

**STATİK İTME YÖNTEMİ KULLANILARAK
YAPILAN
PARAMETRİK BİR ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Mehmet Celal SAVAŞKAN

501001102

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Metin AYDOĞAN

ARALIK 2002

ÖNSÖZ

Ülkemizde son yıllarda ard arda yalanan şiddetli depremler, bu konuya olan ilginin bir anda artmasına ve depremlerin kaçınılmaz kaçınılamaz olduğu gerçeğinin acı örneklerle zihinlere kazınmasına neden olmuştur. Ancak, deprem karanlık bir son değil, meydana geldiğinde sonrasının görülebildiği bir doğa olayı olarak düşünülmelidir.

Depreme karşı yetersiz mevcut yapıların nasıl depreme hazır hale getirilebileceğine dair geliştirilmiş yöntemler genel olarak anlatılmaya çalışılmıştır. Ancak, sonradan güçlendirmek, projenin başından güçlü yapılmasına oranla son derece masraflı bir çözüm olacaktır. Bu nedenle, deprem bilincine sahip mühendislerce mimari çizimlerin gözden geçirilmesi büyük önem içermektedir. Yapım sırasında da etkili bir kontrol sağlamak ve insan kaynaklı imalat kusurlarına veya ülkemizde sıkça karşılaşılan boş vermişliği imkan tanınmamalıdır.

Depremin neden olduğu kayıpların önlenmesi kadar, tüm sosyal çarpıklıkların da giderilmesinde her şeyden önde gelen; düzenli, taviz verilmeyen ve uzun yıllar sonrası düşünülerek hazırlanacak olan, modernleşmeyi sağlayan imar planlarının önemini vurgulayarak, bu çalışmada her türlü teknik desteği esirgemeyen Sayın Kutlu DARILMAZ 'a ve tüm çalışmaların ortaya çıkmasını sağlayan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Metin AYDOĞAN 'a sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet Celal SAVAŞKAN

Aralık,2002

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1.GİRİŞ.....	1
2. BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE PERFORMANS YAKLAŞIMI	3
2.1.Performans Değerlendirme.....	4
2.1.1. Yapı Değerleri.....	5
2.1.2. Zemin Hareketleri.....	7
2.2. Deformasyon Kontrolü ile Lineer Olmayan Analiz.....	8
3. STATİK İTME ANALİZİ İÇİN YAPININ BİLGİSAYAR ORTAMINDA	14
4. ANALİZİ YAPILAN ALTERNATİF ÇERÇEVELER.....	24
5. SONUÇLAR	29
5.1. Etriye Sıklığının Eleman Davranışlarına Olan Etkisi	29
5.2. 3 Katlı Çerçevenin Farklı Beton ve Etriye Koşullarında Davranışı	30
5.3. BS 16 kullanılan 3 katlı çerçevenin Farklı Donatı ve Kolon Boyutu Koşullarındaki Davranışı	32
5.4. 3 Katlı Çerçevenin Güçlendirilmesi.....	35
5.5 5 Katlı Çerçevenin Güçlendirilmesi.....	37
5.6 Genel Değerlendirme.....	39
KAYNAKLAR.....	41
EK 1	42
ÖZGEÇMİŞ	67

KISALTMALAR

IO	: Immediate Occupancy , Hemen Kullanım
DC	: Damage Control, Kontrol Edilebilir Hasar
LS	: Life Safety, Can Güvenliği
LIS	: Limited Safety, Sınırlı Güvenlik
SS	: Structural Safety , Yapısal Güvenlik
NC	: Not Considered, düşünölmeyen Durum
OP	: Operational , İşletilebilirlik
SE	: Service Earthquake , Servis Depremi
DE	: Design Earthquake, Tasarı Depremi
ME	: Maximum Earthquake, Maksimum Deprem
DL	: Zati Yük
LL	: Hareketli Yük

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1.2.1	Deprem büyüklükleri ve bina performanslarının gösterimi.....	8
Tablo 3.1	Örnek elemanın davranış modeli.....	19
Tablo 3.2	Programa girilecek P-M-M değerleri.....	21
Tablo 4.1	Analizi yapılan çerçeveler.....	27
Tablo 4.2	Kat ağırlıklarının düğüm noktalarına dağıtılması.....	28
Tablo 5.1.1	Farklı etriye aralıklarına ait akma değerleri.....	29
Tablo 5.2.1	Uygun ve uygun olmayan koşullar için alınan mafsallarda modelleme hasar seviye katsayıları.....	32
Tablo 5.3.1	Farklı donatı ve kesitlerde BS16 kullanılan çerçevenin elastik sınır değerleri.....	34

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.1.1	Bina performans değerlerinin ivme – yer değiştirme grafiği üzerinde gösterimi.....	7
Şekil 2.2.1	Performans noktası.....	11
Şekil 3.1	Modelleme için kabul edilen moment – mafsal dönme ilişkisi.....	15
Şekil 3.2	Örnek kolon kesiti.....	18
Şekil 3.3	Örnek kesite ait moment- eğrilik grafiği.....	18
Şekil 3.4	Örnek kesitin depreme çalışan ve buna dik olan eksenlerinin gösterimi.....	20
Şekil 3.5	Örnek kesite ait 0^0 için P-M-M diyagramı.....	20
Şekil 3.6	Yapının taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirme grafiği	22
Şekil 3.7	Yapının taban kesme spektral ivme - spektral yer değiştirme grafiği.....	22
Şekil 3.8	Yapının ötelenmiş halde en son ulaştığı nokta.....	23
Şekil 4.1	3 Katlı çerçeve.....	24
Şekil 4.2	Eleman kesitleri.....	25
Şekil 4.3	5 Katlı çerçeve.....	25
Şekil 4.4	Takviye edilen kolonun yeni kesiti.....	26
Şekil 4.5	Perde kesiti.....	26
Şekil 5.1.1	Farklı etriye aralıkları ile kolon kesitinin moment – dönme grafiği.....	30
Şekil 5.2.1.	Farklı beton ve etriye koşullarında taban kesme kuvveti - çatı yer değiştirme grafiği.....	31
Şekil 5.2.2	Farklı beton ve etriye koşullarında spektral ivme - spektral yer değiştirme grafiği.....	31
Şekil 5.3.1	BS16 betonu ile farklı donatı ve kesit boyutları taşıyan çerçevenin spektral ivme – yer değiştirme grafiği.....	33
Şekil 5.3.2	BS16 betonu ile farklı donatı ve kesit boyutları taşıyan çerçevenin taban kesme – çatı yer değiştirme grafiği.....	34
Şekil 5.4.1	3 katlı çerçevenin güçlendirilmesine ilişkin spektral yer değiştirme – spektral ivme grafiği.....	36
Şekil 5.4.2	3 katlı çerçevenin güçlendirilmesine ilişkin taban kesme – çatı yer değiştirme grafiği.....	36
Şekil 5.5.1	5 katlı çerçevenin güçlendirilmesine ilişkin spektral yer değiştirme – spektral ivme grafiği.....	38
Şekil 5.5.2	5 katlı çerçevenin güçlendirilmesine ilişkin taban kesme – çatı yer değiştirme grafiği.....	37

SEMBOLLER

M	: Moment
My	:Akma momenti
υ	: Mafsal dönmesi
υ_y	: Akma Mafsal Dönmesi
H	: Toplam bina yüksekliği
P	: Eksenel yük
W	: Toplam bina ağırlığı
h	: Kesit yüksekliği
b	: Kesit genişliği
ϕ	: Donatı çapı (mm)
a	: pekleşme aralığı parametresi
b	: göçme noktası
c	: artık moment kapasite parametresi

ÖZET

STATİK İTME YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPILAN PARAMETRİK BİR ÇALIŞMA

Deprem hesaplamalarında ileri bir analiz yöntemi olan deformasyon kontrollü analiz yöntemi ile bina davranışları bu tez kapsamında değerlendirilmiştir. İlk kısım analizin hangi prensiplere göre düzenlendiğinin tanıtılması şeklindedir. Lineer bir analiz yöntemi olmayan bu yöntemde, yapı elemanlarının ne tür davranış modelleri ile kabul edildikleri tarif edilmiştir.

Sonraki kısımlarda ise deformasyon kontrollü analiz yönteminde, statik itme ve yük artım yöntemlerinin kolay ve hızlı bir biçimde çalıştırabilmek amacıyla kullanılan SAP2000 sürüm 7.44 programında, modelleme için gerekli adımlar sıralanmış ve bir kolon kesiti üzerinde örneklendirilmiştir.

Daha sonraki kısımlarda ise çeşitli özelliklere sahip toplam 15 adet çerçeve bu analiz programında modellenerek, 1. modları doğrultusunda, statik itme hesabı yaptırılmıştır. 3 ve 5 katlı örnekler üzerinde yapılan bu hesaplamalar çok sayıda alternatif denenmesi ve birbirleri ile genel bir kıyaslama yapılması amacıyla 2 boyuta çalışmak yeterli görülmüştür. Alternatif çözümler, esas itibari ile farklı malzeme, eleman ve güçlendirme yöntemlerinin modellenmesidir.

Elde edilen sonuçlar son kısımda karşılaştırmaya ve genel bir değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

ABSTRACT

A PARAMETRIC STUDY WITH PUSH OVER METHOD

One of the further methods in earthquake analysis which is the deformation controlled method is held as a content of thesis. In the first part, describes which principles that the analysis arranged. It is declared, as a non-linear analysis method, the acceptance of behaviour models of structure elements.

The following part is about, the necessary steps listed in order to create a model in SAP2000 v.7.44; the software programme used due to its easiness and quickness and a column example is given.

In the subsequent parts, 15 frame having different properties modelled in analysis programme, in the direction of its 1st Mod and push over analysis is made. To make so much of comparison in between these alternatives, it seemed sufficient to work on 2D in the calculations of 3 and 5 storey frames. Naturally, the solutions of alternatives are about modelling different material, body and retrofit methods.

The results are compared and a general evaluation is made on them in the last part.

1. GİRİŞ

Binaların deprem karşısındaki davranışları hakkındaki bilgiler, zaman ilerledikçe mevcut kabul edilen çözüm yöntemlerinin yetersiz kaldığını ortaya çıkarmıştır. Yaşanılan her depremden sonra büyük felaketlerle karşılaşmamak için ortaya atılan yeni görüşlerin denenmesi ve uygulamalarındaki başarıları ve eksiklikleri gözlemlenmelidir. Hesaplama amacıyla kullanılan yazılımlarda ve bilgisayar teknolojilerde son yıllarda büyük ivmeler kazanan gelişmeler, daha karmaşık çözüm yöntemlerinin denenmesine de olanak sağlamakta, böylelikle modelleme ve analiz süreleri kısalmaktadır. Bu sayede de daha az bir zaman dilimi içinde çok daha fazla model denemesi yapılarak, bunların arasından optimum bir çözümün seçilebilmesi şansı artmaktadır.

Deprem kaçınılmaz bir doğa olayıdır. Barınmak üzere inşa edilen yapıların yıkılması ile bir afete dönüşmektedir. Bu nedenle üzücü sonuçların yaşanmaması öncelikli olarak proje aşamasında doğru yapının teşkil edilmesi ile sağlanacaktır. Gelişen bilgisayar teknolojisi ve yaşanan depremlerde öğrenilenler, daha doğru veriler ve davranış şekilleri ile sonuca varılan projelerin üretilmesini de, bu anlamda kolaylaştırmaktadır.

Deprem karşısında önlenmesi gereken en önemli unsur yapının çökmesi veya ekonomik olarak tamir edilemez düzeyde hasar görmesidir. Ancak şartnameler gereği ve ekonomik açıdan, binalar bir defa tasarım depremi geçirecek şekilde projelendirilir. Bu durum, deprem sonrası yaşanacaklar hakkında net bir fikir vermemektedir. Ayrıca defalarca depreme maruz kalan yapılar için ne tür bir sonuç alınabileceği, mevcut lineer analiz yöntemleri ile doğru olarak çözülememektedir. Bu bağlamda, binalardaki deformasyonların kontrol edilerek, yüklemelerin uygulanması temel alınarak geliştirilmiş olan statik itme yöntemi, elastik hesaplamının yetersizlikleri karşısında ortaya atılan, daha detaylı ve daha karmaşık algoritmalarla, daha doğru neticelere ulaşabilen analizlerin yapılmasına olanak sağlayan bir yöntemdir.

Statik itme yönteminde binanın tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanır. Normal hesaplamalarda elastik sınırlar için tanımlanan elastisite modülü, bu davranış şekillerinin belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır. bu notadan hareketle oluşturulan model, ufak adımlar ile ötelenmeye, yani deformasyona, maruz bırakılır; her adım yapıyı oluşturan elemanlardan biri veya bir kaçının davranış şeklinde değişimlerin gözlemlendiği mesafe kadardır. Yapı belirlenen yanal ötelenme mesafesine ulaşıncaya kadar veya yapıyı teşkil eden elemanların, daha önceden tanımlanan göçme deformasyonlarına ulaşması ile analiz durdurularak, gelinen deformasyon seviyesi itibari ile binanın deprem neticesinde oluşacak hasar seviyesi belirlenmektedir.

Özellikle üzerinden birkaç deprem geçmiş veya henüz deprem yaşamasa da yapıldığı tarih itibari ile yeni düzenlemeleri karşılamayan yapıların hangi bölgelerinde en fazla hasar oluştuğunu görmek açısından bu yöntem çok kullanışlı olmaktadır. Eski yapıların malzeme kalitelerinin de son derece zayıf olması, zaman içinde özelliklerini yitirebilmesi, bu yapılarda daha dikkatli çalışmaların yürütülmesi gereklerinden birisi olarak düşünülmesi gereken unsurdur. Bu çerçevede yapılacak analiz neticesinde binaya uygulanacak güçlendirme yöntemleri ile bunu sağlamak son derece zor olacaktır.

Netice itibari ile daha güvenli yapılar inşa etme hedefiyle geliştirilen her yeni analiz yöntemi bunu kolaylaştıran bilgisayar desteği ile birlikte depremin sadece sınırlı hasar meydana getiren bir doğa olayı olarak yaşanılması, can ve mal kayıplarının kaydedilmemesi için atılacak bir adımdır. Karşılınması çok zor ekonomik ve sosyal çöküntülere neden olan bu gibi afetlerin önüne geçilmesi, bilimsel gelişmelerin doğurduğu detay farklılıklarının titizlikle uygulanması aşaması ile birlikte sağlanarak, en iyi ve en güvenli yaşam ortamlarının oluşturulabilmesi başarılabacaktır.

2. BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE PERFORMANS YAKLAŞIMI

Binaların deprem hesapları, yaygın olarak, yanal yükler ile elastik sınırlar dahilinde bulunduğu düşünülen eleman davranışlarına göre yapılmaktadır. Zemin itkisi, çerçevelere, döşemeler ile belirlenen katlara göre dağıtılıp, bu yolla oluşan tepki kuvvetleri ve yer değiştirmeler neticesinde, her bir elemanda, elastik sınırlarda gerilmelere ulaşılır.

Ancak bilinmektedir ki ne bina davranışları, ne de deprem etkisi, yapısal elemanları sadece lineer-elastik bandın içerisinde bırakır. Ayrıca farklı katlardaki elemanların deprem davranışları da birbirini etkilemekte ve elemanlar sıra ile akma noktasına ulaşırken deprem sona erene kadar, eğer elemanlar göçme yük değerlerine erişmemişler ise, sadece bu akma dayanımı ile çalışmaya devam etmektedirler. Mevcut binaların yapım tarihleri ve hesap için alınan değerler göz önüne alındığında bugün pek çok bina için yeniden deprem hesaplamaları yapılması gerekebilir. Yapım tarihlerindeki şartnamelere uygun olsalar bile, zaman içinde kazanılan deneyimlerden elde edilen yeni bulgular ışığında, mevcut deprem şartnamelerinde yapılan çeşitli güncellemeler nedeni ile, tasarım depremine karşı yetersizlik durumunda olmaları, bu tür binaların yetersiz olduklarını ve güçlendirilmeleri zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Statik itme yöntemi olarak adlandırılan hesap yöntemi ile gerek yeni tasarımların, gerekse mevcut binaların yeniden deprem hesaplamalarının yapılması ve güçlendirilmesi çözümleri; binaların farkı büyüklüklerdeki depremler karşısındaki performansları temel alınarak yapılır. Kabul edilen performans noktası, beklenen yer sarsıntısı sonunda binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında oluşacak, veya oluşması planlanan, hasar derecelerine göre belirlenir. Eğer bir yapının güçlendirmesi öngörülüyor ise, yapıya ilave edilecek elemanların ve takviyelerin neticesinde bina hedef performansı yakalamalı, ve güvenlik koşullarını yerine getirmelidir.

Bu yöntemde betonarme yapılardaki çeşitli taşıyıcılar ve diğer elemanlar için hasar durumu ön akma, elastik olmayan deformasyon değerleri ile tanımlanır. Statik itme yönteminde yapı, belirlenen yanal deformasyon şekline göre adım adım ötelenerek, her adımda yapının mafsallarında oluşan hasar durumuna karşılık sisteme etkiyen yük kaydedilmektedir.

Performans tabanlı deprem hesaplamaları ve bina güçlendirmeleri yapı analizine yeni bir boyut kazandırmaktadır. Bu şekilde yapılan analitik çözümleme bugüne kadar uygulana gelen kuvvet tabanlı alınan hesaplama uygulamalarına göre çok daha karmaşık bir yapıdadır. Ancak analiz yönteminde daha gerçekçi bir yol izlenmesi çözümlerin daha doğru ve ekonomik olmasına olanak tanır.

Performans seviyesine göre yapılan hesaplama yönteminde başarılı bir sonuç alabilmek yapısal özelliklerin ve zemin davranışlarının çok iyi bilinmesine bağlı olacaktır. Eğer mevcut bir bina için tekrar hesap yapılyorsa, elemanların yapısal dayanım değerlerinin doğru ve gerçekçi bir şekilde ölçülmesi sayesinde ekonomik bir güçlendirme projesi üretebilmek mümkün olabilir.

Performans tabanlı deprem hesaplamalarında uygulanacaklar sırası ile şöyledir:

- i-* Sismik performans seviyesinin belirlenmesi ve sismik performans değerlerinin elde edilmesi için talep kriterlerinin tanımlanması
- ii-* Mevcut bina özelliklerinin ve var olan eksikliklerinin belirlenmesi
- iii-* Binanın beklenen performans değerlerinin ve sismik kapasitesinin ayrıntılı analitik yöntemler ve teknikler ile ölçülmesi
- iv-* Malzeme özelliklerinin, modelleme, kapasite ve kabul edilebilir performansın varsayılan değerler ve uygulanacak kurallara yeniden göre belirlenmesi ve arttırılması.

2.1. Performans Değerlendirme

Hesaplara ilişkin olarak yapıların performans değerlendirme kriterleri genel itibari ile iki kısımda incelenebilir. Bunlardan ilki, bina üzerindeki yapısal ve yapısal olmayan elemanların davranış durumlarına ait olan tüm yapının değerlendirmesi; diğeri de bina elemanları için olmayan fakat zemin hakkında davranışı hakkında bilgi sunan değerleridir.

2.1.1 Yapı Değerleri

Binaların performans değerleri, depreme karşı dayanım ve durağanlık, stabilite, performansı olarak tanımlanır. Sismik performans değeri belirlenirken, binada deprem neticesinde oluşacak hasarlara göre ayırım ve sınıflandırma yapılır. Performans seviyeleri binaların yapısal ve yapısal olmayan elemanları için ayrı ayrı nitelendirilir. Beklenen deprem neticesinde, istenilen performans derecesine göre yapısal ve yapısal olmayan elemanlara ait ortak bir seviye alınarak tüm binanın performans değeri elde edilir.

Performans değerlerini, oluşması planlanan hasara göre sıralamak ve seviye aralıklarını tespit etmek mümkündür. Bu nedenle mevcut bir binanın güçlendirilmesi neticesinde, yapılacak performans artışı doğru olarak belirlenmeli, bu artışı elde edebilmek için de tasarım ve hesap aşamalarında, mevcut binaya yapılacak ilaveler ile binanın istenilen performans seviyesine ulaşması sağlanmalıdır.

Yapısal elemanlardaki performans seviyeleri az hasardan çok hasara göre şu şekilde tanımlanır [1]:

- 1- Hemen kullanım (Immediate occupancy, IO) : Binanın en az hasar gördüğü seviyedir. Yapısal taşıyıcı elemanların tümünün dayanım özellikleri yaşanan depremden önceki durumuna çok yakındır. Yapısal hasarlar neticesindeki yaralanmalar ihmal edilecek boyuttadır. Bina deprem sonrası hemen kullanıma açılabilir.
- 2- Kontrol edilebilir hasar (Damage control, DC) : Hemen kullanım seviyesi ile can güvenliği seviyesi arasındadır. Binada önemli bir hasar gözlenmese de tahrip olmuş kısımların onarılmaları amacıyla bina depremden sonra hemen kullanıma açılmayabilir.
- 3- Can güvenliği (Life safety, LS) : Binada önemli hasarlar oluşabilir, ancak ana taşıyıcıların çökmesi yaşanmaz. Deprem neticesinde bina içinde bulunan kişilerde yaralanma görülebilir fakat bunlar yapısal hasarlar nedeni ile oluşmayan olaylardır. Meydana gelen hasarlar onarılabilir ve sonrasında bina yeniden kullanıma açılır, fakat tamir maliyeti her durumda ekonomik olmayabilir.

4- Sınırlı güvenlik (Limited safety, LİF) : Bu seviye de yapısal stabilite ve can güvenliği seviyeleri arasındadır. Deprem sonrası binada takviye ve güçlendirme yapılabilir.

5- Yapısal Stabilite (Structural stability, SS) : Depremde oluşan hasarların en son seviyesidir. Burada bina deprem sonrasında kısmi çökme ve/veya tamamen yıkılmanın eşiğine gelmiştir. Binada önemli hasar oluşur ve yanal dayanımı, rijitliği zayıflar. Ancak düşey yüklere karşı işlevini yürütür. Bina depremden sonra ayakta kalsa bile artçı şoklar ile yıkılma olasılığı vardır. Tekrar kullanılabilir olması için çok önemli bir takviye görmesi gereklidir, bu da ekonomik olmayabilir.

6- Düşünülmeeyen durum (Not considered, NC) : Bir performans seviyesi değildir. Bina depreme dayanamaz ve deprem sırasında yıkılır.

Yapısal performans seviyelerinin yanı sıra binalar için yapısal olmayan elemanların da performans değerlendirmeleri yapılır. Oluşacak hasarın boyutuna göre derecelendirilen bu hasar seviyeleri, binanın dayanımına etkisi olmamakla beraber, olası yaralanma, kırılma ve devrilmelerden dolayı oluşacak maddi kaybı belirlemek için göz önüne alınır.

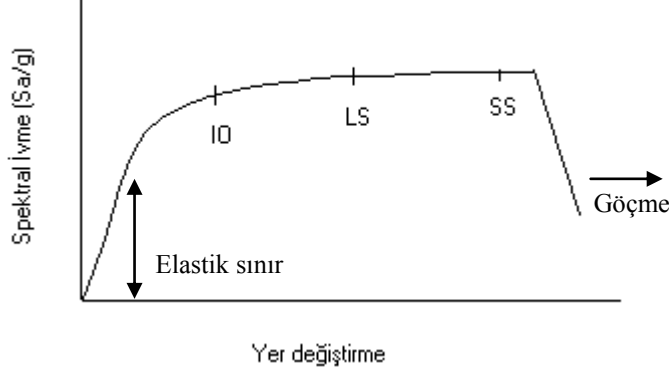
Yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar neticelerinin birlikte düşünüldüğü, oluşan tüm hasarların göz önüne alındığı durumlarda, binaların performans seviyeleri sırasıyla aşağıdaki gibidir.

1. İşletilebilirlik (Operational, OP): Yapısal hasar sınırlıdır ve binanın kullanım güvenliği devam eder. Yapısal olmayan elemanlardaki hasar da önemsizdir.

2. Hemen kullanım (IO): Bu seviye en çok kullanılan performanstır. Ciddi bir yapısal hasar oluşmaz, binadaki sistemlerin çoğu çalışmalarına devam edebilir. Yapısal olmayan elemanlarda oluşacak hasarlar, önceden önlem alınarak azaltılabilir. Örneğin, dolap, televizyon, soğutucu gibi kıymetli ve devrilmesi halinde büyük zarara yol açacak ekipmanlar ve demirbaşlar duvara sıkıca vidalanabilir.

3. Can güvenliği (LS): Yapısal olmayan elemanlar düşebilir ve devrilebilir. Yapısal elemanlarda da tamir edilebilir miktarda hasar oluşur.

4. Yapısal stabilite¹ (SS): Binaların ana taşıyıcıları ve çerçeveleri sadece düşey yükleri karşılayacak duruma gelmiştir. Bina deprem sonrası sarsıntılar ile çökebilir.



Şekil 2.1.1.1 Bina performans değerlerinin ivme – yer değiştirme grafiği üzerinde gösterimi

2.1.2. Zemin Hareketleri

Meydana gelen deprem neticesinde zemin hareketleri ile binanın istenilen performans seviyesinin birleşimi, bina için performans değerlendirmesinin temelini oluşturur. Bu amaçla, farklı büyüklüklerdeki depremler için binanın farklı kriterleri karşılaması planlanır. Binalara etki eden depremler tasarımı ve hesaplama için büyüklüklerine göre şu şekilde isimlendirilir:

- i-** Servis depremi (SE): 50 yıllık periyotlar içinde görülme olasılığı %50 olan depremlerdir.
- ii-** Tasarım depremi (DE): 50 yıllık periyotlar içinde görülme olasılığı %10 olan depremlerdir.
- iii-** Maksimum deprem (ME): 50 yıllık periyotlar içinde görülme olasılığı %5 olan depremlerdir.

Bu itibarla performans değerlendirme, meydana gelen yer sarsıntılarına göre binada oluşacak olan hasar seviyesinin bir arada incelenmesidir. Depreme karşı tasarımları, yapılan binaların maksimum depreme karşı yapısal stabilite özelliklerini korumalarını ve ağır hasar görseller dahi göçmemelerini temin etmelidir.

¹ Yapısal Stabilite seviyesi; Göçmenin Önlenmesi (Collapse Prevention) şeklinde de isimlendirilmektedir.

Tablo 2.1.2.1 Deprem büyüklükleri ve bina performanslarının gösterimi

	OP	IO	LS	SS
SE	X			
DE			X	
ME				X

Tablo 2.1.2.1’de de görüldüğü gibi yapılacak analizde binanın servis depremlerine karşı işletilebilir, tasarım depremine karşı can güvenliği, maksimum depreme karşı da yapısal stabilite seviyelerine ulaşması beklenir. Eğer mevcut bir yapı için tekrar analiz yapılıyor ve bu analiz neticesinde bina, karşılaması gereken depremlere dayanmıyor ise bu yapının güçlendirmesine yönelik çalışmaların başlanması bakımından gereklilik arz etmektedir.

Tasarlanan plan için deprem büyüklüklerinin yanı sıra zemin yapısına göre de farklı etki değerleri, kesit tesirleri elde edilir. Bu amaçla zemin karakterine göre olası hareketler de dikkate alınmalıdır. Deprem neticesinde arazinin zemin durumunda göre yüzeyde; yakın yer altı suyu çizgisi ile sınılaşma, yumuşak ve eğimli topografyalarda toprak kayması, ve fay kırıkları görülebilmektedir. Depremin süresi de zemin özeliğinin değişmesinde etkili bir faktördür. Sürenin uzaması, zemin koşullarında sınılaşma ve yer kaymaların görülmesine neden olabilmektedir. Deprem nedeni ile meydana gelen bu tür olası yer hareketlerine karşı analizlerde ilave ivme değerleri alınarak önlem alınır.

2.2 Deformasyon Kontrolü ile Lineer Olmayan Analiz

Performans tabanlı tasarım prosedürleri, talep ve kapasite durumlarının analiz edilmesi şeklinde iki ana temele dayandırılmaktadır. Talep, depremin yarattığı yer hareketlerine denir. Kapasite de binanın deprem hareketlerine gösterdiği dayanımı ifade eder. Bu iki farklı değer bir araya getirilip, grafik tabanında kesiştirilmeleri ile elde edilen nokta, yapının deprem hareketlerine karşı gösterdiği performansı belirtmektedir. Bu sentezden elde edilecek sonuç itibari ile yapı, depremin

oluşturduğu talebe dayanacak mukavemette olacak ve buna göre hasar meydana gelecektir.

Deprem hesaplarında geliştirilen statik itme yöntemi (pushover) çerçevesinde bu üç birimin birbirleri ile olan bağıntıları doğrultusunda sonuca gidilir.

i- Kapasite: Yapının toplam kapasitesi, yapıyı oluşturan her bir taşıyıcı elemanın dayanım ve deformasyon kapasitelerine bağlıdır. Yapının elastik limitleri dışındaki deprem davranışının incelenebilmesi yük artım yöntemi ile incelenebilir. Statik itme yöntemi, ardışık lineer olmayan analizler ile bütün binanın kuvvet- yer değiştirme kapasitesine ait davranışı belirlemektedir. Yapının matematiksel modellemesi, akma noktasına gelen elemanlar için azaltılmış dayanım değerleri girilerek değiştirilmesi şeklinde düzenlenir. Akma noktasına gelen taşıyıcı elemanlar binayı kabul edilebilir ve güvenli yer değiştirme değerlerini aşana ya da mekanizma durumuna getirene kadar yükleme devam eder ve bu analiz sonucu olarak binanın kapasite dayanımı ortaya çıkar.

ii- Talep: Deprem sırasında oluşan zemin hareketleri binanın, karmaşık ve zamana göre sürekli değişen yatay yer değiştirmeler yapmasına yol açarlar. Geleneksel doğrusal analiz yöntemleri yanal yükleri tasarım değeri olarak kullanmaktadırlar. Lineer olmayan yöntemlerde ise yanal yer değiştirmeler tasarım kriterleridir. Bina analizinde beklenen en büyük depreme ait yer değiştirme değerleri girilerek talep grafiği elde edilmiş olur. Beklenen depreme ilişkin talep grafiklerini teşkil etmek için zemin koşullarının yanı sıra binanın sönümlenme yüzdesi de bilinmelidir. Normal hesaplamalarsa %5 olarak kabul edilen bu değer, güçlendirme analizlerinde gerçek oranında alınarak daha doğru bir performans noktası elde edilebilir. 0.05'ten daha büyük olan ve talep spektrumunu daha alt seviyelerde oluşturan bu değere binanın etkin sönümü denilmektedir².

iii- Performans: Kapasite ve talep grafikleri elde edildikten sonra performans kontrolü yapılabilir. Performansın tespiti, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen hasarın kabul edilen sınırların içinde kalıp kalmayacağını sağlamaktadır. Genel anlamı ile performans, analizi yapılan yapının verilen deprem karşısında iki grafiğin kesişim noktasındaki yer değiştirme değerini yapar, bu noktadaki ivmeyi alır ve performans noktasının, akma noktasına göre olan bağıl mesafesi de binada yaşanan deprem neticesinde oluşacak hasar seviyesi hakkında

² Etkin sönümün hesaplanması ile ilgili bkz. ATC40 V1 s.8-16 Denklem (8-8)

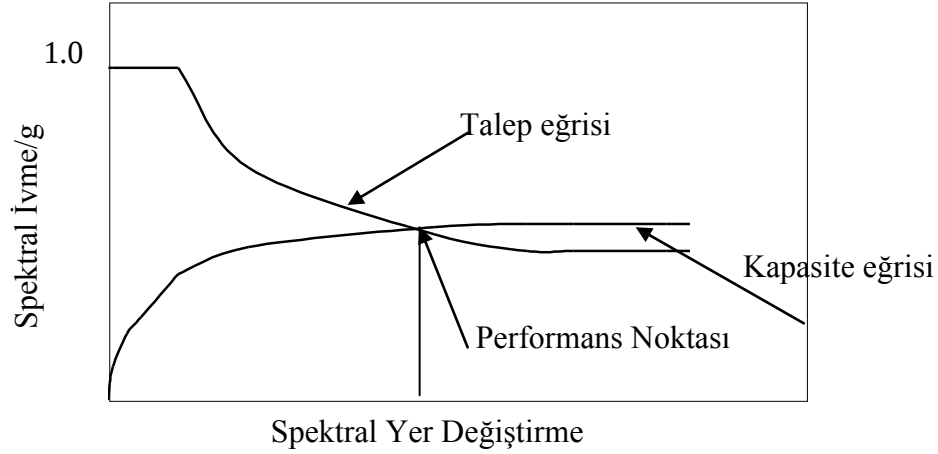
bilgi vererek bu binanın deprem anında veya sonrasında güvenli olup olmadığının tespit edilmesine olanak sağlar.

Statik itme yönteminde bina, taşıyıcı elemanlarının davranışlarına göre adım adım ötelenir. Statik itme yöntemi ile hesaplar esas olarak iki aşamada binaya uygulanır. Birinci aşamada bina, üzerindeki zati ve hareketli yüklerin etkisi ile düşey yer değiştirmeye maruz bırakılır. Bu aşama bir adımda uygulanır ve binaya bu yüklerden dolayı meydana gelen düşey yer değiştirme ilk adımda belirlenir.

İkinci aşamaya, birinci aşamanın devamı olmak üzere, binanın üzerinde birinci aşamada belirlenen yükler ve bunlara bağlı yer değiştirmeler olduğu halde geçilir. Bu aşamada da bina, mod birleştirme yöntemine göre elde edilen şekil değiştirmelere paralel olacak şekilde yanal olarak adım adım ötelenir. Yanal öteleme yapılacak adımların aralıkları, binanın daha önceden modellenen elemanlara ait moment – dönme grafikleri doğrultusunda, akma, pekleşme, göçme, kopma noktalarına erişilmesine göre belirlenmektedir.

Binaya uygulanacak maksimum yanal öteleme değeri belirli bir değer girilebileceği gibi, genel olarak çatı katının yerden yüksekliğinin % 4'ü alınmaktadır. Yapı belirlenen değere kadar itilmektedir ancak bu esnada taşıyıcı elemanlardan bir tanesi bu sınır değerine ulaşırsa elde edilen öteleme binanın maksimum ötelemesi olmakta ve bu noktadan sonra binanın göçtüğü düşünülmektedir.

Binanın taşıyıcı elemanlarının düğüm notalarına ait değerleri kullanarak, yanal yer değiştirme neticesinde, binaya ait taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirmesi ve spektral ivme- spektral yer değiştirme grafikleri elde edilir. Binanın spektral ivme spektral yer değiştirme grafiği kapasite spektrum eğrisidir. Bu eğrinin talep spektrumu ile bir araya getirilmesi ile bu iki grafiğin birbirini kestiği noktada binanın performans noktası elde edilir. Yapının performans noktasının tayini Şekil 2.2.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2.1. Performans noktası

Mevcut binalara ait kapasite – talep spektrum eğrilerinin birlikte değerlendirilmeleri binaya uygulanacak güçlendirme yöntemlerinin de belirlenmesine olanak sağlar. Güçlendirme çalışması yapılacak binalarda, bu amaçla ya talep eğrisi aşağı çekilir yada bina taşıyıcı elemanlarının takviye edilerek veya yeni elemanlar teşkil edilerek tüm sistemin rijitleştirilmesi ile kapasite eğrisi daha yüksek değerler alacak şekilde yapının taşıyıcı sistemi düzenlenir.

Talep eğrisinin daha aşağı değerlere çekilebilmesi binanın etkin süneklik yüzdesinin artırılması ile sağlanabilir. Süneklik oranı ile binanın enerji yutma kabiliyeti orantılı olduğu için bina elemanları yüksek bir sönüm değerinde daha az zorlanmaya maruz kalacaklardır. Bu şekilde binada yapılacak güçlendirme ile binanın titreşim periyodu ve performans noktasının, yapının kapasite grafiğinden alınan spektral ivme – spektral yer değiştirme değerleri değişmeyecektir, ancak aynı değerdeki yer değiştirmeye karşılık gelen, depremin yapıya uyguladığı talep ivmesi azaltılmış olur. Talep ivmesinin azalması, depremin etkisinin bina tarafından daha az kuvvetlerle hissedilmesini sağlayacaktır.

Binanın enerji yutma kabiliyeti, temel mesnetlerinin hareket edebilir hale getirilmesi, çerçeveler arasına hidrolik süspansiyonların konulması gibi takviye yöntemleri ile arttırılabilmektedir. Ayrıca yapım sırasında donatı yerleştirmelerinin uygun yapılması, sık etriyelerin kullanılması da bina sünekliğini artırıcı olduğu görülmüştür.

Bunların yanı sıra, binanın sönüm değerinin arttırma çalışmaları, yapının titreşim periyodunu değiştirebilir ve güçlendirme neticesinde daha yüksek periyoda ulaşan binalar bir önceki durumlarına göre daha az deprem yükü alacaklardır. Sönüm

değeri aynı zamanda zemin yapısı ile ilgili olduğundan bina zemininde; yer altı suyunun düşürülmesi, kazık temellerin zemine çakılması, beton enjeksiyonu gibi zemini iyileştirmeye yönelik uygulamalar da talep spektrumunda sönüm değerini arttırarak daha düşük ivme değerlerinin binaya etki etmesi sağlanabilir.

Güçlendirme çalışmalarında elemanların rijitleştirilmesi kapasite grafiğinde artışa neden olur. Kolonların sarılması, ilave perdelerin kullanılması binanın birim yer değiştirmesi için gerekli olan ivme kesme kuvveti değerini göreceli olarak yükseltecek bu sayede de bina beklenen depreme karşı daha dayanıklı hale getirilebilecektir.

Yer değiştirmelerin kontrol edildiği yük artım ve statik itme yöntemlerine göre yapının kapasite ve taban kesme kuvvetlerinin belirlenmesi amacı ile aşağıdaki yol izlenir:

1. Bilgisayar ortamında bina modellemesinin yapılması, her bir elemanın kapasitelerinin, akma dayanımlarının ve davranış sınırlarının belirlenmesi ve tüm bina üzerine yüklerin, ağırlıkların girilmesi. Binanın düşey yükler altında gösterdiği davranışın analiz edilmesi.
2. Binanın dinamik yükler altında, mod birleştirme yöntemi kullanılarak elde edilen yanal ötelenme modlarının belirlenmesi. Eğer yük artım yöntemi kullanılacak ise, deprem kuvvetlerinin veya depreme ait ivme – periyot grafiklerine ait değerlerinin girilmesi
3. Tercih edilen yanal ötelenme biçimine göre; deprem kuvvetleri, spektrum veya mod şekilleri, verilen maksimum çatı yer değiştirme değerini aşmayacak şekilde yanal ötelenmenin ve hesaplanan yanal yüklerin bina üzerine adım adım uygulanması.
4. Yanal öteleme sırasında, akma noktasına gelen ilk elemanın ortaya çıkmasıyla bu elemanın oluşturduğu birleşim noktasına, daha önceden belirlenen modelleme kriterlerine göre [2] mafsallık olarak yeni kapasite değerlerinin verilmesi ve bu noktada oluşan taban kesme kuvvetinin ve ivmenin tespit edilmesi.
5. Akma sınırına gelen her eleman için 4. adımda belirtilen uygulamanın tekrardan yapılması ve daha önceden akma sınırını geçmiş elemanlar için de yeni hasar seviyelerinin kontrol edilmesi.

6. Akma sınırına gelen elemanlar güvenli yanal yer değiştirme sınırını geçmeden, ya da mekanizma durumu yaratmadan önceki değerler elde edilene kadar itmenin devam etmesi

7. Kuvvet - yer değiştirme ve spektral ivme – spektral yer değiştirme grafiklerinin izilmesi

Yanal teleme değeri içinde bir elemanın göçme nlenmesi (Collapse Prevention, CP) sınırına erişmesi halinde analiz durur, ve bu nokta tüm binanın göçmeye başlayacağı yer değiştirme seviyesi olarak kabul edilir.

3. STATİK İTME ANALİZİ İÇİN YAPININ BİLGİSAYAR ORTAMINDA MODELLENMESİ

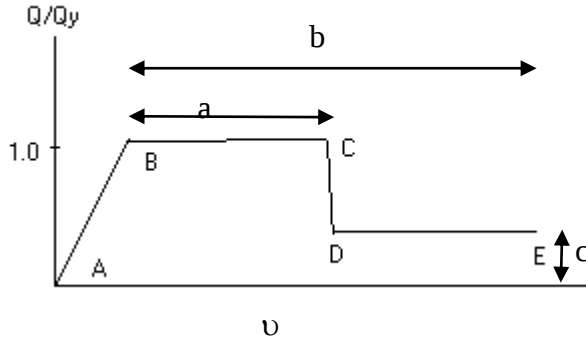
Lineer olmayan bir hesap yöntemi olan statik itme yöntemi, çok sayıda parametrenin bir araya getirilerek hesaplama yapılmasını gerektirdiği için hızlı ve etkin bir sonuç elde etmek amacıyla hazır bir analiz programı olarak SAP 2000 sürüm 7.44 tercih edilmiştir. Bu programda yapıya ait tüm elemanların davranışları, hasar sınır oranları, programın kendisi tarafından modellenenebilir, ancak kullanıcının da elemanları kendisi modelleme imkanı sunulmaktadır. Analize geçilmeden önce ilgili yapı modeli; eleman boyutları, kesitler, yapıya etkiyen yükler ve malzeme özellikleri, temel koşulları, programda oluşturulur.

Bu programda statik itme yöntemi sadece çerçeve tipi elemanlara uygulanabildiği için, perde duvarı gibi elemanlar kabuk şeklinde modellenemez, bu türdeki elemanlar çerçeve elemanı olarak tarif edilmelidirler.

Tüm yapının programda modellenmesinden ve yüklerin girilmesinden sonra statik itme yöntemi (Pushover) için gerekli olan kesit özelliklerine ait verilerin tanımlanmasına başlanır. Bu amaçla mafsallara ait özelliklerin (Hinge Properties) tespit edilmesi ve elemanlara atanması gerekmektedir. Her kesite ait akma momenti ve akma dönmesi hesaplanmalıdır. Analiz programı, yapı elemanlarının akma noktalarına kadar olan davranışlarını elastik olarak değerlendirmektedir. Moment – dönme grafiğine ait diğer değerlerin girilmesi, elde edilen bu akma değerlerine oranlanarak yapıldığı için, programda bu değerlerin karşılığı olarak 1.0 rakamı yazılacaktır.

Kesitin elastik sınırdan sonraki dönme değerleri için program tarafından tanımlanması istenilen davranış şekli FEMA 356 Bölüm 6 Kısım 6.4.1.2.2’de belirtilen şekildir. Bu modele göre yapı elemanı önce elastik olarak hareket eder., akma noktasının aşılmasından sonra plastik deformasyon yapar. Bir miktar bu değerde deformasyon yaptıktan sonra da belirli bir yer değiştirme değerinde ani bir gerilim boşalması ile sistem çok az bir moment taşıma kapasitesine erişir, göçme

deformasyonuna erişinceye kadar eleman bu değerde moment taşımaya devam eder. Elemanların kabul edilen davranış modelleri Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Modelleme için kabul edilen Moment – Mafsal dönme ilişkisi

Q: Moment

Qy: Akma Momenti

v: Dönme

Şekil 3.1’de gösterilen AB aralığı elemanın lineer elastik davranış gösterdiği aralıktır, bunu takip eden diğer noktalar, gösterimde akma noktasına oranlanarak programa girileceğinden noktanın grafik üzerindeki değeri 1.0 olarak kabul edilmektedir. A noktasının her iki eksen için alacağı değer şekilde görüldüğü gibi 0.0’dır. BC aralığı, elemanın pekleşme davranışı gösterdiği aralıktır, bu aralığın bittiği C noktasına kadar olan dönme değeri:

$$(v_y + a) / v_y \quad (3.1)$$

formülü ile elde edilir. Eleman C noktasına gelene kadar 0.0 ile 0.1 arasında akma moment değerinin üzerinde çıkabilmektedir. Ancak hesaplamalarda güvenli tarafta kalabilmek için C noktasının moment değeri B noktası ile aynı, 1.0 olarak, alınmıştır.

CD aralığı elemanda gerilmelerin boşaldığı, kırılma ve kopmaların başladığı aralıktır, burada D noktasına ait olan moment değeri ‘c’ ve mafsalın dönme değeri C pekleşme deformasyon değeri ile aynıdır. Bu noktadan sonra eleman bir süre daha moment taşımaya devam eder, DE aralığında elemanın taşıyabileceği değer akma moment (M_y) değerinin ‘c’ ile çarpımı kadardır. Son olarak, hesaplamanın bitirileceği ve elemanın tamamı ile göçtüğünün kabul edileceği E noktasının dönme değeri denklemi :

$$(v_y+b)/v_y \quad (3.2)$$

şeklindedir. Moment değeri ise D noktası ile aynıdır. Eğer bir eleman tüm sistem içinde bu noktaya ulaşıyor ise, sistemin çözümü durdurulur ve analiz tamamlanmış olur.

Bu şeklin bir benzeri SAP2000 programında mevcuttur ve sadece B,C,D,E noktalarına ait değerlerin girilmesi, kesit davranışına ilişkin modellemenin tamamlanması için yeterlidir. Ancak programın bu noktalara gerçek değerlerini atayabilmesi için akma deformasyon değeri kullanıcı tarafından girilmesi gerekmektedir.

Bundan sonraki aşama ise kesitin hangi deformasyon değerlerinde hangi hasar seviyesinde olduğunun programa tanımlanması olmaktadır. Hasar seviyeleri Bölüm 2.1.'de tarif edilen performans değerleridir. Ancak tek fark Yapısal Stabilité (SS) yerine Göçmenin Önlenmesi (CP) kısaltması kullanılmıştır ve son sınırı olarak kabul edilmektedir. IO, LS, CP kısaltmaları ile isimlendirilen hasar seviyeleri kesitin alacağı kesme kuvveti, donatı pirsantajları ve etriyelerin uygun olup olmadığı gibi koşullar için farklı olarak FEMA 356 Bölüm 6'da bulunan ilgili tablolarda tarif edilmektedir. İstenirse analiz programının kendi koyduğu katsayılar da kabul edilebilir. Hasar seviyesine ilişkin katsayı değerleri, akma deformasyon değerinin katları olarak alınır. Şekil 2.1.1.1'deki gösterime benzer bir biçimde, elemanın B noktasından E noktasına kadar olan deformasyon sürecinde, hangi dönme değerlerinde hangi hasar seviyesinde olduğunu, ve bu deformasyona karşılık gelen moment değerlerinin program tarafından analiz sırasında başvurulacak bilinmesini sağlar.

Mafsallık özelliklerinin tanımlanmasına o kesite ait eksenel yük – moment ($P-M_2-M_3$) bağıntısının girilmesi ile devam eder. Eksenel basınç değeri programa (-) olarak girilerek $P-M_2-M_3$ diyagramı belirli aralıklar ile (-)'den (+)'ya doğru artan değerler şeklinde tanımlanır. Analiz programına, kesite ait $P-M-M$ diyagramını kesitin 0° , 22.5° , 45° , 67.5° ve 90° dereceleri yüklendiği durumlar için ayrı ayrı girilebilmektedir. Ancak, 0° ve 90° 'ye ait değerlerin programa girilmesi 2 boyutta yapılacak olan analiz çalışmaları için yeterli olmaktadır. Kesitin M_2 ve M_3 değerlerinin de aynı olduğu varsayılmıştır.

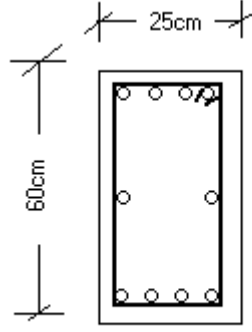
Mafsal özelliklerinin (Hinge Properties) tanımlanmasından sonra her elemanın iki ucuna da o elemana ilişkin mafsal özellikleri atanarak statik itme yöntemi ile hesap için elemanların modellenmesi tamamlanır.

Statik itme analizine başlayabilmek için analiz sırasında yapılacak hesaplamaların programa tanıtılması gerekmektedir. ilk analiz aşaması yapının kendi ağırlığının yüklenmesinden oluşmaktadır. Bunun için tanımlanacak olan 1. statik itme adımına (PUSH1) zati ve hareketli yük kombinasyonları istenilen çarpan bir katsayı ile girilir. 1. aşama analizde binaya yaptırılacak deformasyon bu yüklerin yapabilecekleri kadar olacaktır. 1. aşama analiz bir adımda gerçekleştirilecek ve bina üzerine yüklerin girilmesi ve bu yüklerin yaptıkları deformasyon değerlerinin elde edilmesi ile sonuçlanacaktır. Daha sonra analiz 2. aşamaya başlayacaktır, 2. aşama yanal ötelenmenin yapılacağı aşamadır (PUSH2). Burada binaya etkiyen deprem yükleri, beklenen depremin spektrum değerleri veya modal şekil değiştirmeleri, binanın yapacağı yanal itme geometrisinin belirlenmesi amacıyla yazılır. Ayrıca, yanal itmenin bitirileceği, binanın en son ulaşacağı çatı yer değiştirme değeri de girilebilir. Bu sayı program tarafından toplam bina yüksekliğinin (H) 0.04 katı olarak hesaplanmaktadır. 2. aşama analize 1. statik itme analizinden sonra başlanacağı da belirtildikten sonra 2. aşamanın tanımlanması bitirilmiş olur. Son olarak program statik itme yöntemi ile aşamaları hesaplamaya başlar, 1. analiz tamamlandıktan sonra 2. analize geçilir.

Statik itme analizi yapılmadan önce binanın normal lineer yöntem ile analizi gerekmektedir. Normal analiz tamamlandıktan sonra statik itme analizi çalıştırılır. Bu analiz neticesinde her bir ötelenme adımı için binanın aldığı taban kesme kuvveti, spektral yer değiştirmeye karşılık gelen ivme değerleri ve yine her yer değiştirme adımı için tüm elemanların hangi hasar seviyelerinde oldukları elde edilir. Analiz sonuçlarında eğer belirtilen son öteleme değerine erişilmemiş ise yapı elemanlarından biri daha erken göçme noktasında ulaşmış demek olur ve analiz sonuçları bu mesafeye kadar elde edilebilir.

Bu noktaya kadar yapılan adımlar, aşağıdaki örnek üzerinde sıralanmıştır:

Örnek:

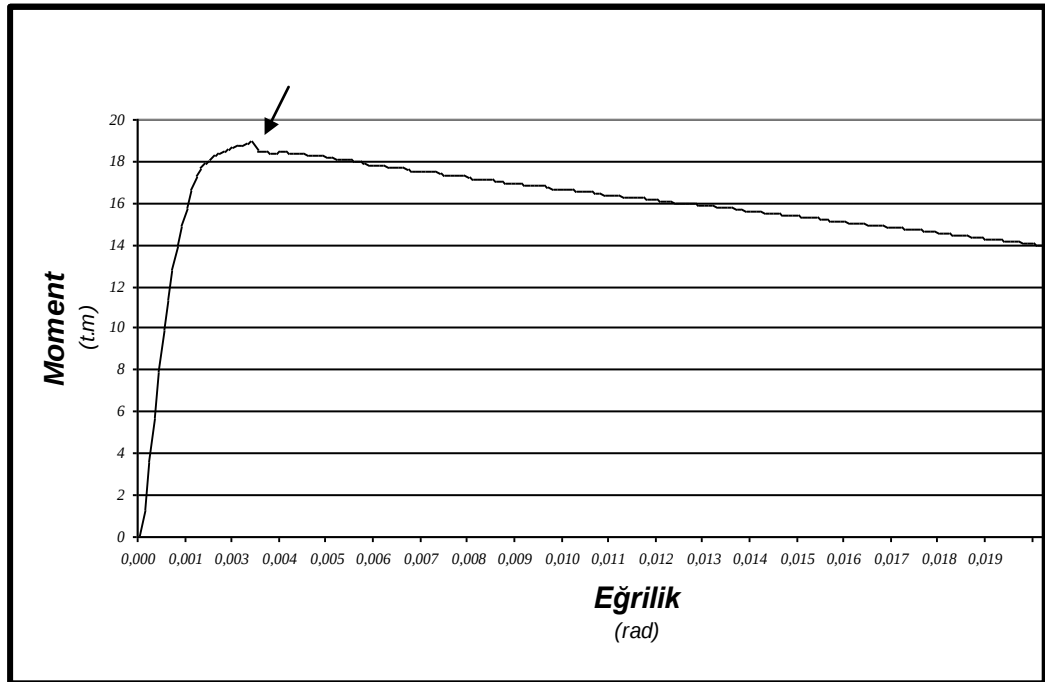


Şekil 3.2 Örnek kolon kesiti

Kesit 60 x 25 cm ebadında, BS 14 kullanılarak imal edilmiş bir kolondur. Üst ve alt sırada 4'er adet 16mm , ortada da 2 adet 14 mm BÇİ donatısı kullanılmıştır. Etriyeler 8 mm çapında olup 10 cm ara ile sarılmıştır. Pas payı 2cm'dir. Dönme boyu $h/2 = 0.3m$ 'dir. Bu kolon üzerinde 56.5t basınç yükü vardır. Yapı 3 katlı olup, toplam yüksekliği $H = 10m$ elemanın uzunluğu da 4m'dir ve yapı deprem yükleri altında 1. Titreşim Modu temel alınarak yanal ötelenecektir. Örnekte takip edilen yol:

- i- Tüm yapının SAP2000 programına girilmesi
- ii- Mafsal özelliklerinin hesaplanması ve programa atanması

Bu kesite ait moment – dönme değerleri, başka bir yazılım kullanılarak sıralı değerler halinde elde edilmiştir[1]. Bu değerlerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 3.3'te sunulmuştur.



Şekil 3.3 Örnek kesite ait moment - eğrilik grafiği

Kesitin akma noktası bu grafik üzerinde moment değerlerinde ilk düşey adımın görüldüğü deformasyon değerinden bir önce aldığı en yüksek değerdir. Bu noktanın tercih edilmesindeki en önemli unsur değerlerin kesin olarak tespit edilebilir olmasıdır. Bu noktanın dışında kabul edilecek diğer noktalar için elastik sınır net bir biçimde belirlenmemektedir.

Buna göre: $M_y = 18.41 \text{ tm}$, $\nu_y = 0.0034$

iii - Elemanlara ait modelleme parametrelerinin bulunması

FEMA 356 Bölüm 6 Tablo 6-7 kullanılarak elde edilen;

$a = 0.025$, $b = 0.05$ ve $c = 0.2$

değerleri bu kesit için kullanılacak olan davranış belirleme parametreleridir.

Bu parametreler, akma noktasındaki değerler ile birlikte Şekil 3.1'dekine benzer bir mafsal modeli oluşturulacaktır. Davranış modelinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.1 Örnek elemanın davranış modeli

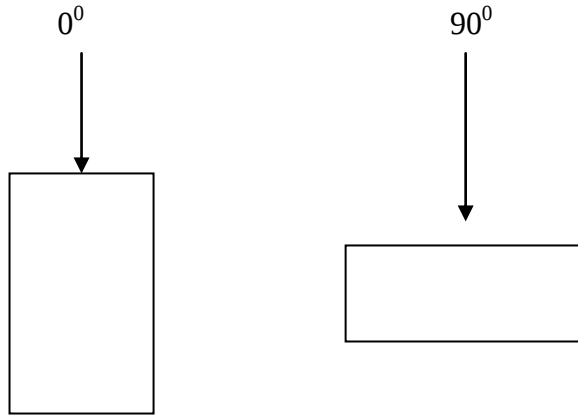
Nokta adı	M/My	ν/ν_y	Denklem
A	0.0	0.0	
B	1.0	1.0	
C	1.0	5.55	$(\nu_y+a)/\nu_y$
D	0.2	5.55	$(\nu_y+a)/\nu_y$
E	0.2	7.82	$(\nu_y+b)/\nu_y$

Kesite ait hasar seviye katsayıları FEMA 356, Bölüm 6, Tablo 6-11'den şu şekilde alınmıştır :

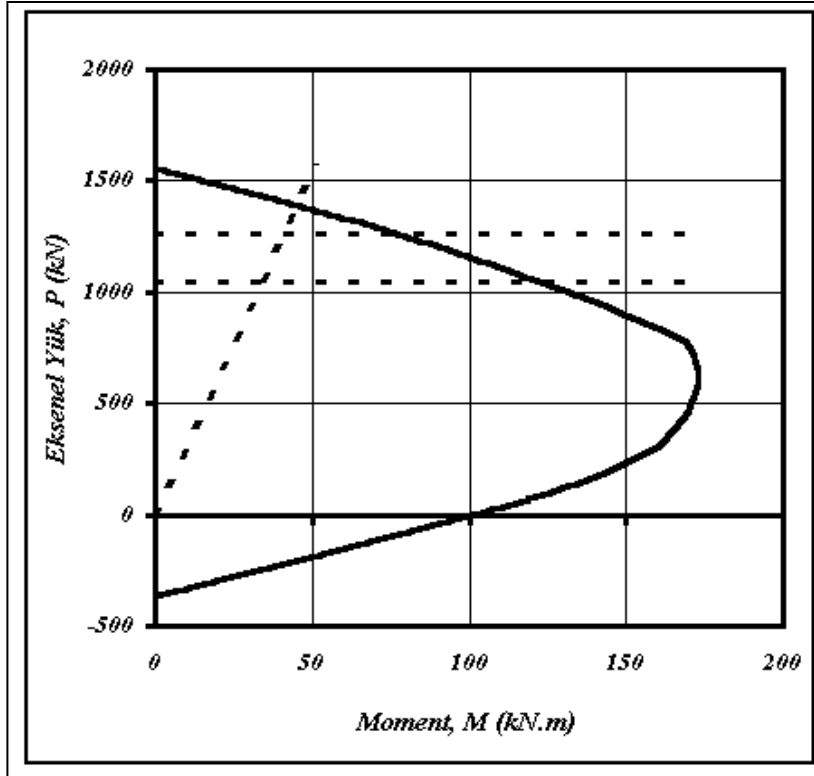
IO = 2 , LS = 3 , CP = 4

iv – P-M-M diyagramının elde edilmesi.

Örnek kesitin P-M-M bağıntısı depreme çalıştıkları ekseninde 0^0 ve bu eksene dik 90^0 olacak şekilde ayrı ayrı hesaplanmış, SAP 2000 programına girilirken, diyagramdan okunan artan şekilde değerler sıralanmıştır. Daha sonra elde edilen her iki eksenin de neticeleri ortak P değerleri ile sıralanmıştır. Bu sıra Tablo 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.4 Örnek kesitin depreme çalışan ve buna dik olan eksenlerinin gösterimi



Şekil 3.5 Örnek kesite ait 0° için P-M-M diyagramı ($1\text{kN}\approx 0.1\text{t}$)

Bu çerçevede analiz programına girilecek değerler Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Programa girilecek P-M-M değerleri

	0	90
P (t)	M (tm)	M (tm)
-155,65	0	0
-140	4,33	1,64
-120	9,07	3,41
-100	13,8	4,78
-75	16,9	6,1
-50	17	6,5
-25	15,22	5,4
-10	12,57	4,5
-2	10,6	3,9
0	10	3,7
7	8,1	3,06
17,5	5,3	2
36,654	0	0

v – Mafsal özelliklerini tanımlama işlemlerin diğer tüm kesitler için de tekrar edilmesi

vi - Statik itme aşamalarının tanımlanması

1 aşama için:

Zati y k (DL) x 1.0 + hareketli yük (LL) x 1.0

kombinasyonu binaya yüklenmiştir ve binanın bu yükler altında yer değiştirme yapması istenmektedir.

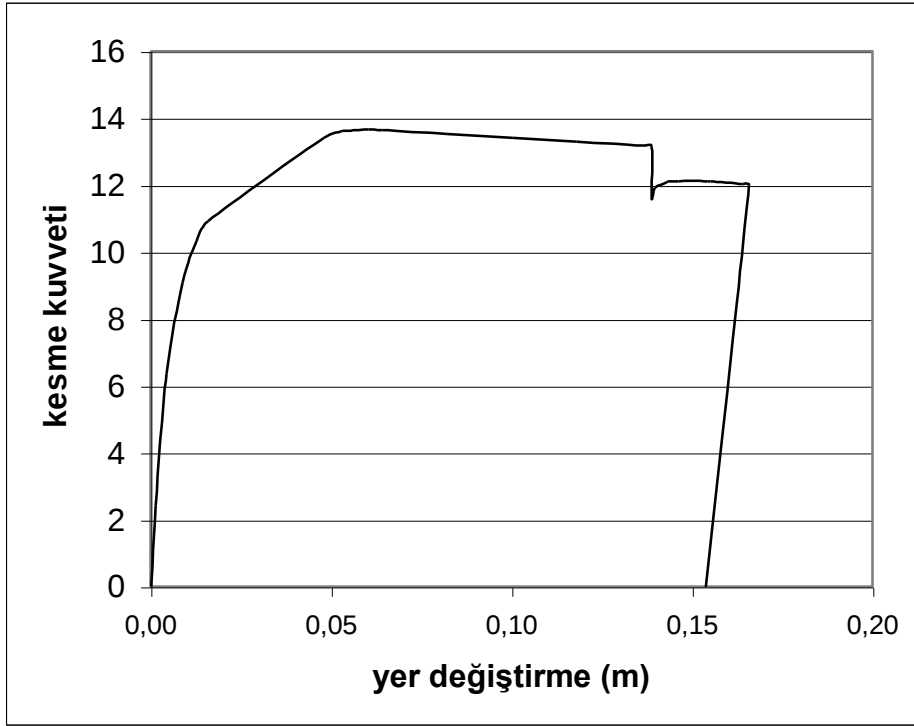
2. aşama için:

1.aşama takip edilmek üzere, bina çatı yer değiştirmesi maksimum

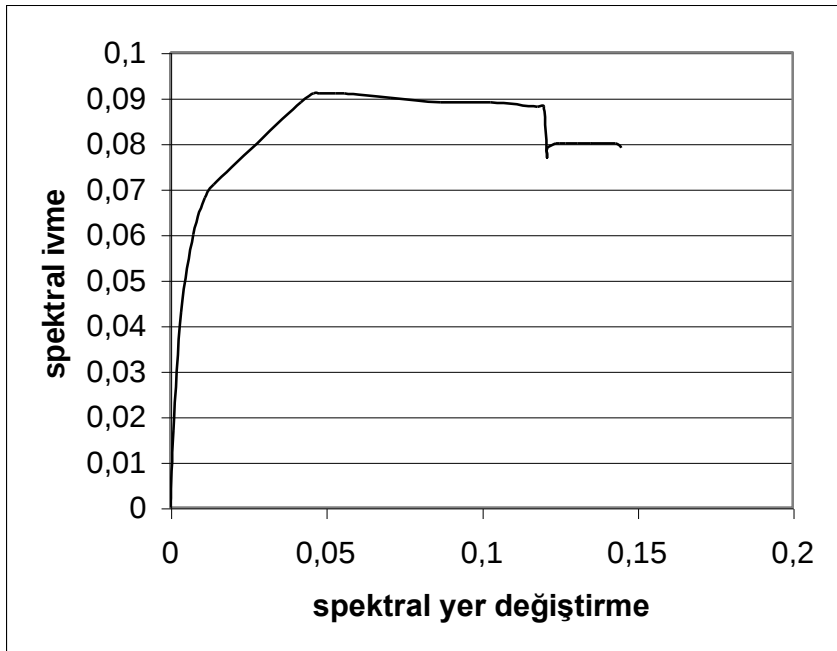
$H \times 0.04 = 4\text{cm}$

olması ve bu yer değiştirmeyi 1. titreşim moduna göre yapması tanımlanmıştır.

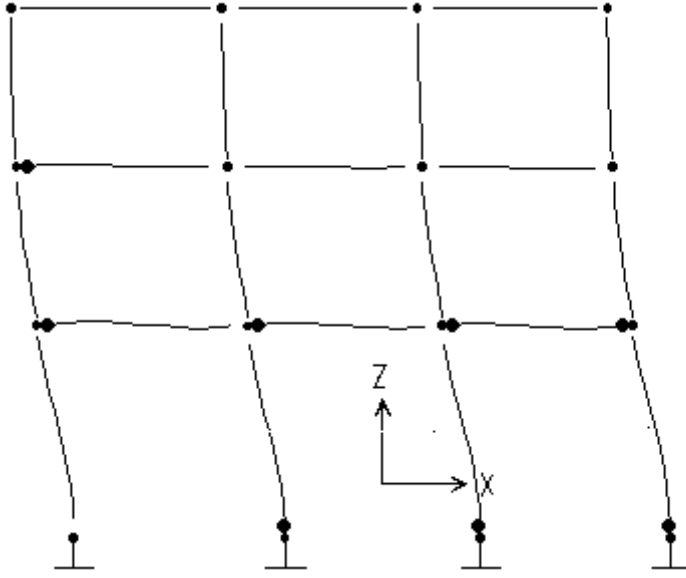
vii - Program önce normal lineer hesap yapacak şekilde, daha sonra da statik itme hesabı yapacak şekilde iki defa çalıştırılarak yapının tamamına ait taban kesme kuvveti –  atı yer değiştirme, spektral ivme – spektral yer değiştirme grafikleri, ve sınır öteleme değerinde hangi elemanın göçme değerine ulaştığı elde edilmiştir.



şekil 3.6 Yapının taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirme grafiği



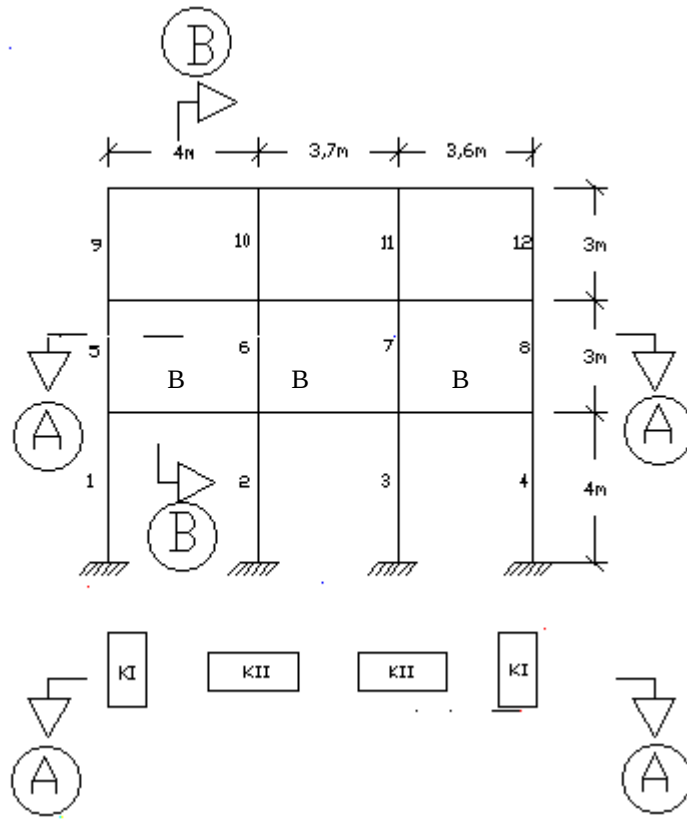
şekil 3.7 Yapının spektral yer değiştirme spektral ivme grafiği



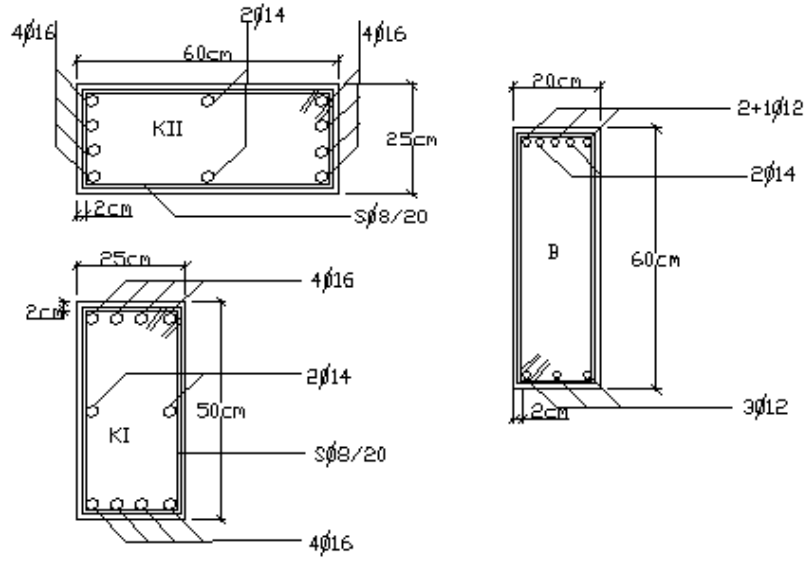
Şekil 3.8 Yapının ötelenmiş halde en son ulaştığı nokta

4. ANALİZİ YAPILAN ALTERNATİF ÇERÇEVELER, PARAMETRİK ÇALIŞMA

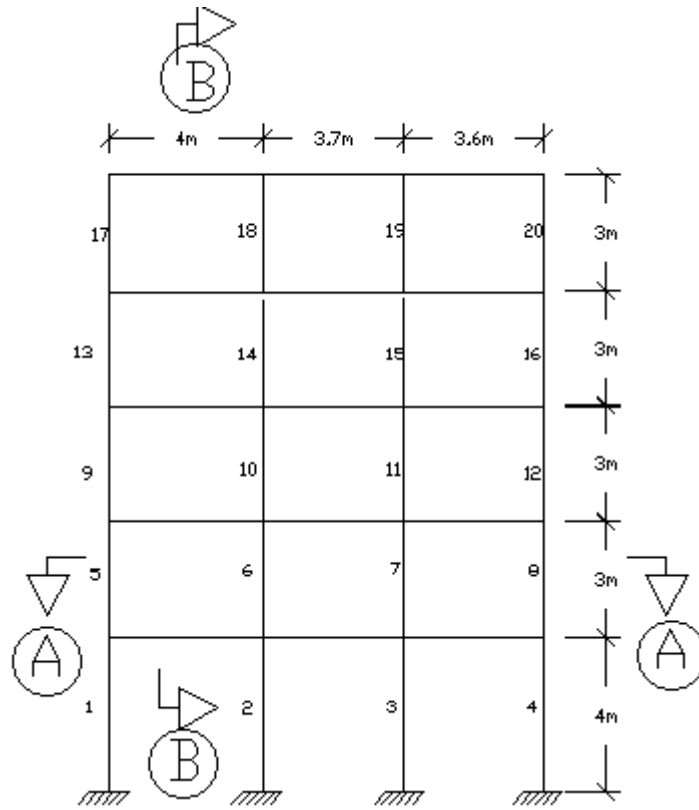
Yük artım yöntemi ile 3 açıklıklı, 3 ve 5 katlı çerçeveler için, elemanlara ait çeşitli beton ve donatı alternatiflerine göre çözümlenmiş; ve bu hesaplamalara ilişkin, binanın taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirme ve spektral ivme – spektral yer değiştirme, kapasite grafikleri karşılaştırılmıştır.



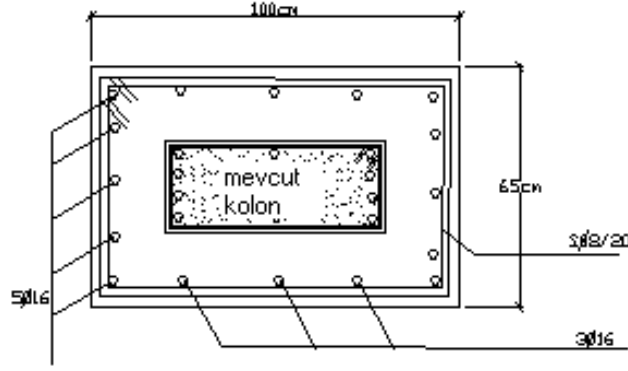
Şekil 4.1. 3 katlı çerçeve



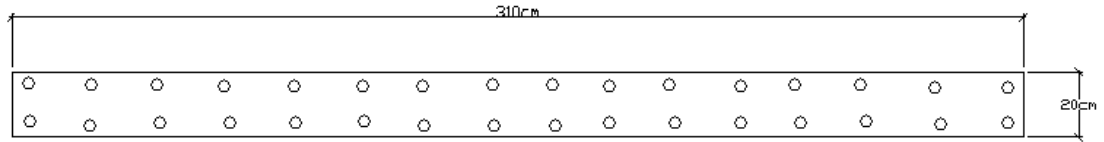
Şekil 4.2. Eleman kesitleri



Şekil 4.3 5 Katlı çerçeve



Şekil 4.4 Takviye edilen kolonun yeni kesiti



Şekil 4.5 Perde Kesiti: uzun kenar boyunca 16 kısa kenarda da 4 adet 16mm donatı yerleştirilmiştir.

Hesaplamalarda her bir düğüm noktasına ait tasarım değerleri SAP2000 programına yukarıda belirtilen doğrultular dikkate alınacak şekilde girilmiştir. Yapılan tüm alternatif çözümler için elde edilen mafsal akma moment değerleri ve akma dönmeleri EK1’de listelenmiştir. Bunların yanı sıra her kesite ait eksenel yük-moment (P-M-M) grafiklerine ait değerler ve IO, LS, CP katsayıları EK1’de sunulmaktadır.

Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen değerlerde, çerçevenin birinci moduna ait kütle oranı çok büyük olması nedeni ile tüm çözüm alternatiflerinde sadece birinci moduna göre yanal öteleme yaptırmak yeterli görülmüştür. Analizi yapılan çerçeve alternatifleri şunlardır:

Tablo 4.1 Analizi yapılan çerçeveler

No	Kat Adedi	Beton Sınıfı	Donatı	Etriye aralığı (cm)	Açıklamalar
1	3	BS12	BÇ-I	20	
2	3	BS12	BÇ- I	10	
3	3	Bs14	BÇ –I	20	
4	3	Bs14	BÇ –I	10	
5	3	BS16	BÇ-I	20	
6	3	BS16	BÇ-I	10	
7	3	BS16	BÇ-IIIa	20	
8	3	BS16	BÇ-IIIa	10	
9	3	BS16	BÇ-IIIa	20	B aksında L=1.2m boyunda kolon kullanılmıştır
10	3	BS16	BÇ-IIIa	10	
11	3	BS12	BÇ-I	20	B aksı kolonları takviye edilmiştir
12	3	BS12	BÇ-I	20	B aksı kolonları arasına perde yerleştirilmiştir
13	5	BS12	BÇ-I	20	
14	5	BS12	BÇ-I	20	B aksı kolonları takviye edilmiştir
15	5	BS12	BÇ-I	20	B aksı kolonları arasına perde yerleştirilmiştir

Ortak hesap değerleri:

Yükler : $g = 3.5 \text{ t/m}$

$E_s : 200 \text{ MPA [4]}$

$q = 0.7 \text{ t/m}$

Çerçeve uzunluğu, $L = 11.3\text{m}$,

Düğüm Noktalarının Kütlelerinin Hesaplanması :

Döşeme Ağırlığı $= L \times (g + 0.3 q) = 41.92 \text{ t}$

Kiriş Ağırlığı $= 1.356\text{t}$

Kolon Ağırlıkları ; 3m boyundaki kolonlar $= 1.65\text{t}$

$$4\text{m boyundaki kolonlar} = 2.2\text{t}$$

$$\text{Kat Ağırlıkları ; 1. Kat} = 2.2\text{t} + 1.356\text{t} + 41.92\text{t} = 45.48\text{t}$$

$$2. \text{ Kat} = 1.65\text{t} + 1.356\text{t} + 41.92\text{t} = 44.93\text{t}$$

$$\text{Toplam Bina Ağırlığı, } W = 135.34\text{t}$$

Kat ağırlıklarının düğüm noktalarına dağıtılma hesabı :

$$\text{Kat , K1} = 2/11.3 \times 45.48\text{t} / 9.81 = 0.82 \text{ (t)}$$

Tablo 4.2. Kat ağırlıklarının düğüm noktalarına dağıtılması

1.Kat kolonları	Kat ağırlığı (t)	2. ve diğer katlar	Kat ağırlığı (t)
1	0.82	5,9	0.81
2	1.58	6,10	1.56
3	1.5	7,11	1.48
4	0.74	8,12	0.73

5. SONUÇLAR

3 ve 5 katlı çerçeveler, yukarıda belirtilen alternatif donatı ve kolon boyutları koşullarında, SAP 2000 programında modellenmiş ve elde edilen analiz sonuçları bu bölümde birbirleri ile kıyaslanarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Modelleme ve analiz için gerekli tüm ön hesaplar, eksenel basınç değerleri, akma moment değerleri, P- M – M bağıntıları, her bir çözüm alternatifi için EK1’de sunulmuştur.

5.1. Etriye Sıklığının Eleman Davranışlarına Olan Etkisi

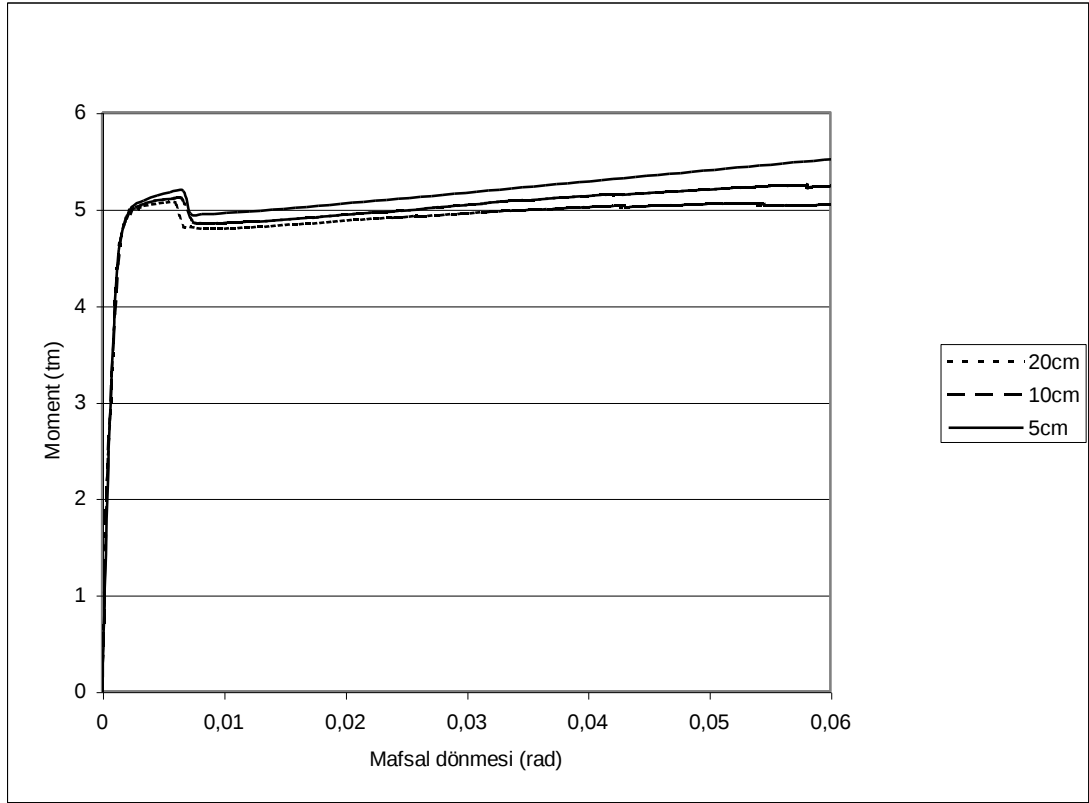
Aynı geometrik kesite ve boyuna donatılara sahip kolonlar için farklı etriye aralıkları denenerek moment – dönme bağıntısındaki değişim incelenmiştir.

Bu amaçla Çerçeve No:1 A aksı kolonlarından K1 kolonuna BS12 Betonu kullanılarak, $\Phi = 8\text{mm}$ ve $s = 20\text{cm}$, 10cm ve 5 cm etriye aralıkları girilmiştir. Kolon üzerindeki eksenel yük 22.5t ’dur. $50 \times 25\text{ cm}$ ebadındaki kolonun mafsalsal dönme boyu $h/2=12.5\text{cm}$ olarak alınmıştır.

Elde edilen neticelerce farklı etriyelere sahip kolonların moment - dönme grafikleri Şekil 5.1.1’de gösterilmektedir. Etriye aralığı azaldıkça, kesitin akma dayanımının da arttığı gözlemlenmektedir. Bunun yanında, etriye aralığı pekleşme davranışını da etkilemektedir. Sık olan aralıklarda kesitin akma değerinin üzerinde de moment taşıyabildiği ortaya çıkarken seyrek aralıklı etriye donatısı bulunan kesitlerde pekleşme bölgesi moment değerleri göreceli olarak daha düşük seyretilmektedir.

Tablo 5.1.1 : Farklı etriye aralıklarına ait akma değerleri

Etriye aralığı ,s	Moment (tm)	Mafsalsal dönmesi (rad)
20cm	5,06	0,0060
10cm	5,11	0,0065
5cm	5,18	0,0067

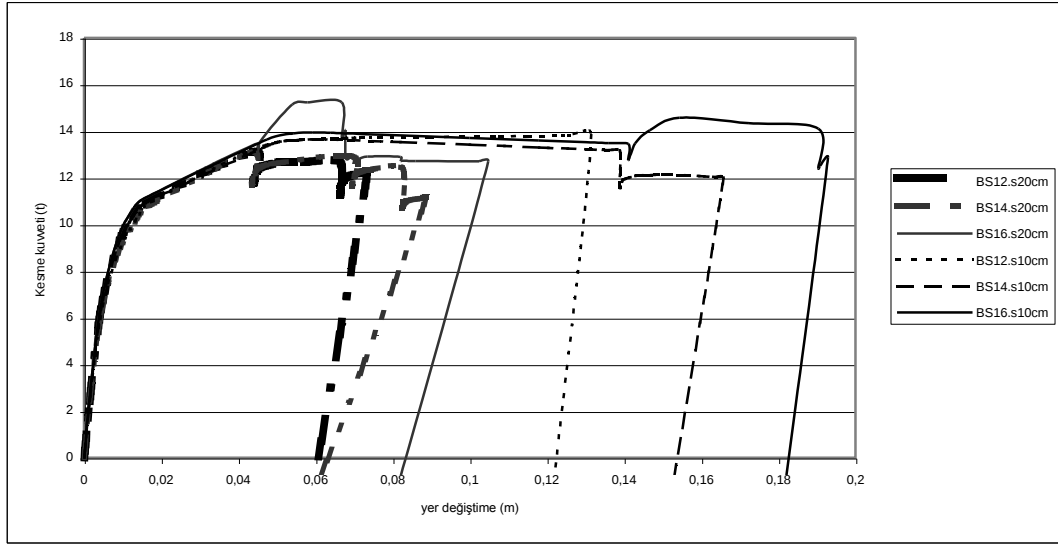


Şekil 5.1.1 : Farklı etriye aralıkları ile kolon kesitinin moment – dönme grafiği

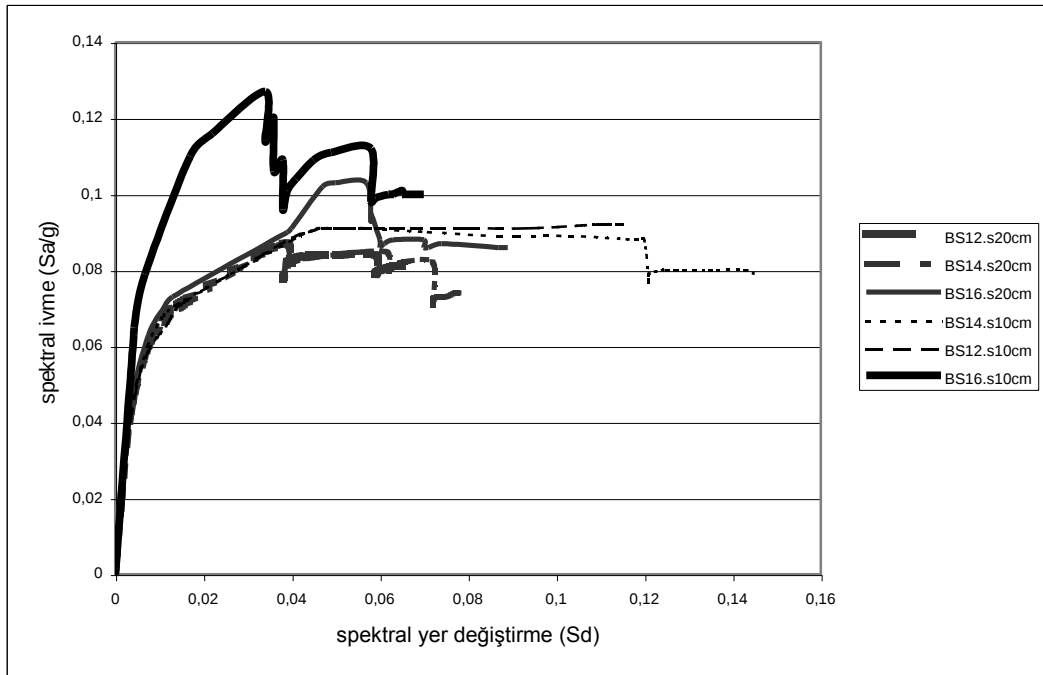
5.2. 3 Katlı Çerçevenin Farklı Beton ve Etriye Koşullarında Davranışı

3 katlı çerçevede kolon ve kirişlere ilişkin akma davranışları BS12 , BS14 ve BS16 betonları ve $s=20\text{cm}$ ve 10cm etriye aralıkları ile ayrı-ayrı hesap edilmiş ve bu değerler bilgisayar modeli üzerine girilmiştir. Bu hesaplamalara ilişkin eleman kesit değerleri Çerçeve No:1,2,3,4,5,6 başlıkları altında EK1’de sunulmuştur.

Bilgisayar analizi neticesinde çerçevelere ilişkin taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirme ve spektral ivme – spektral yer değiştirme grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 5.2.1 Farklı beton ve etriye koşullarında taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirme grafiği



Şekil 5.2.2 Farklı beton ve etriye koşullarında spektral ivme – spektral yer değiştirme grafiği

Yukarıdaki grafiklerde çizelgeler 10cm ve 20cm’lik etriye aralıklarına göre ayrı renk tonu ile gösterilmektedir. Bu noktadan hareket ile, etriye aralıklarının binalarda davranış şeklini belirleyici bir unsur olduğu ortaya çıkmaktadır. Her bir elemanın farklı etriye aralığındaki davranışlarına paralel olarak çerçevenin bütünü de uygun (confirm) ve uygun olmayan (nonconfirm) etriye durumları nispetinde sonuç

vermiştir. Analiz programına girilen modelleme parametreleri bu iki etriye durumu için farklı olduğu için yapının davranışı değişmektedir³.

Çerçevelere ait kapasite değerleri beton kalitesi ile orantılı olarak artsa da, etriye aralıklarının değişmesinin yarattığı etki yanında daha az gözlenen bir unsurdur, bunun nedeni de yine yük artım yöntemi kabul kriterlerine, dolayısı ile FEMA 356 Bölüm 6’da yer alan tablolara dayanmaktadır.

Bu çözümlerde, yük artım yönteminde modelleme kriteri olarak alınan ve hasar seviyesini gösteren IO,LS, ve CP kat sayıları Tablo 5.2.1’de belirtilen şekilde alınmıştır:

Tablo 5.2.1. Uygun ve uygun olmayan koşullar için alınan mafsallı modelleme hasar seviye katsayıları

E. Aralığı, s	IO	LS	CP
10cm	2	2	3
20cm	2	3	4

Her iki koşul da genellenir ise; yapılar sık etriyelerle, sık olmayanlara göre çok daha yüksek deformasyon kabiliyeti sergilemektedirler, bu da aynı koşullar altında deprem yüklerine olan tepkiyi arttırmakta ve dolayısı ile bu binalar deprem yüklerini karşılamada daha uygun davranış göstermektedirler. Daha fazla yanal ötelenen binaların enerji yutma kabiliyetleri, dolayısıyla süneklikleri, de o derece fazla olmaktadır, enerji soğurumu fazlaştıkça da yapılarda deprem nedeni ile elemanlarda göçme yaşanmamakta ve güvenli bir yapı teşkil edilmiş olmaktadır.

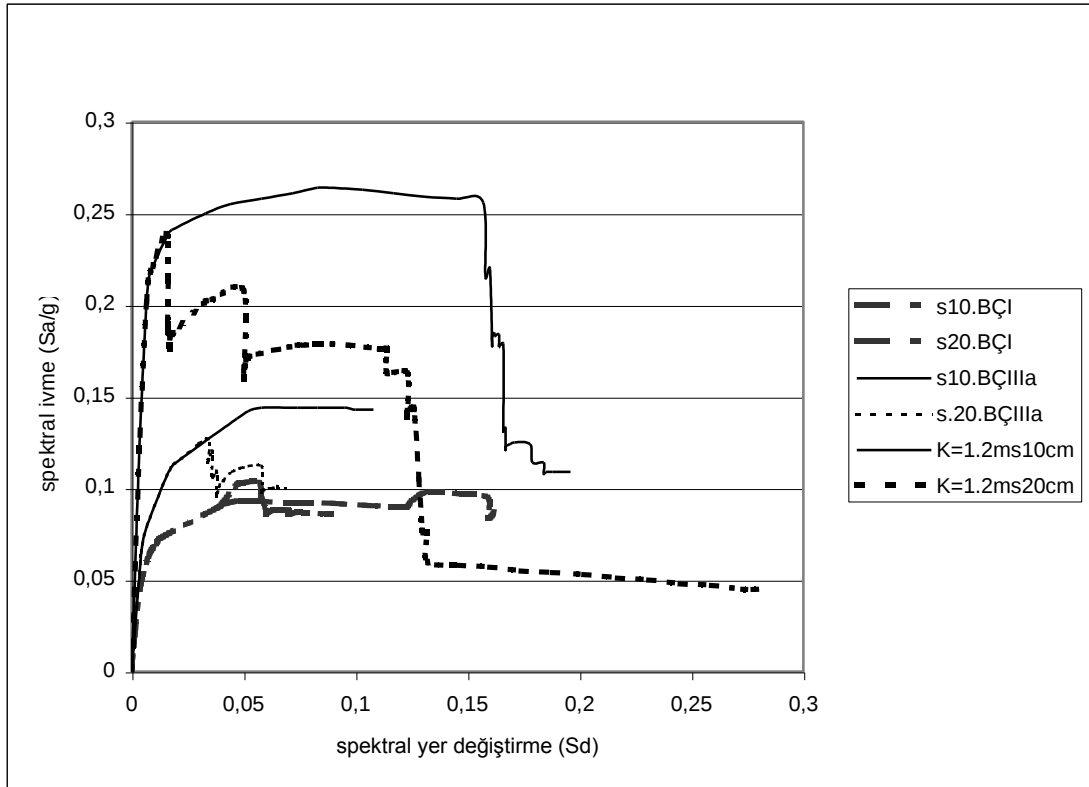
Bu nedenlerledir ki binaların yapım aşamalarında donatı yerleştirilmelerine özel önem verilmelidir ve bu konuda titiz davranılmalıdır.

³ Elemanlara ait davranış katsayıları, IO,LS,CP kabul kriterleri, uygun (confirm,C), uygun olmama durumu (non confirm,NC) için FEMA 356, Bölüm 6 Tablo 6.7,6.8,6.11,6.12,6.18 ve 6.20’den alınmıştır

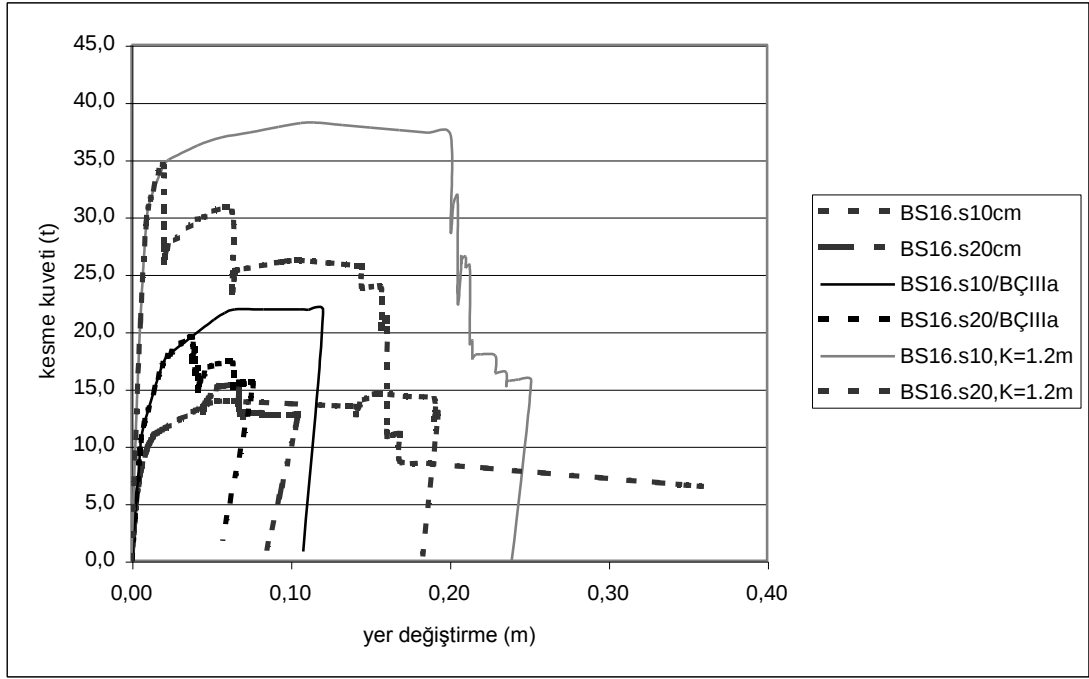
5.3. BS16 Kullanılan 3 Katlı Çerçevenin Farklı Donatı ve Kolon Boyutu Koşullarında Davranışı

Bu kısımda BS16 betonu kullanılan çerçevenin önce boyuna donatısı BÇIII-a olarak değiştirilmiş, sonraki aşamada da B aksındaki KII tip kesitindeki kolonların uzun kenarları 1.2m olacak şekilde arttırılmıştır. Her değişim 10cm ve 20 cm etriye aralıkları için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bu bölümde analizi yapılan çerçeve alternatiflerinde, taşıyıcı elemanlara ait tüm modelleme kriterleri EK1 içinde Çerçeve No: 5,6,7,8,9 ve 10 başlıkları altında verilmiştir.



Şekil 5.3.1 BS16 betonu ile farklı donatı ve kesit boyutları taşıyan çerçevenin spektral ivme – spektral yer değiştirme grafiği



şekil 5.3.2 BS16 betonu ile farklı donatı ve kesit boyutları taşıyan çerçevenin taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirme grafiği

Bu grafikten okunan, yapının düzgün doğrusal bir eğime çok yakın davranış gösterdiği noktalara ait değerler Tablo 5.3.1’de verilmiştir. Yapı bu noktadan sonra plastik bir şekilde yer değiştirme yapmaktadır.

Grafikten okunduğu üzere, 10 ve 20cm etriye aralıklarında elastik sınırın bittiği noktalar birbirine çok yakın olduklarından etriye sıklığına göre bir değerlendirme yapılmıştır. Ancak etriye aralığı, aynı koşullar altında süneklik kabiliyetini etkileyen önemli bir faktör olmaktadır.

Tablo 5.3.1 Farklı donatı ve kesitlerde BS16 kullanılan çerçevenin elastik sınır değerleri

	BÇI	BÇIII-a	KII=1.2 x 0,25m
Taban Kesme Kuvveti (t)	11,07	17,01	34,47
Yer değiştirme (m)	0,015	0,019	0,0202

Yapı elemanlarında boyuna donatıların BÇI yerine BÇIII-a kullanılması, çerçevenin aldığı kesme kuvvetini yaklaşık olarak %55 artırmıştır. Bu sonuç da göstermektedir ki, yapılarda kullanılan donatının kalitesi yapının depreme verdiği tepkiyi önemli bir miktarda arttırmaktadır. Ayrıca etriye aralığı da dikkate alınırsa, hem BÇIII donatısı kullanılan hem de taşıyıcı elemanları sık etriyeler ile sarılan yapılar yüksek oranda

yer değiştirme kabiliyeti ve kesme kuvvetleri ile büyük bir enerjinin alınmasını sağlayarak yapının depremde az hasar görmesine imkan sağlayacaktır.

Elde edilen bir diğer sonuç da yapısal elemanlardaki boyut değişikliği ile sağlanmıştır. Bu çözümde 2 aksta kolonların uzun kenarları iki kat arttırılarak 1.2m yapılmıştır. Boyuna donatı BÇIII-a'dır. Sadece elastik limitler dikkate alınarak, bir önceki çözüm ile kıyaslandığında kesme kuvveti % 103 artmıştır. Yapısal elemanlar için harcanan beton miktarındaki artış ise, tüm ereve için sadece % 9,6'dır, bu miktar elde edilen dayanım göze alındığında çok küçük bir farktır.

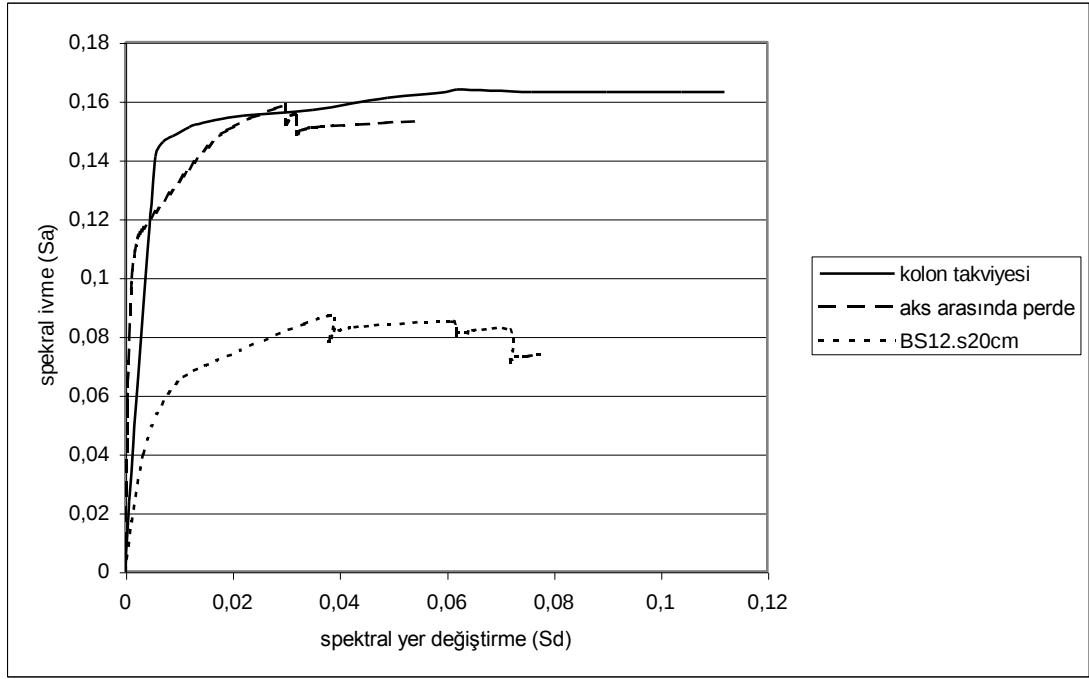
Tüm bu değerler ışığında, yapıların depreme karşı daha emniyetli olmalarını sağlamak açısından proje aşamasında doğru boyutlandırmanın tercih edilmesi, mimari yaklaşımları buna göre değiştirilmesi son derece önemli olarak görülmektedir. Donatı detayları gibi teknik konuların titizlikle uygulanması, tasarım aşamasında yapılan boyutlandırmanın mukavemetini arttıran ikincil unsurlardır.

5.4. 3 Katlı erevenin Güçlendirilmesi

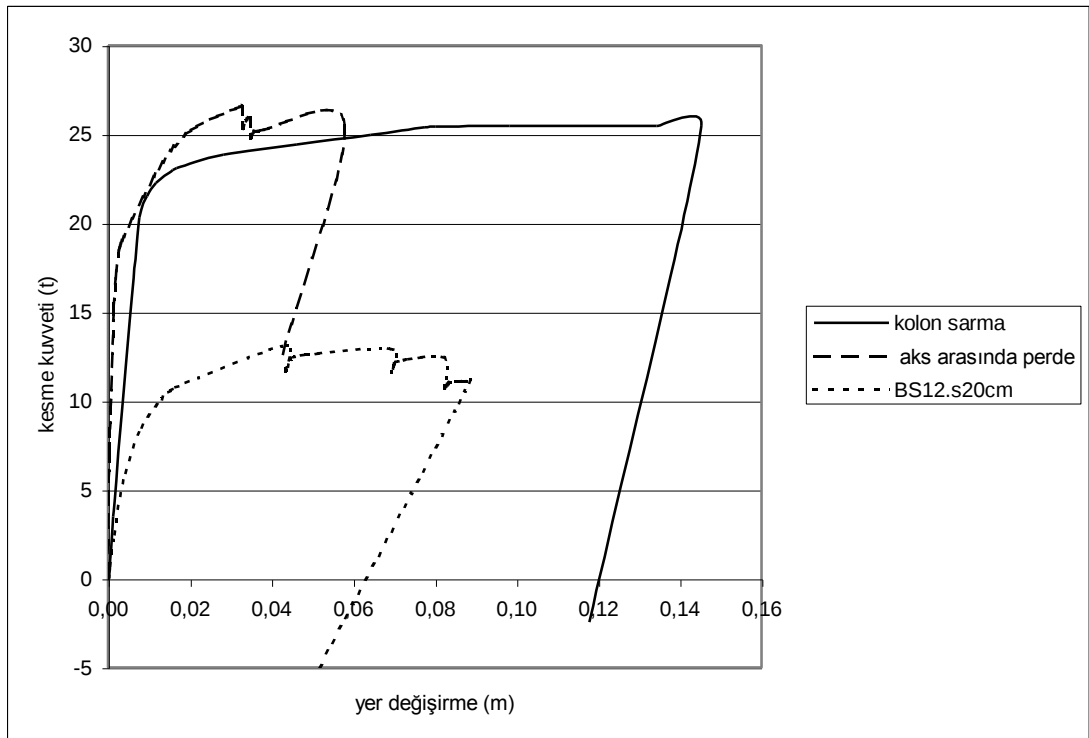
Deprem karşısında en zayıf özelliğe sahip olan ereve No:1, kolonları sarılarak ve aks arasına perde teşkil edilerek güçlendirilmiştir. Yeni teşkil edilen yapı takviye elemanlarında BS20 ve BÇIII-a kullanılmış, etriyeler 10cm aralar ile yerleştirilmiştir. Birinci güçlendirme denemesinde B aksındaki kolonlar 20cm kalınlığında beton ile sarılmış ve 100 x 65 cm boyutuna getirilmiştir. İkinci durumda da iki aks arasına L=3.1m olan bir perde teşkil edilmiştir. Her iki durumda da elemanlarda oluşan eksenel yüklere göre yeniden belirlenen akma moment- dönme değerleri ve diğer tüm modelleme kriterleri EK1'de ereve No: 1, 11 ve 14'te sunulmuştur.

Perde için gerekli olan modelleme kriterleri FEMA 356, Bölüm 6, Tablo 6.18 ve 6.20'den alınmıştır.

Elde edilen sonuçlara ilişkin grafikler şekil 5.4.1 ve şekil 5.4.2.'de sunulmaktadır.



Şekil 5.4.1 3 katlı çerçevenin güçlendirmesine ilişkin spektral yer değiştirme – spektral ivme grafiği



Şekil 5.4.2 3 katlı çerçevenin güçlendirmesine ilişkin taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirme grafiği

Bu grafikler ışığında yapılan güçlendirme hakkında fikir sahibi olmak mümkün olmaktadır. Güçlendirme yapılmayan çerçevenin taban kesme kuvveti plastik ötelenmenin görüldüğü kısım, grafiğin yatay gittiği kısım, için 12.5t mertebesinde. Bu değer güçlendirme yapıldıktan sonra 25.5t seviyesine yükselmiştir. Ancak

binanın süneklik özellikleri iki güçlendirme denemesi için de farklı bir yapıda gerçekleşmiştir.. Binanın kolonlarının yeni bir beton ve donatı ile sarılması bu yeni yapı elemanın diğeri eski elemanlar ile birlikte çalışmasına yol açmaktadır ki bu şekilde yapı kendi içinde yeniden deprem yüklerini dağıtarak daha güçlü ve sünek bir şekilde depremi karşılamaktadır. Deprem yükü, eski duruma oranla yeni elemanlarca daha fazla karşılandığı için eski yapı elemanlarına etkiyen yüklerde de azalmalar gözlenmektedir. Bunun neticesinde yapı ilk durumuna göre çok daha dayanıklı hale gelmektedir.

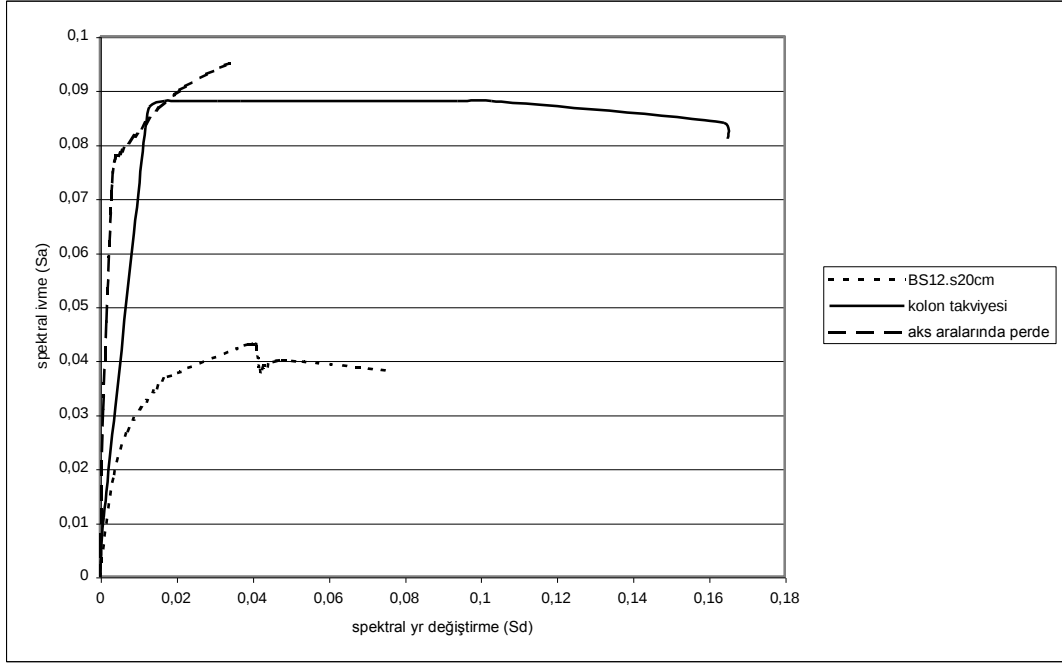
Ancak diğeri durumda, iki kolon aksı arasında betonarme bir perde teşkil edildiği zaman yapının biraz daha fazla kesme yükü aldığı gözlenirse de daha gevrek bir davranış sergilediği ortaya çıkmıştır. Bu durumun nedeni, aks arasının BS20 betonarme perdesi ile takviye edilmesi, yanal yükleme sırasında diğeri elemanlara, özellikle de o aksa ait eski kolonlarda ve bunların düğüm noktalarına yakın kiriş bölgelerinde aşırı gerilmeler ortaya çıkmıştır. Etriye aralığının da sünek davranışı desteklemediği bu eski elemanlar binada birden göçme yaşanmasına neden olmaktadır. Bunun önüne geçmek için diğeri elemanlar da güçlendirilebilir, bu durumda da maliyet faktörlerini göz önüne almak gerekli olacaktır.

5.5. 5 Katlı erevenin Güçlendirilmesi

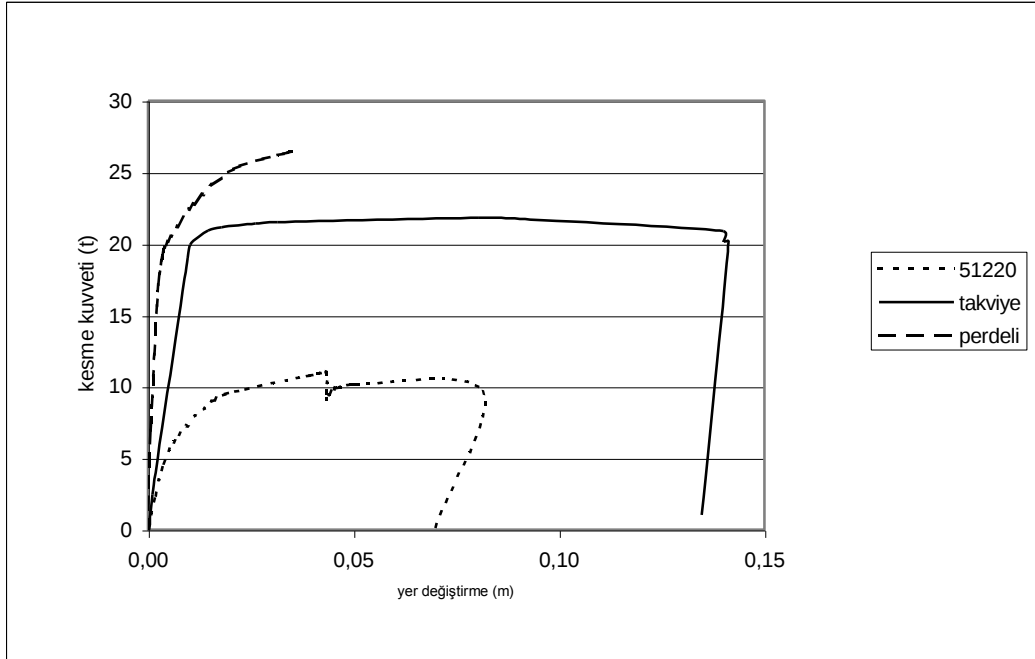
Hesaplamalarda kullanılan 3 katlı ereve modeline 2 kat daha ilave edilerek, 5 katlı ereve üzerinde aynı güçlendirmeler yapılmıştır. Bu hesaplamalara ilişkin modelleme kriterleri ve tüm mafsallara ait modelleme kat sayıları EK1’de ereve No: 12, 13 ve 15 başlıkları altında verilmiştir.

erevenin kat adedinin artması, depreme karşı çok daha güçsüz bir yapı teşkil etmiştir. Ancak bina salınım periyodunun dmesi bu farklı bir miktar kapatmaktadır.

Bu çerçevede de 3 katlı çerçevede gözlemlenen durum ortaya çıkmış ve bir aksa ait kolonların yeni bir betonarme örtü ile takviye edilmesi aks arasına perde yerleştirmeye göre daha uygun olmuştur. Burada esas neden yine perdenin kenarında bulunan eski kolonların çok daha fazla zorlanarak göçme değerlerine daha erken ulamalarıdır.



Şekil 5.5.1. 5 katlı çerçevenin güçlendirmesine ilişkin spektral yer değiştirme – spektral ivme grafiği



Şekil 5.5.2. 5 katlı çerçevenin güçlendirmesine ilişkin kesme kuvveti yer değiştirme grafiği

Yukarıdaki şekillerden de görülebileceği gibi, aks arasına perde teşkil edilen modellerin göçme değerleri, kolonları sarılan modele göre daha yüksektir, ve grafiği eğimi de artışın ilave tedbirlerle sürebileceğini göstermektedir.

Ancak her iki güçlendirme çalışmasında da ortak olarak, yapının kesme kuvvetinin yaklaşık iki kat arttığı ortaya çıkmıştır.

Bu neticelere göre yapının güçlendirme şekline karar verilmeden önce maliyetin de incelenip, optimum bir çözüme karar vermek uygun görülmektedir. Çünkü bu bölümde de görüldüğü gibi yapının bir bölgesinin güçlendirilmesi, diğer bölgelerdeki gerilmeleri de buradaki elemanların kapasitesinin çok üzerine taşıyabilmektedir.

5.6. Genel Değerlendirme

Çerçevenin deprem yükleri altındaki davranışı, çeşitli alternatiflere göre incelenmiş ve bulunan neticeler birbirleri ile kıyaslanmıştır. Burada elde edilen veriler ışığında, yapı elemanlarında süneklik, yüksek enerji yutma gibi özellik arandığı şartlar için ortaya çıkan en önemli faktör; kolon ve kiriş donatılarının uygun bir biçimde ve sık aralık ile enine doğrultuda sarılması olmaktadır. Sık aralıklar ile etriye konulması, beton kalitesi kötü olan binalar için, düşük olan kesme kuvveti kapasiteleri nedeni ile daha da hayati olmaktadır. Bina sünekliğinin fazla olması hemen kullanım (IO), can güvenliği (LS) ve göçmenin önlenmesi (CP) parametreleri arasında belirgin yer değiştirme farkları oluşmasına yol açar, böylelikle deprem anında yapı birden bire çökmez. Deprem anındaki davranışın yanı sıra, bina deprem sonrası çalışmalar için güvenli bir ortam sağlayacaktır.

Analiz sonuçlarından elde edilen diğer önemli bir nokta da, binalarda kullanılan kolonların boyutlarını doğru olarak seçilmesinin önemidir. Çoğunlukla estetik kaygılarla yapılan yetersiz boyutlandırma, yapının deprem dayanımını çok büyük oranda azaltmaktadır. Proje tasarım aşamasında alternatif kolon boyutları denenerek hangi boyutun yeterli olduğu ön hesaplarla belirlenmelidir. Binayı yaparken güçlü kılmak sonradan ortaya çıkacak sorunlar karşısında çok daha kolay ve etkili olacaktır.

Güçlendirme çalışmalarında binanın mevcut sistemine uygun elemanların yerleştirilmesi, diğer yonteme ve eski sisteme oranla çok daha yüksek değerler elde edilmesine olanak tanımıştır. Burada mevcut kolonların moment taşıma ve kesme dayanım değerleri geliştirilerek, diğer elemanlarca taşınan yüklerin bir kısmının karşılanması sağlanmıştır, bu sayede yapı bütün olarak depreme dayanıklı hale gelmiştir. Her iki kat çözümü için sonuç aynıdır.

Ancak, güçlendirme sırasında kullanılan yöntemin diğer elemanlarda oluşan gerilmeleri arttırdığı durumlarda ise, yapı daha fazla kesme kuvveti kapasitelerine ulaşsa dahi ani göçme yaşanmaktadır. Bu tür olasılıklara karşı tedbir alınması ve yeni çözüm yöntemlerinin belirlenmesi, yapının güçlendirme aşamalarında uygulanması gerekenler arasındadır.

Burada yapılan hesaplamalar ve elde edilen sonuçlar ışığında, genel itibari ile, yapılarda hangi tür olursa olsun teknik detaylar ve bilgi, tasarım ve uygulamada aşamalarında dikkatle takip edilmesi gereken noktalardır. Yapı gerçekçi ve uygun yöntemlerle tasarlandığı ya da güçlendirildiğinde proje depremi altında göçme meydana gelmeyecek ve can kaybı önlenmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Applied Technology Council, ATC -40**, Kasım 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, V1 Redwood City, California/USA
- [2] **Federal Emergency Management Agency, FEMA 273/356** , 1996a.
Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, V1 Redwood City, California/USA
- [3] **Ersoy, U. ve Özcebe**,1998. G. Sarılmış Betonarme Kesitlerde Moment – Eğrilik İlişkisi Analitik Bir İrdeleme, *İMO Teknik Dergi*
- [4] **Ersoy, U.** 1997. Reinforced Concrete, ODTÜ Matbaası, Ankara
- [5] **Celep, Z.** 2001. Deprem Etkisindeki Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesinde Performans Kavramı, *Meslek İçi Eğitim Semineri*, IMO Bursa Şubesi, Aralık

EK 1

Örnek çerçevenin, yük artım yöntemi kullanılarak SAP2000 programında modellenebilmesi için gereken tüm ön hesap değerleri EK1’de sunulmuştur.

Çerçeve No: 1

Çerçeve, 3 kat ve 3 açıklıktan oluşmaktadır. Tüm yapıda BS 12 betonu, ve BÇ-I donatıları kullanılmıştır. Etriye aralıkları 20cm’dir.

1.aşamada bina üzerine etkiyen yükler:

1,0 x DL + 1,0 x LL yük kombinasyonu ile kolonlarda bulunan eksenel basınç yükleri:

Kolon numarası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eksenel basınç (t)	22,5	51,6	48,3	20	15,1	34,3	32,1	13,4	7,34	17,4	16,2	6,55

1 no 'lu çerçeve için hesaplanan, elemanlara etkiyen eksenel yükler ve katlara etkiyen deprem yükleri diğer beton ve donatı alternatifleri için de değişmediği varsayılmaktadır. Bu eksenel yük değerleri Çerçeve No:2,3,4,5,6,7 ve 8 için de aynıdır.

Etriye aralıklarının 20 cm olduğu tüm çerçevelerde yapıya ait kolonların ve kirişlerin; uygun olmayan sargı donatısı davranışı (NC) gösterdiği kabul edilmiştir.

FEMA 356 tablo 6-8’den kolonlara ait mafsallık özelliklerini modellemek için alınan parametreler:

$$a = 0,006$$

$$b = 0,015$$

$$c = 0,2$$

Bu modellemeye ilişkin FEMA 356 Tablo 6-12’den alınan performans seviye katsayıları :

$$IO = 2$$

$$LS = 2$$

$$CP = 3$$

A ve B aksı kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My ⁴	vy ⁵	My	vy	My	vy
	5,06	0,006	4,93	0,0062	4,64	0,0074
B ⁶	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C ⁷	1,00	2,00	1,00	1,97	1,00	1,81
D ⁸	0,20	2,00	0,20	1,97	0,20	1,81
E ⁹	0,20	3,50	0,20	3,42	0,20	3,03

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,55	0,0076	4,19	0,0083	4,14	0,0083
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,79	1,00	1,72	1,00	1,72
D	0,20	1,79	0,20	1,72	0,20	1,72
E	0,20	2,97	0,20	2,81	0,20	2,81

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	17,1	0,0039	16,99	0,004	16,3	0,0048
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	2,54	1,10	4,00	1,10	2,25
D	0,20	2,54	0,20	4,00	0,20	2,25
E	0,20	4,85	0,20	6,25	0,20	4,13

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	16,1	0,005	14,03	0,0085	13,84	0,009
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	2,20	1,10	1,71	1,10	1,67
D	0,20	2,20	0,20	1,71	0,20	1,67
E	0,20	4,00	0,20	2,76	0,20	2,67

⁴My : Akma momenti (tm)

⁵vy :Akma dönmesi (rad)

⁶B: My/My = 1.0 ; vy/vy = 1.0

⁷C: 1,0 ; (vy+a)/ vy

⁸D: c ; (vy+a)/ vy

⁹E: c ; (vy+b)/ vy

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-121,7	0	0	-138,65	0	0
-115,8	0,618	1,31	-100	1,8	0,8
-100	2,14	4,79	-75	6,5	2,5
-80	3,64	8,45	-60	9,57	3,7
-50	5,27	12	-40	10,5	3,9
-20	4,82	11,34	-2	15,7	5,93
0	3,65	8,23	0	15,9	5,8
2	3,48	7,74	13	14,5	5,1
11,50	2,57	5,63	30	9,75	3,55
33	0,37	0,75	36,65	0	0
36,65	0	0			

20cm etriye ile sarılı olan kirişlerde FEMA 356 tablo 6-7'den okunan parametreler;

a = 0,02

b = 0,03

c = 0,2

	Kiriş			
	My +	uy +	My -	uy -
	3,34	0,0006	6,68	0,0024
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	34,33	1,10	9,33
D	0,20	34,33	0,20	9,33
E	0,20	51,00	0,20	13,50

Çerçeve No:2

Çerçeve, 3 kat ve 3 açıklıktan oluşmaktadır. Tüm yapıda BS 12 betonu, ve BÇ-I donatıları kullanılmıştır. Etriye aralıkları 10cm'dir.

Etriye aralıklarının 10 cm olduğu tüm çerçevelerde yapıya ait kolonların ve kirişlerin; uygun sargı donatısı davranışı (C) gösterdiği kabul edilmiştir.

FEMA 356 tablo 6-8'den kolonlara ait mafsallık özelliklerini modellemek için alınan parametreler:

a = 0,02

b = 0,03

c = 0,2

Bu modellemeye ilişkin FEMA 356 Tablo 6-12'den alınan performans seviye katsayıları :

IO = 2

LS = 3

CP = 4

A ve B aksı kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	5,11	0,0065	4,97	0,0068	4,68	0,0073
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	4,08	1,10	3,94	1,10	3,74
D	0,20	4,08	0,20	3,94	0,20	3,74
E	0,20	5,62	0,20	5,41	0,20	5,11

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,58	0,0075	4,22	0,0081	4,17	0,0082
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	3,67	1,10	3,47	1,10	3,44
D	0,20	3,67	0,20	3,47	0,20	3,44
E	0,20	5,00	0,20	4,70	0,20	4,66

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	17,48	0,0041	17,34	0,0042	16,53	0,005
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	5,88	1,10	7,31	1,10	5,00	1,10
D	5,88	0,20	7,31	0,20	5,00	0,20
E	8,32	0,20	9,69	0,20	7,00	0,20

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	16,28	0,0053	14,13	0,0097	13,94	0,0094
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	4,77	1,10	3,06	1,10	3,13	5,88
D	4,77	0,20	3,06	0,20	3,13	5,88
E	6,66	0,20	4,09	0,20	4,19	8,32

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	3,58	0,0044	6,72	0,0032
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	6,68	1,10	8,81
D	0,20	6,68	0,20	8,81
E	0,20	12,36	0,20	16,63

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-121,7	0	0	-138,65	0	0
-115,8	0,618	1,31	-100	1,8	0,8
-100	2,14	4,79	-75	6,5	2,5
-80	3,64	8,45	-60	9,57	3,7
-50	5,27	12	-40	10,5	3,9
-20	4,82	11,34	-2	15,7	5,93
0	3,65	8,23	0	15,9	5,8
2	3,48	7,74	13	14,5	5,1
11,50	2,57	5,63	30	9,75	3,55
33	0,37	0,75	36,65	0	0
36,65	0	0			

10cm etriye ile sarılı olan kirişlerde FEMA 356 tablo 6-7'den okunan parametreler;

a = 0,025

b = 0,05

c = 0,2

Bu modellemeye ilişkin FEMA 356 Tablo 6-12'den alınan performans seviye katsayıları :

IO= 3

LS=6

CP=7

Çerçeve No:3

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS14 betonu, BÇ-I donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 20 cm 'dir. Mafsal modelleme katsayıları için yukarıdaki çerçevelerde belirtilen esaslara göre seçim yapılmıştır.

A ve B aksı kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	uy	My	uy	My	uy
	5,19	0,0068	5,05	0,007	4,76	0,0076
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	4,08	1,10	3,94	1,10	3,74
D	0,20	4,08	0,20	3,94	0,20	3,74
E	0,20	5,62	0,20	5,41	0,20	5,11

	K8		K9		K12	
	My	uy	My	uy	My	uy
	4,67	0,0081	4,31	0,0088	4,26	0,0089
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	3,67	1,10	3,47	1,10	3,44
D	0,20	3,67	0,20	3,47	0,20	3,44
E	0,20	5,00	0,20	4,70	0,20	4,66

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	18,07	0,0041	17,92	0,0045	16,82	0,0056
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,46	1,00	3,84	1,00	2,07
D	0,20	2,46	0,20	3,84	0,20	2,07
E	0,20	4,66	0,20	5,84	0,20	3,68

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	16,55	0,0061	14,32	0,0104	14,12	0,0108
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,98	1,00	1,58	1,00	1,56
D	0,20	1,98	0,20	1,58	0,20	1,56
E	0,20	3,46	0,20	2,44	0,20	2,39

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0 ⁰	90 ⁰	B	0 ⁰	90 ⁰
-135,8	0	0	-155,65	0	0
-120	1,685	3,503	-140	4,33	1,64
-108,5	2,67	5,94	-120	9,07	3,41
-96	3,5	8,1	-100	13,8	4,78
-70	5,17	12,1	-75	16,9	6,1
-49,4	5,89	13	-50	17	6,5
-19,8	4,97	11,5	-25	15,22	5,4
-5,5	4,1	9,368	-10	12,57	4,5
0	3,7	8,2	-2	10,6	3,9
7	3	6,58	0	10	3,7
16	2,16	4,64	7	8,1	3,06
36,65	0	0	17,5	5,3	2
			36,654	0	0

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	3,58	0,0044	6,72	0,0032
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	6,88	1,00	13,50
D	0,20	6,88	0,20	13,50
E	0,20	9,82	0,20	19,75

Çerçeve No:4

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS14 betonu, BÇ-I donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 10 Cem'dir. Mafsal modelleme katsayıları için yukarıdaki çerçevelerde belirtilen esaslara göre seçim yapılmıştır.

A ve B aksı kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	5,24	0,0071	5,09	0,0072	4,8	0,0077
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,82	1,00	3,78	1,00	3,60
D	0,20	3,82	0,20	3,78	0,20	3,60
E	0,20	5,23	0,20	5,17	0,20	4,90

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,7	0,008	4,33	0,0086	4,28	0,0095
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,50	1,00	3,33	1,00	3,11
D	0,20	3,50	0,20	3,33	0,20	3,11
E	0,20	4,75	0,20	4,49	0,20	4,16

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	18,41	0,0044	18,27	0,0047	16,99	0,006
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	5,55	1,00	6,77	1,00	4,33
D	0,20	5,55	0,20	6,77	0,20	4,33
E	0,20	7,82	0,20	8,89	0,20	6,00

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	16,69	0,0063	14,37	0,0103	14,19	0,0112
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	4,17	1,00	2,94	1,00	2,79
D	0,20	4,17	0,20	2,94	0,20	2,79
E	0,20	5,76	0,20	3,91	0,20	3,68

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	3,58	0,0029	6,65	0,0016
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	9,62	1,00	16,63
D	0,20	9,62	0,20	16,63
E	0,20	18,24	0,20	32,25

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-135,8	0	0	-155,65	0	0
-120	1,685	3,503	-140	4,33	1,64
-108,5	2,67	5,94	-120	9,07	3,41
-96	3,5	8,1	-100	13,8	4,78
-70	5,17	12,1	-75	16,9	6,1
-49,4	5,89	13	-50	17	6,5
-19,8	4,97	11,5	-25	15,22	5,4
-5,5	4,1	9,368	-10	12,57	4,5
0	3,7	8,2	-2	10,6	3,9
7	3	6,58	0	10	3,7
16	2,16	4,64	7	8,1	3,06
36,65	0	0	17,5	5,3	2
			36,654	0	0

Çerçeve No:5

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS16 betonu, BÇ-I donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 20 cm'dir.

A ve B aksı kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	uy	My	uy	My	uy
	5,32	0,0073	5,17	0,0076	4,87	0,0081
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,82	1,00	1,79	1,00	1,74
D	0,20	1,82	0,20	1,79	0,20	1,74
E	0,20	3,05	0,20	2,97	0,20	2,85

	K8		K9		K12	
	My	uy	My	uy	My	uy
	4,78	0,0083	4,39	0,0097	4,33	0,01
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,72	1,00	1,62	1,00	1,60
D	0,20	1,72	0,20	1,62	0,20	1,60
E	0,20	2,81	0,20	2,55	0,20	2,50

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	18,93	0,0047	18,75	0,0049	17,2	0,0067
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,28	1,00	3,71	1,00	1,90
D	0,20	2,28	0,20	3,71	0,20	1,90
E	0,20	4,19	0,20	5,55	0,20	3,24

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	16,88	0,0071	14,53	0,0116	14,33	0,0122
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,85	1,00	1,52	1,00	1,49
D	0,20	1,85	0,20	1,52	0,20	1,49
E	0,20	3,11	0,20	2,29	0,20	2,23

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-150	0	0	-172,6	0	0
-135	1,59	3,4	-150	6,1	2,4
-115	3,3	7,4	-120	12,7	4,7
-87	5,1	11,8	-88,5	18,1	6,5
-65	6,1	13,9	-66	18,5	7,1
-45	6,3	13,6	-42	17,5	6,5
-20	5,1	11,8	-20	14,8	5,3
0	3,7	8,2	-4,5	11,3	4,2
6,5	3,1	6,8	0	10	3,7
15	2,3	4,8	6,4	8,3	3,1
30	0,8	1,6	16	5,4	2,2
36,6	0	0	29,5	2	0,9
			36,6	0	0

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	3,58	0,004	6,67	0,0018
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	6,00	1,00	12,11
D	0,20	6,00	0,20	12,11
E	0,20	8,50	0,20	17,67

Çerçeve No:6

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS16 betonu, BÇ-I donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 10 cm'dir.

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	5,36	0,0075	5,05	0,0081	4,91	0,0083
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,67	1,00	3,47	1,00	3,41
D	0,20	3,67	0,20	3,47	0,20	3,41
E	0,20	5,00	0,20	4,70	0,20	4,61

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,81	0,0084	4,42	0,0102	4,36	0,0105
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,38	1,00	2,96	1,00	2,90
D	0,20	3,38	0,20	2,96	0,20	2,90
E	0,20	4,57	0,20	3,94	0,20	3,86

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	19,28	0,0048	19,06	0,005	17,34	0,0069
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	5,17	1,00	6,50	1,00	3,90
D	0,20	5,17	0,20	6,50	0,20	3,90
E	0,20	7,25	0,20	8,50	0,20	5,35

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	17,01	0,0072	14,61	0,0121	14,4	0,0125
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,78	1,00	2,65	1,00	2,60
D	0,20	3,78	0,20	2,65	0,20	2,60
E	0,20	5,17	0,20	3,48	0,20	3,40

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-150	0	0	-172,6	0	0
-135	1,59	3,4	-150	6,1	2,4
-115	3,3	7,4	-120	12,7	4,7
-87	5,1	11,8	-88,5	18,1	6,5
-65	6,1	13,9	-66	18,5	7,1
-45	6,3	13,6	-42	17,5	6,5
-20	5,1	11,8	-20	14,8	5,3
0	3,7	8,2	-4,5	11,3	4,2
6,5	3,1	6,8	0	10	3,7
15	2,3	4,8	6,4	8,3	3,1
30	0,8	1,6	16	5,4	2,2
36,6	0	0	29,5	2	0,9
			36,6	0	0

Kiriş				
	My +	vy +	My -	vy -
	3,58	0,0033	6,67	0,0016
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	8,58	1,00	16,63
D	0,20	8,58	0,20	16,63
E	0,20	16,15	0,20	32,25

Çerçeve No:7

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS16 betonu, BÇ-IIIa donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 20 cm'dir.

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	7,96	0,0064	7,82	0,0068	7,53	0,0073
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,94	1,00	1,88	1,00	1,82
D	0,20	1,94	0,20	1,88	0,20	1,82
E	0,20	3,34	0,20	3,21	0,20	3,05

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	7,44	0,0075	7,08	0,0084	7,03	0,0084
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,80	1,00	1,71	1,00	1,71
D	0,20	1,80	0,20	1,71	0,20	1,71
E	0,20	3,00	0,20	2,79	0,20	2,79

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	26,54	0,0047	26,36	0,0049	25,47	0,0058
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,28	1,00	3,53	1,00	2,03
D	0,20	2,28	0,20	3,53	0,20	2,03
E	0,20	4,19	0,20	5,37	0,20	3,59

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	25,24	0,0062	23,01	0,0094	22,81	0,0087
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,97	1,00	1,64	1,00	1,69
D	0,20	1,97	0,20	1,64	0,20	1,69
E	0,20	3,42	0,20	2,60	0,20	2,72

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-183,3	0	0	-206	0	0
-160	2,11	5,14	-185	5,5	1,85
-135	4,38	10,02	-165	10,6	3,9
-100	6,65	15,22	-136	16,5	6
-70	7,91	18,8	-100	22,1	7,9
-34	8,4	19,4	-60	26	9,2
0	6,42	15,5	-30	24,3	8,5
17	5,22	11,9	0	18,9	6,5
30	4,04	9,1	15	15	5,3
47	2,4	5,2	30	10,7	4,1
70	0	0	70	0	0

Kiriş				
	My +	vy +	My -	vy -
	6,78	0,0026	12,28	0,0017
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	8,69	1,00	12,76
D	0,20	8,69	0,20	12,76
E	0,20	12,54	0,20	18,65

Çerçeve No:8

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS16 betonu, BÇ-IIIa donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 10 cm'dir.

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	uy	My	uy	My	uy
	8,01	0,0064	7,87	0,007	7,57	0,0074
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	4,13	1,00	3,86	1,00	3,70
D	0,20	4,13	0,20	3,86	0,20	3,70
E	0,20	5,69	0,20	5,29	0,20	5,05

	K8		K9		K12	
	My	uy	My	uy	My	uy
	7,48	0,0076	7,11	0,0082	7,06	0,0083
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,63	1,00	3,44	1,00	3,41
D	0,20	3,63	0,20	3,44	0,20	3,41
E	0,20	4,95	0,20	4,66	0,20	4,61

	K2		K3		K6	
	My	uy	My	uy	My	uy
	26,89	0,0048	26,69	0,005	25,7	0,006
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	5,17	1,00	6,28	1,00	4,33
D	0,20	5,17	0,20	6,28	0,20	4,33
E	0,20	7,25	0,20	8,28	0,20	6,00

	K7		K10		K11	
	My	uy	My	uy	My	uy
	25,4	0,0064	23,1	0,0095	22,89	0,01
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	4,13	1,00	3,11	1,00	3,00
D	0,20	4,13	0,20	3,11	0,20	3,00
E	0,20	5,69	0,20	4,16	0,20	4,00

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-183,3	0	0	-206	0	0
-160	2,11	5,14	-185	5,5	1,85
-135	4,38	10,02	-165	10,6	3,9
-100	6,65	15,22	-136	16,5	6
-70	7,91	18,8	-100	22,1	7,9
-34	8,4	19,4	-60	26	9,2
0	6,42	15,5	-30	24,3	8,5
17	5,22	11,9	0	18,9	6,5
30	4,04	9,1	15	15	5,3
47	2,4	5,2	30	10,7	4,1
70	0	0	70	0	0

Kiriş				
	My +	vy +	My -	vy -
	6,8	0,0037	12,39	0,002
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	7,76	1,00	13,50
D	0,20	7,76	0,20	13,50
E	0,20	14,51	0,20	26,00

Çerçeve No: 9

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS16 betonu, BÇ-IIIa donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 20 cm'dir. Önceki çerçevelerden farklı olarak 9 ve 10 No' lu çerçevelerde B aksındaki kolonların kesitleri 1.2 x 0.25m olacak şekilde değiştirilmiştir. Taşıyıcı sistemin boyutları değiştiğinden Çerçeve No: 9 ve 10 'a ait eleman kesit davranışlarının tespiti için aşağıdaki eksenel yük değerleri alınmıştır:

Kolon numarası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eksenel basınç (t)	21,43	54,55	49,48	18,92	14,30	35,04	32,97	12,61	6,69	17,92	16,63	6,15

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	7,9	0,0067	7,76	0,0069	7,49	0,0074
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,90	1,00	1,87	1,00	1,81
D	0,20	1,90	0,20	1,87	0,20	1,81
E	0,20	3,24	0,20	3,17	0,20	3,03

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	7,39	0,0076	7,04	0,0084	7,01	0,0085
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,79	1,00	1,71	1,00	1,71
D	0,20	1,79	0,20	1,71	0,20	1,71
E	0,20	2,97	0,20	2,79	0,20	2,76

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	56,85	0,0098	57,39	0,01	55,5	0,015
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,61	1,00	2,27	1,00	1,40
D	0,20	1,61	0,20	2,27	0,20	1,40
E	0,20	2,53	0,20	3,17	0,20	2,00

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	55,2	0,0144	52,85	0,0204	52,85	0,0204
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,42	1,00	1,29	1,00	1,29
D	0,20	1,42	0,20	1,29	0,20	1,29
E	0,20	2,04	0,20	1,74	0,20	1,74

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-183,3	0	0	-357	0	0
-160	2,11	5,14	-275	48,6	46
-135	4,38	10,02	-214	70,9	52,3
-100	6,65	15,22	-155	82,8	55,4
-70	7,91	18,8	-74	79,7	53,9
-34	8,4	19,4	-15	62,3	48,9
0	6,42	15,5	0	56,4	42,1
17	5,22	11,9	25	44,3	34,6
30	4,04	9,1	50	29,5	18,1
47	2,4	5,2	100	0	0
70	0	0			

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	6,78	0,0026	12,28	0,0017
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	8,69	1,00	12,76
D	0,20	8,69	0,20	12,76
E	0,20	12,54	0,20	18,65

Çerçeve No: 10

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS16 betonu, BÇ-IIIa donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 10 cm'dir. Önceki çerçevelerden farklı olarak 9 ve 10 No 'lu çerçevelerde B aksındaki kolonların kesitleri 1.2 x 0.25m olacak şekilde değiştirilmiştir.

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	8,01	0,0064	7,87	0,007	7,57	0,0074
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	4,13	1,00	3,86	1,00	3,70
D	0,20	4,13	0,20	3,86	0,20	3,70
E	0,20	5,69	0,20	5,29	0,20	5,05

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	7,43	0,0077	7,07	0,0083	7,04	0,0083
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,60	1,00	3,41	1,00	3,41
D	0,20	3,60	0,20	3,41	0,20	3,41
E	0,20	4,90	0,20	4,61	0,20	4,61

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	52,67	0,0104	57,69	0,0104	55,6	0,0148
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,92	1,00	3,58	1,00	2,35
D	0,20	2,92	0,20	3,58	0,20	2,35
E	0,20	3,88	0,20	4,54	0,20	3,03

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	55,3	0,0154	53,05	0,0218	53,05	0,0218
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,30	1,00	1,92	1,00	1,92
D	0,20	2,30	0,20	1,92	0,20	1,92
E	0,20	2,95	0,20	2,38	0,20	2,38

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-183,3	0	0	-357	0	0
-160	2,11	5,14	-275	48,6	46
-135	4,38	10,02	-214	70,9	52,3
-100	6,65	15,22	-155	82,8	55,4
-70	7,91	18,8	-74	79,7	53,9
-34	8,4	19,4	-15	62,3	48,9
0	6,42	15,5	0	56,4	42,1
17	5,22	11,9	25	44,3	34,6
30	4,04	9,1	50	29,5	18,1
47	2,4	5,2	100	0	0
70	0	0			

Kiriş				
	My +	vy +	My -	vy -
	6,8	0,0037	12,39	0,002
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	7,76	1,00	13,50
D	0,20	7,76	0,20	13,50
E	0,20	14,51	0,20	26,00

Çerçeve No: 11

3 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS12 betonu, BÇ-I donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 20 cm'dir. Bu çerçevede B aksındaki kolonlar 20cm kalındığında BS20 betonu ve 10cm etriye aralığındaki donatı ile sarılmıştır. Boyuna donatı BÇ-IIIa 'dır. takviyeli kolonlar 100 x 65 cm ebadındadır. Takviye betonunun içinde kalan eski kolon, bu kolon ile aynı dayanım özellikleri taşıdığı varsayılmıştır. Çerçeve No: 11'e ait eleman kesit davranışlarının tespiti için aşağıdaki eksenel yük değerleri alınmıştır :

Kolon numarası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eksenel basınç (t)	20,9	53,1	50,7	18,4	13,9	35,4	33,4	12,2	6,7	17,9	16,8	5,95

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,98	0,0061	4,83	0,0064	4,58	0,0075
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	1,98	1,10	1,94	1,10	1,80
D	0,20	1,98	0,20	1,94	0,20	1,80
E	0,20	3,46	0,20	3,34	0,20	3,00

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,48	0,0077	4,15	0,0083	4,11	0,0084
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	1,78	1,10	1,72	1,10	1,71
D	0,20	1,78	0,20	1,72	0,20	1,71
E	0,20	2,95	0,20	2,81	0,20	2,79

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	73,6	0,0036	73,18	0,0041	66,6	0,0046
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	6,56	1,10	5,88	1,10	5,35
D	0,20	6,56	0,20	5,88	0,20	5,35
E	0,20	9,33	0,20	8,32	0,20	7,52

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	66,88	0,0047	61,52	0,0059	61,58	0,0065
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	5,26	1,10	4,39	1,10	4,08
D	0,20	5,26	0,20	4,39	0,20	4,08
E	0,20	7,38	0,20	6,08	0,20	5,62

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-121,7	0	0	-854	0	0
-115,8	0,618	1,31	-781	32,5	21,2
-100	2,14	4,79	-705	62,7	40,8
-80	3,64	8,45	-600	96	62,6
-50	5,27	12	-485	119	77,4
-20	4,82	11,34	-300	130	84,2
0	3,65	8,23	-192	115,3	75
2	3,48	7,74	-78	85	55,3
11,50	2,57	5,63	0	55	36,1
33	0,37	0,75	35	38,9	25,7
36,65	0	0	50	32	23
			117	0	0

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	3,34	0,0006	6,68	0,0024
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	34,33	1,10	9,33
D	0,20	34,33	0,20	9,33
E	0,20	51,00	0,20	13,50

Çerçeve No: 12

5 katlı 3 açıklıklı çerçevede BS12 betonu, BÇ-I donatısı kullanılmıştır ve etriye aralıkları 20 cm'dir. bu çerçevede kabul edilen modelleme esasları 3 katlı çerçeve ile aynıdır. 5 katlı çerçevenin kolonlarına düşen eksenel yük değerleri aşağıda verilmiştir.

Kolon No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basınç (t)	39,3	83,9	78,8	35,3	31,8	66,8	62,7	28,5	23,9	50,0
Kolon No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Basınç (t)	47	21,5	15,8	33,5	31,4	14,2	7,66	17,02	15,9	6,88

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5		K8		K9	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	5,82	0,0043	5,69	0,0048	5,55	0,0052	5,39	0,0055	5,14	0,0059
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,40	1,00	2,25	1,00	2,15	1,00	2,09	1,00	2,02
D	0,20	2,40	0,20	2,25	0,20	2,15	0,20	2,09	0,20	2,02
E	0,20	4,49	0,20	4,13	0,20	3,88	0,20	3,73	0,20	3,54

	K12		K13		K16		K17		K20	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	5,01	0,0061	4,69	0,0073	4,59	0,0075	4,21	0,0082	4,16	0,0083
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,98	1,00	1,82	1,00	1,80	1,00	1,73	1,00	1,72
D	0,20	1,98	0,20	1,82	0,20	1,80	0,20	1,73	0,20	1,72
E	0,20	3,46	0,20	3,05	0,20	3,00	0,20	2,83	0,20	2,81

	K2		K3		K6		K7		K10	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	16,4	0,0026	16,87	0,0027	17,28	0,003	17,3	0,0035	17,05	0,004
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	3,31	1,00	3,22	1,00	3,00	1,00	2,71	1,00	2,50
D	0,20	3,31	0,20	3,22	0,20	3,00	0,20	2,71	0,20	2,50
E	0,20	6,77	0,20	6,56	0,20	6,00	0,20	5,29	0,20	4,75

	K11		K14		K15		K18		K19	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	16,94	0,0041	16,24	0,0048	16,02	0,0056	13,98	0,0087	13,8	0,0091
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,46	1,00	2,25	1,00	2,07	1,00	1,69	1,00	1,66
D	0,20	2,46	0,20	2,25	0,20	2,07	0,20	1,69	0,20	1,66
E	0,20	4,66	0,20	5,02	0,20	3,68	0,20	2,72	0,20	2,65

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-121,7	0	0	-138,65	0	0
-115,8	0,618	1,31	-100	9,75	3,55
-100	2,14	4,79	-75	14,5	5,1
-80	3,64	8,45	-60	15,9	5,8
-50	5,27	12	-40	15,7	5,93
-20	4,82	11,34	-2	10,5	3,9
0	3,65	8,23	0	9,57	3,7
2	3,48	7,74	13	6,5	2,5
11,50	2,57	5,63	30	1,8	0,8
33	0,37	0,75	36,6	0	0
36,65	0	0			

Kiriş				
	My +	uy +	My -	uy -
	3,34	0,0006	6,68	0,0024
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	34,33	1,10	9,33
D	0,20	34,33	0,20	9,33
E	0,20	51,00	0,20	13,50

Çerçeve No:13

Bir önceki analizde ele alınan 5 katlı çerçevenin B aksındaki kolonlar 20cm et kalınlığında BS20 betonu ile takviye edilmiştir. Takviye betonunda boyuna donatı olarak BÇ-IIIa donatısı, etriye olarak da 10cm aralığında BÇ-I $\varnothing$ 8mm kullanılmıştır. Kolon kesitleri değiştiğinden, elemanlara düşen düşey yük değerleri aşağıdaki gibi değişmiştir:

Kolon No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basınç (t)	34,23	89,04	84,24	29,79	27,3	71,33	67,51	23,7	20,33	53,66
Kolon No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Basınç (t)	50,77	17,62	13,44	35,9	33,93	16,64	6,58	18,1	17,05	5,73

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5		K8		K9	
	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy
	5,65	0,0049	5,45	0,0054	5,32	0,0056	5,13	0,0059	4,81	0,0072
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,22	1,00	2,11	1,00	2,07	1,00	2,02	1,00	1,83
D	0,20	2,22	0,20	2,11	0,20	2,07	0,20	2,02	0,20	1,83
E	0,20	4,06	0,20	3,78	0,20	3,68	0,20	3,54	0,20	3,08

	K12		K13		K16		K17		K20	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	4,79	0,0071	4,55	0,0076	4,44	0,0077	4,15	0,0083	4,09	0,0084
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,85	1,00	1,79	1,00	1,78	1,00	1,72	1,00	1,71
D	0,20	1,85	0,20	1,79	0,20	1,78	0,20	1,72	0,20	1,71
E	0,20	3,11	0,20	2,97	0,20	2,95	0,20	2,81	0,20	2,79

	K2		K3		K6		K7		K10	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	76,53	0,0016	75,44	0,0016	74,77	0,002	74,94	0,0024	73,6	0,0036
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	13,50	1,00	13,50	1,00	11,00	1,00	9,33	1,00	6,56
D	0,20	13,50	0,20	13,50	0,20	11,00	0,20	9,33	0,20	6,56
E	0,20	19,75	0,20	19,75	0,20	16,00	0,20	13,50	0,20	9,33

	K11		K14		K15		K18		K19	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	73,18	0,0041	66,6	0,0046	66,88	0,0047	61,52	0,0059	61,58	0,0065
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	5,88	1,00	5,35	1,00	5,26	1,00	4,39	1,00	4,08
D	0,20	5,88	0,20	5,35	0,20	5,26	0,20	4,39	0,20	4,08
E	0,20	8,32	0,20	7,52	0,20	7,38	0,20	6,08	0,20	5,62

A ve B aksındaki kolonlara ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)
A	0°	90°	B	0°	90°
-121,7	0	0	-854	0	0
-115,8	0,618	1,31	-781	32,5	21,2
-100	2,14	4,79	-705	62,7	40,8
-80	3,64	8,45	-600	96	62,6
-50	5,27	12	-485	119	77,4
-20	4,82	11,34	-300	130	84,2
0	3,65	8,23	-192	115,3	75
2	3,48	7,74	-78	85	55,3
11,50	2,57	5,63	0	55	36,1
33	0,37	0,75	35	38,9	25,7
36,65	0	0	50	32	23
			117	0	0

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	3,34	0,0006	6,68	0,0024
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	34,33	1,10	9,33
D	0,20	34,33	0,20	9,33
E	0,20	51,00	0,20	13,50

Çerçeve No: 14

3 katlı çerçevede bina yüksekliği boyunca B aksı kolonları arasına BS20 betonu ve BÇ-IIIa donatısı kullanılan, 3.1x 0.2m ebadında betonarme perde teşkil edilmiştir. İki perde arasında bulunan kirişler sonsuz rijit davranış gösterecek şekilde modellenmişlerdir. Uygulamada B aksı kolonları sistem içinde muhafaza edilmiştir. Taşıyıcı sisteme ilave elemanlar girdiği için, kolonlara düşen yükler aşağıdaki şekilde olmuştur:

Kolon No	1	2	3	4	5	6	7	8
Basınç (t)	21,18	18,37	68,11	15,98	18,74	14,1	11,25	47,37
Kolon No	9	10	11	12	13	14	15	
Basınç (t)	9,75	12,45	6,86	5,85	23,69	5,0	6,06	

Perdelerin üzerindeki yükler:

Perde no:	1	2	3
Yük (t)	80,93	54,29	27,15

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsallık özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,99	0,0061	4,85	0,0064	4,59	0,0075
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,98	1,00	1,94	1,00	1,80
D	0,20	1,98	0,20	1,94	0,20	1,80
E	0,20	3,46	0,20	3,34	0,20	3,00

	K8		K9		K12	
	My	vy	My	vy	My	vy
	4,49	0,0077	4,16	0,0083	4,11	0,0084
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,78	1,00	1,72	1,00	1,71
D	0,20	1,78	0,20	1,72	0,20	1,71
E	0,20	2,95	0,20	2,81	0,20	2,79

	K2		K3		K6	
	My	vy	My	vy	My	vy
	14,19	0,0083	13,81	0,0091	13,08	0,0122
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	1,72	1,10	2,33	1,10	1,49
D	0,20	1,72	0,20	2,33	0,20	1,49
E	0,20	2,81	0,20	3,32	0,20	2,23

	K7		K10		K11	
	My	vy	My	vy	My	vy
	12,82	0,0128	12,2	0,0163	12,07	0,0172
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	1,47	1,10	1,37	1,10	1,35
D	0,20	1,47	0,20	1,37	0,20	1,35
E	0,20	2,17	0,20	1,92	0,20	1,87

P	P1		P2		P3	
	My	vy	My	vy	My	vy
	425,5	0,0046	402	0,0048	372	0,0041
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1	4,26	1	4,13	1	4,66
D	0,4	4,26	0,4	4,13	0,4	4,66
E	0,4	5,35	0,4	5,17	0,4	5,88

A ve B aksındaki kolonlara ve B aksı arasına yerleştirilen betonarme perdeye ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M(tm)
A	0°	90°	B	0°	90°	perde	0°	90°
-121,7	0	0	-138,65	0	0	-980	0	0
-115,8	0,618	1,31	-100	1,8	0,8	-800	222	14,9
-100	2,14	4,79	-75	6,5	2,5	-621	375	24,5
-80	3,64	8,45	-60	9,57	3,7	-400	483,4	32,7
-50	5,27	12	-40	10,5	3,9	-250	488,8	32,7
-20	4,82	11,34	-2	15,7	5,93	-96	426,3	27,5
0	3,65	8,23	0	15,9	5,8	0	435,5	21,6
2	3,48	7,74	13	14,5	5,1	70	283	16,5
11,50	2,57	5,63	30	9,75	3,55	155	183,8	10,1
33	0,37	0,75	36,65	0	0	279	0	0
36,65	0	0						

	Kiriş			
	My +	vy +	My -	vy -
	3,34	0,0006	6,68	0,0024
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	34,33	1,10	9,33
D	0,20	34,33	0,20	9,33
E	0,20	51,00	0,20	13,50

Çerçeve No:15

5 katlı çerçevenin B aksları arasına betonarme perde teşkil edilmiştir. Bu modellemelerde de 3 katlı çerçevedeki uygulamalar tekrar edilmiş, perdelerin arasında

kalan kirişler sonsuz rijit hale getirilmiştir. Sisteme ilave taşıyıcı elemanlar eklendiği için kolonlara düşen eksenel yükler şu şekilde değişmiştir:

Kolon No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basınç (t)	33,14	21,72	25,01	30,3	26,55	23,69	18,79	24,11	19,81	17,6
Kolon No	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Basınç (t)	14,04	17,92	13,1	11,77	9,4	11,83	6,38	6,22	4,89	5,8

Perde No:	1	2	3	4	5
Yük (t)	117,1	96,67	73	48,82	24,17

A ve B aksları kolonlarının moment - deformasyon grafiklerinden alınan akma değerleri ve modelleme parametreleri kullanılarak hesaplanan mafsal özelliklerini tanımlama değerleri:

	K1		K4		K5		K8		K9	
	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy
	5,61	0,005	5,48	0,0053	5,28	0,0057	5,15	0,0058	4,78	0,0062
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,20	1,00	2,13	1,00	2,05	1,00	2,03	1,00	1,97
D	0,20	2,20	0,20	2,13	0,20	2,05	0,20	2,03	0,20	1,97
E	0,20	4,00	0,20	3,83	0,20	3,63	0,20	3,59	0,20	3,42

	K12		K13		K16		K17		K20	
	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy
	4,8	0,0064	4,53	0,0076	4,45	0,0077	4,13	0,0084	4,1	0,0084
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,94	1,00	1,79	1,00	1,78	1,00	1,71	1,00	1,71
D	0,20	1,94	0,20	1,79	0,20	1,78	0,20	1,71	0,20	1,71
E	0,20	3,34	0,20	2,97	0,20	2,95	0,20	2,79	0,20	2,79

	K2		K3		K6		K7		K10	
	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy
	16,47	0,0046	15,2	0,0066	15	0,0069	14,26	0,0081	14,87	0,0084
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	2,30	1,00	1,91	1,00	1,87	1,00	1,74	1,00	1,71
D	0,20	2,30	0,20	1,91	0,20	1,87	0,20	1,74	0,20	1,71
E	0,20	4,26	0,20	3,27	0,20	3,17	0,20	2,85	0,20	2,79

	K11		K14		K15		K18		K19	
	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy	My	uy
	13,49	0,0098	13,15	0,0107	12,75	0,013	12,22	0,0154	12,19	0,0164
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,00	1,61	1,00	1,56	1,00	1,46	1,00	1,39	1,00	1,37
D	0,20	1,61	0,20	1,56	0,20	1,46	0,20	1,39	0,20	1,37
E	0,20	2,53	0,20	2,87	0,20	2,15	0,20	1,97	0,20	1,91

	P1		P		P3		P4		P5	
	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy	My	vy
	464,63	0,0042	448	0,0045	427,9	0,0046	405,4	0,0047	378	0,0049
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1	4,57	1	4,33	1	4,26	1	4,19	1	4,06
D	0,4	4,57	0,4	4,33	0,4	4,26	0,4	4,19	0,4	4,06
E	0,4	5,76	0,4	5,44	0,4	5,35	0,4	5,26	0,4	5,08

A ve B aksındaki kolonlara ve B aksı arasına yerleştirilen betonarme perdeye ilişkin P-M-M grafiği değerleri :

P(t)	M(tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M (tm)	P(t)	M (tm)	M(tm)
A	0°	90°	B	0°	90°	perde	0°	90°
-121,7	0	0	-138,65	0	0	-980	0	0
-115,8	0,618	1,31	-100	1,8	0,8	-800	222	14,9
-100	2,14	4,79	-75	6,5	2,5	-621	375	24,5
-80	3,64	8,45	-60	9,57	3,7	-400	483,4	32,7
-50	5,27	12	-40	10,5	3,9	-250	488,8	32,7
-20	4,82	11,34	-2	15,7	5,93	-96	426,3	27,5
0	3,65	8,23	0	15,9	5,8	0	435,5	21,6
2	3,48	7,74	13	14,5	5,1	70	283	16,5
11,50	2,57	5,63	30	9,75	3,55	155	183,8	10,1
33	0,37	0,75	36,65	0	0	279	0	0
36,65	0	0						

Kiriş				
	My +	vy +	My -	vy -
	3,34	0,0006	6,68	0,0024
B	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,10	34,33	1,10	9,33
D	0,20	34,33	0,20	9,33
E	0,20	51,00	0,20	13,50

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 11.1977 tarihinde Ordu'da doğru. İlk öğretimini Ordu 19 Eylül İlk Öğretim Okulunda, orta öğretimini Ordu Anadolu Lisesinde tamamladı.

10.1995 tarihinde Ortadoğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümüne kayıt yaptırmaya hak kazandı. Bu bölümden 3.03/4.0 ortalama ile 06.2000 tarihinde mezun oldu.

10.2000 tarihinde Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Yüksek Lisans MBA programına katıldı ve 10.2002 tarihinde bu programı tamamladı. Yine 10.2000 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans programına katıldı.