiye'deki SonDepremler ve Beton, II. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, Adana, 9-20.
- TS-500, 2000. Betonarme Yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TÜRKMEN, M., TEKELİ, H. ve KUYUCULAR A., 2005. Deprem Bölgesi ve Yerel Zemin Sınıflarının Bina Maliyetine Etkileri,Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitü Dergisi, Ens9-3.
- TÜYSÜZ, O. ve ERTURAÇ, M. K., 2005. Karlıova depremleri ve düşündürdükleri. İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469, Maslak, İstanbul

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Yusuf GENÇ  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Batman / 1985  
**Telefon** : 0505 836 50 46  
**Faks** : -  
**e-mail** : eflatun\_72@hotmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Fatih Lisesi Merkez		Batman	2003
Üniversite	: Dicle Üniversitesi Merkez		Diyarbakır	2010

### İŞ DENEYİMLERİ

#### Yıl Kurum Görevi

2011-2012 Batman Demyap Yapı Denetim İnşaat Mühendisi

2012 -Batman İl ve Özel İdaresi İnşaat Mühendisi