

90563

**ÇOK KATLI YAPILARDA BURULMA
DÜZENSİZLİĞİNİN SÜREKLİ BURULMA
ÇUBUĞU ANALOJİSİ İLE İNCELENMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı

H. Murat TANARSLAN

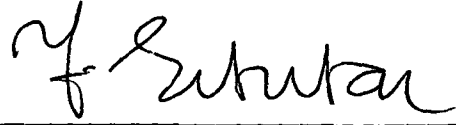
ARALIK, 1999

İZMİR

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.




Prof. Dr. Yıldırım ERTUTAR
(Yönetici)



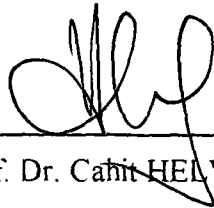
Doç. Dr. AHİLA ORBAY.

(Juri Üyesi)



Doç. Dr. Mustafa DİZGİN

(Juri Üyesi)



Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çalışmalarım sırasında sürekli ilgi ve değerli yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof.Dr. Yıldırım ERTUTAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince bana her konuda yardım eden Dilek D.AKAY'a, bilgisayar programının programlama aşamasında yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Hasan TOKDEMİR'e, SAP 2000 programını bana temin eden İnş.Müh. Oğuz CELEP'e, Tezimin her aşamasında yanımda olan tüm dostlarıma,bana verdikleri manevi destek nedeniyle aileme teşekkür ederim.

H.Murat TANARSLAN

ÖZET

Bu çalışmada, “Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi” yöntemi ile deprem yükleri altında perde-çerçeve sistemlerinde burulma etkileri incelenmiştir .

Bu yöntem, Vlasov’un burulma teorisindeki burulma fonksiyonu ile basit kirişlerin çökmesi teorisine dayanmaktadır.

Çalışma altı bölüm ve ekler kısmından oluşmaktadır. İlk bölümde konu tanıtılmış ve daha önce burulma ile ilgili yapılmış olan çalışmalardan bahsedilmiştir.

İkinci bölüm bu çalışmanın esası olan “Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi” yöntemi ile ilgilidir. İkinci bölümde analogi hakkında kısaca bilgi verilmiş, ayrıca yapılan kabullerden bahsedilmiş ve hesap şeması belirtilmiştir. Daha sonra bu yöntem ile ilgili olan diferansiyel denklemlerin elde edilmesi ve bu diferansiyel denklemlerin analogiye uygulanması detaylı olarak anlatılmaktadır.

Üçüncü bölümde SAP 90 programının veri girişi ve işleyişi hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü Bölümde 1998 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliğinde burulma düzensizlikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, “Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi” yöntemi için hazırlanmış olan bilgisayar programı ile bir örnek çözülmüş, aynı örnek SAP 2000 ve SAP 90 ile çözümlenip sonuçlar kıyaslanmıştır.

Altıncı bölüm ise üç programdan elde edilen sonuçların irdelenmesine ayrılmıştır.

Eklerde ,bilgisayar programı ve çözülen örneğin bilgisayar programı çıktıları verilmiştir.



ABSTRACT

In this thesis work, torsional behaviour of shear wall–frame systems under earthquake loads have been investigated with the use of “Continuous Torsion Beam Analogy” method.

This method is actually based on the theory related to the settling of simple beams due to torsion as mentioned in Vlaslov’s theory of torsion.

The study consists of six chapters and appendices. In the first chapter, the thesis subject has been introduced and previous studies on the same subject have been mentioned.

The second is related to “Continuous Torsion Beam Analogy” that is the essence of the study. In the second chapter, some information about the analogy have been offered. Besides, assumptions and computation plan have been given.

In the third chapter, data input structure and operation of SAP 90 program have been mentioned.

In the fourth chapter, some information about torsional irregularities in the new earthquake regulations valid from 1998 has been given.

In the fifth chapter, an illustrative example has been solved by using a computer program prepared especially for “Continuous Torsion Beam Analogy” method and the same example has been solved and then compared with SAP 2000 and SAP 90 programs either.

The sixth chapter is devoted to the solutions obtained from three computer programs.

In the appendices, the computer program outputs of the solved example with the program itself.



İÇİNDEKİLER

SAYFA

İçindekiler	
Şekillerin Listesi	
Tabloların Listesi	
Grafik Listesi	

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.0.	Konu	1
1.1.	Amaç	4
1.2.	Konu İle İlgili Çalışmalara Toplu Bakış	5

BÖLÜM II

SÜREKLİ BURULMA ÇUBUĞU ANALOJİSİ YÖNTEMİ

2.0.	Sürekli Burulma Çubuğu Analogisi Yöntemi	8
2.1.	Kabuller	8
2.2.	Sürekli Burulma Çubuğu Analogisi	8
2.3.	Çok Kath Perde - Çerçeve Sistemlerin Yatay Yük Etkisi Altında Sürekli Burulma Çubuğu Analogisi Yöntemi İle Çözümü	11
2.4.	Giriş	11
2.5.	Öteleme Hesabı	12

2.5.1	Diferansiyel Denklem Yöntemi	13
2.5.2.	Diferansiyel Denklemin Çözümü ve Kesit Tesirleri	15
2.6.	Burulma Hesabı	19
2.6.1.	Dış Burulma Momenti Yükleme İçin Hesap	19
2.6.2.	Yapı Dönme Ekseninin Tayini	21
2.6.3.	Diferansiyel Denklemin Çözümü ve Kesit Tesirler	22

BÖLÜM III

SAP 90 PROGRAMI

3.0.	SAP 90 Programı	25
3.1.	SAP 90 Programının Genel Özellikleri	25
3.1.1.	Programın Çalışma Prensipleri	25
3.1.2.	Sap 90 Programının Girdi Bilgilerinin Hazırlanması	26
3.1.2.1.	Düğüm Noktası ve Elemanlar	27
3.1.2.2.	Sistem ve Eleman Eksenleri	27
3.1.2.3.	Statik Hesap	28
3.1.2.4.	Dinamik Hesap	28

BÖLÜM IV

YENİ DEPREM YÖNETMELİĞİNDE BURULMA

4.0.	Yeni Deprem Yönetmeliğinde Burulma	29
4.1.	Yeni Deprem Yönetmeliğinde Burulma Durumları	29
4.1.1	Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler:	29
4.2.	Düzensiz Binalar	31
4.2.1.	Düzensiz Binaların Tanımı	31

4.2.2. Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar	31
---	----

BOLÜM V SAYISAL ÖRNEK VE KARŞILAŞTIRMALAR

5.0. Sayısal Örnek ve Karşılaştırmalar	33
5.1. Giriş	33
5.2. Sürekli Burulma Çubuğu Analjisine Göre Çözüm	33
5.2.1. Öteleme Hesabı	33
5.2.2. Burulma Hesabı	36
5.3. SAP 90 Çözümleri	41
5.4. Sonuçların Karşılaştırılması	50

BÖLÜM VI-SONUÇ

6.0. Sonuç	51
------------	----

REFERANSLAR LİSTESİ

EKLER

Ek A- Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi İçin Geliştirilmiş Bilgisayar Programı

Ek B- Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi İçin Geliştirilmiş Bilgisayar Programının Mur-Tez ve Mur-Tezbur Çıktıları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Perde ve çerçevelerden oluşmuş burulma yapmayan sistem.....	2
Şekil 1.2 Perde ve çerçevelerden oluşmuş burulma yapan sistem.....	2
Şekil 2.1 Burulmalı Öteleme.....	11
Şekil 2.2 Öteleme.....	12
Şekil 2.3 Referans Sistem.....	13
Şekil 2.4 Yatay Yük Etkisi.....	16
Şekil 2.5 Burulmalı Sistem.....	19
Şekil 2.6 Burulan Sistem	19
Şekil 2.7 Yapı Dönme Merkezinin Tayini.....	21
Şekil 4.1 Burulma Düzensizliği Durumu.....	32
Şekil 5.0. Plan.....	34
Şekil 5.1. Rijitlik Merkezinin Yeri.....	38

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Gerçek Sistem ve Fiktif Sistem.....	10
Tablo 5.1:Çerçeve ve Perdelerin Rijitlik ve Koordinatları.....	35
Tablo 5.2:Kat Rijitlik Merkezleri.....	37
Tablo 5.3 : To Değerleri.....	37
Tablo 5.4 : Kesme Kuvveti Değerleri.....	42
Tablo 5.5 : 1 ve 3 nolu Perdelerin Burulma Momentinden Oluşan Eğilme Momenti Değerleri....ç... ..	43
Tablo 5.6:1 ve 3 nolu Perdelerin Burulma Momentinden Oluşan Kesme Kuvveti Değerleri.....	44
Tablo 5.7:1,2,3 ve 4 no'lu Çerçevelerde Oluşan Kesme Kuvveti Değerleri.....	45

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 5.1:1 No'lu Perde Moment Değerleri.....	46
Grafik 5.2:3 No'lu Perde Moment Değerleri.....	47
Grafik 5.3:1 No'lu Perde Kesme Kuvveti Değerleri.....	48
Grafik 5.3:3 No'lu Perde Kesme Kuvveti Değerleri.....	49



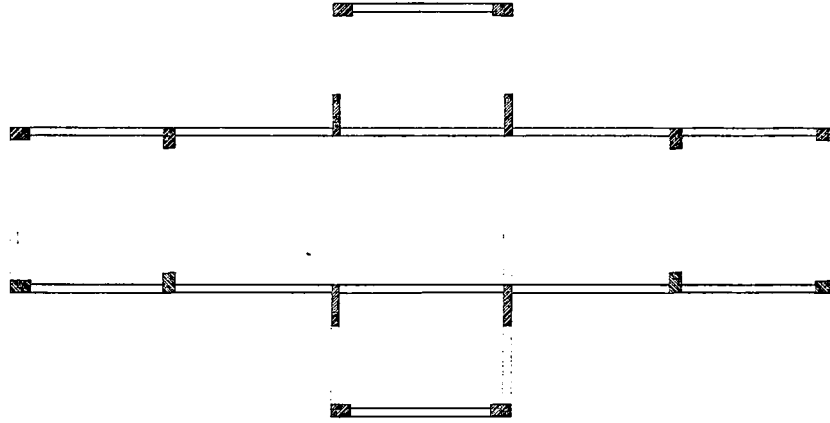
BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.0.Konu

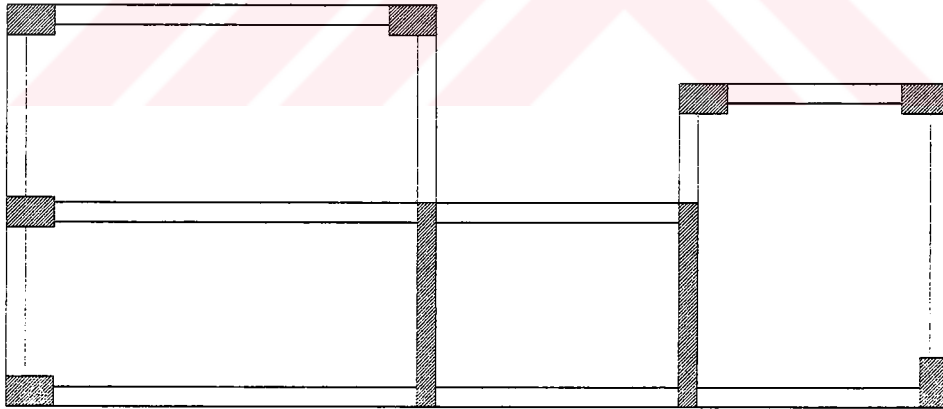
Büyük bir bölümü deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde, depreme dayanıklı bina üretiminin inşaat mühendisliği açısından ne kadar önemli olduğu açıktır. Ülkemizde hızla artan nüfus gözönüne alındığında çok katlı bina yapımına gidilmekte ve bu yapıların deprem etkisi altında bazı özelliklere sahip olması istenmektedir. Yapılar, sıkça olan hafif şiddetteki depremlerden doğan titreşimlerin binada yaşayanlarca hissedilmeyecek, daha seyrek olan orta şiddetteki depremlerde binada hasar meydana gelmeyecek, çok az sayıda yaşanan büyük şiddetteki depremlerde ise can kaybı oluşmayacak ve onarılabilir hasarların oluşması sağlanacak şekilde dizayn edilmelidir. Yapının taşıyıcı sistemi tasarlanırken hafif ve orta şiddetteki deprem etkisi altında rijit, büyük şiddetteki depremlerde sünek davranacak şekilde düşünülmeli ve projelendirmesi bu şekilde yapılmalıdır.

1998'de yürürlüğe giren "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" de yatay yükler altında yapının üç boyutlu olarak analiz edilmesi zorunluluğu getirilmiş ve bu yapıların mümkün olduğunca düzensizliklerden arınması gerekliliği ortaya konulmuştur.



Şekil 1.1:Perde ve çerçevelerden oluşmuş burulma yapmayan sistem

Fakat gerek mimarı zorunluluklar gerekse arsa gibi kısıtlayıcı etkenler yapıların simetrik yapılabilmesini imkansız kılmakta ve bazı düzensizliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yapının simetrik olmaması halinde projelendirme aşamasında bu etkileride göz önüne alınması gerekmektedir.



Şekil 1.2:Perde ve çerçevelerden oluşmuş burulma yapan sistem

Binalar simetrik olsa bile şiddetli deprem halinde deprem dalgalarının binaya yayılışı asimetric olacağından kolon ve kirişlerdeki mafsallar aynı anda

oluşmayabilir. Sonuçta kütle ve rijitlikleri simetrik olan binalarda bile deprem anında eksantrisiteler meydana gelebilir.

Tüm bu nedenlerle “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”de burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi}) tanımlanmıştır, bu katsayının 1.2 ‘den büyük olması durumunda burulma etkileri deprem hesabında kullanılacak yöntemi belirleyici etken olmaktadır.

Sistemin yatay kuvvetler etkisi altında dinamik ve statik analizi için bazı hesap yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler,

a-) Kesin yöntemler

b-) Yaklaşık yöntemler.

olmak üzere ikiye ayrılırlar.

a-) Kesin Yöntemler

Genellikle deplasman yönteminin çok katlı yapılara uygulanmasıdır. Bu yöntemlerde bilinmeyen sayısı fazladır, uzun ve yorucu hesaplar ancak bilgisayar yardımı ile yapılabilir. Bu yöntemde hesapların uzunluğundan dolayı doğan yuvarlama hataları ortaya çıkabilmektedir.

b-) Yaklaşık yöntemler

Çok katlı yapıların yatay yüklere göre hesabı için taşıyıcı sistem türüne bağlı olarak geliştirilen yaklaşık yöntemler bazı basitleştirici kabuller yardımı ile hesapların büyük ölçüde kısalmasını sağlayan yöntemlerdir. Bu yöntemler ile yapılan hesaplarda yuvarlanma ve kesme hataları önemsiz mertebelerde olduğundan, elde edilen sonuçlar yaklaşık fakat güvenilir olmaktadır. Bazı yaklaşık yöntemler kullanılarak ardışık yaklaşım yolu ile kesin sonuçlar elde etmek mümkündür.

Bu çalışmada çok katlı perde-çerçeve sistemlerde burulma etkilerini incelemek için “Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi(Çelebi,1990)” seçilmiş ancak yük olarak depremi temsil eden üçgen yaylı yük dikkate alınmıştır.

Bu yöntemle göre, sistemin yatay yüklere göre hesabı öteleme ve burulma olmak üzere iki adımda yapılmakta ve esas olarak ince cidarlı elastik çubukların uniform olmayan burulma teorisindeki dönme fonksiyonu ve kirişlerin basit eğilme teorisindeki çökme fonksiyonu arasındaki karşılıklı özdeşliklerden yararlanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında örnek bir yapı sistemi seçilmiş ve bu sistem ilk önce analoji'ye göre ve daha sonrada statik ve dinamik açıdan güvenilirliği ispatlanmış olan SAP 90 ve SAP 2000 programlarıyla çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1.1.Amaç

Ülkemiz %92 gibi önemli sayılabilecek bir oranda deprem bölgesi üzerinde bulunmakta dolayısıyla, depreme dayanıklı yapı üretimi konusunda dikkate değer araştırma ve projeler geliştirilmektedir.

Bu kapsamda olmak üzere, özellikle çok katlı yapılarda kullanılan perde-çerçeve sistemlerinin yatay yükler (deprem) etkisi altındaki davranışının bilinmesi, bu davranışa uygun modeller kurularak pratik amaca yönelik ön boyutlandırmada kullanılabilecek yaklaşık yöntemlerin geliştirilmesi, mühendislik yaklaşımlarının ortaya konulması, kesin yöntemlerin yanında, yapılması gerekli çalışmalardır.

Yatay yüklerin etkisi altındaki çok katlı yapı, geometrik olarak simetrik olmadığı takdirde kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki eksantrisiteden dolayı burulma etkisi altındadır. Diğer taraftan “Afet Bölgelerinde Yapılacak Olan Yapılar Hakkındaki Yönetmelik” 'e göre simetrik yapılarda bile belli bir eksantrisite dikkate alınarak burulma etkisinin dahil edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Yine aynı yönetmelikte, burulma düzensizliği ön plana çıkarılmış ve tanımlanan bir katsayı (η_{bi}) için sınırlar önerilmiş ve bu sınırlar haricinde, hesap şeklinin değiştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Burulma etkisi tüm yapılarda dikkate alınmalıdır. Bu etkinin belirlenmesi için bir çok çalışmacı tarafından değişik yöntemler geliştirilmiştir.

Bu çalışmada da, bu amaçla geliştirilmiş olan yaklaşık bir yöntem “Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi (Çelebi,1990)” yöntemi incelenmiştir.

Daha önce uniform yayılı yük(rüzgar yükü) etkisi altında ele alınmış olan yöntem, bu çalışmada üçgen yayılı yük etkisi altında yeniden incelenmiş, bu amaca yönelik bir bilgisayar programı geliştirilmiş, elde edilen sonuçlar Sap 90 ve Sap 2000 programlarıyla kıyaslanmış ve sonuçlar grafik ve tablo olarak verilerek, sonuçlar irdelenmiştir.

Bu çalışmada,kısaca deprem yönetmeliği olarak isimlendirilecek yönetmelikte belirtilen yapı düzensizlikleri içinde önemli sayılabilecek burulma düzensizlikleri durumunda, düşey taşıyıcı elemanlara gelen ilave iç kuvvetlerin, özellikle ön boyutlandırma ve mertebe belirleme işlemlerinde kullanılacak olan büyüklüklerin hesaplanması için yaklaşık bir yöntem olan “Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi” yöntemi detaylı olarak açıklanmış ve çalışmanın özgün bir parçası olan bir bilgisayar programı geliştirilmiş, programın geçerliliği, bilinen programlarla kıyaslanarak ortaya konulmuştur.

1.2. Konu ile İlgili Çalışmalara Toplu Bakış

İnce cidarlı çubukların burulma teorisi ilk olarak DE SAINT – VENANT tarafından kurulmuştur, bu teoride dik kesitler düzlem kalmamakta, fakat kesit çarpılma fonksiyonu çubuk boyunca sabit kabul edilmektedir.

İnce cidarlı açık kesitli çubukların burulma teorisinin temel ilkeleri ise ilk tez TIMOSHENKO, S.P(1958) tarafından incelenmiştir. İnce cidarlı çubukların statik, dinamik ve stabilite hesapları ise VLASOV, V.Z(1961) tarafından incelenmiştir. Vlasov teorisine göre, kesit çarpılma fonksiyonu çubuk boyunca değiştiği için burulma sırasında kayma gerilmelerinin yanı sıra normal gerilmeler de meydana gelmektedir .

Sürekli ve süreksiz perde-çerçeve sistemler, değişik yükleme tiplerine dayalı olarak yaklaşık yöntemler yardımıyla günümüze kadar yürütülen teorik ve deneysel çalışmalara konu olmuştur.

Ancak, bu çalışmalardan çok azında çok katlı çerçeve sistemlerde burulmaya ilişkin yaklaşık yöntemlere yer verilmiştir.

Ayrık sistem varsayımına dayalı yaklaşık yöntemlerle ilgili çalışmalar şu şekilde özetlenebilir. ÖZMEN G.(1972) tarafından, içinde çerçeveler, perde duvarlar ve çekirdek içeren yapılara ait bir analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, her aşamadaki başlangıç sistemi için referans sistemi kullanmakta ve bilinmeyen sayısının kat adedine eşit olduğu lineer bir sistemin çözümünden oluşmaktadır.

ÇELEBİ, Ü.(1990) yaptığı doktora çalışmasında burulmayı incelerken bilinmeyen üç adet sürekli deplasman fonksiyonunu kullanmıştır. Bu deplasman fonksiyonları, sabit katsayılı, dördüncü mertebeden, homojen olmayan üç tane diferansiyel denklemden oluşan bir sistemin çözümünden elde edilirler. Daha sonra sınır koşulları yardımı ile 12 adet keyfi sabit bulunur. Özel çözümü ise yatay yükleme durumuna bağlı olmaktadır. Bulunan bu üç deplasman fonksiyonundan yola çıkılarak düşey taşıyıcı elemanların her biri için üç deplasman fonksiyonu ve bunlara bağlı olarak sistemin iç kuvvetleri hesaplanabilir.

Sistemlerin sürekli düşünüldüğü çalışmalar da şu şekildedir, GLUCK J.(1970) tarafından yapılan çalışmada, sistem perde ve çerçeveler oluşan prizmatik çekirdek olarak idealleştirilmiş ve çekirdek bileşenlerinin Vlasov çubuğu gibi davrandığı

kabul edilmiştir. Sistemin bilinmeyenleri üç yatay deplasman fonksiyonudur. ÇELEBİ Ü.(1990)'nin çalışmasında ise burulmalı sistemler iki aşamada incelenmiştir. Birinci aşamada, perde-çerçeve sistemin öteleme hesabı, sürekli sistem idealleştirilmesine dayalı BİLYAP S(1979) teorisinden yararlanılarak yapılmıştır. Bu ilk aşamada elde edilen sonuçlarının kullanılması ile, önce her katın , sonra da tüm binanın rijitlik merkezi bulunabilir. Burulmanın binanın rijitlik merkezi etrafında olduğu kabul edilmiş ve burulma hesabında, Vlasov teorisindeki ince cidarlı çubuklarının burulmasına ait deformasyon fonksiyonu ve basit kiriş eğilme fonksiyonu arasındaki ilişkilerden yararlanılmıştır.



İKİNCİ BÖLÜM
SÜREKLİ BURULMA ÇUBUĞU
ANALJİSİ YÖNTEMİ

2. 0.Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi

2.1. Kabuller

Yöntem ile ilgili bağıntıları elde edilirken,

- 1- Malzemenin lineer elastik olduğu
- 2- Kat döşemelerinin düzlemleri içinde sonsuz rijit olduğu
- 3- Perdelerde klasik çubuk teorisinin uygulanabileceği
- 4- Boy deęiřtirmelerinin ihmal edilebileceęi
- 5- Kiriş, kolon ve perde boyutları ile kat yüksekliğinin yapı boyunca değişmediği
- 6- Çerçevelerin kayma yapısı oldukları
- 7- Düşey taşıyıcı elemanların ortogonal oldukları kabulleri yapılmıştır.

2.2.Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi

İnce cidarlı ve açık kesitli çubukların burulması için Vlasov tarafından geliştirilen diferansiyel denklem,

$$E. I_w \Phi^{IV} - G J_d \Phi^{II} - m_t(z) = 0 \quad (2.1)$$

dir.

Bu denklemde, ϕ dönme açısına bağlı bir fonksiyonu, I_w, L^6 boyutunda geometrik bir büyüklük olup çarpılma atalet momentini, J_d , parçanın burulma eylemsizlik momentini, $E I_w$, çarpılma rijitliğini, $G J_d$ ise burulma rijitliğini, $m(z)$ yayılı moment yükünü ifade etmektedir. Vlasov'a göre açık tüp kesitlerin uniform olmayan burulma teorisi, eğilmedeki kayma merkezi ile üstüste düşen ve burulma merkezi adı verilen belirli bir nokta etrafında döndükleri kabul edilmesi ilkesine dayanmaktadır.

BİLYAP, S.(Betonarme Yüksek Yapılarda Perde-Çerçeve Sistemlerinin Yatay Kuvvetlere Göre Hesabı,1979) tarafından geliştirilen ve yatay yük altında perde-çerçeve sistemlerinin çözümüne esas olan diferansiyel denklem;

$$Dy^{IV} - K_s y'' = p(z) \quad (2.2)$$

Burada D , sistemdeki perdelerin toplam eğilme rijitliğini; K_s , sistemdeki çerçevelerin toplam kayma rijitliğini; y , elastik eğri fonksiyonu ve $p(z)$ dış yatay yükleme fonksiyonunu ifade eder.

2.1 ve 2.2 denklemleri karşılaştırılırsa, bunların büyüklükleri arasında bire bir analoginin olduğu görülmektedir. Bu analogide esas olarak Vlasov Teorisindeki $\Phi(z)$ dönme fonksiyonu ile kirişlerin basit eğilme teorisindeki $y(z)$ çökme fonksiyonu arasındaki karşılıklı özdeşlikten yararlanılmaktadır. Bu ilişki kullanılarak, burulmasız perde-çerçeve sistemlerinin deformasyon hesabı (fiktif sistem) ile burulmalı perde-çerçeve sistemlerin (gerçek sistem) arasındaki ilişki kurulabilir.

Burulmalı perde-çerçeve sistemi ile burulmasız perde-çerçeve sistemi arasındaki değer ilişkisi Tablo 2-1' de görülmektedir. Tabloda gösterilen çift moment fonksiyonu $B_w(z)$, Vlasov teorisinde geçen, eğilme momentine benzer bir kavram olup paralel iki düzlem için de etkiyen eşit, ters yönlü bir eğilme moment çifti olarak tanımlanabilmektedir.

Tablo 2.1-Gerçek Sistem ve Fiktif Sistem

GERÇEK SİSTEM	FİKTİF SİSTEM
$\Phi(z)$, z eksenini etrafındaki dönme açısı	$y(z)$, y eksenini doğrultusundaki yer değiştirme
$\Phi'(z)$	$y'(z)$,
$\Phi''(z)$	$y''(z)$,
$m(z)$, z eksenini etrafında yayılı moment yükü	$p(z)$, y eksenini doğrultusunda yayılı yük
$B_w(z)$, moment (çarpılma momenti)	$M_p(z)$, Perde eğilme momenti
$m_t(z)$, z eksenini etrafında burulma momenti	$T_p(z)$, Perde kesme kuvveti

Gerçek sisteme ait dış burulma fonksiyonu Vlasov teorisinin kabulüyle sabit bir eksen etrafında tanımlanır. Dış yükleme sonucu burulma merkezi etrafında gelişen dış burulma fonksiyonu,

$$m(z) = e_x \cdot P_y(z) - e_y \cdot P_x(z) \quad (2.3)$$

şeklinde ve burada $P_x(z)$ ve $P_y(z)$ dış yatay yükleme fonksiyonunu, e_x ve e_y sistemin ağırlık merkezi ile burulma merkezi arasındaki eksantrisiteleri ifade etmektedir. Gerçek sistemdeki burulma için

$$D_\theta \theta^{IV} - K_\theta \theta^{II} - m(z) = 0 \quad (2.4)$$

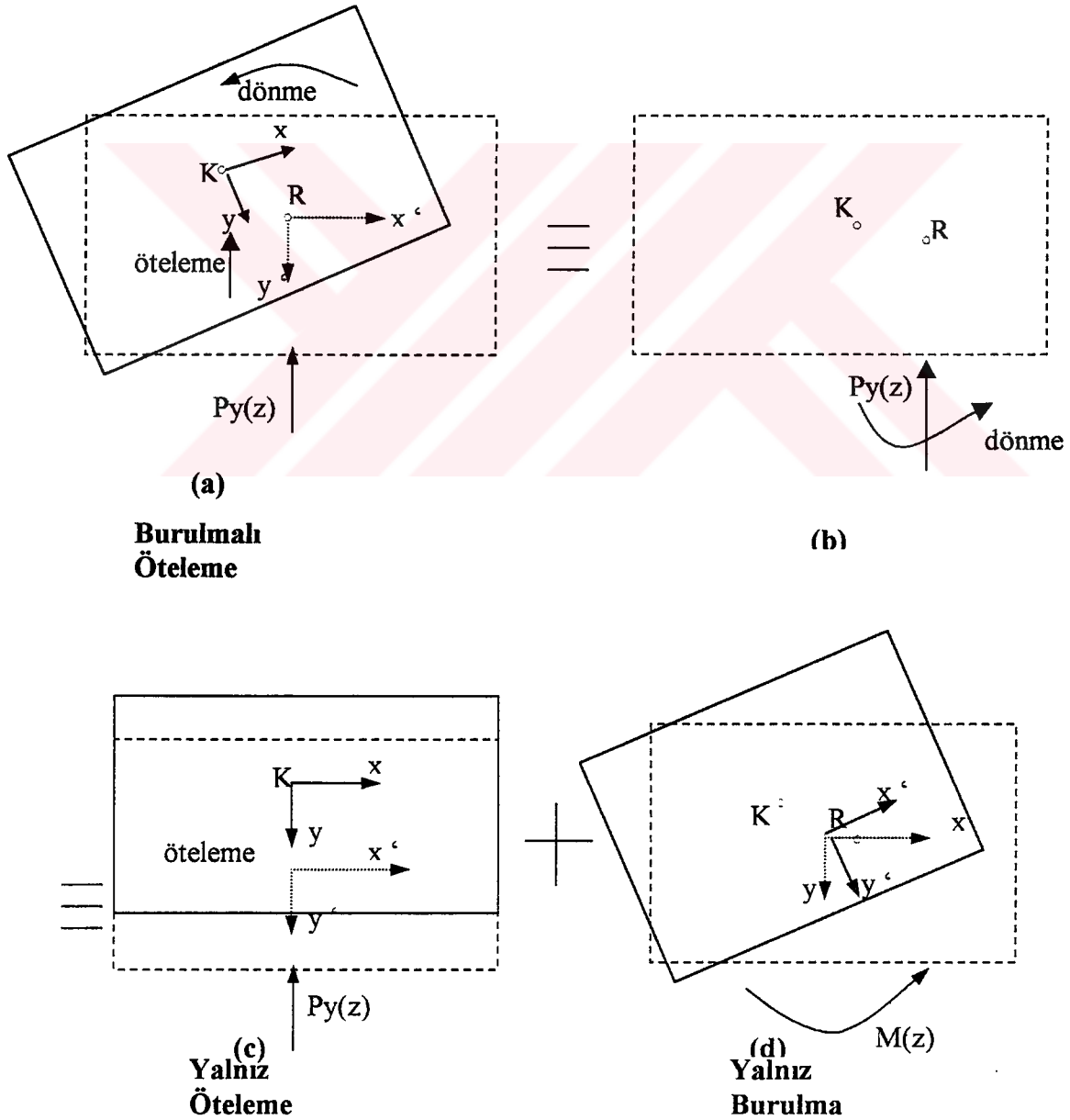
diferansiyel denklemi yazılır.

Burada D_θ sistemin moment alan elemanları tarafından fiktif burulma merkezi etrafında oluşturulan fiktif rijitliği, K_θ sistemin kesme alan elemanları tarafından fiktif burulma merkezi etrafında oluşturulan rijitliği, θ fiktif dönme açısına bağlı olan bir fonksiyonu, $m(z)$ de yatay dış yükleme ile oluşan burulma momentini ifade eder.

2.3.Çok Katlı Perde - Çerçeve Sistemlerin Yatay Yük Etkisi Altında Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi İle Çözümü

2.4.Giriş

Burulma çubuğu analjisi yöntemi yatay yükler altında burulmalı çok katlı perde-çerçeve sistemlerin iki adımda çözülmesine dayanan yaklaşık bir yöntemdir. Bu yöntemde yapı, birinci aşamada yalnız ötelemeye göre, ikinci aşamada ise yalnız burulmaya göre analiz edilir ve elde edilen sonuçlar süperpoze edilerek sonuca ulaşılır. Şekil 2.1'de bu süperpozisyon görülmektedir.

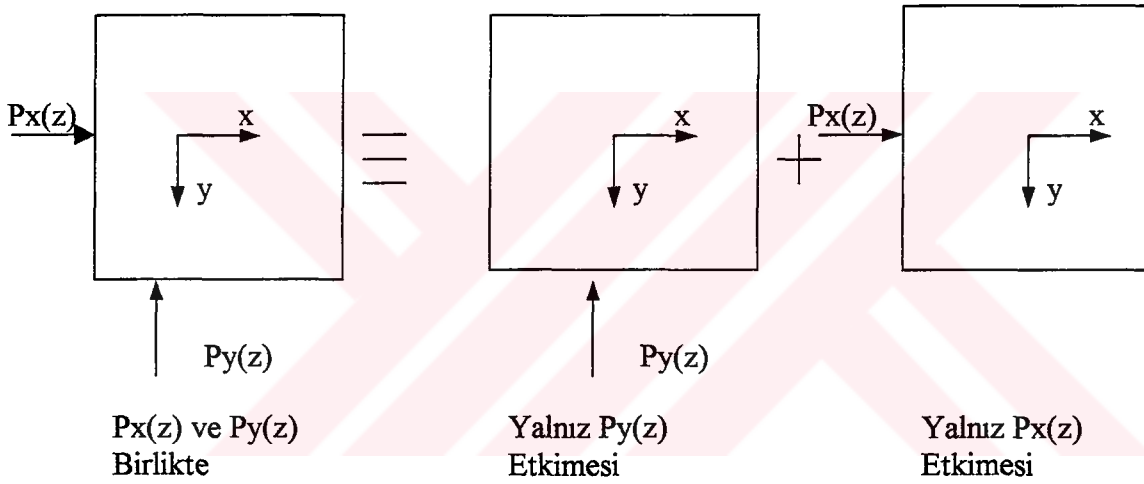


Şekil 2-1: Burulmalı öteleme

Bu bölüm kapsamında ilk olarak öteleme hesabı daha sonra da burulma hesabının nasıl yapıldığı ele alınmıştır .

2.5.Öteleme Hesabı

Bir yapının dönmeden öteleme yapabilmesi ancak yatay kuvvetlerin her katta, o katın “Rijitlik Merkezi” ne doğrudan etkimesi ile mümkündür. Bu nedenle “Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi” yönteminde yatay kuvvetlerin sisteme o katın rijitlik merkezinden etkidiği ve burulma etkilerinin olmadığı kabul edilir(Şekil 2.1-c). X ve Y doğrultusundaki kuvvetlerin birlikte etkimesi durumundan süperpozisyon Şekil 2.2’de görülmektedir.

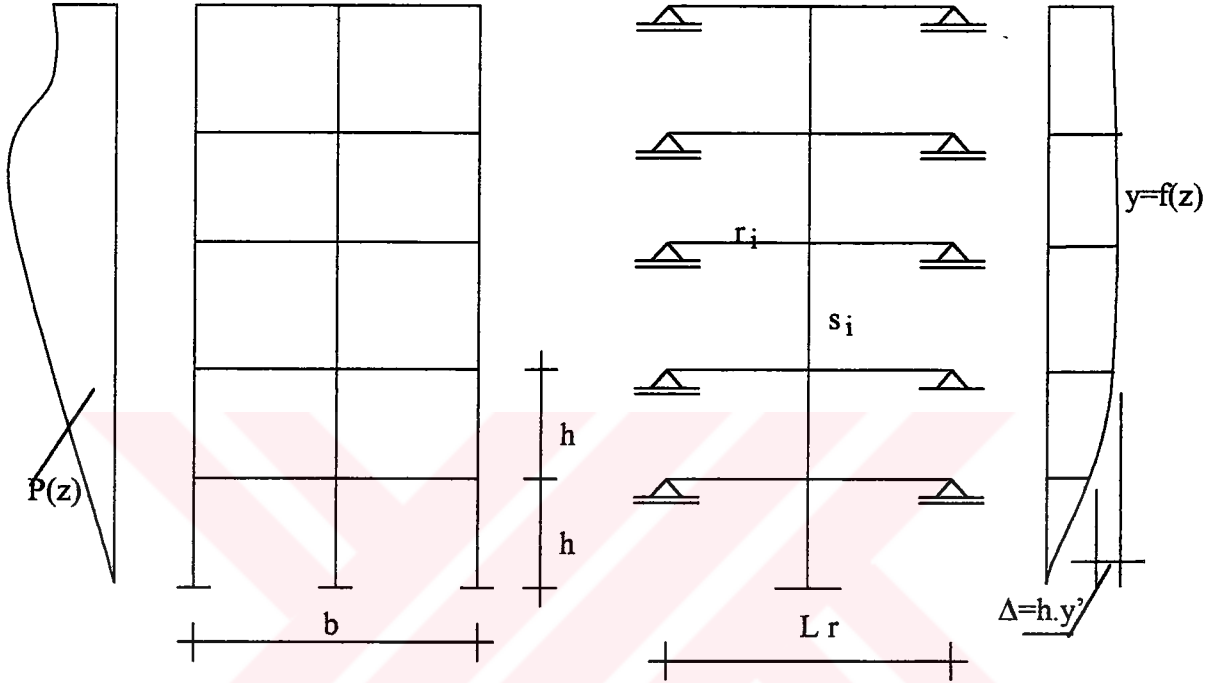


Şekil 2-2:Öteleme

Diferansiyel Denklem Yöntemi(BİLYAP S.) burulmasız perde-çerçeve sistemlerin yatay yüklere göre öteleme hesabı için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem başlı başına geniş bir inceleme konusudur.

2.5.1.Diferansiyel Denklemler Yöntemi

Çok katlı ve çok açıklıklı bir kayma çerçevesi yatay yükler etkisi altındaki şekil değişiminin incelenmesi için, Şekil(2.3)'teki fiktif sistem idealize edilir. İdealize edilen bu sistem yatay yükler altında iki boyutlu olarak analiz edilir.



Şekil-2.3:Referans sistem

Çerçeve, kiriş ve kolonlarında, moment sıfır noktasının çubuk ortalarında bulunduğu kabulü ile çerçevenin K_s ; kayma rijitliği,

$$K_s = \frac{12}{h \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s} \right)} \quad (2.5)$$

şeklinde verilmektedir. Bu bağıntıda

$$r : \text{Bir kattaki } i_r \text{ kiriş redörler toplamı} \quad \left(r = \sum \frac{EJ_r}{L_r} \right) \quad (2.6)$$

$$s : \text{Bir kattaki } i_s \text{ kolon redörler toplamı} \quad \left(s = \sum \frac{EJ_s}{h} \right) \quad (2.7)$$

dir.

Kayma çerçevesinde, ardışık iki kat arasındaki rölâtif Δ yerdeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı $y = f(z)$ elastik egrisinin y' dönmesini verir .

$$y' = \frac{\Delta}{h} \quad (2.8)$$

z kotundaki kat kesme kuvveti T_o , çerçeve kayma rijitliğinin K_s ile gösterilirse ,

$$y' = \frac{T_o}{K_s} \quad (2.9)$$

ve

$$T_o = K_s \cdot y' \quad (2.10)$$

bağıntıları Diferansiyel Denklemler Yönteminde verilmektedir.

Burada çerçevenin kenar kolonlarındaki boy değişmelerinin elastik eğriye olan etkisi ihmal edilmektedir.

Perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerde ise perdelerin eğilme rijitliği toplamı olan D eğilme rijitliğinin göz önüne alınması halinde (2.10) ifadesi,

$$-D \cdot y'''' + K_s \cdot y' = T_o \quad (2.11)$$

olarak yazılır.

(2.11) denklemin türevi alınır,

$$D \cdot y^{IV} - K_s \cdot y'' = p(z) \quad (2.12)$$

diferansiyel denklemi elde edilir.

(2.12) diferansiyel denklemi yerdeğiştirmeyi D kere büyüten $w = Dy$ teriminin yardımıyla düzenlenirse,

$$v^2 \cdot w^{IV} - w'' = v^2 \cdot p(z) \quad (2.13)$$

şeklini alır.

Burada
$$v^2 = \frac{D}{K_s} \quad (2.14)$$

dir.

(2.13) denklemi ile verilen diferansiyel denklem ile burulmasız her türlü perde-çerçeve sistemlerin yaklaşık çözümü yapılabilir .

2.5.2.Diferansiyel Denklemin Çözümü ve Kesit Tesirleri

Diferansiyel denklemin genel çözümü, v^2 : sabit olması özel halinde

$$w = C_1 + C_2 \cdot z + C_3 \cdot \cosh \frac{z}{v} + C_4 \sinh \frac{z}{v} + C_5(z) \quad (2.15)$$

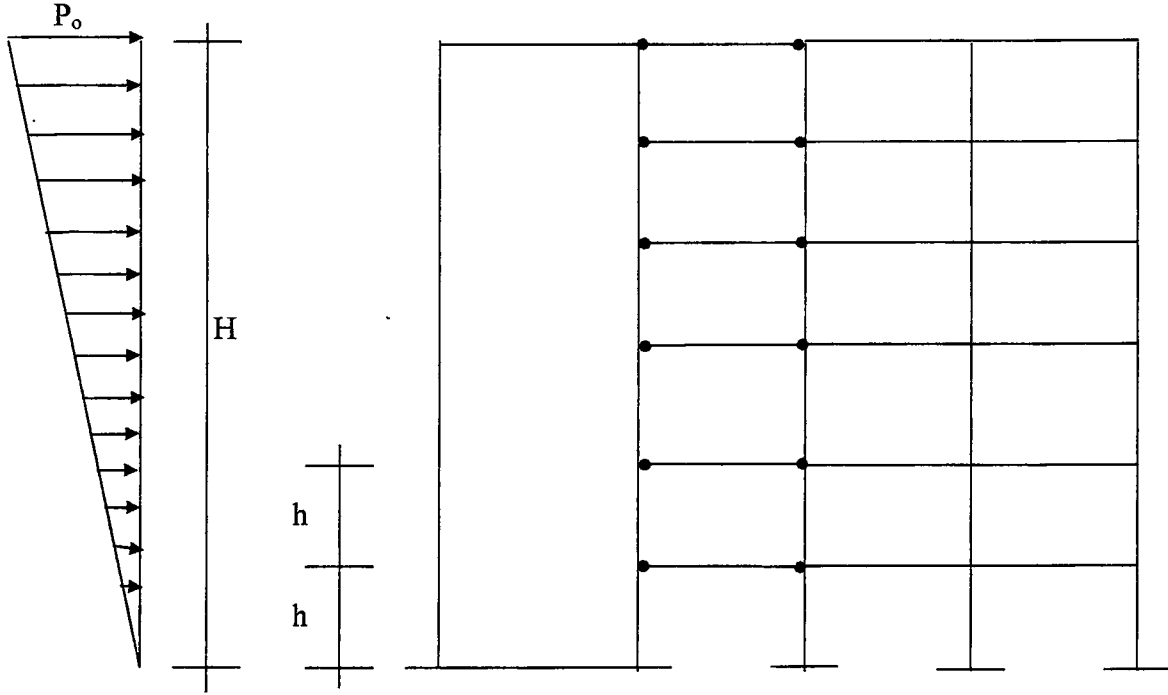
şeklindedir.

Burada,

C_i : Sınır koşullarında bulunacak integral sabitlerini ve

C_5 : Yatay yükleme durumuna göre özel çözümü göstermektedir.

Yönetmelikler, yapılara etkiyen yüklerin, deprem etkisi halinde üçgen yayılı, rüzgar etkisi halinde ise uniform yayılı yük olarak gözönüne alınmalarını öngörmektedir.



Şekil 2-4: Yatay yük etkisi

Bu sistemin sınır koşulları ,

- 1-) $w(0) = 0$ Sistemin yatay doğrultusundaki hareketi sabitlenmiştir .
- 2-) $w'(0) = 0$ Sistemin dönmesi sabitlenmiştir .
- 3-) $w''(H) = 0$ Sistem en üst noktasında moment sıfırdır .
- 4-) $-w'''(0) = T_o(0)$ Taban kesme kuvveti dış yüklerin kesme kuvvetine eşittir.

$\frac{P_o \cdot z}{H}$ yükünden dolayı herhangi bir kesitte oluşan kesme kuvveti ve eğilme momenti, (2.16) ve (2.17) denklemleri ile verilir,

$$T_o(z) = \frac{P_o \cdot z}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{z^2}{H^2}\right)\right) \quad (2.16)$$

$$M_o(z) = \frac{P_o \cdot H^2}{6} \cdot \left(2 - 3\left(\frac{z}{H}\right) + \left(\frac{z^3}{H^3}\right)\right) \quad (2.17)$$

$\frac{Po.z}{H}$ yüklemesinden dolayı (2.13) ile verilen diferansiyel denklemin genel çözümünü (2.18) ile ifade edilmektedir.

$$w = C_1 + C_2 \cdot z + C_3 \cdot \cosh\left(\frac{z}{v}\right) + C_4 \sinh\left(\frac{z}{v}\right) + \frac{Po.v^2 \cdot z^3}{6H} \quad (2.18)$$

Daha önce elde edilen sınır koşulları (2.18) denklemine uygulanırsa,

$$C_1 = -Po \cdot v^4 \cdot x$$

$$C_2 = Po \cdot v^3 \cdot \lambda$$

$$C_3 = Po \cdot v^4 \cdot x$$

$$C_4 = -Po \cdot v^3 \cdot \lambda$$

integral sabitleri bulunur.

$$v = \sqrt{\frac{D}{Ks}}$$

$$\lambda = \frac{H}{v} \quad (2.19)$$

$$\lambda^* = \lambda \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\lambda^2}\right)$$

$$x = \frac{1 + \lambda \cdot \sinh \lambda}{\sinh \lambda}$$

sınır koşulları ile elde edilen integral sabitleri ve (2.19)'deki kısaltmalar (2.18) denklemine yerleştirilirse,

$$w = Po \cdot v^4 \left(\lambda \cdot \left(\frac{z}{v}\right) - \left(\frac{z^3}{6Hv^2}\right) \right) + x \cosh\left(\frac{z}{v}\right) - \sinh\left(\frac{z}{v}\right) - x \quad (2.20)$$

denklemini elde edilir. (2.20) denklemini perde-çerçeve sisteminin elastik eğri denklemdir.

Bu denklemin türevlerinden perde eğilme momenti ,

$$M_p = -w'' = - \frac{P_o.H^2}{\lambda^2} \left(-\frac{z}{\nu} + x \cdot \cosh\left(\frac{z}{\nu}\right) - \lambda * \sinh\left(\frac{z}{\nu}\right) \right) \quad (2.21)$$

perde kesme kuvveti ,

$$T_p = M' = \frac{P_o.H}{\lambda} \left(\frac{1}{\lambda} - x \cdot \sinh\left(\frac{z}{\nu}\right) + \lambda * \cosh\left(\frac{z}{\nu}\right) \right) \quad (2.22)$$

çerçeve kesme kuvveti,

$$T_\phi = T - T_o = \frac{P_o.H}{\lambda} \left(-\frac{1}{\lambda} + x \cdot \sinh\left(\frac{z}{\nu}\right) - \lambda * \cosh\left(\frac{z}{\nu}\right) + \left(\frac{1-z^2}{H^2}\right) / 2 \right) \quad (2.23)$$

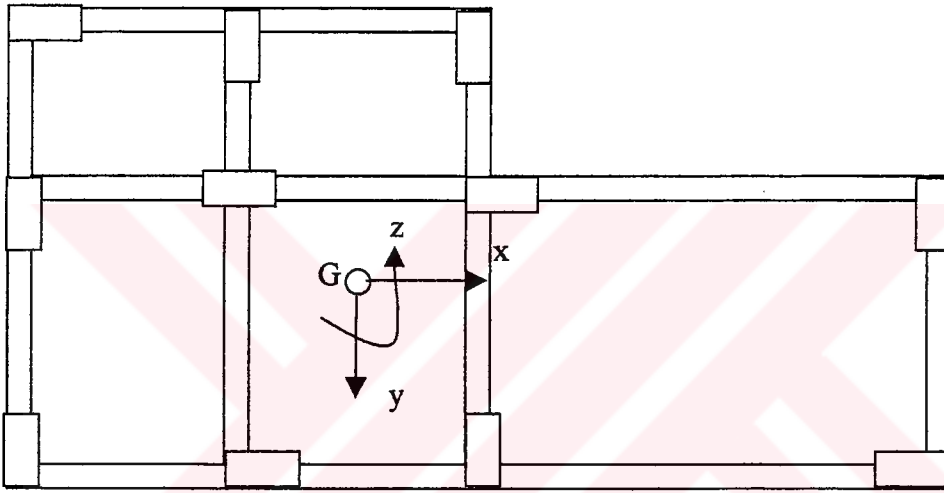
elde edilir.

2.6. Burulma Hesabı

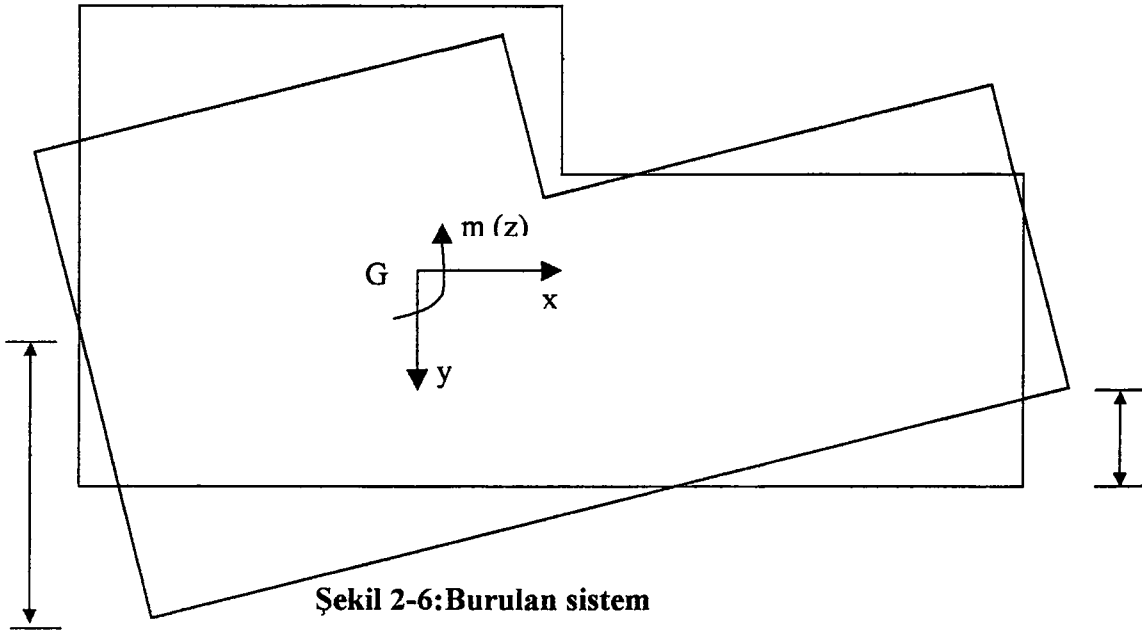
2.6.1. Dış Burulma Momenti Yüklemesi İçin Hesap

Sistemin her katta bir G noktası etrafında döndüğü kabul edilerek, sistemin burulma analizini, burulma çubuğu analogisine göre yapabilmek için o sistemin ilk önce dış $m(z)$ burulma momentine göre çözmek gerekir.

Bu kabuller altında fiktif sistem "Diferansiyel Denklemler Yöntemi" ile çözülebilir. Burulmalı bir perde-çerçeve sistem Şekil 2.5 'de görülmektedir.



Şekil 2-5: Burulmalı sistem



Şekil 2-6: Burulan sistem

(2.4) diferansiyel denkleminde D_θ ve K_θ

$$D_\theta = \sum (y^2 \cdot D_x + x^2 \cdot D_y) \quad (2.24)$$

$$K_\theta = \sum (y^2 \cdot K_{s_x} + x^2 \cdot K_{s_y})$$

$$w = D_\theta \cdot \theta$$

konulursa,

$$V^2 \cdot w^{IV} - w'' = w^2 \cdot m(z) \quad (2.25)$$

diferansiyel denklemi elde edilir.

Burada ,

$$V = \sqrt{\frac{D_\theta}{K_\theta}} \quad (2.26)$$

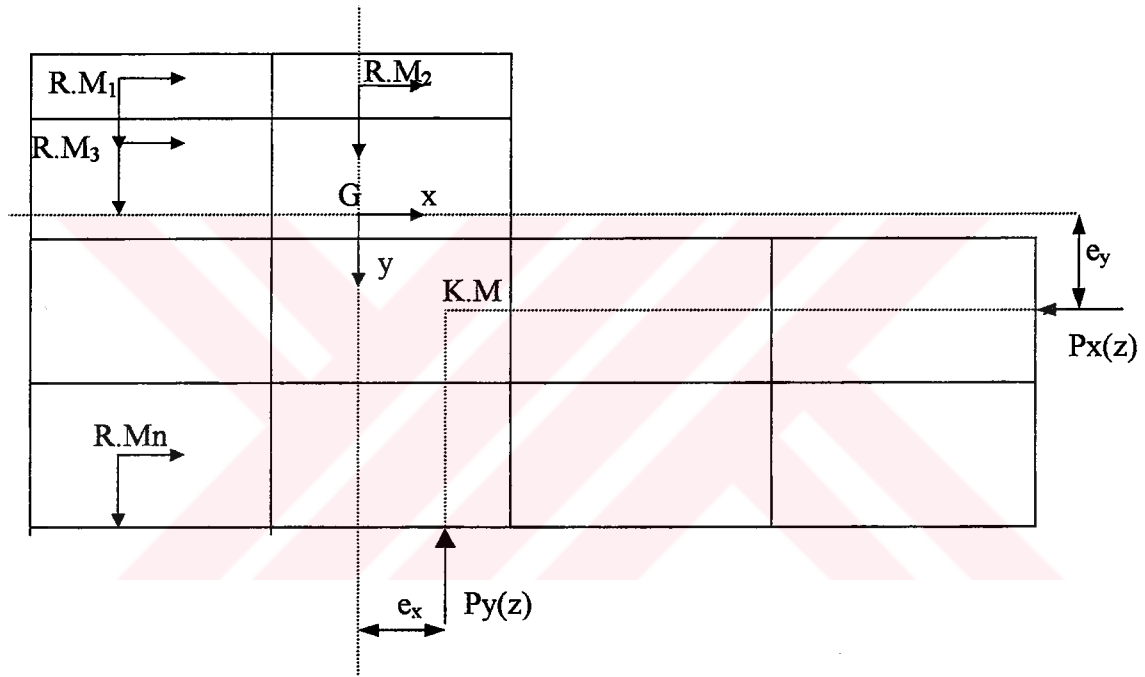
dir.

Bu sistemin karakteristiklerine bağlı uzunluk boyutunda bir katsayıyı göstermektedir.

(2.12) ve (2.25) denklemlerinin yardımı ile perde-çerçeve sistemlerinin burulma hesabını yapılabilir. (2.12) denkleminin çözümü sonucunda, fiktif yanal yerdeğiştirmeler, M fiktif perde toplam eğilme momentleri ve T_θ çerçeve kat kesme kuvvetleri bulunur. Bu değerler perdelerde $y^2 D_x$ ve $x^2 D_y$ değerleri ile çerçevelerde de $y^2 K_{s_x}$ ve $x^2 K_{s_y}$ ile orantılı olarak dağıtılır. Gerçek yapıya ait kesit tesirlerini bulmak için bu şekilde dağıtılmış olan kesit tesirlerini x doğrultusundaki taşıyıcı elemanlar için $-(1/y)$, y doğrultusundaki taşıyıcı elemanlar için $(1/x)$ ile çarpmak gereklidir.

2.6.2Yapı Dönme Ekseninin Tayini

Yapı dönme ekseninin belirlenmesi burulma hesabında önemli bir yer tutmaktadır. Yapının x ve y doğrultusundaki öteleme hesapları, verilen dış yüklere göre, birbirinden bağımsız olarak Bölüm 2.5'deki yöntem doğrudan doğruya uygulanarak yapılır. Bu hesaplar sonunda bulunan eleman kesme kuvvetlerinin her kat için hesaplanan bileşkelerinin kesişme noktası o kata ait rijitlik merkezidir. Şekil 2-7. Ancak, hesabı daha basite indirmek için her kattaki rijitlik merkezi yerine tüm yapı için tek bir dönme merkezi alınmaktadır.



Şekil 2.7:Yapı dönme merkezinin tayini

$R.M_1$, $R.M_2$, $R.M_n$ ile gösterilen rijitlik merkezleri her kat için aynı ise sistemin gerçek bir dönme eksenini vardır. Yapı dönme eksenini belirlendikten sonra varsa iki yöndeki eksantrisiteler kullanılarak yapı için dış burulma momenti,

$$m(z) = e_x \cdot P_y(z) - e_y \cdot P_x(z) \quad (2.27)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Ortak dönme eksenini olarak RM_1, RM_2, \dots, RM_n kat rijitlik merkezlerine ait koordinatların, dış yüklere göre ağırlıklı ortalamaları alınarak bulunan noktadan geçen düşey eksen alınarak hesap yapılabilir

$$\left(X_G = \frac{\sum_{i=1}^n T_{O_i} \cdot X_{R_i}}{\sum_{i=0}^n T_{O_i}} ; Y_G = \frac{\sum_{i=1}^n T_{O_i} \cdot Y_{R_i}}{\sum_{i=0}^n T_{O_i}} \right) \quad (2.28).$$

Yalnız, bu hesaplar sonucunda her iki doğrultuda artık kuvvetler bulunur. Ancak, bu artık kuvvetlerin küçük değerler alması nedeniyle pratik amaçlar için yeter derecede doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Daha hassas hesaplar için bulunan bu artık kuvvetler her iki doğrultuda yük olarak alınarak, ardışık öteleme ve dönme hesaplarından oluşan bir ardışık yaklaşım yöntemi kullanılarak sisteme etki ettirilir. Bunun için, dış yük'e eşdeğer bir yük fonksiyonu seçilir, daha sonra bu yük fonksiyonuna göre $v^2 \cdot w^{IV} - w^{II} = v^2 \cdot p(z)$ ve $v^2 \cdot w^{IV} - w^{II} = v^2 \cdot m(z)$ diferansiyel denklemlerinin özel çözümleri aranır.

2.6.3. Diferansiyel Denklemin Çözümü ve Kesit Tesirler

$v^2 \cdot w^{IV} - w^{II} = v^2 \cdot p(z)$ diferansiyel denklemi ile $v^2 \cdot w^{IV} - w^{II} = v^2 \cdot m(z)$ denkleminin çözümü analogi nedeniyle aynıdır. Sadece, dış yük $p(z)$ 'nin yerine $m(z)$ yayılı burulma momenti alınmaktadır.

$m(z)$ yüklemesinden sonra sonra (2.25) denklemi

$$W = C_1 + C_2 + C_3 \cosh\left(\frac{z}{v}\right) + C_4 \cdot \sinh\left(\frac{z}{v}\right) + \left(\frac{P_0 \cdot v^2}{6 \cdot H}\right) z^3$$

şeklini alır.

Herhangi bir z yüksekliğindeki dış burulma momenti,

$$m_i = m_0 \cdot \frac{H}{2} \cdot \left(1 - \frac{z^2}{h^2}\right) \quad (2.29)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Sistemin sınır şartları ile fiktif sistemin sınır şartları aynıdır. Sınır koşullarını kullanarak integral sabitleri,

$$C_1 = -P_0 \cdot v^4 K$$

$$C_2 = P_0 \cdot v^3 \lambda^*$$

$$C_3 = P_0 \cdot v^4 K$$

$$C_4 = -P_0 \cdot v^3 \lambda^*$$

bulunur.

Aşağıdaki kısaltmalar ve tanımlar yapılırsa,

$$m_0 = e_x \cdot P_{y0} - e_y \cdot P_{x0}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{D_\theta}{K_\theta}}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{H}{v} \quad (2.30)$$

$$\lambda^* = \bar{\lambda} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\bar{\lambda}^2} \right)$$

$$\bar{x} = \frac{1 + \lambda^* \cdot \sinh \bar{\lambda}}{\cosh \bar{\lambda}}$$

(2.18) denkleminin çözümü olarak,

$$W = m_0 \cdot \bar{v}^4 \left(\frac{\lambda^* \cdot z}{\bar{v}} - z^3 (6 H \bar{v}^2) + \bar{x} \cosh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right) - \sinh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right) - \bar{x} \right) \quad (2.31)$$

bağıntısı elde edilir. W fonksiyonunun ikinci türevinden eğilme momenti,

$$M_p = -W'' = -\left(\frac{m_0 H^2}{\lambda}\right) \left(-\frac{z}{\bar{v}} + \bar{x} \cdot \cosh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right) - \lambda^* \sinh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right)\right) \quad (2.32)$$

üçüncü türevinden kesme kuvveti,

$$T_p = M' = \frac{m_0 H}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{\lambda} - \bar{x} \cdot \sinh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right) + \lambda^* \cosh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right)\right) \quad (2.33)$$

bağıntıları bulunur.

Fiktif çerçevenin kesme kuvveti bağıntısı,

$$T_\varphi = T - T_0 = \left(\frac{m_0 H}{\lambda}\right) \cdot \left(-\frac{1}{\lambda} + \bar{x} \cdot \sinh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right) - \lambda^* \cosh\left(\frac{z}{\bar{v}}\right) + \left(1 - \left(\frac{z^2}{H^2}\right) / 2\right)\right) \quad (2.34)$$

olarak bulunur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SAP 90 PROGRAMI

3.0. SAP 90 Programı

1970 yılında Kaliforniya Üniversitesi profesörlerinden Prof. L. Wilson yapısal sistemlerin hesabında kullanmak üzere “SAP” isimli programı hazırlamıştır. Bunu izleyen yıllarda “SOLIDSAP, SAP3, SAPIV, SAP80” isimli programlar ile programındaki eksiklikleri tamamlanarak geliştirmiştir.

3.1. SAP 90 Programının Genel Özellikleri

SAP 90 programı, yapısal sistemlerin statik ve dinamik hesabında sonlu eleman modellemesi yardımıyla ulaşılan hem dinamik hem de statik hesabı aynı anda gerçekleştirebilen bir programdır.

3.1.1. Programın Çalışma Prensipleri

SAP 90 programı bir küme şeklinde iç içe çalışan program parçalarından oluşur. Bu küme içinde SAP90.exe programı derleyici olarak serbest formatla yazılmış olan data dosyalarını derler, düzenler, istenilen analizi yapmak üzere bir takım alt dosyalar oluşturur ve işlem sırasını ayarlar. Derleyici bu data dosyalarını derleyip düzenleyerek bir takım alt dosyalar oluşturur. *.SAP, *.ERR, GO.BAT uzantısı SAP olan dosya datalarının düzenlenmiş halini verir. GO.BAT ise data okumada hata yoksa işlemlerin devamını sağlar.

Hesapta kullanılan sonlu eleman modelleri üç boyutlu FRAME eleman, üç boyutlu SHELL eleman, iki boyutlu ASOLID ve üç boyutlu SOLID eleman olmak üzere dört çeşittir.

Hesap sırasında sonlu eleman modellerinden en az biri bulunmalıdır. Sistemin yapılış ve oluş şekline göre hepside aynı anda o sistemde kullanılabilir.

3.1.2. SAP 90 Programının Girdi Bilgilerinin Hazırlanması

SAP 90 data bilgi dosyaları 21 farklı bilgi bloğu şeklinde hazırlanmaktadır. Yapısal sistemde, sistemin oluş yapısına göre kullanılacak tanımlayıcılar farklıdır. Eğer sistem sadece kolon ve kirişlerden meydana geliyorsa, kullanıcının SHELL, ASOLID ve SOLID elemanların data bloklarını kullanmasına gerek yoktur. Bu data blokları bir ya da daha çok bilgi kısımlarına bağlanmıştır. Bu bilgi kısımları da bir ya da daha çok bilgi satırı içermektedir. Program içinde kullanılan data blokları şöyledir.

Başlık satırı: Zorunlu olarak sisteme bir başlık verilmelidir.

System: Sap 90 ile yapılacak hesabı (sistemi) tanımlayan bilgilerdir.

Joints: Sistemin düğüm noktalarının koordinatlarını tanımlamak üzere kullanılır.

Restraints: Mesnetlenme şekli, mesnetlenme şartıdır. Düğüm noktaları için tanımlanmalıdır.

Springs: Sistemde yaylı bir sisteme bu yay katsayılarını belirlemek için gereklidir.

Masses: Dinamik hesap için kullanılır. Kat kütleleri ve atalet momentleri verilerek dinamik yükün o noktaya etkidiği düşünülür ve buna göre çözüm yapılır.

Potential: Isı, belirli bir alana yayılı yük, sıvı basınç gibi etkiler için kullanılır.

Constraints: Yapı sistemlerinin hesabında çubuk boylarının değişimi ihmal edilmesi gibi kısaltıcı kabuller yapılır. Bunları tanımlamak için kullanılır.

Frame: Çubuk elemanları ve özellikleri tanımlamak için kullanılır.

Shell: Kabuk, levha, membran problemlerini modellemek için kullanılır.

Asolid: Bu data kümesi ile, 3-9 düğümlü izoparametrik elemanlar kullanılarak, asimetrik cisim, düzlem şekil değiştirme ve düzlem gerilme problemin çözümü sağlanır.

Solid: Bu data kümesi, 8 düğümlü prizmatik elemanlar kullanılarak üç boyutlu modelleme imkanı verir.

Loads: Düğümlere doğrudan etkiyen yükleri düzenleyen data kümesidir.

Displacements: Bilinen düğüm deplasmanlarını düzenler.

Prestress: Çubuk elemanlarında öngerilme yükü tanımlamaya yarayan data kümesidir.

Spec: Modal süperpozisyon yöntemi ile spektral hesabın yapımını düzenler.

Timeh: Zaman artımı yöntemi ile davranış hesabını sağlar.

Combo: Yükleme kombinasyonlarını yapmaya imkan veren data kümesidir.

Eigen: Özdeğer analizi yapar.

3.1.2.1. Düğüm Noktası ve Elemanlar

Sonlu elemanın ağının belirleneceği noktalar ve eğer varsa süreksizlik noktaları (dönüm noktaları , tekil yük etkime noktası) birer düğüm noktası, bu noktaların sınırladığı parçalar ise eleman olarak dikkate alınmalıdır. Düğüm noktalarını belirlerken, düğüm noktaları ve eleman sınırlarına birer düğüm noktası karşı gelmelidir. Deplasman arandığı noktalarda bir düğüm noktası, mesnetler ve tekil yük etkime noktalarının bir düğüm noktası ile tanımlanmasına dikkat edilmelidir.

3.1.2.2.Sistem ve Eleman Eksenleri

Sistemdeki düğüm noktalarının koordinatları daha önce belirlendiği gibi sağ el kuralı ile belirlenir. Sistem eksenleri x, y, z den yararlanarak,

1. Düğüm noktası koordinatları
2. Mesnetler
3. Düğüm noktası yükleri
4. Düğüm noktası bağımlılıkları

5. Dügüm noktası deplasmanları
6. Mesnet reaksiyonları
7. Yayılı yükler sistem için tanımlanabilir.

3.1.2.3. Statik Hesap

Statik hesabı yapabilmek için K rijitlik matrisini, U deplasman vektörünü, R yük vektörünü, D mesnet hareketi ifadesini elde edeceğimiz değerler tanımlanmalıdır.

Frame elemanlar için ağırlık yükleri, açıklık yükleri, Shell, Solid ve Asolidler için ağırlık yükleri, ısı ve yüzeysel basınç yükleri tanımlanmalıdır. Bunlar tanımlandıktan sonra statik hesap yapılabilir.

3.1.2.4. Dinamik Hesap

SAP 90 programı ile taşıyıcı sistemin doğal titreşim özellikleri (frekans, periyot, açılal frekans, mod vektörleri) hesaplanabileceği gibi zaman artımı yöntemi de kullanılabilir.

Özel değerlerin hesabında Ritz analizi yaptırma imkanı vardır. Bunun için SYSTEM adı verilen alfa-nümerik bilgilerde mod sayısının dikkate alınması gerekir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YENİ DEPREM YÖNETMELİĞİNDE

BURULMA

4.0. Yeni Deprem Yönetmeliğinde Burulma

Yürürlüğe konulan “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” ile 1975 yılı deprem yönetmeliği arasındaki burulma bakımından farklar aşağıda verilmiştir.

4.1. Yeni Deprem Yönetmeliğinde Burulma Durumları

4.1.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Bu bağlamda döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır.

Yeni deprem yönetmeliğinde tanımlanan düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmelidir. Binaların tasarımında burulma düzensizliğinden olabildiğince kaçınılmalıdır. Bu da ancak perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın

burulma rijitliğini arttırmayacak biçimde yerleştirilmesi ile mümkündür. Düşey doğrultuda ise herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır. Bu bağlamda, taşıyıcı sistem hesabında gözönüne alınmayan, ancak kendi düzlemlerinde önemli derecede rijitliğe sahip olabilen dolgu duvarlarının bazı katlarda ve özellikle binaların giriş katlarında kaldırılması ile oluşan ani rijitlik ve dayanım azalmalarının olumsuz etkilerini gidermek için bina taşıyıcı sisteminde gerekli önlemler alınmalıdır.

Her iki doğrultuda sürekli çerçeveler oluşturulmaya çalışılmalıdır. Bu şekilde de kesit zorlanmalarını azaltmak, deplasmanları sınırlamak ancak mümkün olmaktadır.

Yatay yükleri kendi düzlemlerinde sonsuz rijit olduğu kabulüyle aktaran döşeme sistemlerinde ve boşlukların seçiminde dikkat edilmelidir. Mimarinin izin verdiği ölçüde kirişlerin birleşim noktalarına düşey taşıyıcılar yerleştirilmeye dikkat edilmelidir.

Ayrıca yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve binanın birbirine dik iki eksenini doğrultusunda ayrı ayrı etkiledikleri varsayılmalıdır. Taşıyıcı sistem elemanlarının asal eksenlerinin gözönüne alınan yatay deprem doğrultuları ile çakışmadığı durumlarda ise deprem yükleri ile diğer yüklerin ortak etkisi altında binanın taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak tasarım iç kuvvetlerinin taşıma gücü ilkesine göre hesabında kullanılacak yük katsayıları yönetmelikte aksi belirtilmedikçe yönetmelikten alınmalıdır.

Yüksek yapılarda ise perde kullanarak deprem momentleri karşılanmalı ve böylece diğer elemanlara gelen tesirler azaltılmalıdır, bu ilkeler bina taşıyıcı sistemi için genel ilkelerdir.

Yeni deprem yönetmeliğinde düzensiz binalar şöyle anlatılmıştır:

4.2. Düzensiz Binalar

4.2.1. Düzensiz Binaların Tanımı

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binalar'ın tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar ve bunlarla ilgili koşullar aşağıda verilmiştir.

4.2.2. Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar

“Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”de tanımlanan düzensizlik durumlarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

A1 ve **B2** türü düzensizlikler deprem hesabında kullanılacak yöntemin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

A2 ve **A3** türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanmalıdır.

A4 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, taşıyıcı sistem elemanlarının asal eksen doğrultularındaki iç kuvvet büyüklükleri yönetmelikte belirtilen şekilde elde edilmelidir.

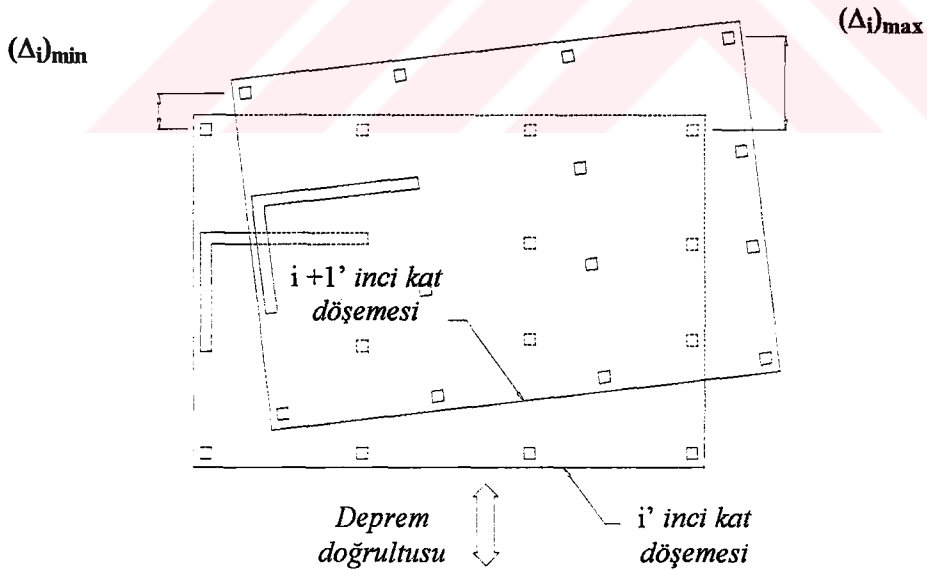
B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmalıdır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} < 0.80$ aralığında taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $1.25 (\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanmalıdır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmamalıdır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

(a) Bütün deprem bölgelerinde, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında artırılmalıdır.

(c) Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 artırılmalıdır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu betonarme binalarda yönetmelikte verilen koşul uygulanmalıdır.

(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemelidir.



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2 [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı :

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 4.1: Burulma Düzensizliği Durumu

BEŞİNCİ BÖLÜM

SAYISAL ÖRNEK VE KARŞILAŞTIRMALAR

5.0.Sayısal Örnek ve Karşılaştırmalar

5.1.Giriş

Bu bölümde Şekil 5.0'da planı verilmiş olan çok katlı burulmalı bir perde-çerçeve sisteminin yatay yük (deprem yükü) altında statik hesabı yapılmıştır.

Bu sistem ilk önce Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi ile sonra SAP90 ve SAP 2000 programları ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

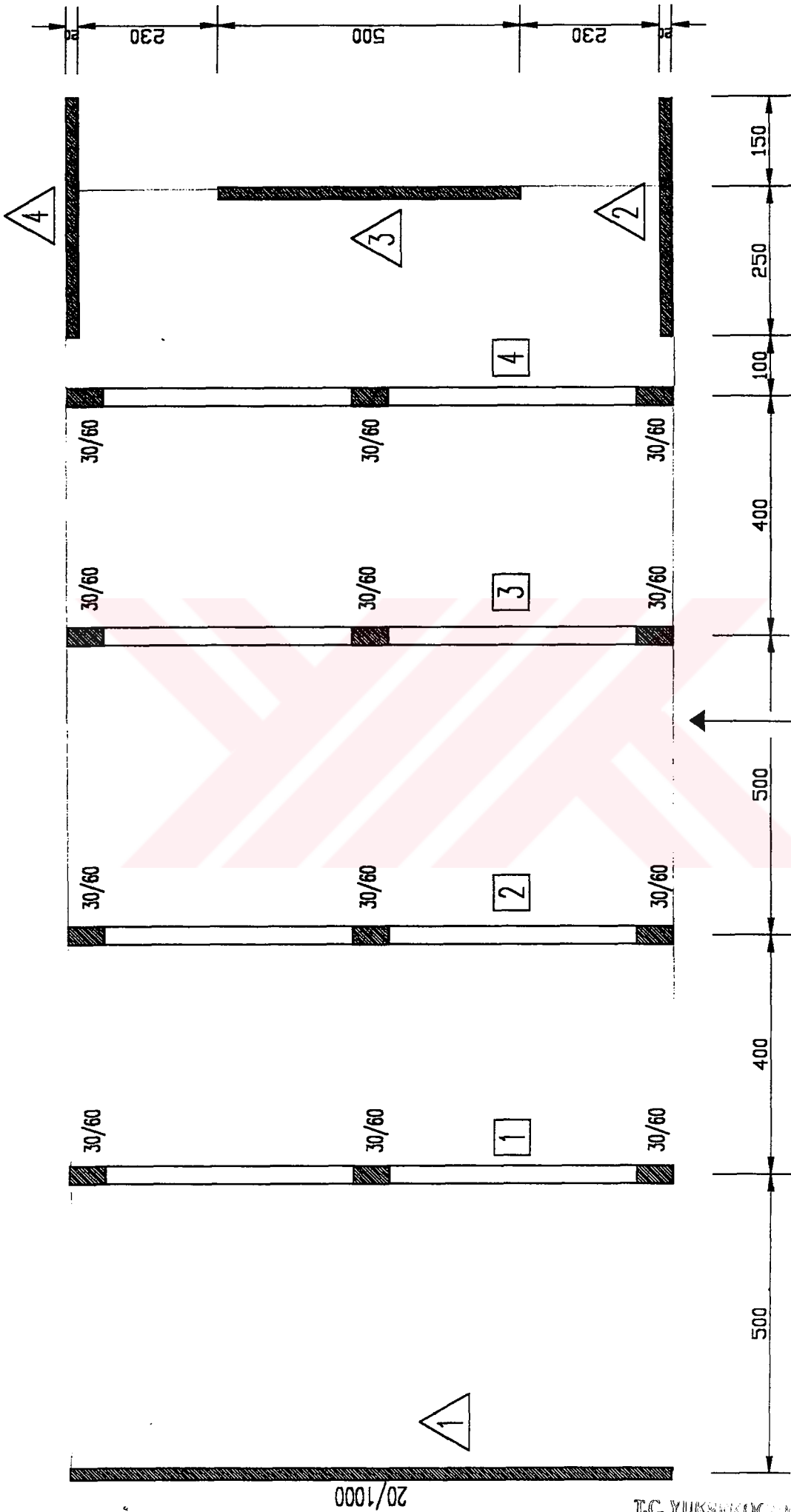
Üniversite bünyesinde bulunan SAP90 programının eğitsel versiyon olmasından dolayı programda nokta ve çözülebilecek denklem sınırlaması vardır. Bu nedenle kat adedi olarak 10 seçilmek zorunda kalmıştır. "Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi" yöntemi için bu çalışma kapsamında geliştirilen bilgisayar programında böyle bir sınırlama olmadığından kat adedi istenildiği gibi artırılabilir.

Çözümü yapılan sistemde kat yüksekliği 3 metredir. Sistem deprem etkisi göz önüne alınarak her iki doğrultuda yüklenmiştir.

5.2.SÜREKLİ BURULMA ÇUBUGU ANALOJİSİ YÖNTEMİ İLE İLGİLİ ÇÖZÜM

5.2.1 Öteleme Hesabı

Seçilen sistem x ekseni doğrultusunda simetriktir. Sistemin perde ve çerçevelerindeki rijitlikleri gösteren Tablo: 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.0: Plan

Tablo 5.1:Çerçeve ve Perdelerin Rijitlik ve Koordinatları

PERDE	KOORDİNATLAR		D(EĞİLME RİJİTLİĞİ)	ÇERÇEVE	KOORDİNATLAR		D(EĞİLME RİJİTLİĞİ)
NO	X(m)	Y(m)	*10 ⁶	NO	X(m)	Y(m)	*10 ⁶
1	11.5	0	35	1	-6.5	0	6978
2	0	-5	2.24	2	-2.5	0	6978
3	10	0	4.375	3	2.5	0	6978
4	0	5	2.24	4	6.5	0	6978
				5	0	-5	15256
				6	0	5	15256

Tablo 5.1'deki değerler kullanılarak Burulma Çubuğu Analoji'sinde gerekli olan katsayılar hesaplanır.

$$\left(\nu = \sqrt{\frac{D}{K_s}} \right) \quad \text{denklemden} \quad = \quad 24.41$$

$$\left(\lambda = \frac{H}{\nu} \right) \quad \text{denklemden} \quad = \quad 1.2289$$

$$\left(X = \frac{1 + \lambda \cdot \text{Sinh} \lambda}{\cosh \lambda} \right) \quad \text{denklemden} \quad = \quad 1.574$$

Daha sonra elde edilen bu sabitler sırası ile

$$M_p = - \frac{P_o \cdot H^2}{\lambda^2} \left(-\frac{z}{\nu} + x \cosh \left(\frac{z}{\nu} \right) - \lambda * \sinh \left(\frac{z}{\nu} \right) \right)$$

$$T_p = \frac{P_o \cdot H}{\lambda} \left(\frac{1}{\lambda} - x \sin h \left(\frac{z}{\nu} \right) + \lambda * \cosh \left(\frac{z}{\nu} \right) \right)$$

$$T_{\varphi} = \frac{P_o.H}{\lambda} \left(-\frac{1}{\lambda} + X \sin h \left(\frac{z}{v} \right) - \lambda * \cosh \left(\frac{z}{v} \right) + \left(\frac{1-z^2}{H^2} \right) / 2 \right)$$

M_p , T_p , T_{φ} denklemlerine yerleştirilirse ötelemeden dolayı toplam perde eğilme momentleri, toplam perde kesme kuvvetleri ile toplam çerçeve kat kesme kuvvetleri hesaplanır.

5.2.2.BURULMA HESABI

Yapının Y eksenine doğrultusundaki öteleme hesabı yapıldıktan sonra Bölüm:2.6.2 'de açıklanan yol ile rijitlik merkezleri bulunur. Bütün katlar için bulunan rijitlik merkezlerinin koordinatları Tablo 5.3'de görülmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi sistem x eksenine göre simetriktir. Bu nedenle kat rijitlik merkezlerinin absisleri $y_R=0$ 'dır.

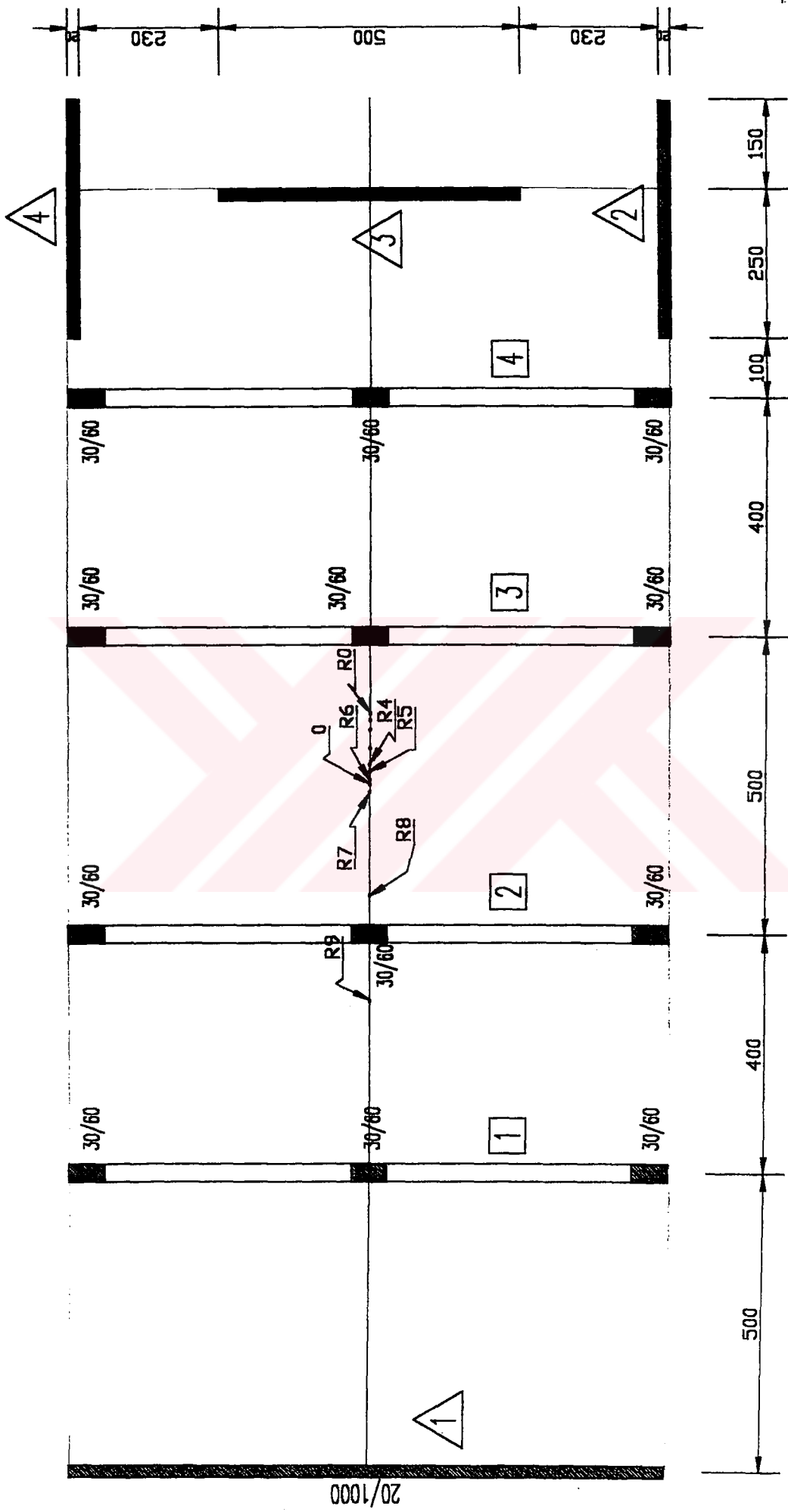
Yapı dönme eksenini olarak kat rijitlik merkezlerine ait koordinatların, dış kesme kuvvetlerine göre ağırlıklı ortalamaları (2.28) kullanılarak düşey eksen bulunmuştur. Bu eksenin bulunması için gerekli T_o değerleri Tablo 5.2'de görülmektedir.

Tablo 5.2: To Değerleri

Kat NO:	To Değerleri	
	Kat Yükseklikleri	To Değerleri
10	30	0
9	27	30.41
8	24	57.62
7	21	81.63
6	18	102.43
5	15	120.04
4	12	134.44
3	9	145.65
2	6	153.65
1	3	158.45
0	0	160.05

Tablo 5.3: Kat Rijitlik Merkezleri

Kat NO:	KAT RIJİTLİK MERKEZLERİ	
	X	Y
10	0.00	-
9	0.00	-3.621
8	0.00	-1.847
7	0.00	-0.123
6	0.00	0.081
5	0.00	0.216
4	0.00	0.349
3	0.00	0.612
2	0.00	0.925
1	0.00	1.087
0	0.00	1.193



Şekil 5.1: Rijitlik merkezinin yeri

$$X_G = \frac{\sum_{i=0}^{10} T_{Oi} \cdot X_{Ri}}{\sum_{i=0}^{10} T_{Oi}} = 0.202$$

$$Y_G = \frac{\sum_{i=0}^{10} T_{Oi} \cdot Y_{Ri}}{\sum_{i=0}^{10} T_{Oi}} = 0$$

Yapının dönme merkezinin koordinatları kütle merkezine göre hesaplanır. Daha sonra

$$D_\theta = \sum (x^2 \cdot D_y + y^2 \cdot D_x)$$

$$K_\theta = \sum (x^2 \cdot K_{sx} + y^2 \cdot K_{sy})$$

değerleri bulunur. Buradan,

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{D_\theta}{K_\theta}} = 71.051$$

$$\bar{\lambda} = \frac{H}{\bar{v}} = 0.422$$

$$\bar{x} = \frac{1 + \lambda \cdot \sinh \bar{\lambda}}{\cosh \bar{\lambda}} = 1.085$$

$$e_x = 0.202145$$

$$m_0 = e_x \cdot P_{y0} + e_y \cdot P_{x0} = 2.159$$

değerleri hesaplanır.

Daha sonra bu değerler

$$M_p = -\left(\frac{m_0 H^2}{\lambda}\right) \left(-\frac{z}{v} + x \cosh\left(\frac{z}{v}\right) - \lambda * \cosh\left(\frac{z}{v}\right)\right)$$

$$T_p = \frac{m_0 H}{\lambda} \cdot \left(\frac{1}{\lambda} - x \sinh\left(\frac{z}{v}\right) + \lambda * \cosh\left(\frac{z}{v}\right) \right)$$

$$T_\varphi = \left(\frac{m_0 H}{\lambda} \right) \cdot \left(-\frac{1}{\lambda} + x \sinh\left(\frac{z}{v}\right) - \lambda * \cosh\left(\frac{z}{v}\right) + \left(1 - \left(\frac{z^2}{H^2}\right)\right) / 2 \right)$$

denklemlerinde yerlerine konular ve her kat yüksekliği için burulmadan dolayı oluşan toplam fiktif perde eğilme momenti (M_p), toplam fiktif perde kesme kuvvetleri (T_p) ve toplam fiktif çerçeve değerleri (T_φ) kuvvetleri hesaplanır.

Bu değerler perdelerine y^2 . D_x ve x^2 . D_y ile ,çerçevelere de y^2 . K_{sx} ve x^2 . K_{sy} değerleri ile orantılı olarak dağıtılır. Gerçek yapıya ait kesit tesirlerini bulmak için bu şekilde dağıtılmış olan kesit tesirlerini x doğrultusundaki taşıyıcı elemanlar için $-\frac{1}{y}$,

y doğrultusundaki taşıyıcı elemanlar için $\frac{1}{x}$ ile çarpmak gerekir.

Daha sonra “Sürekli Burulma Çubuğu Analogisi Yöntemi” ile bulunan öteleme ve ikinci adım olan burulma hesabından bulunan değerler toplanarak yatay yük etkisi nedeniyle sistemde oluşan moment ve kesme kuvveti değerleri bulunur .

Yukarıda anlatılan ve akışı gösterilen “Sürekli Burulma Çubuğu Analogisi” yöntemine göre çözümü yapmak üzere geliştirilen bilgisayar programında veri girişi ekrandan olmaktadır. Program sonuçları “mur-tez” ve “mur-tezbur” adlı iki dosyaya basmaktadır. Mur-tez dosyasında ötelemeden dolayı oluşan tüm katlardaki perde eğilme, perde kesme ve fiktif çerçeve kesme kuvvet değerleri bulunmaktadır. Mur tezbur’da ise her katta perde ve çerçevelere gelen (öteleme+burulma) sonuç moment ve kesme kuvveti değerleri verilmektedir

5.3. SAP 90 Çözümleri

Burulma Çubuğu Analojisi Yöntemi'ne göre geliştirilen bilgisayar programı ile SAP 90 çözümlerinin karşılaştırılabilmesi için analogide uygulanan bazı kabullerin SAP 90 programına uyarlanması gerekmektedir.

Analojide “kat döşemelerinin düzlemleri içinde sonsuz rijit olduğu” kabulü için, SAP 90 programında taşıyıcı elemanlar yatay doğrultuda birbirlerine döşemeler ile bağlanmalıdır.

Yapıya etkiyecek deprem yükü hesaplanırken, yeni deprem yönetmeliği kullanılmış, yerel zemin sınıfı için Z4 seçilmiştir. Bina birinci doğal periyodu 0.923 sn olarak bulunmuş, buradan da Spectrum katsayısı ($S(T)$) = 2.44 olarak elde edilmiştir. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) = 0.40, Bina Önem Katsayısı (I) = 1 ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) = 7 seçilerek toplam taban kesme kuvveti 210.69 ton olarak hesaplanmıştır. Binanın toplam ağırlığı bulunurken tüm kirişler, kolonlar, perdeler ve de 12 cm kalınlığında döşeme göz önüne alınmıştır. Döşemeye etkiyen hareketli yük için TS 498'e göre 200 kg/cm^2 değeri alınmıştır.

Bulunan bu yükler sistemin kütle merkezine etki ettirilmiştir. SAP 90 programı sistemin rijitlik merkezi ve ilave iç kuvvetleri otomatik olarak her kat için bulmaktadır.

Yapılan hesaplar sonucunda bina ağırlığından yola çıkılarak ağırlık merkezlerine etkiyecek yatay kuvvetin her kata gelen değerleri Tablo 5.4 'dedir.

Tablo 5.4: Kesme Kuvveti Değerleri

KAT YÜKSEKLİK LERİ(m)	KAT NO	KAT AĞIRLIKLARI (t)		DAĞITMA KATSAYISI	KATA, GELEN KESME KUVVETİ(t)
H _i		W _i	h _i *w _i	H _i *w _i /topw _i	
30	10	151,25	4537,50	0,182	38,31
27	9	151,25	4083,75	0,164	34,48
24	9	151,25	3630,00	0,145	30,65
21	7	151,25	3176,25	0,127	26,82
18	6	151,25	2722,50	0,109	22,98
15	5	151,25	2268,75	0,090	19,15
12	4	151,25	1815,00	0,073	15,32
9	3	151,25	1361,25	0,055	11,49
6	2	151,25	907,50	0,036	7,66
3	1	151,25	453,75	0,018	3,83
0	0	TOPLAM	24956,25		

SAP 2000 programında ise SAP 90 için geçerli olan tüm kriterlere uyulmuştur. Yapı SAP 2000 programı ile tekrar çözülmüştür.

SAP 90 programından ve ,SAP 2000 programından elde edilen değerler analoji ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılabilmesi için elde edilen perde eğilme momenti, perde kesme kuvveti değerleri Tablo 5.5,Tablo 5.6 ve Tablo 5.7'dedir. Karşılaştırma grafikleri ise Grafik5.1, Grafik5.2 ve Grafik5.3 ve Grafik 5.4'dedir. Ancak Sap90 ve Sap 2000 programları çerçevelerde oluşan iç kuvvetleri sistemin tüm elemanlarına dağıttığı için bu değerlerin analogiden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilmesi için analogiden elde edilen sonuçların uygun bir yapı statiği yöntemi ile sistem elemanlarına dağıtılması ve bu şekilde karşılaştırılması gerekmektedir.

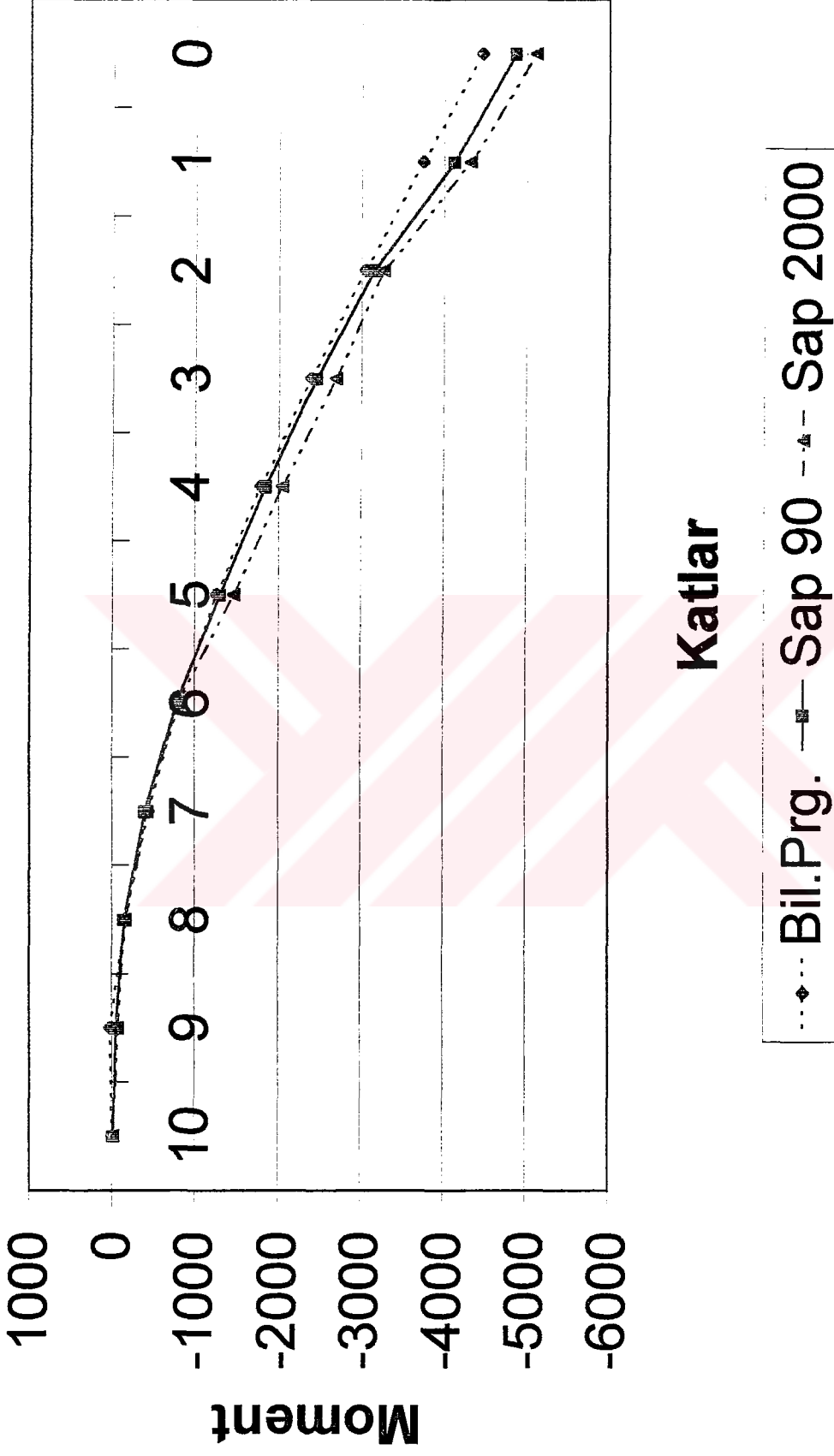
Tablo 5.5: 1 ve 3 nolu Perdelerin Burulma Momentinden Oluşan Eğilme Momenti Değerleri

KAT	1.ADIM		2.ADIM		MUR-TEZBUR SONUÇLARI		SAP 90 SONUÇLARI		SAP 2000 SONUÇLARI		KAT NO
	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	
10	0	0	0	0	0	0	-15,12	4,15	-19,26	8,12	10
9	20,44	-2,64	-0,115	0,022	20,325	-2,618	-52,26	-15,18	-68,65	-21,64	9
8	-164,44	-20,56	-6,941	1,301	-171,381	-19,259	-150,45	-34	-164,45	-40	8
7	-416,8	-52,1	-19,36	3,63	-436,16	-48,47	-400,01	-80	-426,65	-89	7
6	-765,07	-95,63	-37,393	7,011	-802,463	-88,619	-780,23	-130	-792,26	-142,45	6
5	-1196,79	-149,6	-61,074	11,451	-1257,87	-138,149	-1300,45	-183,12	-1468,45	-186	5
4	-1699,75	-212,67	-90,444	16,958	-1790,19	-195,712	-1850,25	-246	-2046,12	-256	4
3	-2262,02	-282,75	-125,555	23,542	-2387,58	-259,208	-2454,15	-292	-2689,12	-292	3
2	-2871	-358,99	-166,471	31,213	-3037,47	-327,777	-3152,45	-375	-3268,15	-378	2
1	-3518,05	-439,76	-213,264	39,987	-3731,31	-399,773	-4124,15	-439	-4316,17	-441	1
0	-4189,11	-523,64	-266,017	49,878	-4455,13	-473,762	-4864,12	-543	-5112,15	-559	0

Tablo 5.6:1 ve 3 nolu Perdelerin Burulma Momentinden Oluşan Kesme Kuvveti Değerleri

KAT NO	1.ADIM			2.ADIM			MUR-TEZBUR SONUÇLARI			SAP 90 SONUÇLARI			SAP 2000 SONUÇLARI			KAT NO
	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	PERDE	1.NOLU PERDE	3.NOLU PERDE	PERDE	
10	-14,84	-1,86	-0,096	-0,617	-0,096	1,956	15,457	1,956	22,15	4,45	3,12	6,46	3,12	6,46	10	
9	10,672	1,334	0,252	1,613	0,252	-1,586	-12,285	-1,586	-16,29	-3,75	-10,45	-1,16	-10,45	-1,16	9	
8	33,51	4,19	0,601	3,846	0,601	-4,791	-37,356	-4,791	-31,45	-6,16	-28,46	-4,47	-28,46	-4,47	8	
7	53,82	6,74	0,951	6,085	0,951	-7,691	-59,905	-7,691	-54,42	-8,15	-47,36	-6,43	-47,36	-6,43	7	
6	71,73	8,96	1,302	8,336	1,302	-10,262	-80,066	-10,262	-72,69	-11,68	-65,49	-9,45	-65,49	-9,45	6	
5	87,36	10,92	1,656	10,601	1,656	-12,576	-97,961	-12,576	-94,47	-13,49	-87,36	-12,29	-87,36	-12,29	5	
4	100,816	12,602	2,013	12,885	2,013	-14,615	-113,701	-14,615	-111,74	-14,98	-107,49	-13,16	-107,49	-13,16	4	
3	112,181	14,02	2,374	15,193	2,374	-16,394	-127,374	-16,394	-120,45	-16,46	-115,49	-15,49	-115,49	-15,49	3	
2	121,53	15,19	2,739	17,527	2,739	-17,929	-139,057	-17,929	-138,85	-18,12	-140,14	-17,19	-140,14	-17,19	2	
1	128,95	16,12	3,108	19,892	3,108	-19,228	-148,842	-19,228	-150,45	-20,04	-152,45	-19,81	-152,45	-19,81	1	
0	134,49	16,81	3,483	22,293	3,483	-20,293	-156,783	-20,293	-157,89	-20,30	-160,09	-20,70	-160,09	-20,70	0	

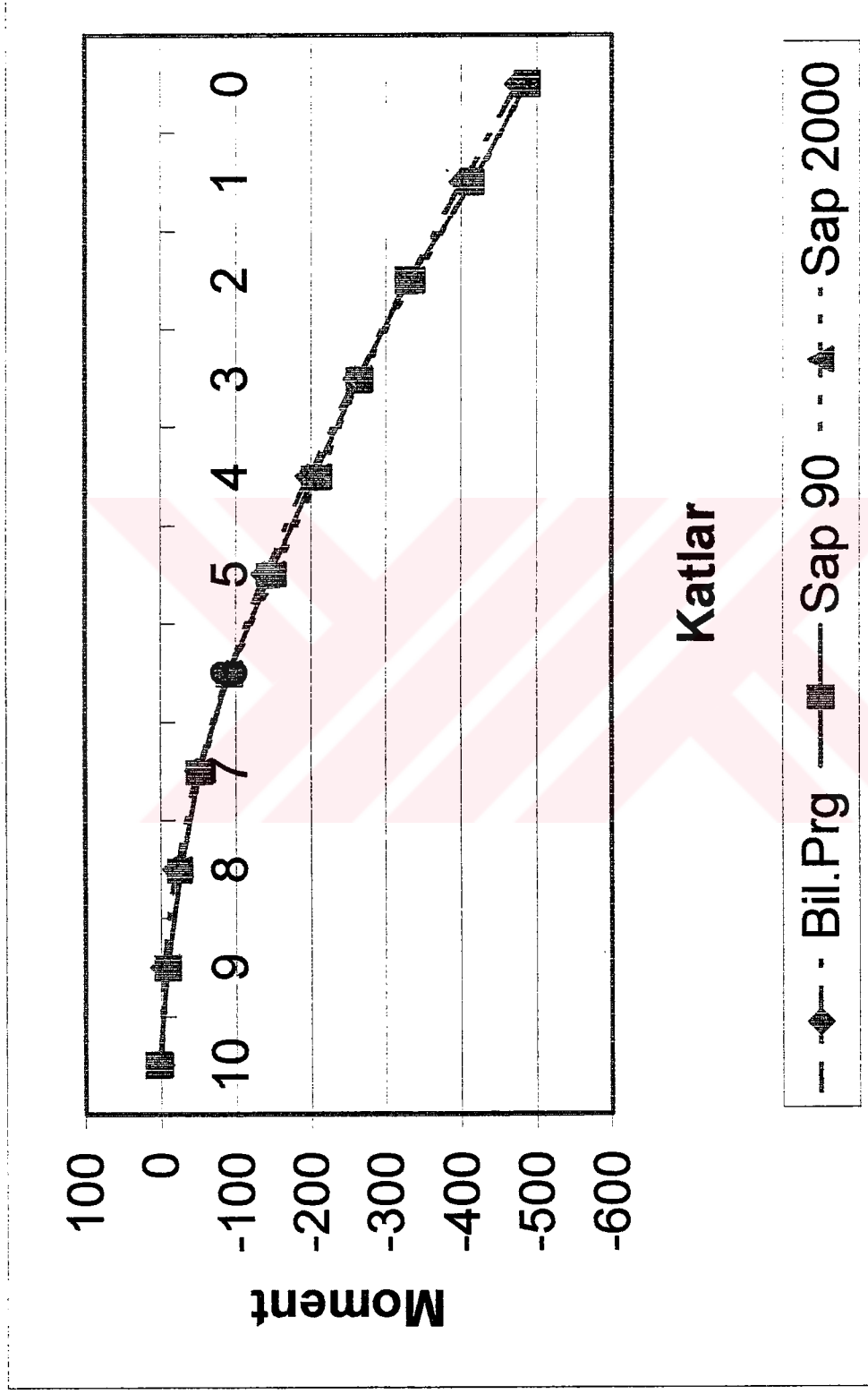
Grafik 5.1: 1 Nolu Perde Moment Değerleri



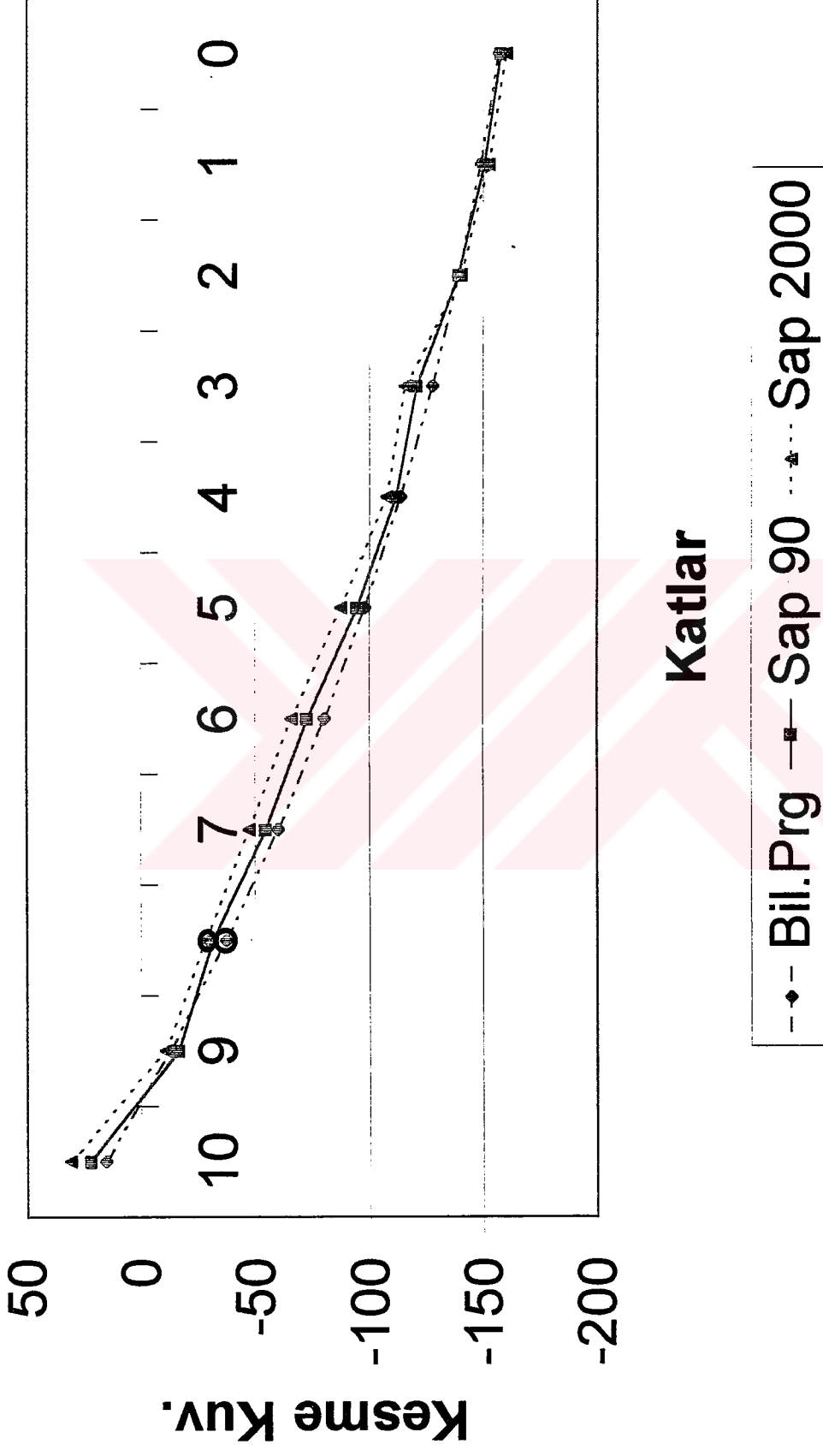
Katlar

··· Bil.Prg. — Sap 90 - - Sap 2000

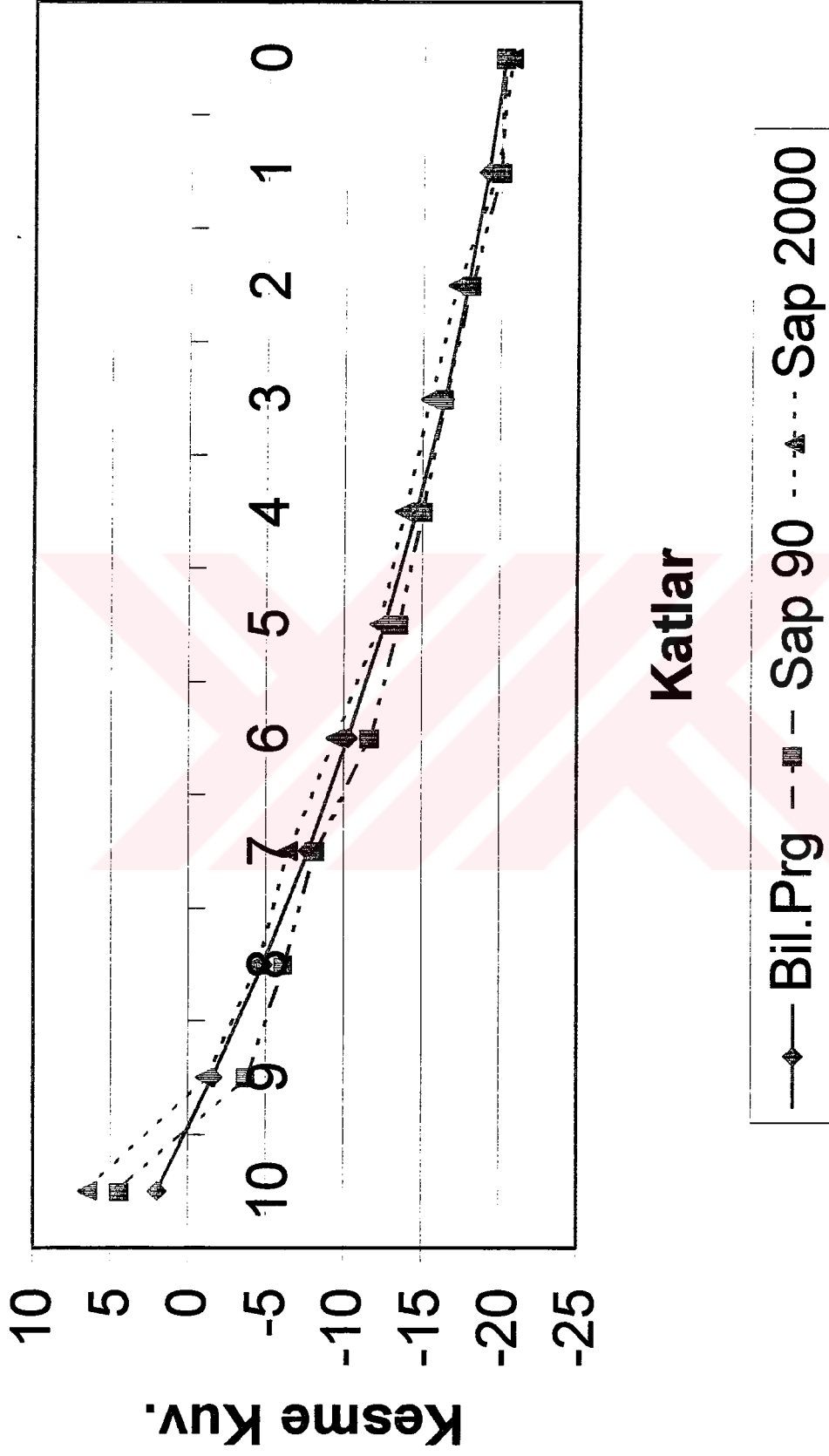
Grafik 5.2: 3 Nolu Perde Moment Değerleri



Grafik 5.3: 1 Nolu Perde Kesme Kuvveti Değerleri



Grafik 5.4:3 Nolu Perde Kesme Kuvveti Değerleri



5.4.Sonuçların Karşılaştırılması

Grafik 5.1, Grafik 5.2, Grafik 5.3, Grafik 5.4 karşılaştırıldığında, Sap 90 ve Sap 2000 programlarının sonuçları bir paralellik göstermektedir bu yüzden karşılaştırmalar için Sap 90 programı seçilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen bilgisayar programı sonuçları ile Sap 90 programının sonuçları karşılaştırılmıştır.

Perdelerin moment değerlerine bakıldığında taban seviyesinde oluşan momentler birbirlerine oldukça yakındır ve değerlerin birbirlerine paralel gittikleri görülmektedir. Bu değerler %5 ila %10 arasında bir sapma göstermektedir. Orta katlara ve üst katlara çıkıldıkça bu sapma büyümektedir, en üst katta en büyük sapma değeri ile karşılaşılmaktadır

Kesme kuvveti değerlerine bakılırsa taban seviyesinde kesme kuvvetleri arasında %10 ila %15 mertebesinde bir farklılık görülmektedir. Orta katlara doğru bu fark büyümektedir. Fakat son katlara doğru kesme kuvveti değerlerinin birbirlerine çok yaklaştığı neredeyse çakıştığı görülmektedir.

Çerçevelerin kesme kuvvetlerine gelince, Sap 90 ve Sap 2000 programının değerleri karşılaştırılırsa değerlerin birbirlerine çok yakın oldukları görülmektedir. Fakat bu değerlerin yapılan bilgisayar programı ile karşılaştırılması için katlara gelen kesme kuvvetinin uygun görülen bir yapı statığı metodu ile katlara dağıtılması gerekmektedir, çünkü Sap programları bu değerleri elemanlara dağıtmakta ve o şekilde bir sonuç vermektedir. Yapılan bilgisayar programında ise çerçeveye kat seviyesinde gelen kesme kuvvetinin değeri bilinmektedir. Bu nedenle karşılaştırma yapabilmek için çerçeveye gelen kesme kuvvetlerinin elemanlara dağıtılması şeklinde ancak karşılaştırmak mümkündür.

Sonuç olarak Burulma Çubuğu Analjisi 'ne göre geliştirilen bilgisayar programı ile Sap programları sonuçları arasında %10 ila % 15 'lik bir farklılık görülmektedir.Bu nedenle pratik amaçlar için geliştirilen yöntem ve bilgisayar programı kullanılabilir.

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇLAR

Bu çalışmada çok katlı perde-çerçeve sistemlerin deprem yükleri altında davranışı “Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi” yöntemi ile incelenmiştir.

Bu yöntemde sistem iki aşamada incelenmektedir. Birinci aşamada, sistemin öteleme hesabı yapılmaktadır. İkinci aşamada ise rijitlik merkezi etrafında oluşan burulma, analoginin ilkelerine göre çözülmektedir. Daha sonra elde edilen bu iki sonuç süperpoze edilerek sistemin perde eğilme, perde kesme kuvveti ve çerçeve kesme kuvveti değerlerine ulaşılmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümde analogi hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca sistemin çözümünde gerekli olan diferansiyel denklemlerin elde edilmesi ve uygulanma prensipleri detaylı olarak anlatılmıştır.

Çalışma kapsamında analogiden elde edilen diferansiyel denklemlere ve ilkelere bağlı kalarak bir basic programı geliştirilmiştir. Bu program çok katlı perde-çerçeve sistemlerin yatay yükler (deprem yükü) altında burulma hesabını yapmaktadır. Eğer sistem burulma yapmıyorsa buna göre sistemin ötelemeden perde ve çerçevelerde oluşan moment ve kesme kuvveti değerlerini hesaplamaktadır. Programda veri girişi ekrandan yapılmakta ve sonuçlarda iki adet dosyaya basılmaktadır.

Geliştirilen bu yöntem, seçilen bir örnek sistem de Sap 90 ve Sap 2000 programları ile karşılaştırılmıştır. Bu üç programdan elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak sunulmuştur. Bir yaklaşık yöntem olmasına rağmen bu programın, Sap

90 ve Sap 2000 programlarına çok yakın sonuçlar verdiği gör÷lmektedir. Bu nedenle pratik amaçlar için geliştirilen yöntemin ve bilgisayar programının kullanılması uygundur.

Bu çalışmada çekirdek sistem ve tüp etkileri dahil edilmemiştir. Ayrıca sistemin deprem etkileri sırasında davranışın statik değil, gerçek davranışın dinamik olacağına göre daha sonra yapılacak çalışmalarda bu etkilerde eklenebilir.



REFERANS LİSTESİ

Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik. (1998). İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayınları.

BAIKOVE, V., SİGOLOV, E. (1976). Betonarme yapılar. Stroyizdat, Moskova.

BİLYAP, S. (1979). Betonarme yüksek yapılarda burulmasız perde-çerçeve sistemlerinin yatay kuvvetlere göre yaklaşık hesap yöntemleri ve dinamik karakterşstlikleri. İzmir: E.Ü İnşaat Fakültesi Yayınları.

BİLYAP, S. (1979). Betonarme yüksek yapılarda perde-çerçeve sistemlerin yatay yüklere göre hesabı. İzmir: E.Ü İnşaat Fakültesi Yayınları.

BİLYAP, S., ERTUTAR, Y., ALKU, Ö. (1987). Perde çerçeve sistemlerinde burulma analizi. İzmir: E.Ü İnşaat Fakültesi Yayınları.

BİLYAP, S. (1979). Taşıyıcı sistemleri çerçeve ve perdelerden oluşan betonarme yüksek yapılarda yatay etkilerin hesabında yeni bir yöntem. İzmir: Konferans, İ.M.O.

ÇELEBİ, Ü. (1990). Burulma yapan çok katlı perde-çerçeve sistemlerin yatay yüklere göre hesabı için iki ayrı yöntem. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

GLUCK, J. (1970). Lateral load analysis of symetric multistorey structures. Journal of The Structural Division.

İNAN, M. (1967). Cisimlerin mukavemeti. İstanbul: Arı Kitabevi.

KÖNİG, G. (1975). Hochhauser aus stahlbeton. Beton Kalender II.

ÖZKAN, Y. (1992). Qbasic programlama dili. İstanbul: Alfa Basım Dağıtım.

ÖZMEN, G. (1972). Burulma yapan çok katlı yapıların yatay yüklere göre hesabı.
İstanbul: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi ,Teknik Rapor No:13

ÖZMEN, G., ÇAKIROĞLU, A. (1973). Çerçeveler ve boşluklu perdelerden oluşan yapıların yatay yüklere göre hesabı. İstanbul: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Teknik Rapor.No:16.

POLAT, Z. (1994). Sap 90, yapı analiz programı ile bina taşıyıcı sistemlerinin statik ve dinamik hesabı. İstanbul: T.M.M.O.B İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.

SAP 2000,yapıları sonlu elemanlarla çözümlene ve boyutlama için yazılımlar serisi.
(1999). Alıştırma Kılavuzu .

TEZCAN, S., KÖYLÜOĞLU, A. (1993). Yapı sistemlerinin bilgisayarla statik ve dinamik analizi(Sap 90 data hazırlama bilgileri). İstanbul: Kısa Süreli Kurs.

TIMOSHENKO, S., (1955). Vibration problems in engineering.

TÜRKEKEL, S. (1985). Çok katlı betonarme yapılarda burulma etkileri. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

VLASOV, V, Z. (1961). Thin walled elastic beams. Jerusalem.



EKLER

EK A

**(Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi
Yöntemi İçin Geliştirilmiş
Bilgisayar Programı)**

```

DIM MPX(40), TPX(40), TCX(40)
DIM MPY(40), TPY(40), TCY(40)
DIM KSX(40), KSY(40), DSX(40), DSY(40), DX(40), DY(40)

DIM DKX(40), PDKX(40), DKY(40), PDKY(40)
DIM MB(40), TBP(40), TBC(40)

DIM RAX(40), RAY(40), RAXP(40), RAYP(40)
DIM CKEX(40, 40), CKEY(40, 40), PKEX(40, 40), PKEY(40, 40)

DIM BURX(40), BURY(40), TOPX(40), TOPY(40)
DIM MBEX(50, 50), MBEY(50, 50), MBEXP(50, 50), MBEYP(50, 50)

DIM TBEX(50, 50), TBEY(50, 50), TBEXP(50, 50), TBEYP(50, 50)
DIM KTX(50), KTY(50), KLX(50), KLX1(50)

```

```

CLS
PRINT
10 PRINT "      SISTEMI GIRINIZ"
INPUT " KAT SAYISINI GIRINIZ           = "; SKAT
INPUT "KAT YUKSEKLIGINI GIRINIZ       ="; YKAT
INPUT "BINA AGIRLIGINI GIRINIZ       ="; WBIN
CLS

PRINT
INPUT " X YONUNDEKI CERCEVE SAYISINI GIRINIZ ="; SCX
CLS
FOR I = 1 TO SCX
PRINT I;
INPUT "No'LU CERCEVENIN Ks DEGERINI GIRINIZ ="; KSX(I)
INPUT "                               DO DEGERINI GIRINIZ ="; DSX(I)
KS = KS + KSX(I)
DS = DS + DSX(I)
NEXT I
CLS
INPUT "X YONUNDEKI PERDE SAYISINI GIRINIZ ="; SPX
CLS
FOR I = 1 TO SPX
PRINT I;
INPUT "No'LU PERDENIN D DEGERINI GIRINIZ  ="; DX(I)
D = D + DX(I)
NEXT I

OPEN "MURTEZ" FOR OUTPUT AS #1
OPEN "MURTEZBUR" FOR OUTPUT AS #2

```

```

15
PRINT #1,
PRINT #1, "      SISTEM "
PRINT #1, " BINA KAT SAYISI           = "; SKAT
PRINT #1, " BINA KAT YUKSEKLIGI       ="; YKAT
PRINT #1, " BINA AGIRLIGI           ="; WBIN
PRINT #1,
PRINT #1,

```

```

FOR I = 1 TO SCX
DKX(I) = KSX(I) / KS
NEXT I

FOR I = 1 TO SPX
PDKX(I) = DX(I) / D

NEXT I

HBIN = YKAT * SKAT
K2 = 1 + D / DS
V = SQR(D / (KS * K2))
LAMDA = HBIN / V
LAMDA2 = LAMDA * LAMDA
LAMDAY = LAMDA / 2 - 1 / LAMDA
  COSH = (EXP(LAMDA) + (1 / EXP(LAMDA))) / 2
  SINH = (EXP(LAMDA) - (1 / EXP(LAMDA))) / 2

KAP = (1 + LAMDAY * SINH) / COSH
P = .2 * WBIN / HBIN
PRINT #1, " P="; P
PRINT #1,
A = P * HBIN ^ 2 / K2
A1 = P * HBIN / K2
B = 1 / LAMDA ^ 2
B1 = (K2 - 1) / 2
C = KAP / LAMDA
C1 = LAMDAY / LAMDA
FOR I = 0 TO HBIN STEP YKAT
  DE = I / HBIN
  DE1 = I / V
  DE2 = 2 - 3 * I / HBIN + I ^ 3 / HBIN ^ 3
  DE3 = 1 - I ^ 2 / HBIN ^ 2
  COSH = (EXP(DE1) + (1 / EXP(DE1))) / 2
  SINH = (EXP(DE1) - (1 / EXP(DE1))) / 2
  MPX(I) = -A * (B * (-DE + KAP * COSH - LAMDAY * SINH) + B1 * DE2)
  TPX(I) = A1 * (B - C * SINH + C1 * COSH + B1 * DE3)
  TCX(I) = A1 * (-B + C * SINH - C1 * COSH + .5 * DE3)
NEXT I

PRINT #1,
PRINT #1,
PRINT #1, "  SISTEMIN X DO^RULTU COZUMU"
PRINT #1,
Y$ = "KAT      PERDE (M)      PERDE (T)      CERCEVE (T)"
Y1$ = "##      #####.###      #####.###      #####.### "
PRINT #1, Y$
FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT

  Z = I / YKAT

  PRINT #1, USING Y1$; Z; MPX(I); TPX(I); TCX(I)

NEXT I

D = 0

KS = 0

```

DS = 0

IF DEM = 1 THEN GOTO 115

110 PRINT " Y YONU ILE ILGILI OLAN BILGILERI GIRINIZ"
INPUT " Y YONUNDEKI CERCEVE SAYISINI GIRINIZ ="; NCY
CLS

FOR I = 1 TO NCY
PRINT I;
INPUT "No'LU CERCEVENIN Ks DEGERINI GIRINIZ ="; KSY(I)
INPUT " DO DEGERINI GIRINIZ ="; DSY(I)
KS = KS + KSY(I)
DS = DS + DSY(I)
NEXT I

CLS
INPUT "Y YONUNDEKI PERDE SAYISINI GIRINIZ ="; NPY
CLS

FOR I = 1 TO NPY
PRINT I;
INPUT "No'LU PERDENIN D DEGERINI GIRINIZ ="; DY(I)
D = D + DY(I)
NEXT I

CLS

115

FOR I = 1 TO NCY
DKY(I) = KSY(I) / KS
NEXT I

FOR I = 1 TO NPY
PDKY(I) = DY(I) / D
NEXT I

$K2 = 1 + D / DS$
 $V = \text{SQR}(D / (KS * K2))$

$LAMDA = HBIN / V$
 $LAMDA2 = LAMDA * LAMDA$
 $LAMDAY = LAMDA / 2 - 1 / LAMDA$

$COSH = (\text{EXP}(LAMDA) + (1 / \text{EXP}(LAMDA))) / 2$
 $SINH = (\text{EXP}(LAMDA) - (1 / \text{EXP}(LAMDA))) / 2$

PRINT #1, " P ="; P

$KAP = (1 + LAMDAY * SINH) / COSH$
 $A = P * HBIN ^ 2 / K2$
 $A1 = P * HBIN / K2$
 $B = 1 / LAMDA ^ 2$
 $B1 = (K2 - 1) / 2$
 $C = KAP / LAMDA$
 $C1 = LAMDAY / LAMDA$


```

FOR I = 0 TO HBIN STEP YKAT
DE = I / HBIN
DE1 = I / V
DE2 = 2 - 3 * I / HBIN + I ^ 3 / HBIN ^ 3
DE3 = 1 - I ^ 2 / HBIN ^ 2
COSH = (EXP(DE1) + (1 / EXP(DE1))) / 2
SINH = (EXP(DE1) - (1 / EXP(DE1))) / 2
MPY(I) = -A * (B * (-DE + KAP * COSH - LAMDAY * SINH) + B1 * DE2)
TPY(I) = A1 * (B - C * SINH + C1 * COSH + B1 * DE3)
TCY(I) = A1 * (-B + C * SINH - C1 * COSH + .5 * DE3)
NEXT I

```

```

A$ = "#####.##"
PRINT #1,
PRINT #1,
PRINT #1, "      SISTEMIN Y DO^RULTU COZUMU"
PRINT #1,
Y$ = "KAT      PERDE (M)          PERDE (T)          CERCEVE (T)"
Y1$ = "##      #####.###          #####.###          #####.### "
PRINT #1, Y$

```

```

FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
Z = I / YKAT
PRINT #1, USING Y1$; Z; MPY(I); TPY(I); TCY(I)
NEXT I

```

```

PRINT #1,
PRINT #1,

```

INPUT " X DO^RULTUSUNDAKI A^IRLIK MERKEZINI GIRINIZ "; MRKZX

INPUT "Y DO^RULTUSUNDAKI A^IRLIK MERKEZINI GIRINIZ "; MRKZY
CLS
PRINT

300 PRINT " X YONU CERCEVE VE PERDE BILGILERI"

PRINT "LUTFEN Y MESAFELERINI GIRINIZ"

```

FOR I = 1 TO SCX
PRINT "      CERCEVE No="; I;
INPUT "      Y KOORDINATI="; Y(I)
NEXT I
FOR I = 1 TO SPX
PRINT "      PERDE No="; I;
INPUT "      Y KOORDINATI="; PY(I)

```

```

IF I = HBIN THEN BURY(I) = 0: GOTO 442
FOR J = 1 TO NCY
  T = T + CKEY(I, J)
  TT = TT + CKEY(I, J) * X(J)
NEXT J

FOR J = 1 TO NPY
  T = T + PKEY(I, J)
  TT = TT + PKEY(I, J) * PX(J)
NEXT J
TOPY(I) = T

BURY(I) = TT / T
442 TT = 0
T = 0
NEXT I

```

```

PRINT #2, "          KAT RIJITLIK MERKEZLERI"
PRINT #2, "===== "
PRINT #2, " KAT          X YONU          Y YONU"
          A1$ = " ##          #####.##          #####.##"

```

```

FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
PRINT #2, USING A1$; I / YKAT; BURX(I); BURY(I)
NEXT I

```

```

FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
KRMTX = KRMTX + TOPX(I)
KRMTY = KRMTY + TOPY(I)
KRMATX = KRMATX + TOPX(I) * BURX(I)
KRMATY = KRMATY + TOPY(I) * BURY(I)
NEXT I
BURMX = KRMATX / KRMTX
BURMY = KRMATY / KRMTY
PRINT #2, "    BINA RIJITLIK MERKEZLERI    "
PRINT #2, "===== "
PRINT #2, "    X = "; BURMX; "    Y = "; BURMY

```

```

PRINT #2,
FOR I = 1 TO SCX
XX(I) = Y(I) - BURMX
PRINT #2, "    XX ("; I; ") = "; XX(I)
NEXT I

```

```

PRINT #2,
FOR I = 1 TO SPX
XXP(I) = PY(I) - BURMX
PRINT #2, "    XXP ("; I; ") = "; XXP(I)
NEXT I

```

```

PRINT #2,
FOR I = 1 TO NCY
YY(I) = X(I) - BURMY
PRINT #2, "    YY ("; I; ") = "; YY(I)
NEXT I

```

```

PRINT #2,
FOR I = 1 TO NPY
YYP(I) = PX(I) - BURMY
PRINT #2, "    YYP ("; I; ") = "; YYS(I)

```

```

NEXT I

350 FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
    FOR J = 1 TO SCX
        CKEX(I, J) = TCX(I) * DKX(J)
    NEXT J

    FOR J = 1 TO SPX
        PKEX(I, J) = TPX(I) * PDKX(J)
    NEXT J
NEXT I

FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
IF I = HBIN THEN BURX(I) = 0: GOTO 351
FOR J = 1 TO SCX
    T = T + CKEX(I, J)
    TT = TT + CKEX(I, J) * Y(J)
NEXT J

FOR J = 1 TO SPX
    T = T + PKEX(I, J)
    TT = TT + PKEX(I, J) * PY(J)
NEXT J
TOPX(I) = T

BURX(I) = TT / T

351 TT = 0
T = 0
NEXT I

IF DEM = 1 THEN GOTO 440
CLS
400 PRINT "      Y YONU CERCEVE VE PERDE BILGILERI"
    PRINT

420 PRINT "LUTFEN  X MESAFELERINI GIRINIZ"
    FOR I = 1 TO NCY
        PRINT "      CERCEVE No="; I
        INPUT "      X KOORDINATI="; X(I)
    NEXT I
    FOR I = 1 TO NPY
        PRINT "      PERDE No="; I
        INPUT "      X KOORDINATI="; PX(I)
    NEXT I

440 FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
    FOR J = 1 TO NCY
        CKEY(I, J) = TCY(I) * DKY(J)
    NEXT J

    FOR J = 1 TO NPY
        PKEY(I, J) = TPY(I) * PDKY(J)
    NEXT J
NEXT I

FOR I = 0 TO HBIN STEP YKAT

```

```
NEXT I
PRINT #2,
```

```
FOR I = 1 TO SPX
RAXP(I) = XXP(I) ^ 2 * DX(I)
DTET = DTET + RAXP(I)
NEXT I
```

```
FOR I = 1 TO NPY
RAYP(I) = YYP(I) ^ 2 * DY(I)
DTET = DTET + RAYP(I)
NEXT I
```

```
FOR I = 1 TO SCX
RAX(I) = XX(I) ^ 2 * KSX(I)
KTET = KTET + RAX(I)
NEXT I
```

```
FOR I = 1 TO NCY
RAY(I) = YY(I) ^ 2 * KSY(I)
KTET = KTET + RAY(I)
NEXT I
```

```
VTET = SQR(DTET / KTET)
V2TET = VTET * VTET
H2BIN = HBIN * HBIN
LAMDATET = HBIN / VTET
LAMDA2TET = LAMDATET * LAMDATET
LAMDAYI = 1 / LAMDA2TET - .5
EX = -BURMX + MRKZX
EY = -BURMY + MRKZY
```

```
PO = 6
EK = EX * P - EY * P
EO = EK * HBIN / 2
```

```
COSH = (EXP(LAMDATET) + (1 / EXP(LAMDATET))) / 2
SINH = (EXP(LAMDATET) - (1 / EXP(LAMDATET))) / 2
```

```
A = P * HBIN * VTET / 2
A1 = (EO * V2TET * (4 * LAMDAYI + 1) - P * HBIN * SINH / 2) / COSH
A2 = 4 * V2TET * EO * LAMDAYI
A3 = EO / LAMDA2TET
B = P * HBIN / 2
B1 = (EO * VTET * (4 * LAMDAYI + 1) - P * HBIN * SINH / 2) / COSH
B2 = 2 * EO / LAMDAYI
```

```
FOR I = 0 TO HBIN STEP YKAT
```

```
DE = I ^ 2
DE1 = I / VTET
COSH = (EXP(DE1) + (1 / EXP(DE1))) / 2
SINH = (EXP(DE1) - (1 / EXP(DE1))) / 2
C = B * (1 - (I / HBIN) ^ 2 - COSH)
MB(I) = A * SINH + A1 * COSH - A2 - A3 * DE
```

```
TBP(I) = B * COSH + B1 * SINH - B2 * I
TBC(I) = C - B1 * SINH + B2 * I
```

```
NEXT I
```

```
PRINT #2,
PRINT #2, "    PO="; P
PRINT #2, "D TETA = "; DTET
PRINT #2, "K TETA = "; KTET
PRINT #2, "LAMDATET="; LAMDATET
PRINT #2, "VTET"; VTET
PRINT #2, "EX,EY"; EX; " "; EY
PRINT #2, "EK="; EK
PRINT #2, "EO="; EO
```

```
FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
FOR J = 1 TO SCX
TBEX(I, J) = TBC(I) / XX(J) * RAX(J) / KTET
MBEX(I, J) = MB(I) / XX(J) * RAX(J) / KTET
NEXT J
```

```
FOR J = 1 TO NCY
TBEY(I, J) = TBP(I) / YY(J) * RAY(J) / KTET
MBEX(I, J) = MB(I) / YY(J) * RAY(J) / KTET
NEXT J
```

```
FOR J = 1 TO SPX
MBEXP(I, J) = MB(I) / XXP(J) * RAXP(J) / DTET
TBEXP(I, J) = TBP(I) / XXP(J) * RAXP(J) / DTET
NEXT J
```

```
FOR J = 1 TO NPY
MBEYP(I, J) = MB(I) / YYP(J) * RAYP(J) / DTET
TBEYP(I, J) = TBP(I) / YYP(J) * RAYP(J) / DTET
NEXT J
NEXT I
```

```
FOR I = 0 TO HBIN STEP YKAT
FOR J = 1 TO SCX
KTX(I) = KTX(I) + TBEX(I, J)
KLX(I) = KLX(I) + TBEX(I, J) * XX(J)
KLX1(I) = KLX1(I) + MBEX(I, J)
NEXT J
```

```
FOR J = 1 TO SPX
KTX(I) = KTX(I) + TBEXP(I, J)
KLX(I) = KLX(I) + TBEXP(I, J) * XXP(J)
KLX1(I) = KLX1(I) + MBEXP(I, J)
NEXT J
```

```
FOR J = 1 TO NCY
KTY(I) = KTY(I) + TBEY(I, J)
KLX(I) = KLX(I) + TBEY(I, J) * YY(J)
KLX1(I) = KLX1(I) + MBEY(I, J)
NEXT J
```

```
FOR J = 1 TO NPY
KTY(I) = KTY(I) + TBEYP(I, J)
KLX(I) = KLX(I) + TBEYP(I, J) * YYP(J)
```

```
KLX1(I) = KLX1(I) + MBEYP(I, J)
NEXT J
NEXT I
```

```
PRINT #2,
      H$ = "###      ###      #####.####      #####.####      "
      H2$ = "KAT      EL No      MBUR      TBUR      "
      H3$ = "#####.###"
FOR I = HBIN TO 0 STEP -YKAT
IF SPX = 0 THEN GOTO 490
PRINT #2, "===== PERDE SONUCLARI ====="
PRINT #2, "                      X YONU"
PRINT #2,
PRINT #2, H2$
FOR J = 1 TO SPX
PRINT #2, USING H$; I / YKAT; J; MBEXP(I, J); TBEXP(I, J)
NEXT J
```

```
490 IF NPY = 0 THEN GOTO 491
PRINT #2,
PRINT #2, "                      Y YONU"
PRINT #2,
PRINT #2, H2$
FOR J = 1 TO NPY
PRINT #2, USING H$; I / YKAT; J; MBEYP(I, J); TBEYP(I, J)
NEXT J
```

```
PRINT #2, "===== CERCEVE SONUCLARI ====="
491 IF SCX = 0 THEN GOTO 492
PRINT #2, "                      X YONU"
PRINT #2,
PRINT #2, H2$
FOR J = 1 TO SCX
PRINT #2, USING H$; I / YKAT; J; MBEX(I, J); TBEX(I, J)
NEXT J
```

```
PRINT #2,
492 IF NCY = 0 THEN GOTO 493
PRINT #2, "                      Y YONU"
PRINT #2,
PRINT #2, H2$
FOR J = 1 TO NCY
PRINT #2, USING H$; I / YKAT; J; MBEY(I, J); TBEY(I, J)
493 NEXT J
PRINT #2,
PRINT #2,
NEXT I
```

EK B

**(Sürekli Burulma Çubuğu Analogisi
Yöntemi İçin Geliştirilmiş
Bilgisayar Programının
Mur-Tez ve Mur-Tezbur Çıktıları)**

SISTEM
BINA KAT SAYISI = 10
BINA KAT YUKSEKLIGI = 3
BINA AGIRLIGI = 1513

P= 13.21487

SISTEMİN X DOĞRULTU COZUMU

KAT	PERDE (M)	PERDE (T)	CERCEVE (T)
10	-0.000	-52.667	52.667
9	112.949	-25.290	54.037
8	146.329	-2.615	57.083
7	112.640	16.749	60.414
6	20.534	33.989	62.843
5	-124.688	50.163	63.312
4	-320.787	66.267	60.825
3	-568.497	83.297	54.386
2	-871.625	102.316	42.932
1	-1237.345	124.516	25.271
0	-1676.699	151.300	-0.000

P = 10.08667

SISTEMİN Y DOGRULTU COZUMU

KAT	PERDE (M)	PERDE (T)	CERCEVE (T)
10	0.000	-16.691	16.691
9	-23.800	12.006	16.741
8	-185.098	37.697	16.771
7	-468.908	60.545	16.618
6	-860.708	80.697	16.135
5	-1346.391	98.283	15.192
4	-1912.217	113.418	13.674
3	-2544.772	126.204	11.479
2	-3230.929	136.730	8.518
1	-3957.808	145.074	4.713
0	-4712.745	151.300	0.000

KAT RİJİTLİK MERKEZLERİ

KAT	X YÖNÜ	Y YÖNÜ
10	0.00	0.00
9	5.00	7.88
8	5.00	9.65
7	5.00	11.38
6	5.00	11.58
5	5.00	11.72
4	5.00	11.85
3	5.00	12.11
2	5.00	12.43
1	5.00	12.59
0	5.00	12.69

BİNA RİJİTLİK MERKEZLERİ

X = 5 Y = 3.398221

XX (1) = -5
XX (2) = 5

XXP (1) = -5
XXP (2) = 5

YY (1) = 1.601779
YY (2) = 5.601779
YY (3) = 10.60178
YY (4) = 14.60178

YYP (1) = -3.398221
YYP (2) = 18.10178

PERDE SONUÇLARI

X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
10	1	-31.7921	1430.5287
10	2	31.7921	-1430.5287

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
10	1	0.0000	-154.5714
10	2	0.0000	-19.5612

ÇERÇEVE SONUÇLARI

X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
10	1	18.9073	-5806.1069
10	2	66.1231	5806.1069

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
10	1	0.0000	-13054.6145
10	2	0.0000	-5021.1242
10	3	0.0000	-5021.1242
10	4	0.0000	-13054.6145

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
9	1	-106.9689	1293.0118
9	2	106.9689	-1293.0118

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
9	1	-203.2351	122.8512
9	2	-26.1821	15.8612

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
9	1	63.6164	-5248.6353
9	2	222.4807	5248.6353

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
9	1	0.0000	-12352.4125
9	2	0.0000	-4949.1254
9	3	0.0000	-4949.1254
9	4	0.0000	-12352.4125

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
8	1	-188.9791	1153.6084
8	2	-188.5914	-1153.6084

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
8	1	-1713.8124	373.5610
8	2	-192.5874	47.9124

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
8	1	112.3894	-4683.4365
8	2	393.0507	4683.4365

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
8	1	0.0000	-9125.2487
8	2	0.0000	-4816.4587
8	3	0.0000	-4816.4587
8	4	0.0000	-9125.2487

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
7	1	-272.5409	1012.5927
7	2	272.5409	-1012.5927

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
7	1	-4301.0140	590.0521
7	2	-464.7012	76.0115

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
7	1	162.0851	-4111.6226
7	2	566.8477	4111.6226

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
7	1	0.0000	-4750.1457
7	2	0.0000	-4750.1457
7	3	0.0000	-4750.1457
7	4	0.0000	-4750.1457

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
6	1	-353.1634	870.2141
6	2	353.1634	-870.2141

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
6	1	-8024.6314	800.6645
6	2	-886.1942	102.6245

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
6	1	210.0328	-3534.2080
6	2	734.5314	3534.2080

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
6	1	0.0000	-11822.2445
6	2	0.0000	-4547.1257
6	3	0.0000	-4547.1257
6	4	0.0000	-11822.2445

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
5	1	-427.0789	726.7021
5	2	427.0789	-726.7021

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
5	1	-12578.6616	979.8124
5	2	-1381.4924	125.7615

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
5	1	253.9917	-2952.1213
5	2	888.2655	2952.1213

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
5	1	0.0000	-10987.1245
5	2	0.0000	-4226.1245
5	3	0.0000	-4226.1245
5	4	0.0000	-10987.1245

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
4	1	-491.1850	582.2684
4	2	491.1850	-582.2684

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
4	1	-17601.9412	1187.0145
4	2	-1957.1251	146.1571

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
4	1	292.1168	-2366.2239
4	2	1021.5974	2366.2239

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
4	1	0.0000	-9783.8412
4	2	0.0000	-3762.9781
4	3	0.0000	-3762.9781
4	4	0.0000	-9783.8412

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
3	1	-542.9988	437.1111
3	2	542.9988	-437.1111

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
3	1	-23875.7512	1273.7456
3	2	-2592.0812	163.9415

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
3	1	322.9314	-1777.3191
3	2	1129.3629	1777.3191

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
3	1	0.0000	-8135.1454
3	2	0.0000	-3126.1329
3	3	0.0000	-3126.1329
3	4	0.0000	-8135.1454

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
2	1	-580.6182	291.4174
2	2	580.6182	-291.4174

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
2	1	-30374.714	1390.5790
2	2	-3277.776	179.2989

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
2	1	345.3044	-1186.1661
2	2	1207.6063	1186.1661

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
2	1	0.0000	-5987.1548
2	2	0.0000	-2303.4397
2	3	0.0000	-2303.4397
2	4	0.0000	-5987.1548

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
1	1	-602.6938	145.3661
1	2	602.6938	-145.3661

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
1	1	-37313.143	1486.7063
1	2	-3997.734	192.78848

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
1	1	358.4331	-593.4916
1	2	1253.5206	593.4916

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
1	1	0.0000	-3215.4598
1	2	0.0000	-1265.1254
1	3	0.0000	-1265.1254
1	4	0.0000	-3215.4598

===== PERDE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
0	1	-608.4089	-0.8691
0	2	608.4089	0.8691

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
0	1	-44551.271	1567.6384
0	2	-4737.621	202.9345

===== ÇERÇEVE SONUÇLARI =====
X YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
0	1	361.8320	0.0000
0	2	1265.4070	0.0000

Y YÖNÜ

KAT	EL No	MBUR	TBUR
0	1	0.0000	0.4169
0	2	0.0000	0.2534
0	3	0.0000	0.2534
0	4	0.0000	0.4169

9

