

T.C

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELASTİK ZEMİN ÜZERİNE OTURAN KİRİŞLERİN YÖNETİCİ DENKLEM VE
SAP2000 ANALİZ PROGRAMI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

ALPER AKYOL

MAYIS 2007

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı.

...../...../.....

Doç. Dr. Gülay BAYRAMOĞLU

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak İnşaat Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Danışman

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ

Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ

ÖZET

ELASTİK ZEMİN ÜZERİNE OTURAN KİRİŞLERİN YÖNETİCİ DENKLEM VE SAP2000 ANALİZ PROGRAMI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

AKYOL, Alper

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Mayıs 2007, 68 sayfa

Bu tez çalışmasında, elastik zemin üzerine oturan ağırlıksız kirişlerin statik ve dinamik tekil yükler altındaki elastik davranışlarını incelemiştir.

Konu ile ilgili genel tanımlamalar ve açıklamalar yapılmıştır. Problemlerle ilgili çalışmalar özetlenmiş, bu çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Problem ilk olarak zeminin basınç ve çekmedeki yatak katsayıları eşit alınarak, Winkler zeminine oturan, ortasında statik bir tekil yüküyle yüklenmiş sonlu ve sonsuz kiriş için, daha sonra aynı problem dinamik yaylı yük hali için kirişe ait yer değiştirmelerin, yönetici denklemi ile Sap2000 analiz programının modellenmesi yapılarak sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elastik zemin, Kiriş, Winkler Yöntemi, Zemin Modülü

ABSTRACT

PARAMETERS FOR PLATES ON ELASTIC FOUNDATIONS

AKYOL, Alper

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Eng., M. Sc. Thesis

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

May 2007, 68 pages

In this study, a nondimensional analysis of parameters has been performed for the analysis of a plate on an elastic foundation. An attempt is made to develop a method to evaluate the modulus of subgrade reaction, k , to be used in the Winkler model for the analysis of plates subjected to a concentrated load. The concentrated load can be placed at the center, at the corner, or at the midpoint of the edge of the rectangular plate. This numerical effort is made for a constant value of Poisson's ratio for the soil, $\nu_s=0.25$. Equations and graphs are provided from which a value of k can be computed as soon as the complete geometry and the properties of the overall system are known. Numerical examples were solved to verify the applicability of the method and the results obtained were compared with those obtained from the modified Vlasov method.

Key Words: Elastic foundation, Winkler model, Vlasov model, Parameters of foundation.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında her türlü yardımını esirgemeyen ve biz genç araştırmacılara büyük destek olan, bilimsel deney imkânlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine veren, tez yöneticisi hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN 'a, tez çalışmalarım esnasında, bilimsel konularda daima yardımını gördüğüm hocalarım Sayın Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ ve Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ'a, büyük fedakârlıklarla bana destek olan aileme, tezimin birçok aşamasında yardım gördüğüm Sayın İbrahim GÜNDOĐMUŐ ve Sayın Gökhan ARISOY' a teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1. Elastik zemin üzerine oturan kirişlerin davranış biçimleri.....	18
3.1. Tekil yükle yüklü, elastik zemin üzerine oturan. El eğilme rijitlikli Sonsuz kiriş.	20
3.1.1.Statik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonsuz kiriş	23
3.2. Ortasından tekil yükle yüklü, elastik zemin üzerine oturan. El eğilme rijitlikli sonlu kiriş.	31
3.2.1.Statik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonlu kiriş	34
3.3. Noktasal harmonik yükle yüklü, elastik zemine oturan El eğilme rijitlikli kiriş.	38
3.3.1.Dinamik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonsuz kiriş	43
3.3.2.Dinamik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonsuz kiriş	44
3.3.3.Dinamik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonsuz kiriş	45
3.4.1.Dinamik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonlu kiriş	62
3.4.2.Dinamik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonlu kiriş	63
3.4.3.Dinamik tekil yükle yüklü homojen zemine oturan sonlu kiriş	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

1.1. Çeşitli zemin türleri için ortalama “k” değerleri.....	6
4.1. Homojen zemine oturan sonlu kirişte P yükü altındaki farklı “ Γ ” değerleri için “ Y_0 ” değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.....	70
4.2. Homojen zemine oturan sonsuz kirişte P yükü altındaki farklı “ Γ ” değerleri için “ Y_0 ” değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.....	71
4.3.1. Homojen zemine oturan sonlu kirişte, $P^* \cos\Omega t * B^3 / EI = 1$, $P^* \cos\Omega t$ yükü altında, değişken $\Omega^2 < w^2$ değerlerine bağlı “ Y_0 ” değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.	72
4.3.2. Homojen zemine oturan sonlu kirişte, $P^* \cos\Omega t * B^3 / EI = 1$, $P^* \cos\Omega t$ yükü altında, değişken $\Omega^2 > w^2$ değerlerine bağlı “ Y_0 ” değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.	73

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Özetleri.....	4
1.2. Çalışmanın Amacı	9
2. MATERYAL VE YÖNTEM	10
2.1. Genel	10
2.1.1. Sistem Modelinin Oluşturulması	10
2.1.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	11
2.1.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması	11
2.1.4. Yüklerin Tanımlanması	12
2.1.5. Çözüm	12
2.1.6. Boyutlandırma.....	12
2.2. SAP2000 Genel Menü Düzeni	13
2.2.1. File Menüsü	13
2.2.2. Edit Menüsü	13
2.2.3. View Menüsü	13
2.2.4. Define Menüsü	13

2.2.5. Draw Menüsü	14
2.2.6. Select Menüsü	14
2.2.7. Assign Menüsü	14
2.2.8. Analyse Menüsü	14
2.2.9. Display Menüsü	14
2.2.10. Design Menüsü	15
2.2.11. Options Menüsü	15
2.2.12. Help Menüsü	15
2.3. Elastik Zemin-Yapı Etkileşimi	15
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	20
3.1. Statik Tekil Yükle Yüklü Kiriş	20
3.1.1. Homojen Zemine Oturan Sonsuz Kiriş	20
3.1.2. Homojen Zemine Oturan Sonlu Kiriş	31
3.2. Dinamik Tekil Yükle Yüklü Kiriş	38
3.2.1. Homojen Zemine Oturan Sonsuz Kiriş	38
3.2.2. Homojen Zemine Oturan Sonlu Kiriş	58
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	70
5. KAYNAKLAR	74

1. GİRİŞ

Çeşitli özellikteki zeminler ile temas halinde olan mühendislik yapılarının hesapları günümüzde de önemini korumaktadır. Bu çalışmalarda çeşitli tiplerde zemin modelleri kullanıldığı gibi, kullanılan analiz yöntemleri de çeşitli olabilmektedir. Bu çalışmada; elastik veya elastik olmayan zeminler ile temas halinde olan kiriş analizleri açıklanmış, bu analizlerde kullanılan metotlar irdelenmiş ve konunun günümüze kadar olan gelişmesi ana hatları ile vurgulanmıştır.

Elastik zemine oturan çeşitli geometrilerdeki kiriş, plak ve kabukların lineer ve lineer olmayan analizi geçen 25 yıl boyunca araştırmacıların ve teorisyenlerin en fazla ilgisini çeken konulardan biri olmuştur. Özellikle 1960' lı yıllardan sonra uçak-uzay sanayisindeki hızlı gelişmeler ve kompozitlerin sektörde kullanılması ile farklı tip ve amaçlar için geliştirilen yapılar ile birlikte elastik zemine oturan yapı türlerinde ve ihtiyaçlarında da bir artış olmuştur.

Elastik zemine oturan kiriş, plak ve kabuklar pek çok sektörde özellikle; füze ve roket rampaları olarak askeri alanlarda ve uçak-uzay sanayisinde, teknoloji de çeşitli uygulamalarda, inşaat ve makine mühendisliği alanında, endüstride çeşitli fabrika kren ve marinaların zemine sabitlenmesinde, dış hekimliği ve biyomekanikte, kıyı-liman yapılarında, sıvı ve gazların iletim hatlarında, temel ve zemin mühendisliğinde, nükleer enerji santrallerinde, uçak hangarlarında, özel amaçlı (özellikle ağır kargo uçakları ve süpersonik uçakların inebileceği) hava alanı inşasında ve demiryolu uygulamalarında karşılaşılır. [1–12]. Daha çok yüksek maliyet gerektiren

büyük kapsamlı işlerde ve stratejik yapılarda kullanılan elastik zemine oturan plak ve kabukların her türlü dış etkiye karşı yeter güvenlikte inşası büyük önem kazanmaktadır. Dolayısı ile gerek mevcut yükler ve kendi ağırlıkları altındaki gerilme, deformasyon, eğilme ve çeşitli noktalarındaki deplasmanlarının hesaplandığı statik hesap ve gerekse deprem gibi dinamik yükler altındaki dinamik analizleri yeter hassasiyete sahip olarak yapılmalıdır.

Elastik zemine oturan kirişlere ait bir problemin matematiksel bağıntılarla belirlenmesi zeminin oldukça karışık ve belirsiz, elastik ve plastik deformasyon yapabilme özelliğinden dolayı, bazı idealleştirmeler gerektirir. Bu da matematiksel çözümlerin geçerliliğini daima sınırlar. Bu yüzden, bu tür problemlerde zeminin elastikliğini bazı kabullere göre göz önüne almak zorunluluğu vardır. Elastik zemine oturan kirişlere ait çalışmalarda esas hipotez genellikle zemin hakkında yapılan hipotezler olmuştur. Zeminin fiziksel- ve mekanik özelliklerini değişik araştırmacılar, değişik şekillerde düşünmüş ve tanımlamışlardır.

Elastik zemine oturan kiriş problemi önce Winkler tarafından incelenmiş ve teoremin esasları verilmiştir. Çeşitli yük etkisi altındaki elastik ve prizmatik bir kirişin, elastik yatak üzerinde bulunduğu ve herhangi bir noktadaki taban basıncının aynı noktadaki çökme ile orantılı olduğu varsayılmıştır. Bu hipotez yatak ortamının elastik olduğunu, diğer bir deyişle zemin malzemesinin Hooke kanununa uyduğunu belirtir. Zemin basınç deneyleri, yük belirli bir değeri aşmadıkça, deformasyonların yüklerle orantılı olduğunu gösterir. Hipotez küçük şekil değiştirmeler durumuna uygulanabilir.

Su zemin modelinde yatak katsayısının taban basıncından bağımsız

olduğu ve bütün temel yüzeyi boyunca sabit kaldığı varsayılır. Bu hipotez problemin çözümünü, oldukça kolaylaştırır. Bununla birlikte zeminin homojen olmaması nedeniyle yatak katsayısı noktadan noktaya değişebilir. Diğer bir hususta zemine etkiyen kuvvetlerin yalnız etkidiği noktada şekil değişimi yapmasıdır; yani bu durumda zemin birbirinden bağımsız, birbirine sonsuz yakın ve sıkışarak serbestçe hareket edebilen düşey yaylardan oluşan mekanik bir sistem olarak düşünülmesidir. Burada komşu yayın taban basıncı dikkate alınmaz. Bunun sonucu olarak zemin tamamen süreksiz bir ortam olarak göz önüne alınmış olur. Zeminin fiziksel özellikleri böyle basit bir bağıntı ile ifade edilmekten daha karışık bir durum arz eder. Yalnız belerli durumlar için zeminin elastik bir ortam olarak davrandığı görülür.

Mühendislikte Winkler hipotezine dayanarak iyi sonuçlar veren bazı önemli problemler vardır. Bina döşemeleri ve köprü tabliyelerinin karakteristik konstrüksiyonu olan ızgara sistemler, bir ve iki doğrultuda sürekli temeller, gemi kaburgaları, dönel kabuklar, yatay yük etkisindeki düşey kazıklar ve palplanşlar bunlara bazı önemli örneklerdir. Özellikle temel sistemlerinde Winkler hipotezini doğrulayan bası önemli hususlar görülmüştür. Bu düşüncelerden hareketle, basitliğine rağmen Winkler hipotezinin, gerçek temel zemini durumunu bazı karmaşık bağıntılarla verilen hipotezlere göre gerçeğe daha yakın bir şekilde ifade ettiği sonucuna varılabilir. Keskinel [2].

Sonsuz, yarı sonsuz ve sonlu uzunlukta kirişlerin davranışlarını etkileyeceği yardımıyla inceleyen dolaylı çözümler geliştirilmiştir. Ancak bu tür çözümlerin zaman alıcı olmaları nedeniyle geniş bir uygulama alanları

yoktu. Son yıllarda bilgisayarların yaygın olarak devreye girmesiyle bu sakıncalar büyük ölçüde giderilmiştir.

1.1. Kaynak Özetleri

Yatak katsayısının değeri birçok etkene, özellikle zeminin elastik özelliklerine ve yüklü alanın boyutlarına bağlıdır. Bu faktörlerin etkisi ve uygulamada yatak katsayısının sayısal değerinin ne alınabileceği konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Yatak Katsayısı kavramı uygulamalı mekaniğe önce Winkler tarafından getirilmiş ve Zimmermon [3] tarafından, bütün uzunluklar: boyunca balast üzerine oturan demiryolu traverslerinin hesabı amacıyla kullanılmış ve bu araştırmacılar özel uygulamalarında belirli türdeki zeminler için buldukları ve kullandıkları "k" değerlerini vermişlerdir.

Engesser, kiriş genişliği arttıkça yatak katsayısı değerinin azaldığını işaret etmiştir, Hayashi ve Freund, yatak katsayısı delerinin taban basıncına bağlı olacağı düşüncesiyle "p" taban basıncı değeri arttıkça k yatak katsayısı değeri azalacak şekilde bir kabul yaparak çeşitli problemler çözmüşlerdir. Küçük sekil değiştirmeler için ve $P_{göçme}/2$ dolaylarında gerçek durumla Winkler kabulü arasındaki farklar çok küçük olduğundan böyle bir hassasiyetin pratik yönden sonuçları etkilemesi yok denecek kadar azdır. Hayashi [4] elastik zemine oturan kirişler konusundaki ayrıntılı çalışmasında k yatak katsayısının yükleme deneyleri sonuçlarının yüklü alanın büyüklüğüne bağlı olduğu gerçeğinden söz etmemiştir.

Mühendislik problemlerinin çözümü için gerekli k yatak katsayılarının sayısal değerleri, yayınlanmış gözlemlere dayanarak yaklaşık benzeşimle,

yada yapının inşa edileceği zeminde yapılacak arazi deneyleri sonuçlarından elde edilebilir. Bir fikir vermek amacıyla, çeşitli zemin türleri için k yatak katsayılarının değerleri bir tabloda derlenmiştir. (Tablo. 1)

Daha sonraki yapılan araştırmalarda, bir noktadaki çökmenin belirlenmesinde bütün noktalardaki yüklerin etkisi göz önüne alınmıştır. Bu durumda çökme bilinmeyen taban basıncına bağlı olarak bir integral formunda belirlenmektedir. İntegral ifadesinin çekirdek fonksiyonu, 0-lastik ortam olarak varsayılan zemin idealleştirilmesine göre değişmektedir. Çekirdek fonksiyonu çok özel hallerde kapalı bir şekilde bilinmekte, genellikle bir integral fonksiyonu olarak ortaya çıkmaktadır, Köseoğlu [5]

Sonlu kirişler hesabı en basit olarak etki çizgileri yardımıyla yapılabilir. Bu amaçla çeşitli yazarlar tarafından ayrıntılı çizelgeler düzenlenmiştir. Bunlardan en gelişmiş olanı Müllersdorf. Mölfer, Keskinel [6]

Grasshoff [7,8] tarafından yayınlanan çizelgelerdir. Grasshoff diğer bir çalışmasında, yatak katsayısındaki kabulündeki hataları ortadan kaldırmak için kiriş ü-serine Levington hesap yöntemi uygulayıp değişken yatak katsayısını kullanmıştır. Burada yatak katsayısı üniform yükten oluşan oturma Kalıplarının verilmesiyle hesaplanmaktadır. Bu yöntem Grasshoff tarafından daha da geliştirilmiştir.

Tablo 1.1 Çeşitli Zemin türleri için ortalama k değerleri.

Zemin Türü	k (t/m³)
Balçık; turba	< 200
Kil, Plastik	500 - 1000
Kil, Yarı sert	1000 - 1500
Kil, Sert	1500 - 3000
Dolma toprak	1000 - 2000
Kum, gevşek	1000 - 2000
Kum, orta sıkı	2000 - 5000
Kum, sıkı	5000 - 10000
Kum-çakıl, sıkı	10000 - 15000
Sağlam şist	> 50000
Kaya	> 200000

Durelli ve Parks [9] tarafından, elastik zemin üzerine oturan sonlu ve sonsuz uzunluktaki kirişlerin fotoelastik incelemesi yapılmıştır. Kirişler bir ve iki noktadan yüklenerek davranışları incelenmiş, bulunan sonuçlar kuramsal çözümle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan sonra Munther [10] aynı durumdaki kirişlerin davranışlarını sonlu elemanlar yöntemiyle incelemiş ve sonuçları, fotoelastik çalışmadan elde edilen sonuçlarla birlikte, çizilen eğriler üzerinde verilmiştir. Son zamanlarda bu tür kirişlerin sonlu elemanlar yöntemi ile çözümünü Halter [11] tarafından geliştirilmiştir.

Bakioğlu ve Özkan [12] yaptıkları çalışmada temellerin çökmeleri ile eğilme momenti arasındaki diferansiyel denklemi, sonlu farklar denklemleri şeklinde yazıp, taban basıncının bu noktalar arasında parabolik değiştiğini varsaymıştır. Bu çalışmada taban basınçları cinsinden ifade edilen moment

bağıntılarından yararlanarak, çökmeler ile taban basınçları arasında lineer denklem takımları elde edilmiştir.

Dodge [13] tarafından yayınlanan çalışmada elastik zemin üzerine oturan yarı sonsuz ve sonlu uzaklıkta Kirişlerin davranışlarıyla ilgili etki fonksiyonları ve buna ait eğriler verilmiştir. Aynı konu ile ilgili araştırmada Donalt [14], bu tür kirişlerin orta noktadan tekil yük ve eğilme momenti etki etmesi durumunu ele almıştır. Her iki çalışmada da kirişlerle ilgili çizelgeler vermiştir. Iyengar ve Anatharamu [15] tarafından yapılan çalışmada ise elastik zemin üzerine oturan kirişlerin davranışları seriler yardımıyla incelenmiştir.

Orta noktadan tekil yüklü kirişlerle ilgili başka bir çalışmayı da Rao ve Anandakrishan [16] başlangıç değerleri yöntemi kullanarak yapmış, bu kirişlerle ilgili çizelge ve eğriler vermişlerdir.

Mirand ve Nair [17] ise sonlu uzunlukta kirişlerin diferansiyel denkleminin özel fonksiyonlarla çözümünü yaparak buna ilişkin sayısal örnekler vermişlerdir.

Lin ve fidamg [18], çekme gerilmesi almayan Winkler zeminine oturan, ağırlıklı- üzerinde aynı hızla hareket eden bir çift yük etkisindeki elastik kirişin davranışını incelenmiştir. Tekil yüklere, aralıklarına, hızlarına ve zeminden ayrılma noktalarına bağlı olarak sonuçlar elde edilmiştir.

Weistman [19], yalnızca basınca çalışan Winkler ve Reissner modelini kullanarak, elastik zemin üzerine oturan ortasında tekil yükle yüklü sonlu kirişin, çökme ve kesit tesirlerine ait grafikler vermiştir.

Ting [20], elastik Winkler zeminine oturan iki ucundan basit mesnetle mesnetlenmiş. Yayılı yükü yüklü sonlu bir kirişin çökme ve kesit tesirlerine ait tablolar vermiştir.

Celep ve Malai'ka ve Husse'in [21] tarafından çekme gerilmesi almayan elastik Winkler zemini üzerine oturan yayılı yük, tekil yük ve moment etkisi altındaki kirişin statik ve dinamik davranışı incelenmiştir. Statik ve dinamik eksantrik yüklemeler altında kiriş deformasyonuna ve zeminden ayrılma noktalarına ait grafikler verilmiştir. Burada zorlanmış titreşimin diferansiyel denklemi Galerkin metodu kullanılarak çözülmüştür.

Elastik zemin üzerine oturan, sonlu uzunlukta ahşap ve betonarme kirişlerin davranışı Elmas [22] tarafından incelenmiş ve orta noktadan etki eden tekil yükün limit değeri araştırılmıştır. Ayrıca kirişin davranışına ve limit yüke, farklı malzeme ve boyutların etkisi incelenmiştir.

Tüm bu çalışmalardan ayrı olarak Winkler zemini dışında Pasternak, Vlassov, Filonenko-Borodich, Reissner. Hetenyi zemini gibi elastik ve viskoelastik zemin türlerini alarak bunlar üzerindeki kiriş ve plakların davranışını, Kerr [23,24], Harr [23], Tsai [26], Cheng [27], Johnson [28].. Cooke [29], Shirima [30], Hogami ve O'Keill [31] gibi birçok araştırmacı tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Elastik çözümlerin yanı sıra, plastik çözümler yapılmıştır. Hem kirişi hem zemini plastik kabul eden Severn [32], zeminin elastik. Kirişin ise plastik alındığı çalışmalarda yapmıştır, ösgen [33], bu son çalışmada. Elastik zemine oturan plastik kiriş, rijit-tam plastik alınarak sonsuz Kirişe bir noktada etkiyen düşey yükün limit değeri araştırılmıştır.

Elastik-plastik zemine oturan ağırlıksız kiriş ve ince dairesel plakların tekil yük altında davranışı Engin 134] tarafından incelenmiştir. Zeminin yalnız basınç gerilmesi aktardığı ve belirli bir yer değiştirmede plastikleştiği kabul edilmiştir. Çözümün sonunda, plastik-elastik ve yapının zeminden ayrıldığı sınırın tekil yükün şiddeti ve plağın yarıçapı ile değişimi gözlenmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, elastik zemine oturan kirişlere ait bir problemin çeşitli yükleme durumları için yönetici denklemi sonuçları ile SAP2000 analiz programının sonuçları irdelenerek, kabul edilebilirlik sınırları içerisinde karşılaştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan tüm modellerin analizinde, elastisite modülü ile kiriş kesiti sabit tutulmuş olup, statik tekil yükleme ve dinamik tekil yükleme biçiminde sonlu ve sonsuz kirişler için yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Genel

Çalışmanın hazırlanması SAP2000 analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SAP2000 yazılımı, yapı sisteminin modellerinin geliştirilmesi, analiz ve boyutlandırılması için kullanılan Genel Amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler özel Grafik Kullanıcı Arayüzü (Graphical User Interface – GUI) yardımı ile SAP2000 ekranı üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir yapı sistemi SAP2000 ile analiz ederken önce sistem modellenir, malzeme, kesit ve yük özellikleri tanımlanır. Sonra analiz yapılarak sistem boyutlandırılır.

2.1.1. Sistem Modelinin Oluşturulması

Bu ilk aşamada, doğrudan doğruya veya SAP2000'in içinde bulunan Şablon (Template) sistemler kullanılarak;

- ◆ Kiriş, kolon v.b. çubuk elemanlar,
- ◆ Duvar, döşeme, kabuk gibi yapı bölümlerini temsil eden sonlu elemanlar,
- ◆ Düğüm noktalarında veya mesnetlerde elastik veya lineer olmayan birleşimler veya yaylar,
 - ◆ Çeşitli tipte mesnetler,

Tanımlanarak sistem modeli oluşturulur. Bu sırada, çeşitli yapı elemanlarının birleştiği düğüm noktaları (joints) program tarafından

otomatik olarak türetilmektedir. Oluşturulan öğelerin (çubuk, sonlu eleman, birleşim, yay ve düğüm noktası) tümüne nesne (object) adı verilmektedir.

Bazı durumlarda ele alınan sistemin önce küçük bir bölümü oluşturulur. Daha sonra SAP2000' in Copy, Paste, Replicate, Mesh sells gibi olanaklarından yararlanılarak sistem tamamlanır.

Bazı özel durumlarda da, sistemin geometrisi Autocad veya Excel yazılımları ile geliştirilip Sap2000' in içine aktarılabilmektedir.

2.1.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

SAP2000 içinde standart olarak, tüm özellikleri ile tanımlanmış olan Beton (conc) ve çelik (steel) malzemeleri mevcuttur. İstenirse bu malzeme türlerine ait özelliklerin bazıları veya tümü değiştirilebileceği gibi, yeni malzeme türleri de tanımlanıp kullanılabilir. Seçilen veya tanımlanan malzeme türleri, kesit tanımlaması sırasında kullanılmaktadır.

2.1.3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması

Çeşitli kesit tipleri ayrı kütükler içinde verilmiş bulunmaktadır. Özellikle çelik yapılarda bu kesit tipleri, doğrudan doğruya veya bazı özellikleri değiştirilerek kullanılabilmesi gibi, istenilen türde kesit tanımlamak için pek çok seçenek vardır. Seçilen veya tanımlanan kesitler sistem elemanlarına atanmaktadır.

2.1.4. Yüklerin Tanımlanması

Tekil, düzgün yaylı, üçgen ve yamuk yaylı yüklerle, sıcaklık değişmeleri tanımlanıp düğüm noktalarına, çubuklara veya sonlu elemanlara atanabilmektedirler.

Ayrıca, kütle ve spektrum diyagramları tanımlandıktan sonra, Mod Birleştirme Yöntemi ile Dinamik Hesapta yapılabilir. Çok sayıda (sabit, hareketli, rüzgâr, deprem v.b.) değişik yükler tanımlanabileceği gibi bunlar çeşitli süper pozisyon katsayıları ile çarpılarak birden fazla yükleme kombinasyonları da oluşturulabilmektedir.

2.1.5. Çözüm (Analiz)

Sistem modelinin malzeme, kesit özellikleri ve yüklemeleri ile birlikte tanımlanması bittikten sonra Çözüm (Analiz) yapılır. Çözüm sonuçları da SAP2000 ekranında görüntülenmektedir. Bu görüntü üzerindeki istenen her türlü ayrıca grntlenebilip incelenebilir. İstenirse, çözüm sonuçları bir dosyaya yazdırılıp orada incelenir veya çıktı alınabilir.

2.1.6. Boyutlandırma

Çözüm işlemi tamamlandıktan sonra, seçilen yönetmeliğin kuralları uygulanarak, çelik veya betonarme elemanların boyutlandırmaları da yapılabilir.

2.2. SAP2000 Genel Menü Düzeni

2.2.1. File Menüsü

Bu menü altındaki komutlar ve alt komutlar yardımıyla yeni çalışma başlatma, dosya kayıt işlemleri, çalışmanın başka ortamlara aktarılması veya başka ortamlardan bilgi aktarımı, çıktı alma gibi işlemler gerçekleştirilir.

2.2.2. Edit Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistem elemanlarının düzenlenmesi, kopyalanması, çoğaltılması, silinmesi, yeniden adlandırılması gibi işlemler yapılabilir.

2.2.3. View Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistem görünümü ve bakış açılarını düzenleme işlemleri gerçekleştirilir.

2.2.4. Define Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistemi oluşturan elemanların özellikleri, yüklemeler, yük kombinezonları v.b. tanımlanabilir.

2.2.5. Draw Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistemi oluşturan elemanların çizilmesi, yardımcı çizgilerin ve çizim araçlarının düzenlenmesi v.b. işlemler yapılabilir.

2.2.6. Select Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistem modelini oluşturma arasındaki seçim işlemleri yapılabilir.

2.2.7. Assign Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistem elemanlarına kesit özellikleri ve yüklemeler atanarak gruplama işlemleri yapılır.

2.2.8. Analize Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistemin çözümü (Analizi) yapılır.

2.2.9. Display Menüsü

Bu menüdeki komutlar ile sistemin şekil değiştirmiş durumu, yüklemeler, mod şekilleri gibi çeşitli durumlardaki görünümü elde edilebilir.

2.2.10. Design Menüsü

SAP2000 ile elik veya betonarme boyutlandırma yapmak için bu menü kullanıla bilir.

2.2.11. Options Menüsü

Model görüntü ayarlarının yapıldığı menüdür.

2.2.12. Help Menüsü

Programla ilgili yardım bilgilerinin bulunduğu menüdür.

2.2.13. Yöntem Ve örneklerin zeti

SAP2000 ile bulunan sonuçlar, elle hesaplanmış sonuçlar, teorik veya yayınlanmış sonuçlar veya diğeri yapı / sonlu eleman programlarından elde edilen sonuçlar gibi bağımsız kaynaklarla karşılaştırılmıştır.

SAP2000 sonuçlarının doğruluğunu ve geçerliliğini teyid etmek için test problemleri, Windows XP işletim sistemi altında çalışmakta olan Pentium III işlemci ve 512 MB RAM'e sahip bir PC ortamında çalıştırılmıştır.

2.2.14.KABUL EDİLEBİLİRLİK KRİTERİ

Sap2000'in doğrulama örnek sonuçlarının bağımsız sonuçlarla karşılaştırması, tipik olarak aşağıdaki üç yoldan biri halinde karakterize edilmiştir.

- Tam: SAP2000 sonuçları ile bağımsız sonuçlar arasında, tipik SAP2000 sonucu ile bağımsız sonucun doğruluğu çerçevesinde bir fark yoktur.
- Kabul Edilebilir: Kuvvet, moment ve yer değiştirme değerleri için SAP2000 sonuçları ile bağımsız sonuçlar arasındaki fark yüzde beşi (%5) aşmamaktadır. İç kuvvet ve gerilme değerleri için SAP2000 sonuçları ile bağımsız sonuçlar arasındaki fark yüzde onu (%10) aşmamaktadır. Deneysel değerler için SAP2000 sonuçları ile bağımsız sonuçlar arasındaki fark yüzde yirmi beşi (%25) aşmamaktadır.
- Kabul Edilemez: Kuvvet, moment ve yer değiştirme değerleri için SAP2000 sonuçları ile bağımsız sonuçlar arasındaki fark yüzde beşi (%5) aşmaktadır. İç kuvvet ve gerilme değerleri için SAP2000 sonuçları ile bağımsız sonuçlar arasındaki fark yüzde onu (%10) aşmaktadır. Deneysel değerler için SAP2000 sonuçları ile bağımsız sonuçlar arasındaki fark yüzde yirmi beşi (%25) aşmaktadır.

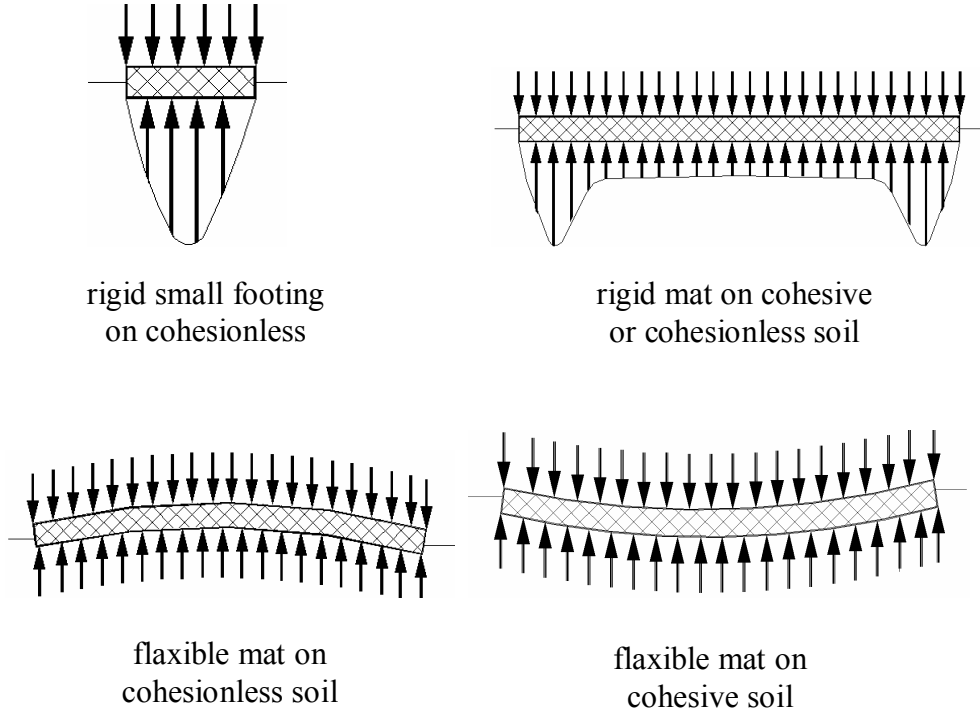
Sonuçlar arasındaki yüzde fark tipik olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Yüzde Fark} = 100 \left(\frac{\text{SAP2000 Sonucu}}{\text{Bağımsız Sonuç}} - 1 \right)$$

2.3. Elastik Zemin-Yapı Etkileşimi

Yapı sistemlerinin önemli bir parçası olan temellerin hesabı, temel altındaki zeminin fiziksel özelliklerinin belirsizliğinden dolayı, inşaat mühendisliğinin karmaşık problemlerinden birisidir. Uygulamada, temel sistemlerinin çözümleri genelde temel altındaki zeminin fiziksel özelliklerini dikkate almayan basit yaklaşık yöntemlerle yapılmaktadır. Oysa temel hesaplamalarında temel altındaki zeminin fiziksel özelliklerini ve temel ile birlikte üst yapı rijitliğini de dikkate alan hesap yöntemlerinin kullanılması durumunda, temel sistemleri daha güvenli ve ekonomik olacaktır.

Elastik zemin üzerine oturan sonlu-sonsuz kirişlerin davranış biçimleri, kirişin rijitliği ve zeminin etkisi Şekil.1 deki gibidir.



Şekil.2.1 Elastik zemin üzerine oturan sonlu-sonsuz kirişlerin davranış biçimleri

Yatak katsayısının değeri birçok etkene, özellikle zeminin elastik özelliklerine ve yüklü alanın boyutlarına bağlıdır. Bu faktörlerin etkisi ve uygulamada yatak katsayısının sayısal değerinin ne alınabileceği konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Yatak Katsayısı kavramı uygulamalı mekaniğe önce Winkler tarafından getirilmiştir. Winkler Yöntemi zemin ile temel arasındaki etkileşimi dikkate alarak geliştirilmiştir. Yöntemin bir boyutlu çözümü bazen Elastik Zemine Oturan Kiriş teorisi olarak da anılır. Zemin yayları, temeldeki yüklerin dağılımına ve yanal etkilere bağlı olarak birbirleri ile etkileşimli davranır bunun modellenmesi ise Winkler yönteminde oldukça

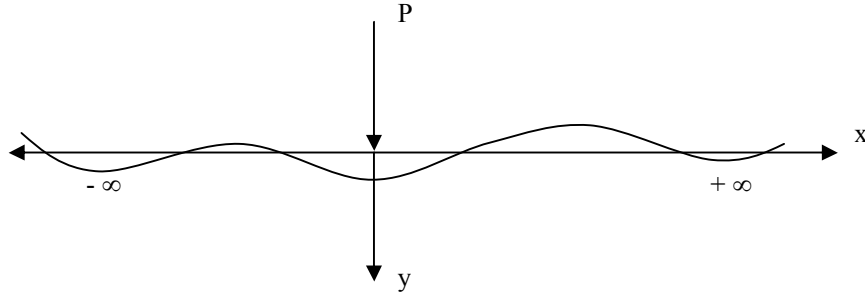
zordur. Kiriş altında, zeminin doğal karakteri nedeniyle esasen yay katsayıları farklı değerlerde olabilir. Winkler yöntemi bu zeminin bu parametrelerini sınırlar. Zemin-Yapı etkileşimindeki belirsizlikler nedeniyle uygulanması rijit çözümlere oranla daha çok dikkat ve araştırma gerektirir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Statik Tekil Yükle Yüklü Kiriş

3.1.1. Homojen Zemine Oturan Sonsuz Kiriş

Çekme ve basınçta aynı davranışı gösteren, elastik zemine oturan. El eğilme rijitlikli kirişin (Şekil 3.1) elastik eğrisinin yönetici denklemi aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.1 Tekil yükle yüklü, elastik zemin üzerine oturan. El eğilme rijitlikli sonsuz kiriş.

$$EI * (d^4Y/dx^4) + kY = 0$$

Aşağıdaki boyutsuzluk yapılırsa

$$\beta^4 = 4EI / k \quad , \quad \alpha = x / \beta \quad , \quad \Gamma = L / \beta \quad (2)$$

Γ , kirişin yarı uzunluğunun Karakteristik değeri α , boyutsuz karakteristik uzunluk ve β , boyutsuzlaştırma katsayısı olup, boyutsuz büyüklükler cinsinden elastik eğrinin yönetici denklemi aşağıdaki gibi olur.

$$D^4y / d\alpha^4 + 4y = 0 \quad (2.3)$$

(3) diferansiyel denkleminin genel integral ifadesi şöyledir.

$$y\alpha^* (A*\sin\alpha+B*\cos\alpha) + e^{-\alpha}(C*\sin\alpha+D*\cos\alpha) \quad (2.4)$$

Bilinmeyenler; A,B,C,D integrasyon sabitleridir.

$\alpha = 0$ noktasından P tekil yükü ile yüklü sonsuz kiriş için sınır koşulları aşağıdaki gibidir.

$$y \Big|_{\alpha=\infty} = 0 \quad \text{ise} \quad A=0 \text{ ve } B=0 \text{ olur}$$

$$y \Big|_{\alpha=0} = 0 \quad \text{ise} \quad -D + C = 0$$

$$-EI.y''' \Big|_{\alpha=0} = -P/2 \quad \text{ise} \quad C = \frac{P*\beta^3}{8*EI} = \frac{P}{2*\beta*k} \quad (2.5)$$

$$y = C*e^{-\alpha}*(\sin\alpha - \cos\alpha)$$

Elastik eğrinin yatay eksenini kestiği noktaları bulmak için (2.6) denklemini sıfıra eşitlenir.

$$\alpha + \pi/4 = n * \pi \text{ veya } \alpha = n\pi - \pi/4, \quad [n=1,2,3,\dots] \quad (2.7)$$

Tablo 2.1 n değerleri için α_1 değerleri

n	1	2	3	4	...
α_1	$3\pi/4$	$7\pi/4$	$11\pi/4$	$15\pi/4$...

P yükünün yönü yukarı doğru olursa, zemin homojen olduğu için α_1 değerleri değişmez. Aşağı doğru yüklemekten farklı olarak, başlangıç sınır koşulu ($\alpha_1=0$) – $EI \cdot y_1''' = P/2$ yazıldığında y_1 değerleri işaret değiştirir.

SAP2000 Sonuçları,

Table: Element Forces – Frames

Frame	Station	CaseType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	KN	KN-cm	Text	cm
2	0,000	LinStatic	8,349	0,00	1	0,000
2	50,000	LinStatic	8,349	-417,43	1	50,000
3	0,000	LinStatic	21,535	-417,43	2	0,000
3	50,000	LinStatic	21,535	-1494,16	2	50,000
4	0,000	LinStatic	31,199	-1494,16	3	0,000
4	50,000	LinStatic	31,199	-3054,09	3	50,000
5	0,000	LinStatic	37,306	-3054,09	4	0,000
5	50,000	LinStatic	37,306	-4919,39	4	50,000
6	0,000	LinStatic	39,789	-4919,39	5	0,000
6	50,000	LinStatic	39,789	-6908,86	5	50,000
7	0,000	LinStatic	38,542	-6908,86	6	0,000
7	50,000	LinStatic	38,542	-8835,94	6	50,000
8	0,000	LinStatic	33,413	-8835,94	7	0,000
8	50,000	LinStatic	33,413	-10506,58	7	50,000
9	0,000	LinStatic	24,212	-10506,58	8	0,000
9	50,000	LinStatic	24,212	-11717,18	8	50,000
10	0,000	LinStatic	10,713	-11717,18	9	0,000
10	50,000	LinStatic	10,713	-12252,81	9	50,000
11	0,000	LinStatic	-7,337	-12252,81	10	0,000
11	50,000	LinStatic	-7,337	-11885,95	10	50,000
12	0,000	LinStatic	-30,201	-11885,95	11	0,000
12	50,000	LinStatic	-30,201	-10375,92	11	50,000
13	0,000	LinStatic	-58,131	-10375,92	12	0,000
13	50,000	LinStatic	-58,131	-7469,35	12	50,000
14	0,000	LinStatic	-91,350	-7469,35	13	0,000
14	50,000	LinStatic	-91,350	-2901,86	13	50,000
15	0,000	LinStatic	-130,012	-2901,86	14	0,000
15	50,000	LinStatic	-130,012	3598,75	14	50,000
16	0,000	LinStatic	-174,174	3598,75	15	0,000
16	50,000	LinStatic	-174,174	12307,47	15	50,000
17	0,000	LinStatic	-223,751	12307,47	16	0,000
17	50,000	LinStatic	-223,751	23495,00	16	50,000
18	0,000	LinStatic	-278,464	23495,00	17	0,000
18	50,000	LinStatic	-278,464	37418,20	17	50,000
19	0,000	LinStatic	-337,795	37418,20	18	0,000
19	50,000	LinStatic	-337,795	54307,95	18	50,000
20	0,000	LinStatic	-400,920	54307,95	19	0,000
20	50,000	LinStatic	-400,920	74353,95	19	50,000
21	0,000	LinStatic	-466,648	74353,95	20	0,000
21	50,000	LinStatic	-466,648	97686,34	20	50,000
22	0,000	LinStatic	466,648	97686,34	21	0,000
22	50,000	LinStatic	466,648	74353,95	21	50,000
23	0,000	LinStatic	400,920	74353,95	22	0,000
23	50,000	LinStatic	400,920	54307,95	22	50,000

Frame	Station	CaseType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	KN	KN-cm	Text	cm
24	0,000	LinStatic	337,795	54307,95	23	0,000
24	50,000	LinStatic	337,795	37418,20	23	50,000
25	0,000	LinStatic	278,464	37418,20	24	0,000
25	50,000	LinStatic	278,464	23495,00	24	50,000
26	0,000	LinStatic	223,751	23495,00	25	0,000
26	50,000	LinStatic	223,751	12307,47	25	50,000
27	0,000	LinStatic	174,174	12307,47	26	0,000
27	50,000	LinStatic	174,174	3598,75	26	50,000
28	0,000	LinStatic	130,012	3598,75	27	0,000
28	50,000	LinStatic	130,012	-2901,86	27	50,000
29	0,000	LinStatic	91,350	-2901,86	28	0,000
29	50,000	LinStatic	91,350	-7469,35	28	50,000
30	0,000	LinStatic	58,131	-7469,35	29	0,000
30	50,000	LinStatic	58,131	-10375,92	29	50,000
31	0,000	LinStatic	30,201	-10375,92	30	0,000
31	50,000	LinStatic	30,201	-11885,95	30	50,000
32	0,000	LinStatic	7,337	-11885,95	31	0,000
32	50,000	LinStatic	7,337	-12252,81	31	50,000
33	0,000	LinStatic	-10,713	-12252,81	32	0,000
33	50,000	LinStatic	-10,713	-11717,18	32	50,000
34	0,000	LinStatic	-24,212	-11717,18	33	0,000
34	50,000	LinStatic	-24,212	-10506,58	33	50,000
35	0,000	LinStatic	-33,413	-10506,58	34	0,000
35	50,000	LinStatic	-33,413	-8835,94	34	50,000
36	0,000	LinStatic	-38,542	-8835,94	35	0,000
36	50,000	LinStatic	-38,542	-6908,86	35	50,000
37	0,000	LinStatic	-39,789	-6908,86	36	0,000
37	50,000	LinStatic	-39,789	-4919,39	36	50,000
38	0,000	LinStatic	-37,306	-4919,39	37	0,000
38	50,000	LinStatic	-37,306	-3054,09	37	50,000
39	0,000	LinStatic	-31,199	-3054,09	38	0,000
39	50,000	LinStatic	-31,199	-1494,16	38	50,000
40	0,000	LinStatic	-21,535	-1494,16	39	0,000
40	50,000	LinStatic	-21,535	-417,43	39	50,000
41	0,000	LinStatic	-8,349	-417,43	40	0,000
41	50,000	LinStatic	-8,349	1,030E-09	40	50,000

Table: Element Joint Forces - Frames

Frame	Joint	CaseType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
2	1	LinStatic	-8,349	1,025E-10	1
2	3	LinStatic	8,349	417,43	1
3	3	LinStatic	-21,535	-417,43	2
3	4	LinStatic	21,535	1494,16	2
4	4	LinStatic	-31,199	-1494,16	3
4	5	LinStatic	31,199	3054,09	3
5	5	LinStatic	-37,306	-3054,09	4
5	6	LinStatic	37,306	4919,39	4
6	6	LinStatic	-39,789	-4919,39	5
6	7	LinStatic	39,789	6908,86	5
7	7	LinStatic	-38,542	-6908,86	6
7	8	LinStatic	38,542	8835,94	6
8	8	LinStatic	-33,413	-8835,94	7
8	9	LinStatic	33,413	10506,58	7

Frame	Joint	CaseType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
9	9	LinStatic	-24,212	-10506,58	8
9	10	LinStatic	24,212	11717,18	8
10	10	LinStatic	-10,713	-11717,18	9
10	11	LinStatic	10,713	12252,81	9
11	11	LinStatic	7,337	-12252,81	10
11	12	LinStatic	-7,337	11885,95	10
12	12	LinStatic	30,201	-11885,95	11
12	13	LinStatic	-30,201	10375,92	11
13	13	LinStatic	58,131	-10375,92	12
13	14	LinStatic	-58,131	7469,35	12
14	14	LinStatic	91,350	-7469,35	13
14	15	LinStatic	-91,350	2901,86	13
15	15	LinStatic	130,012	-2901,86	14
15	16	LinStatic	-130,012	-3598,75	14
16	16	LinStatic	174,174	3598,75	15
16	17	LinStatic	-174,174	-12307,47	15
17	17	LinStatic	223,751	12307,47	16
17	18	LinStatic	-223,751	-23495,00	16
18	18	LinStatic	278,464	23495,00	17
18	19	LinStatic	-278,464	-37418,20	17
19	19	LinStatic	337,795	37418,20	18
19	20	LinStatic	-337,795	-54307,95	18
20	20	LinStatic	400,920	54307,95	19
20	21	LinStatic	-400,920	-74353,95	19
21	21	LinStatic	466,648	74353,95	20
21	22	LinStatic	-466,648	-97686,34	20
22	22	LinStatic	-466,648	97686,34	21
22	23	LinStatic	466,648	-74353,95	21
23	23	LinStatic	-400,920	74353,95	22
23	24	LinStatic	400,920	-54307,95	22
24	24	LinStatic	-337,795	54307,95	23
24	25	LinStatic	337,795	-37418,20	23
25	25	LinStatic	-278,464	37418,20	24
25	26	LinStatic	278,464	-23495,00	24
26	26	LinStatic	-223,751	23495,00	25
26	27	LinStatic	223,751	-12307,47	25
27	27	LinStatic	-174,174	12307,47	26
27	28	LinStatic	174,174	-3598,75	26
28	28	LinStatic	-130,012	3598,75	27
28	29	LinStatic	130,012	2901,86	27
29	29	LinStatic	-91,350	-2901,86	28
29	30	LinStatic	91,350	7469,35	28
30	30	LinStatic	-58,131	-7469,35	29
30	31	LinStatic	58,131	10375,92	29
31	31	LinStatic	-30,201	-10375,92	30
31	32	LinStatic	30,201	11885,95	30
32	32	LinStatic	-7,337	-11885,95	31
32	33	LinStatic	7,337	12252,81	31
33	33	LinStatic	10,713	-12252,81	32
33	34	LinStatic	-10,713	11717,18	32
34	34	LinStatic	24,212	-11717,18	33
34	35	LinStatic	-24,212	10506,58	33
35	35	LinStatic	33,413	-10506,58	34
35	36	LinStatic	-33,413	8835,94	34
36	36	LinStatic	38,542	-8835,94	35
36	37	LinStatic	-38,542	6908,86	35
37	37	LinStatic	39,789	-6908,86	36
37	38	LinStatic	-39,789	4919,39	36
38	38	LinStatic	37,306	-4919,39	37

Frame	Joint	CaseType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
38	39	LinStatic	-37,306	3054,09	37
39	39	LinStatic	31,199	-3054,09	38
39	40	LinStatic	-31,199	1494,16	38
40	40	LinStatic	21,535	-1494,16	39
40	41	LinStatic	-21,535	417,43	39
41	41	LinStatic	8,349	-417,43	40
41	2	LinStatic	-8,349	-4,732E-10	40

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 3

SectionName	Material	Shape	t3	t2
Text	Text	Text	cm	cm
KIRIS	CONC	Rectangular	240,0000	240,0000

Table: Frame Spring Assignments

Frame	Dir	Type	Stiffness
Text	Text	Text	KN/cm/cm
2	1	Linear	0,00000
2	3	Linear	0,00000
2	2	Linear	2,40000
3	1	Linear	0,00000
3	3	Linear	0,00000
3	2	Linear	2,40000
4	1	Linear	0,00000
4	3	Linear	0,00000
4	2	Linear	2,40000
5	1	Linear	0,00000
5	3	Linear	0,00000
5	2	Linear	2,40000
6	1	Linear	0,00000
6	3	Linear	0,00000
6	2	Linear	2,40000
7	1	Linear	0,00000
7	3	Linear	0,00000
7	2	Linear	2,40000
8	1	Linear	0,00000
8	3	Linear	0,00000
8	2	Linear	2,40000
9	1	Linear	0,00000
9	3	Linear	0,00000
9	2	Linear	2,40000
10	1	Linear	0,00000
10	3	Linear	0,00000
10	2	Linear	2,40000
11	1	Linear	0,00000
11	3	Linear	0,00000
11	2	Linear	2,40000
12	1	Linear	0,00000
12	3	Linear	0,00000
12	2	Linear	2,40000
13	1	Linear	0,00000

Frame	Dir	Type	Stiffness
Text	Text	Text	KN/cm/cm
13	3	Linear	0,00000
13	2	Linear	2,40000
14	1	Linear	0,00000
14	3	Linear	0,00000
14	2	Linear	2,40000
15	1	Linear	0,00000
15	3	Linear	0,00000
15	2	Linear	2,40000
16	1	Linear	0,00000
16	3	Linear	0,00000
16	2	Linear	2,40000
17	1	Linear	0,00000
17	3	Linear	0,00000
17	2	Linear	2,40000
18	1	Linear	0,00000
18	3	Linear	0,00000
18	2	Linear	2,40000
19	1	Linear	0,00000
19	3	Linear	0,00000
19	2	Linear	2,40000
20	1	Linear	0,00000
20	3	Linear	0,00000
20	2	Linear	2,40000
21	1	Linear	0,00000
21	3	Linear	0,00000
21	2	Linear	2,40000
22	1	Linear	0,00000
22	3	Linear	0,00000
22	2	Linear	2,40000
23	1	Linear	0,00000
23	3	Linear	0,00000
23	2	Linear	2,40000
24	1	Linear	0,00000
24	3	Linear	0,00000
24	2	Linear	2,40000
25	1	Linear	0,00000
25	3	Linear	0,00000
25	2	Linear	2,40000
26	1	Linear	0,00000
26	3	Linear	0,00000
26	2	Linear	2,40000
27	1	Linear	0,00000
27	3	Linear	0,00000
27	2	Linear	2,40000
28	1	Linear	0,00000
28	3	Linear	0,00000
28	2	Linear	2,40000
29	1	Linear	0,00000
29	3	Linear	0,00000
29	2	Linear	2,40000
30	1	Linear	0,00000
30	3	Linear	0,00000
30	2	Linear	2,40000
31	1	Linear	0,00000
31	3	Linear	0,00000
31	2	Linear	2,40000
32	1	Linear	0,00000
32	3	Linear	0,00000
32	2	Linear	2,40000

Frame	Dir	Type	Stiffness
Text	Text	Text	KN/cm/cm
33	1	Linear	0,00000
33	3	Linear	0,00000
33	2	Linear	2,40000
34	1	Linear	0,00000
34	3	Linear	0,00000
34	2	Linear	2,40000
35	1	Linear	0,00000
35	3	Linear	0,00000
35	2	Linear	2,40000
36	1	Linear	0,00000
36	3	Linear	0,00000
36	2	Linear	2,40000
37	1	Linear	0,00000
37	3	Linear	0,00000
37	2	Linear	2,40000
38	1	Linear	0,00000
38	3	Linear	0,00000
38	2	Linear	2,40000
39	1	Linear	0,00000
39	3	Linear	0,00000
39	2	Linear	2,40000
40	1	Linear	0,00000
40	3	Linear	0,00000
40	2	Linear	2,40000
41	1	Linear	0,00000
41	3	Linear	0,00000
41	2	Linear	2,40000

Table: Joint Loads - Force

Joint	LoadCase	CoordSys	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
22	1	GLOBAL	0,000	0,000	-1000,000

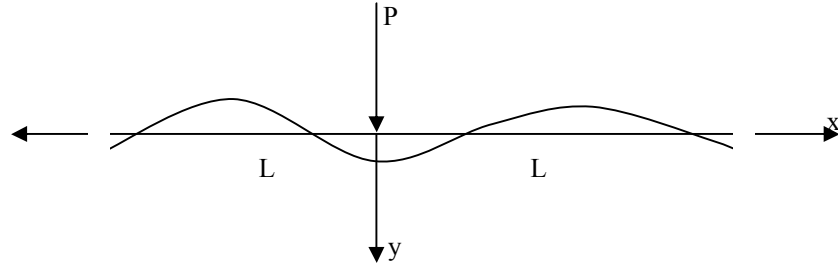
Table: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F3
Text	Text	Text	KN
1	1	LinStatic	-8,349
2	1	LinStatic	-8,349
3	1	LinStatic	-13,186
4	1	LinStatic	-9,664
5	1	LinStatic	-6,107
6	1	LinStatic	-2,483
7	1	LinStatic	1,248
8	1	LinStatic	5,129
9	1	LinStatic	9,201
10	1	LinStatic	13,499
11	1	LinStatic	18,050
12	1	LinStatic	22,863

Joint	OutputCase	CaseType	F3
Text	Text	Text	KN
13	1	LinStatic	27,931
14	1	LinStatic	33,218
15	1	LinStatic	38,662
16	1	LinStatic	44,162
17	1	LinStatic	49,576
18	1	LinStatic	54,714
19	1	LinStatic	59,331
20	1	LinStatic	63,125
21	1	LinStatic	65,728
22	1	LinStatic	66,704
23	1	LinStatic	65,728
24	1	LinStatic	63,125
25	1	LinStatic	59,331
26	1	LinStatic	54,714
27	1	LinStatic	49,576
28	1	LinStatic	44,162
29	1	LinStatic	38,662
30	1	LinStatic	33,218
31	1	LinStatic	27,931
32	1	LinStatic	22,863
33	1	LinStatic	18,050
34	1	LinStatic	13,499
35	1	LinStatic	9,201
36	1	LinStatic	5,129
37	1	LinStatic	1,248
38	1	LinStatic	-2,483
39	1	LinStatic	-6,107
40	1	LinStatic	-9,664
41	1	LinStatic	-13,186

3.1.2. Homojen Zemine Oturan Sonlu Kiriş

Çekme ve basınçta aynı gerilmeleri aktaran, elastik semin (işerinde oturan, EI eğilme rijitlikli, $2.L$ boyunda, ortasından tekil P yükü ile yüklü sonlu kirişe ait (şekil 2.2) yönetici denklem sonsuz kiriştekinin aynısıdır. Ortasından tekil yüküyle yüklenmesi halinde sınır şartları şöyledir.



Şekil 3.2 Ortasından tekil yüküyle yüklü, elastik zemin üzerine oturan. EI eğilme rijitlikli sonlu kiriş,

Simetriklik şartı kullanılırsa;

$$y' \Big|_{\alpha=0} = 0 \text{ ise} \quad A+B+C - D = 0 \quad (2.8)$$

$$-EI.y''' \Big|_{\alpha=0} = -P/2 \text{ ise} \quad A - B + C + D = P*\beta^3/(4*EI) \quad (2.9)$$

$$PP=P/(\beta*k) \quad \text{ve} \quad PP=1 \quad \text{ise} \quad (2.10)$$

$$A+C=1/2 \quad \text{ve} \quad B-D = -1/2 \quad \text{olur.} \quad (2.11)$$

Kirişin uç ($\Gamma=L/\beta$) noktasında kesme kuvveti ve eğilme moment değerleri sıfır olduğundan;

$$-EI.y'' \Big|_{\alpha = \Gamma} = 0 \quad , \quad -EI.y''' \Big|_{\alpha = \Gamma} = 0 \quad (2.12)$$

(2, 12) denklemleri matris formunda yazılırsa;

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix}$$

$$a_{11} = (e^{2\Gamma} + 1) * \cos\Gamma - (e^{2\Gamma} + 1) * \sin\Gamma$$

$$a_{21} = (e^{2\Gamma} + 1) * \cos\Gamma \quad , \quad a_{22} = (1 - e^{2\Gamma}) * \sin\Gamma$$

$$b_{11} = -1\cos\Gamma \quad , \quad b_{21} = 0,5 * \cos\Gamma - \sin\Gamma$$

(2.13) matrisinin çözümü yapıldığında;

$$\delta = 2 * e^{2\Gamma} * \sin(2\Gamma) + e^{4\Gamma} - 1$$

$$\delta_1 = 0.5 * [e^{2\Gamma} * (\cos 2\Gamma - \sin 2\Gamma) - 1]$$

$$\delta_2 = 0.5 * [e^{2\Gamma} * (\cos 2\Gamma - \sin 2\Gamma) + 2 * e^{2\Gamma} + 1]$$

$$(2.14)$$

$$A = \delta_1 / \delta \quad \text{ve} \quad B = \delta_2 / \delta$$

(2.11) denklemlerinde de;

$$C = 1/2 - A \quad \text{ve} \quad D = B + 1/2$$

Böylece integrasyon katsayıları hesaplanmış olur.

Geriye dönüş ile de kirişin istenilen x mesafesindeki yer değıştirmesi hesaplanır.

P yükünün yönü yukarı doğru olursa, zemin homojen olduğu için α_1 değerleri değışmez. Aşğı doğru yüklemekten farklı olarak, başlangıç sınır koşulu $-EI \cdot y_1'''$ yazıldığında y_1 değerleri işaret değıştirir.

SAP2000 Sonuçları,

Table: Element Forces – Frames

Frame Text	Station cm	CaseType Text	V2 KN	M3 KN-cm	FrameElem Text	ElemStation cm
1	0,000	LinStatic	-10,099	0,00	1	0,000
1	50,000	LinStatic	-10,099	504,95	1	50,000
2	0,000	LinStatic	-36,829	504,95	2	0,000
2	50,000	LinStatic	-36,829	2346,38	2	50,000
3	0,000	LinStatic	-70,074	2346,38	3	0,000
3	50,000	LinStatic	-70,074	5850,07	3	50,000
4	0,000	LinStatic	-109,778	5850,07	4	0,000
4	50,000	LinStatic	-109,778	11338,96	4	50,000
5	0,000	LinStatic	-155,806	11338,96	5	0,000
5	50,000	LinStatic	-155,806	19129,26	5	50,000
6	0,000	LinStatic	-207,904	19129,26	6	0,000
6	50,000	LinStatic	-207,904	29524,48	6	50,000
7	0,000	LinStatic	-265,648	29524,48	7	0,000
7	50,000	LinStatic	-265,648	42806,85	7	50,000
8	0,000	LinStatic	-328,384	42806,85	8	0,000
8	50,000	LinStatic	-328,384	59226,06	8	50,000
9	0,000	LinStatic	-395,173	59226,06	9	0,000
9	50,000	LinStatic	-395,173	78984,71	9	50,000
10	0,000	LinStatic	-464,716	78984,71	10	0,000
10	50,000	LinStatic	-464,716	102220,49	10	50,000
11	0,000	LinStatic	464,716	102220,49	11	0,000
11	50,000	LinStatic	464,716	78984,71	11	50,000
12	0,000	LinStatic	395,173	78984,71	12	0,000
12	50,000	LinStatic	395,173	59226,06	12	50,000
13	0,000	LinStatic	328,384	59226,06	13	0,000
13	50,000	LinStatic	328,384	42806,85	13	50,000
14	0,000	LinStatic	265,648	42806,85	14	0,000
14	50,000	LinStatic	265,648	29524,48	14	50,000
15	0,000	LinStatic	207,904	29524,48	15	0,000
15	50,000	LinStatic	207,904	19129,26	15	50,000
16	0,000	LinStatic	155,806	19129,26	16	0,000
16	50,000	LinStatic	155,806	11338,96	16	50,000
17	0,000	LinStatic	109,778	11338,96	17	0,000
17	50,000	LinStatic	109,778	5850,07	17	50,000
18	0,000	LinStatic	70,074	5850,07	18	0,000
18	50,000	LinStatic	70,074	2346,38	18	50,000
19	0,000	LinStatic	36,829	2346,38	19	0,000
19	50,000	LinStatic	36,829	504,95	19	50,000
20	0,000	LinStatic	10,099	504,95	20	0,000
20	50,000	LinStatic	10,099	5,315E-10	20	50,000

Table: Element Joint Forces – Frames

Frame Text	Joint Text	CaseType Text	F3 KN	M2 KN-cm	FrameElem Text
1	1	LinStatic	10,099	-3,006E-10	1
1	2	LinStatic	-10,099	-504,95	1
2	2	LinStatic	36,829	504,95	2
2	3	LinStatic	-36,829	-2346,38	2
3	3	LinStatic	70,074	2346,38	3
3	4	LinStatic	-70,074	-5850,07	3
4	4	LinStatic	109,778	5850,07	4
4	5	LinStatic	-109,778	-11338,96	4
5	5	LinStatic	155,806	11338,96	5
5	6	LinStatic	-155,806	-19129,26	5
6	6	LinStatic	207,904	19129,26	6
6	7	LinStatic	-207,904	-29524,48	6
7	7	LinStatic	265,648	29524,48	7
7	8	LinStatic	-265,648	-42806,85	7
8	8	LinStatic	328,384	42806,85	8
8	9	LinStatic	-328,384	-59226,06	8
9	9	LinStatic	395,173	59226,06	9
9	10	LinStatic	-395,173	-78984,71	9
10	10	LinStatic	464,716	78984,71	10
10	11	LinStatic	-464,716	-102220,49	10
11	11	LinStatic	-464,716	102220,49	11
11	12	LinStatic	464,716	-78984,71	11
12	12	LinStatic	-395,173	78984,71	12
12	13	LinStatic	395,173	-59226,06	12
13	13	LinStatic	-328,384	59226,06	13
13	14	LinStatic	328,384	-42806,85	13
14	14	LinStatic	-265,648	42806,85	14
14	15	LinStatic	265,648	-29524,48	14
15	15	LinStatic	-207,904	29524,48	15
15	16	LinStatic	207,904	-19129,26	15
16	16	LinStatic	-155,806	19129,26	16
16	17	LinStatic	155,806	-11338,96	16
17	17	LinStatic	-109,778	11338,96	17
17	18	LinStatic	109,778	-5850,07	17
18	18	LinStatic	-70,074	5850,07	18
18	19	LinStatic	70,074	-2346,38	18
19	19	LinStatic	-36,829	2346,38	19
19	20	LinStatic	36,829	-504,95	19
20	20	LinStatic	-10,099	504,95	20
20	21	LinStatic	10,099	6,072E-10	20

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 3

SectionName Text	Material Text	Shape Text	t3 cm	t2 cm
KIRIS	CONC	Rectangular	240,000	240,000

Table: Frame Spring Assignments

Frame	Dir	Type	Stiffness
Text	Text	Text	KN/cm/cm
1	1	Linear	0,00000
1	3	Linear	0,00000
1	2	Linear	2,40000
2	1	Linear	0,00000
2	3	Linear	0,00000
2	2	Linear	2,40000
3	1	Linear	0,00000
3	3	Linear	0,00000
3	2	Linear	2,40000
4	1	Linear	0,00000
4	3	Linear	0,00000
4	2	Linear	2,40000
5	1	Linear	0,00000
5	3	Linear	0,00000
5	2	Linear	2,40000
6	1	Linear	0,00000
6	3	Linear	0,00000
6	2	Linear	2,40000
7	1	Linear	0,00000
7	3	Linear	0,00000
7	2	Linear	2,40000
8	1	Linear	0,00000
8	3	Linear	0,00000
8	2	Linear	2,40000
9	1	Linear	0,00000
9	3	Linear	0,00000
9	2	Linear	2,40000
10	1	Linear	0,00000
10	3	Linear	0,00000
10	2	Linear	2,40000
11	1	Linear	0,00000
11	3	Linear	0,00000
11	2	Linear	2,40000
12	1	Linear	0,00000
12	3	Linear	0,00000
12	2	Linear	2,40000
15	1	Linear	0,00000
15	3	Linear	0,00000
15	2	Linear	2,40000
16	1	Linear	0,00000
16	3	Linear	0,00000
16	2	Linear	2,40000
17	1	Linear	0,00000
17	3	Linear	0,00000
17	2	Linear	2,40000
18	1	Linear	0,00000
18	3	Linear	0,00000
18	2	Linear	2,40000
19	1	Linear	0,00000
19	3	Linear	0,00000
19	2	Linear	2,40000
20	1	Linear	0,00000
20	3	Linear	0,00000
20	2	Linear	2,40000

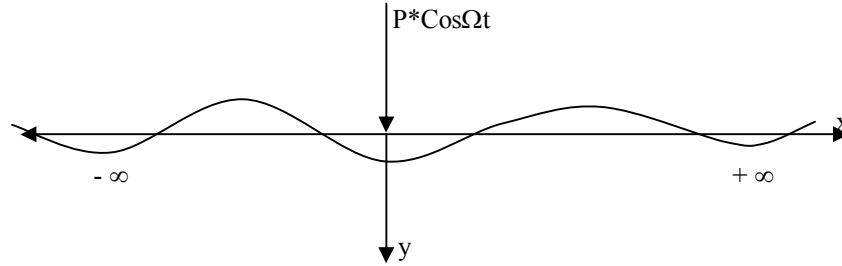
Table: Joint Loads – Force

Joint	LoadCase	CoordSys	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
27	1	GLOBAL	0,000	0,000	-1000,000

3.2. Dinamik Tekil Yükle Yüklü Kiriş

3.2.1. Homojen Zemine Oturan Sonsuz Kiriş

Çekme ve basınç gerilmeleri aynı olan elastik Winkler zemini üzerine oturan, ortasından tekil dinamik yükü $[P \cdot \cos(\Omega \cdot t)]$ ile harmonik olarak yüklü. EI eğilme rijitlikli, sonsuz uzunluktaki elastik kirişin yönetici denklemini aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.3 Noktasal harmonik yüküyle yüklü, elastik zemine oturan el eğilme rijitlikli kiriş.

$$EI \cdot y^{IV} + k \cdot y = - \sigma \cdot A \cdot d^2 y / dt^2 \quad (2.34)$$

ifadesinde, a kirişin özgül Kütlesi, A kirişin kesiti, y kirişin aşağıya doğru pozitif kabul edilen yer değiştirmesi, k çekme ve basınçta eşit olup zemin modülü, $d=y/dt^2$ ise ivme ifadesidir.

$$y = y(x) \cdot \cos \Omega t$$

$$y'' = -\Omega^2 \cdot y \quad (2.35)$$

$$EI \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} + k \cdot y - \sigma \cdot A \cdot \Omega^2 \cdot y = 0$$

$$y^{IV} + \frac{K}{EI} \cdot \left(1 - \Omega^2 \cdot \frac{\sigma \cdot A}{k}\right) \cdot y = 0 \quad (2.36)$$

çözümünden önce aşağıdaki boyutsuzlaştırmalar yapılırsa;

$$\alpha = x / \beta \quad w^2 = k / (\sigma \cdot A)$$

İfadeleri (2.36) denkleminde yerine konulursa;

$$Y^{IV} + \frac{\beta^4 k}{EI} \cdot (1 - \Omega^2 / w^2) \cdot y = 0 \quad (2.37)$$

Burada zorlama kuvvetinin frekansının sistemin tabi frekansına oranlarına bağlı olarak üç değişik durum söz konusudur.

1. Durum: $\Omega = w$ olmasıdır. Rezonans halidir.

$y^{IV} = 0$ olup, çözüm fonksiyonu ise;

$$y = A \cdot \alpha^3 + B \cdot \alpha^2 + C \cdot \alpha + D \quad (2.38)$$

$$y \Big|_{\alpha = \infty} = 0 \quad \text{ise} \quad A=B=C=D=0$$

Bu sonuçtan görülüyor ki P kuvvetini dengeleyici herhangi bir direnç yoktur. Kiriş zemine sonsuz olarak batar.

2. Durum : $\Omega > w$ olması halinde $1 - \Omega^2 / w^2 < 0$ olur.

$$\beta^4 = EI/k \quad \text{ve} \quad \theta^4 = \Omega^2 / w^2 - 1$$

Kirişin elastik eğrisinin yönetici denklemi.

$$y^{IV} - \theta^4 * y = 0 \quad (2.39)$$

Yukarıdaki difaransiyel denklemin genel çözümü şöyle olur.

$$Y_1 = A * \text{sh}\theta\alpha_1 + B * \text{ch}\theta\alpha_1 + C * \text{sin}\theta\alpha_1 + D * \text{cos}\theta\alpha_1 \quad (2.40)$$

Sonsuz kiriş için sınır ve süreklilik koşulları yazılırsa;

$$y \Big|_{\alpha = -\infty} = 0 \quad \text{ise} \quad A=B=0$$

$$y' \Big|_{\alpha = \infty} = 0 \quad \text{ise} \quad C=0 \quad (2.41)$$

Elastik eğrinin denklemi şu şekilde kısalır.

$$y = D * \text{cos}\theta\alpha \quad (2.42)$$

Eğri denkleminin yatay eksenini kestiği noktaları bulmak için yukarıdaki ifadeyi sıfıra eşitlersek ;

$$\alpha = \frac{2n-1}{\theta} \cdot \frac{\pi}{2} \quad \text{ise} \quad (n= 0, 1, 2, 3, \dots)$$

Tablo 2.2 buradaki α 'nin değerleri Ω^2/w^2 ve n değerlerine bağlı olarak verilmiştir.

n	0	1	2	3	...
α	$\pi/(2. \theta)$	$3\pi/(2. \theta)$	$5\pi/(2. \theta)$	$7\pi/(2. \theta)$...

3.Durum : $\Omega < w$ olması halidir.

$$1 - \Omega^2 / w^2 > 0 \quad \text{ve} \quad \theta^4 = 1 - \Omega / w^2 \quad (2.43)$$

Aşağıdaki boyutsuzlaştırma yapılırsa;

$$\beta^4 = 4EI / k \quad , \quad \alpha = x / \beta \quad (2.44)$$

Boyutsuz büyüklükler cinsinden elastik eğrinin yönetici denklemi aşağıdaki gibi olur.

$$D^4y / d\alpha^4 + 4\theta^4 y = 0 \quad (2.45)$$

(2.45) diferansiyel denkleminin genel integral ifadesi şöyledir.

$$y = e^{\theta\alpha} * (A*\sin\theta\alpha + B*\cos\theta\alpha) + e^{-\theta\alpha} * (C*\sin\theta\alpha + D*\cos\theta\alpha) \quad (2.46)$$

Bilinmeyenler, A, B, C, D integrasyon sabitleri ve α parametrisidir.

$\alpha = 0$ noktasından P tekil yükü ile yüklü sonsuz kiriş için sınır koşulları aşağıdaki gibidir.

$$y \Big|_{\alpha = -\infty} = 0 \quad \text{ise} \quad A=0 \text{ ve } B=0 \text{ olur.}$$

$$y' \Big|_{\alpha = \infty} = 0 \quad \text{ise} \quad -D+C=0$$

$$-EI.y''' = -P/2 \quad \text{ise} \quad \frac{P*\beta^3}{8*\theta^3.EI} = \frac{P}{2*\theta^3.\beta*k} \quad (2.47)$$

$$y = C*e^{-\theta\alpha} * (\sin\theta\alpha - \cos\theta\alpha) \quad (2.48)$$

Elastik eğrinin yatay eksenini kestiği noktaları bulmak için (2.6) denklemini sıfıra eşitlenir.

$$\theta \cdot \alpha + \pi / 4 = n \cdot \pi \text{ ise } \theta \cdot \alpha = n\pi - \pi / 4 , [n=1, 2, 3, \dots] \quad (2.49)$$

Tablo 2.3 n değerleri için α_1 değerleri şöyledir.

n	0	1	2	3	...
α_1	$3\pi/(4 \cdot \theta)$	$7\pi/(4 \cdot \theta)$	$11\pi/(4 \cdot \theta)$	$15\pi/(4 \cdot \theta)$...

Bu üç durumda da P yükünün yönü yukarı doğru olursa, zemin homogen olduğu için α_1 değerleri değişmez. Aşağı doğru yüklemekten farklı olarak, başlangıç sınır koşulu

$$(\alpha_1 = 0) - EI \cdot y_1 = P/2 \text{ yazıldığında } y_1 \text{ değerleri işaret değiştirir.}$$

SAP2000 Sonuçları,

Table: Element Forces – Frames

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
2	0,000	dinamik	Max	8,622	1,398E-09	1	0,000
2	50,000	dinamik	Max	8,622	438,73	1	50,000
2	100,000	dinamik	Max	8,622	877,45	1	100,000
2	0,000	dinamik	Min	-8,775	-5,755E-10	1	0,000
2	50,000	dinamik	Min	-8,775	-431,08	1	50,000
2	100,000	dinamik	Min	-8,775	-862,16	1	100,000
3	0,000	dinamik	Max	14,678	877,45	2	0,000
3	50,000	dinamik	Max	14,678	1602,76	2	50,000
3	100,000	dinamik	Max	14,678	2328,07	2	100,000
3	0,000	dinamik	Min	-14,506	-862,16	2	0,000
3	50,000	dinamik	Min	-14,506	-1596,04	2	50,000
3	100,000	dinamik	Min	-14,506	-2329,91	2	100,000
4	0,000	dinamik	Max	14,103	2328,07	3	0,000
4	50,000	dinamik	Max	14,103	2885,26	3	50,000
4	100,000	dinamik	Max	14,103	3657,26	3	100,000
4	0,000	dinamik	Min	-15,877	-2329,91	3	0,000
4	50,000	dinamik	Min	-15,877	-2930,47	3	50,000
4	100,000	dinamik	Min	-15,877	-3531,02	3	100,000
5	0,000	dinamik	Max	10,840	3657,26	4	0,000
5	50,000	dinamik	Max	10,840	4293,66	4	50,000
5	100,000	dinamik	Max	10,840	4930,07	4	100,000
5	0,000	dinamik	Min	-12,728	-3531,02	4	0,000
5	50,000	dinamik	Min	-12,728	-3852,73	4	50,000
5	100,000	dinamik	Min	-12,728	-4380,61	4	100,000
6	0,000	dinamik	Max	11,056	4930,07	5	0,000
6	50,000	dinamik	Max	11,056	5245,99	5	50,000
6	100,000	dinamik	Max	11,056	5561,92	5	100,000
6	0,000	dinamik	Min	-10,736	-4380,61	5	0,000
6	50,000	dinamik	Min	-10,736	-4577,64	5	50,000
6	100,000	dinamik	Min	-10,736	-4774,67	5	100,000
7	0,000	dinamik	Max	11,515	5561,92	6	0,000
7	50,000	dinamik	Max	11,515	5488,69	6	50,000
7	100,000	dinamik	Max	11,515	5415,45	6	100,000
7	0,000	dinamik	Min	-12,915	-4774,67	6	0,000
7	50,000	dinamik	Min	-12,915	-4577,09	6	50,000

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
7	100,000	dinamik	Min	-12,915	-4638,79	6	100,000
8	0,000	dinamik	Max	14,772	5415,45	7	0,000
8	50,000	dinamik	Max	14,772	4963,62	7	50,000
8	100,000	dinamik	Max	14,772	4839,56	7	100,000
8	0,000	dinamik	Min	-14,829	-4638,79	7	0,000
8	50,000	dinamik	Min	-14,829	-4536,22	7	50,000
8	100,000	dinamik	Min	-14,829	-4611,64	7	100,000
9	0,000	dinamik	Max	14,735	4839,56	8	0,000
9	50,000	dinamik	Max	14,735	4680,62	8	50,000
9	100,000	dinamik	Max	14,735	5264,01	8	100,000
9	0,000	dinamik	Min	-16,873	-4611,64	8	0,000
9	50,000	dinamik	Min	-16,873	-4889,44	8	50,000
9	100,000	dinamik	Min	-16,873	-5387,98	8	100,000
10	0,000	dinamik	Max	17,586	5264,01	9	0,000
10	50,000	dinamik	Max	17,586	5532,47	9	50,000
10	100,000	dinamik	Max	17,586	5800,94	9	100,000
10	0,000	dinamik	Min	-18,257	-5387,98	9	0,000
10	50,000	dinamik	Min	-18,257	-5548,15	9	50,000
10	100,000	dinamik	Min	-18,257	-5708,33	9	100,000
11	0,000	dinamik	Max	18,916	5800,94	10	0,000
11	50,000	dinamik	Max	18,916	5602,63	10	50,000
11	100,000	dinamik	Max	18,916	5404,32	10	100,000
11	0,000	dinamik	Min	-19,969	-5708,33	10	0,000
11	50,000	dinamik	Min	-19,969	-5433,31	10	50,000
11	100,000	dinamik	Min	-19,969	-5158,28	10	100,000
12	0,000	dinamik	Max	18,711	5404,32	11	0,000
12	50,000	dinamik	Max	18,711	4768,72	11	50,000
12	100,000	dinamik	Max	18,711	4440,33	11	100,000
12	0,000	dinamik	Min	-16,687	-5158,28	11	0,000
12	50,000	dinamik	Min	-16,687	-4493,51	11	50,000
12	100,000	dinamik	Min	-16,687	-4212,64	11	100,000
13	0,000	dinamik	Max	22,356	4440,33	12	0,000
13	50,000	dinamik	Max	22,356	4859,54	12	50,000
13	100,000	dinamik	Max	22,356	5278,75	12	100,000
13	0,000	dinamik	Min	-23,104	-4212,64	12	0,000
13	50,000	dinamik	Min	-23,104	-4395,26	12	50,000
13	100,000	dinamik	Min	-23,104	-4649,39	12	100,000
14	0,000	dinamik	Max	24,913	5278,75	13	0,000
14	50,000	dinamik	Max	24,913	5525,95	13	50,000
14	100,000	dinamik	Max	24,913	6210,26	13	100,000
14	0,000	dinamik	Min	-28,622	-4649,39	13	0,000
14	50,000	dinamik	Min	-28,622	-5895,01	13	50,000
14	100,000	dinamik	Min	-28,622	-7140,64	13	100,000
15	0,000	dinamik	Max	28,500	6210,26	14	0,000
15	50,000	dinamik	Max	28,500	7568,94	14	50,000
15	100,000	dinamik	Max	28,500	9027,24	14	100,000
15	0,000	dinamik	Min	-32,279	-7140,64	14	0,000
15	50,000	dinamik	Min	-32,279	-8454,13	14	50,000
15	100,000	dinamik	Min	-32,279	-9767,61	14	100,000
16	0,000	dinamik	Max	34,362	9027,24	15	0,000
16	50,000	dinamik	Max	34,362	10573,06	15	50,000
16	100,000	dinamik	Max	34,362	12118,89	15	100,000
16	0,000	dinamik	Min	-37,432	-9767,61	15	0,000
16	50,000	dinamik	Min	-37,432	-11088,54	15	50,000
16	100,000	dinamik	Min	-37,432	-12409,46	15	100,000
17	0,000	dinamik	Max	36,780	12118,89	16	0,000
17	50,000	dinamik	Max	36,780	13707,97	16	50,000
17	100,000	dinamik	Max	36,780	15427,07	16	100,000
17	0,000	dinamik	Min	-42,109	-12409,46	16	0,000

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
17	50,000	dinamik	Min	-42,109	-13670,47	16	50,000
17	100,000	dinamik	Min	-42,109	-14931,48	16	100,000
18	0,000	dinamik	Max	35,794	15427,07	17	0,000
18	50,000	dinamik	Max	35,794	17022,99	17	50,000
18	100,000	dinamik	Max	35,794	18618,91	17	100,000
18	0,000	dinamik	Min	-40,619	-14931,48	17	0,000
18	50,000	dinamik	Min	-40,619	-16032,78	17	50,000
18	100,000	dinamik	Min	-40,619	-17134,08	17	100,000
19	0,000	dinamik	Max	29,498	18618,91	18	0,000
19	50,000	dinamik	Max	29,498	19713,75	18	50,000
19	100,000	dinamik	Max	29,498	20816,27	18	100,000
19	0,000	dinamik	Min	-30,831	-17134,08	18	0,000
19	50,000	dinamik	Min	-30,831	-17895,46	18	50,000
19	100,000	dinamik	Min	-30,831	-18976,22	18	100,000
20	0,000	dinamik	Max	18,042	20816,27	19	0,000
20	50,000	dinamik	Max	18,042	21267,66	19	50,000
20	100,000	dinamik	Max	18,042	21719,04	19	100,000
20	0,000	dinamik	Min	-20,939	-18976,22	19	0,000
20	50,000	dinamik	Min	-20,939	-19577,42	19	50,000
20	100,000	dinamik	Min	-20,939	-20178,63	19	100,000
21	0,000	dinamik	Max	26,852	21719,04	20	0,000
21	50,000	dinamik	Max	26,852	20607,77	20	50,000
21	100,000	dinamik	Max	26,852	19496,49	20	100,000
21	0,000	dinamik	Min	-22,386	-20178,63	20	0,000
21	50,000	dinamik	Min	-22,386	-19298,45	20	50,000
21	100,000	dinamik	Min	-22,386	-18418,27	20	100,000
22	0,000	dinamik	Max	71,962	19496,49	21	0,000
22	50,000	dinamik	Max	71,962	16113,90	21	50,000
22	100,000	dinamik	Max	71,962	12731,32	21	100,000
22	0,000	dinamik	Min	-61,815	-18418,27	21	0,000
22	50,000	dinamik	Min	-61,815	-15355,64	21	50,000
22	100,000	dinamik	Min	-61,815	-12814,28	21	100,000
23	0,000	dinamik	Max	132,000	12731,32	22	0,000
23	50,000	dinamik	Max	132,000	6466,42	22	50,000
23	100,000	dinamik	Max	132,000	4628,07	22	100,000
23	0,000	dinamik	Min	-121,971	-12814,28	22	0,000
23	50,000	dinamik	Min	-121,971	-7104,48	22	50,000
23	100,000	dinamik	Min	-121,971	-3808,39	22	100,000
24	0,000	dinamik	Max	209,532	4628,07	23	0,000
24	50,000	dinamik	Max	209,532	11824,20	23	50,000
24	100,000	dinamik	Max	209,532	21960,66	23	100,000
24	0,000	dinamik	Min	-202,901	-3808,39	23	0,000
24	50,000	dinamik	Min	-202,901	-12386,50	23	50,000
24	100,000	dinamik	Min	-202,901	-22863,08	23	100,000
25	0,000	dinamik	Max	306,471	21960,66	24	0,000
25	50,000	dinamik	Max	306,471	37134,34	24	50,000
25	100,000	dinamik	Max	306,471	52308,03	24	100,000
25	0,000	dinamik	Min	-303,474	-22863,08	24	0,000
25	50,000	dinamik	Min	-303,474	-38186,63	24	50,000
25	100,000	dinamik	Min	-303,474	-53510,19	24	100,000
26	0,000	dinamik	Max	416,859	52308,03	25	0,000
26	50,000	dinamik	Max	416,859	73152,74	25	50,000
26	100,000	dinamik	Max	416,859	93997,45	25	100,000
26	0,000	dinamik	Min	-416,894	-53510,19	25	0,000
26	50,000	dinamik	Min	-416,894	-74351,97	25	50,000
26	100,000	dinamik	Min	-416,894	-95193,75	25	100,000
27	0,000	dinamik	Max	416,894	93997,45	26	0,000
27	50,000	dinamik	Max	416,894	73152,74	26	50,000
27	100,000	dinamik	Max	416,894	52308,03	26	100,000

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
27	0,000	dinamik	Min	-416,859	-95193,75	26	0,000
27	50,000	dinamik	Min	-416,859	-74351,97	26	50,000
27	100,000	dinamik	Min	-416,859	-53510,19	26	100,000
28	0,000	dinamik	Max	303,474	52308,03	27	0,000
28	50,000	dinamik	Max	303,474	37134,34	27	50,000
28	100,000	dinamik	Max	303,474	21960,66	27	100,000
28	0,000	dinamik	Min	-306,471	-53510,19	27	0,000
28	50,000	dinamik	Min	-306,471	-38186,63	27	50,000
28	100,000	dinamik	Min	-306,471	-22863,08	27	100,000
29	0,000	dinamik	Max	202,901	21960,66	28	0,000
29	50,000	dinamik	Max	202,901	11824,20	28	50,000
29	100,000	dinamik	Max	202,901	4628,07	28	100,000
29	0,000	dinamik	Min	-209,532	-22863,08	28	0,000
29	50,000	dinamik	Min	-209,532	-12386,50	28	50,000
29	100,000	dinamik	Min	-209,532	-3808,39	28	100,000
30	0,000	dinamik	Max	121,971	4628,07	29	0,000
30	50,000	dinamik	Max	121,971	6466,42	29	50,000
30	100,000	dinamik	Max	121,971	12731,32	29	100,000
30	0,000	dinamik	Min	-132,000	-3808,39	29	0,000
30	50,000	dinamik	Min	-132,000	-7104,48	29	50,000
30	100,000	dinamik	Min	-132,000	-12814,28	29	100,000
31	0,000	dinamik	Max	61,815	12731,32	30	0,000
31	50,000	dinamik	Max	61,815	16113,90	30	50,000
31	100,000	dinamik	Max	61,815	19496,49	30	100,000
31	0,000	dinamik	Min	-71,962	-12814,28	30	0,000
31	50,000	dinamik	Min	-71,962	-15355,64	30	50,000
31	100,000	dinamik	Min	-71,962	-18418,27	30	100,000
32	0,000	dinamik	Max	22,386	19496,49	31	0,000
32	50,000	dinamik	Max	22,386	20607,77	31	50,000
32	100,000	dinamik	Max	22,386	21719,04	31	100,000
32	0,000	dinamik	Min	-26,852	-18418,27	31	0,000
32	50,000	dinamik	Min	-26,852	-19298,45	31	50,000
32	100,000	dinamik	Min	-26,852	-20178,63	31	100,000
33	0,000	dinamik	Max	20,939	21719,04	32	0,000
33	50,000	dinamik	Max	20,939	21267,66	32	50,000
33	100,000	dinamik	Max	20,939	20816,27	32	100,000
33	0,000	dinamik	Min	-18,042	-20178,63	32	0,000
33	50,000	dinamik	Min	-18,042	-19577,42	32	50,000
33	100,000	dinamik	Min	-18,042	-18976,22	32	100,000
34	0,000	dinamik	Max	30,831	20816,27	33	0,000
34	50,000	dinamik	Max	30,831	19713,75	33	50,000
34	100,000	dinamik	Max	30,831	18618,91	33	100,000
34	0,000	dinamik	Min	-29,498	-18976,22	33	0,000
34	50,000	dinamik	Min	-29,498	-17895,46	33	50,000
34	100,000	dinamik	Min	-29,498	-17134,08	33	100,000
35	0,000	dinamik	Max	40,619	18618,91	34	0,000
35	50,000	dinamik	Max	40,619	17022,99	34	50,000
35	100,000	dinamik	Max	40,619	15427,07	34	100,000
35	0,000	dinamik	Min	-35,794	-17134,08	34	0,000
35	50,000	dinamik	Min	-35,794	-16032,78	34	50,000
35	100,000	dinamik	Min	-35,794	-14931,48	34	100,000
36	0,000	dinamik	Max	42,109	15427,07	35	0,000
36	50,000	dinamik	Max	42,109	13707,97	35	50,000
36	100,000	dinamik	Max	42,109	12118,89	35	100,000
36	0,000	dinamik	Min	-36,780	-14931,48	35	0,000
36	50,000	dinamik	Min	-36,780	-13670,47	35	50,000
36	100,000	dinamik	Min	-36,780	-12409,46	35	100,000
37	0,000	dinamik	Max	37,432	12118,89	36	0,000
37	50,000	dinamik	Max	37,432	10573,06	36	50,000

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
37	100,000	dinamik	Max	37,432	9027,24	36	100,000
37	0,000	dinamik	Min	-34,362	-12409,46	36	0,000
37	50,000	dinamik	Min	-34,362	-11088,54	36	50,000
37	100,000	dinamik	Min	-34,362	-9767,61	36	100,000
38	0,000	dinamik	Max	32,279	9027,24	37	0,000
38	50,000	dinamik	Max	32,279	7568,94	37	50,000
38	100,000	dinamik	Max	32,279	6210,26	37	100,000
38	0,000	dinamik	Min	-28,500	-9767,61	37	0,000
38	50,000	dinamik	Min	-28,500	-8454,13	37	50,000
38	100,000	dinamik	Min	-28,500	-7140,64	37	100,000
39	0,000	dinamik	Max	28,622	6210,26	38	0,000
39	50,000	dinamik	Max	28,622	5525,95	38	50,000
39	100,000	dinamik	Max	28,622	5278,75	38	100,000
39	0,000	dinamik	Min	-24,913	-7140,64	38	0,000
39	50,000	dinamik	Min	-24,913	-5895,01	38	50,000
39	100,000	dinamik	Min	-24,913	-4649,39	38	100,000
40	0,000	dinamik	Max	23,104	5278,75	39	0,000
40	50,000	dinamik	Max	23,104	4859,54	39	50,000
40	100,000	dinamik	Max	23,104	4440,33	39	100,000
40	0,000	dinamik	Min	-22,356	-4649,39	39	0,000
40	50,000	dinamik	Min	-22,356	-4395,26	39	50,000
40	100,000	dinamik	Min	-22,356	-4212,64	39	100,000
41	0,000	dinamik	Max	16,687	4440,33	40	0,000
41	50,000	dinamik	Max	16,687	4768,72	40	50,000
41	100,000	dinamik	Max	16,687	5404,32	40	100,000
41	0,000	dinamik	Min	-18,711	-4212,64	40	0,000
41	50,000	dinamik	Min	-18,711	-4493,51	40	50,000
41	100,000	dinamik	Min	-18,711	-5158,28	40	100,000
42	0,000	dinamik	Max	19,969	5404,32	41	0,000
42	50,000	dinamik	Max	19,969	5602,63	41	50,000
42	100,000	dinamik	Max	19,969	5800,94	41	100,000
42	0,000	dinamik	Min	-18,916	-5158,28	41	0,000
42	50,000	dinamik	Min	-18,916	-5433,31	41	50,000
42	100,000	dinamik	Min	-18,916	-5708,33	41	100,000
43	0,000	dinamik	Max	18,257	5800,94	42	0,000
43	50,000	dinamik	Max	18,257	5532,47	42	50,000
43	100,000	dinamik	Max	18,257	5264,01	42	100,000
43	0,000	dinamik	Min	-17,586	-5708,33	42	0,000
43	50,000	dinamik	Min	-17,586	-5548,15	42	50,000
43	100,000	dinamik	Min	-17,586	-5387,98	42	100,000
44	0,000	dinamik	Max	16,873	5264,01	43	0,000
44	50,000	dinamik	Max	16,873	4680,62	43	50,000
44	100,000	dinamik	Max	16,873	4839,56	43	100,000
44	0,000	dinamik	Min	-14,735	-5387,98	43	0,000
44	50,000	dinamik	Min	-14,735	-4889,44	43	50,000
44	100,000	dinamik	Min	-14,735	-4611,64	43	100,000
45	0,000	dinamik	Max	14,829	4839,56	44	0,000
45	50,000	dinamik	Max	14,829	4963,62	44	50,000
45	100,000	dinamik	Max	14,829	5415,45	44	100,000
45	0,000	dinamik	Min	-14,772	-4611,64	44	0,000
45	50,000	dinamik	Min	-14,772	-4536,22	44	50,000
45	100,000	dinamik	Min	-14,772	-4638,79	44	100,000
46	0,000	dinamik	Max	12,915	5415,45	45	0,000
46	50,000	dinamik	Max	12,915	5488,69	45	50,000
46	100,000	dinamik	Max	12,915	5561,92	45	100,000
46	0,000	dinamik	Min	-11,515	-4638,79	45	0,000
46	50,000	dinamik	Min	-11,515	-4577,09	45	50,000
46	100,000	dinamik	Min	-11,515	-4774,67	45	100,000
47	0,000	dinamik	Max	10,736	5561,92	46	0,000

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
47	50,000	dinamik	Max	10,736	5245,99	46	50,000
47	100,000	dinamik	Max	10,736	4930,07	46	100,000
47	0,000	dinamik	Min	-11,056	-4774,67	46	0,000
47	50,000	dinamik	Min	-11,056	-4577,64	46	50,000
47	100,000	dinamik	Min	-11,056	-4380,61	46	100,000
48	0,000	dinamik	Max	12,728	4930,07	47	0,000
48	50,000	dinamik	Max	12,728	4293,66	47	50,000
48	100,000	dinamik	Max	12,728	3657,26	47	100,000
48	0,000	dinamik	Min	-10,840	-4380,61	47	0,000
48	50,000	dinamik	Min	-10,840	-3852,73	47	50,000
48	100,000	dinamik	Min	-10,840	-3531,02	47	100,000
49	0,000	dinamik	Max	15,877	3657,26	48	0,000
49	50,000	dinamik	Max	15,877	2885,26	48	50,000
49	100,000	dinamik	Max	15,877	2328,07	48	100,000
49	0,000	dinamik	Min	-14,103	-3531,02	48	0,000
49	50,000	dinamik	Min	-14,103	-2930,47	48	50,000
49	100,000	dinamik	Min	-14,103	-2329,91	48	100,000
50	0,000	dinamik	Max	14,506	2328,07	49	0,000
50	50,000	dinamik	Max	14,506	1602,76	49	50,000
50	100,000	dinamik	Max	14,506	877,45	49	100,000
50	0,000	dinamik	Min	-14,678	-2329,91	49	0,000
50	50,000	dinamik	Min	-14,678	-1596,04	49	50,000
50	100,000	dinamik	Min	-14,678	-862,16	49	100,000
51	0,000	dinamik	Max	8,775	877,45	50	0,000
51	50,000	dinamik	Max	8,775	438,73	50	50,000
51	100,000	dinamik	Max	8,775	1,436E-09	50	100,000
51	0,000	dinamik	Min	-8,622	-862,16	50	0,000
51	50,000	dinamik	Min	-8,622	-431,08	50	50,000
51	100,000	dinamik	Min	-8,622	-1,214E-09	50	100,000

Table: Element Joint Forces – Frames

Frame	Joint	OutputCase	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
2	1	dinamik	Max	8,775	1,399E-09	1
2	3	dinamik	Max	8,622	862,16	1
2	1	dinamik	Min	-8,622	-5,488E-10	1
2	3	dinamik	Min	-8,775	-877,45	1
3	3	dinamik	Max	14,506	877,45	2
3	4	dinamik	Max	14,678	2329,91	2
3	3	dinamik	Min	-14,678	-862,16	2
3	4	dinamik	Min	-14,506	-2328,07	2
4	4	dinamik	Max	15,877	2328,07	3
4	5	dinamik	Max	14,103	3531,02	3
4	4	dinamik	Min	-14,103	-2329,91	3
4	5	dinamik	Min	-15,877	-3657,26	3
5	5	dinamik	Max	12,728	3657,26	4
5	6	dinamik	Max	10,840	4380,61	4
5	5	dinamik	Min	-10,840	-3531,02	4
5	6	dinamik	Min	-12,728	-4930,07	4
6	6	dinamik	Max	10,736	4930,07	5
6	7	dinamik	Max	11,056	4774,67	5
6	6	dinamik	Min	-11,056	-4380,61	5
6	7	dinamik	Min	-10,736	-5561,92	5
7	7	dinamik	Max	12,915	5561,92	6
7	8	dinamik	Max	11,515	4638,79	6

Frame	Joint	OutputCase	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
7	7	dinamik	Min	-11,515	-4774,67	6
7	8	dinamik	Min	-12,915	-5415,45	6
8	8	dinamik	Max	14,829	5415,45	7
8	9	dinamik	Max	14,772	4611,64	7
8	8	dinamik	Min	-14,772	-4638,79	7
8	9	dinamik	Min	-14,829	-4839,56	7
9	9	dinamik	Max	16,873	4839,56	8
9	10	dinamik	Max	14,735	5387,98	8
9	9	dinamik	Min	-14,735	-4611,64	8
9	10	dinamik	Min	-16,873	-5264,01	8
10	10	dinamik	Max	18,257	5264,01	9
10	11	dinamik	Max	17,586	5708,33	9
10	10	dinamik	Min	-17,586	-5387,98	9
10	11	dinamik	Min	-18,257	-5800,94	9
11	11	dinamik	Max	19,969	5800,94	10
11	12	dinamik	Max	18,916	5158,28	10
11	11	dinamik	Min	-18,916	-5708,33	10
11	12	dinamik	Min	-19,969	-5404,32	10
12	12	dinamik	Max	16,687	5404,32	11
12	13	dinamik	Max	18,711	4212,64	11
12	12	dinamik	Min	-18,711	-5158,28	11
12	13	dinamik	Min	-16,687	-4440,33	11
13	13	dinamik	Max	23,104	4440,33	12
13	14	dinamik	Max	22,356	4649,39	12
13	13	dinamik	Min	-22,356	-4212,64	12
13	14	dinamik	Min	-23,104	-5278,75	12
14	14	dinamik	Max	28,622	5278,75	13
14	15	dinamik	Max	24,913	7140,64	13
14	14	dinamik	Min	-24,913	-4649,39	13
14	15	dinamik	Min	-28,622	-6210,26	13
15	15	dinamik	Max	32,279	6210,26	14
15	16	dinamik	Max	28,500	9767,61	14
15	15	dinamik	Min	-28,500	-7140,64	14
15	16	dinamik	Min	-32,279	-9027,24	14
16	16	dinamik	Max	37,432	9027,24	15
16	17	dinamik	Max	34,362	12409,46	15
16	16	dinamik	Min	-34,362	-9767,61	15
16	17	dinamik	Min	-37,432	-12118,89	15
17	17	dinamik	Max	42,109	12118,89	16
17	18	dinamik	Max	36,780	14931,48	16
17	17	dinamik	Min	-36,780	-12409,46	16
17	18	dinamik	Min	-42,109	-15427,07	16
18	18	dinamik	Max	40,619	15427,07	17
18	19	dinamik	Max	35,794	17134,08	17
18	18	dinamik	Min	-35,794	-14931,48	17
18	19	dinamik	Min	-40,619	-18618,91	17
19	19	dinamik	Max	30,831	18618,91	18
19	20	dinamik	Max	29,498	18976,22	18
19	19	dinamik	Min	-29,498	-17134,08	18
19	20	dinamik	Min	-30,831	-20816,27	18
20	20	dinamik	Max	20,939	20816,27	19
20	21	dinamik	Max	18,042	20178,63	19
20	20	dinamik	Min	-18,042	-18976,22	19
20	21	dinamik	Min	-20,939	-21719,04	19
21	21	dinamik	Max	22,386	21719,04	20
21	22	dinamik	Max	26,852	18418,27	20
21	21	dinamik	Min	-26,852	-20178,63	20
21	22	dinamik	Min	-22,386	-19496,49	20
22	22	dinamik	Max	61,815	19496,49	21

Frame	Joint	OutputCase	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
22	23	dinamik	Max	71,962	12814,28	21
22	22	dinamik	Min	-71,962	-18418,27	21
22	23	dinamik	Min	-61,815	-12731,32	21
23	23	dinamik	Max	121,971	12731,32	22
23	24	dinamik	Max	132,000	3808,39	22
23	23	dinamik	Min	-132,000	-12814,28	22
23	24	dinamik	Min	-121,971	-4628,07	22
24	24	dinamik	Max	202,901	4628,07	23
24	25	dinamik	Max	209,532	22863,08	23
24	24	dinamik	Min	-209,532	-3808,39	23
24	25	dinamik	Min	-202,901	-21960,66	23
25	25	dinamik	Max	303,474	21960,66	24
25	26	dinamik	Max	306,471	53510,19	24
25	25	dinamik	Min	-306,471	-22863,08	24
25	26	dinamik	Min	-303,474	-52308,03	24
26	26	dinamik	Max	416,894	52308,03	25
26	27	dinamik	Max	416,859	95193,75	25
26	26	dinamik	Min	-416,859	-53510,19	25
26	27	dinamik	Min	-416,894	-93997,45	25
27	27	dinamik	Max	416,859	93997,45	26
27	28	dinamik	Max	416,894	53510,19	26
27	27	dinamik	Min	-416,894	-95193,75	26
27	28	dinamik	Min	-416,859	-52308,03	26
28	28	dinamik	Max	306,471	52308,03	27
28	29	dinamik	Max	303,474	22863,08	27
28	28	dinamik	Min	-303,474	-53510,19	27
28	29	dinamik	Min	-306,471	-21960,66	27
29	29	dinamik	Max	209,532	21960,66	28
29	30	dinamik	Max	202,901	3808,39	28
29	29	dinamik	Min	-202,901	-22863,08	28
29	30	dinamik	Min	-209,532	-4628,07	28
30	30	dinamik	Max	132,000	4628,07	29
30	31	dinamik	Max	121,971	12814,28	29
30	30	dinamik	Min	-121,971	-3808,39	29
30	31	dinamik	Min	-132,000	-12731,32	29
31	31	dinamik	Max	71,962	12731,32	30
31	32	dinamik	Max	61,815	18418,27	30
31	31	dinamik	Min	-61,815	-12814,28	30
31	32	dinamik	Min	-71,962	-19496,49	30
32	32	dinamik	Max	26,852	19496,49	31
32	33	dinamik	Max	22,386	20178,63	31
32	32	dinamik	Min	-22,386	-18418,27	31
32	33	dinamik	Min	-26,852	-21719,04	31
33	33	dinamik	Max	18,042	21719,04	32
33	34	dinamik	Max	20,939	18976,22	32
33	33	dinamik	Min	-20,939	-20178,63	32
33	34	dinamik	Min	-18,042	-20816,27	32
34	34	dinamik	Max	29,498	20816,27	33
34	35	dinamik	Max	30,831	17134,08	33
34	34	dinamik	Min	-30,831	-18976,22	33
34	35	dinamik	Min	-29,498	-18618,91	33
35	35	dinamik	Max	35,794	18618,91	34
35	36	dinamik	Max	40,619	14931,48	34
35	35	dinamik	Min	-40,619	-17134,08	34
35	36	dinamik	Min	-35,794	-15427,07	34
36	36	dinamik	Max	36,780	15427,07	35
36	37	dinamik	Max	42,109	12409,46	35
36	36	dinamik	Min	-42,109	-14931,48	35
36	37	dinamik	Min	-36,780	-12118,89	35

Frame	Joint	OutputCase	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
37	37	dinamik	Max	34,362	12118,89	36
37	38	dinamik	Max	37,432	9767,61	36
37	37	dinamik	Min	-37,432	-12409,46	36
37	38	dinamik	Min	-34,362	-9027,24	36
38	38	dinamik	Max	28,500	9027,24	37
38	39	dinamik	Max	32,279	7140,64	37
38	38	dinamik	Min	-32,279	-9767,61	37
38	39	dinamik	Min	-28,500	-6210,26	37
39	39	dinamik	Max	24,913	6210,26	38
39	40	dinamik	Max	28,622	4649,39	38
39	39	dinamik	Min	-28,622	-7140,64	38
39	40	dinamik	Min	-24,913	-5278,75	38
40	40	dinamik	Max	22,356	5278,75	39
40	41	dinamik	Max	23,104	4212,64	39
40	40	dinamik	Min	-23,104	-4649,39	39
40	41	dinamik	Min	-22,356	-4440,33	39
41	41	dinamik	Max	18,711	4440,33	40
41	42	dinamik	Max	16,687	5158,28	40
41	41	dinamik	Min	-16,687	-4212,64	40
41	42	dinamik	Min	-18,711	-5404,32	40
42	42	dinamik	Max	18,916	5404,32	41
42	43	dinamik	Max	19,969	5708,33	41
42	42	dinamik	Min	-19,969	-5158,28	41
42	43	dinamik	Min	-18,916	-5800,94	41
43	43	dinamik	Max	17,586	5800,94	42
43	44	dinamik	Max	18,257	5387,98	42
43	43	dinamik	Min	-18,257	-5708,33	42
43	44	dinamik	Min	-17,586	-5264,01	42
44	44	dinamik	Max	14,735	5264,01	43
44	45	dinamik	Max	16,873	4611,64	43
44	44	dinamik	Min	-16,873	-5387,98	43
44	45	dinamik	Min	-14,735	-4839,56	43
45	45	dinamik	Max	14,772	4839,56	44
45	46	dinamik	Max	14,829	4638,79	44
45	45	dinamik	Min	-14,829	-4611,64	44
45	46	dinamik	Min	-14,772	-5415,45	44
46	46	dinamik	Max	11,515	5415,45	45
46	47	dinamik	Max	12,915	4774,67	45
46	46	dinamik	Min	-12,915	-4638,79	45
46	47	dinamik	Min	-11,515	-5561,92	45
47	47	dinamik	Max	11,056	5561,92	46
47	48	dinamik	Max	10,736	4380,61	46
47	47	dinamik	Min	-10,736	-4774,67	46
47	48	dinamik	Min	-11,056	-4930,07	46
48	48	dinamik	Max	10,840	4930,07	47
48	49	dinamik	Max	12,728	3531,02	47
48	48	dinamik	Min	-12,728	-4380,61	47
48	49	dinamik	Min	-10,840	-3657,26	47
49	49	dinamik	Max	14,103	3657,26	48
49	50	dinamik	Max	15,877	2329,91	48
49	49	dinamik	Min	-15,877	-3531,02	48
49	50	dinamik	Min	-14,103	-2328,07	48
50	50	dinamik	Max	14,678	2328,07	49
50	51	dinamik	Max	14,506	862,16	49
50	50	dinamik	Min	-14,506	-2329,91	49
50	51	dinamik	Min	-14,678	-877,45	49
51	51	dinamik	Max	8,622	877,45	50
51	2	dinamik	Max	8,775	1,284E-09	50
51	51	dinamik	Min	-8,775	-862,16	50

Frame	Joint	OutputCase	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
51	2	dinamik	Min	-8,622	-1,380E-09	50

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 3

SectionName	Material	Shape	t3	t2
Text	Text	Text	cm	cm
KIRIS	CONC	Rectangular	240,0000	240,0000

Table: Frame Spring Assignments

Frame	Dir	Type	Stiffness
Text	Text	Text	KN/cm/cm
2	2	Linear	2,40000
3	2	Linear	2,40000
4	2	Linear	2,40000
5	2	Linear	2,40000
6	2	Linear	2,40000
7	2	Linear	2,40000
8	2	Linear	2,40000
9	2	Linear	2,40000
10	2	Linear	2,40000
11	2	Linear	2,40000
12	2	Linear	2,40000
13	2	Linear	2,40000
14	2	Linear	2,40000
15	2	Linear	2,40000
16	2	Linear	2,40000
17	2	Linear	2,40000
18	2	Linear	2,40000
19	2	Linear	2,40000
20	2	Linear	2,40000
21	2	Linear	2,40000
22	2	Linear	2,40000
23	2	Linear	2,40000
24	2	Linear	2,40000
25	2	Linear	2,40000
26	2	Linear	2,40000
27	2	Linear	2,40000
28	2	Linear	2,40000
29	2	Linear	2,40000
30	2	Linear	2,40000
31	2	Linear	2,40000
32	2	Linear	2,40000
33	2	Linear	2,40000
34	2	Linear	2,40000
35	2	Linear	2,40000
36	2	Linear	2,40000
37	2	Linear	2,40000
38	2	Linear	2,40000
39	2	Linear	2,40000
40	2	Linear	2,40000
41	2	Linear	2,40000
42	2	Linear	2,40000
43	2	Linear	2,40000

Frame	Dir	Type	Stiffness
Text	Text	Text	KN/cm/cm
44	2	Linear	2,40000
45	2	Linear	2,40000
46	2	Linear	2,40000
47	2	Linear	2,40000
48	2	Linear	2,40000
49	2	Linear	2,40000
50	2	Linear	2,40000
51	2	Linear	2,40000

Table: Joint Loads – Force

Joint	LoadCase	CoordSys	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
27	1	GLOBAL	0,000	0,000	-1000,000

Table: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3
Text	Text	Text	Text	KN
1	dinamik	LinDirHis	Max	8,777
1	dinamik	LinDirHis	Min	-8,742
2	dinamik	LinDirHis	Max	8,777
2	dinamik	LinDirHis	Min	-8,742
3	dinamik	LinDirHis	Max	12,980
3	dinamik	LinDirHis	Min	-13,136
4	dinamik	LinDirHis	Max	8,500
4	dinamik	LinDirHis	Min	-8,844
5	dinamik	LinDirHis	Max	6,532
5	dinamik	LinDirHis	Min	-7,195
6	dinamik	LinDirHis	Max	5,134
6	dinamik	LinDirHis	Min	-6,236
7	dinamik	LinDirHis	Max	5,135
7	dinamik	LinDirHis	Min	-4,996
8	dinamik	LinDirHis	Max	6,830
8	dinamik	LinDirHis	Min	-6,182
9	dinamik	LinDirHis	Max	8,161
9	dinamik	LinDirHis	Min	-8,430
10	dinamik	LinDirHis	Max	10,030
10	dinamik	LinDirHis	Min	-9,923
11	dinamik	LinDirHis	Max	11,157
11	dinamik	LinDirHis	Min	-10,499
12	dinamik	LinDirHis	Max	11,506
12	dinamik	LinDirHis	Min	-11,383
13	dinamik	LinDirHis	Max	11,533
13	dinamik	LinDirHis	Min	-13,156
14	dinamik	LinDirHis	Max	13,459
14	dinamik	LinDirHis	Min	-14,664
15	dinamik	LinDirHis	Max	14,739
15	dinamik	LinDirHis	Min	-15,421
16	dinamik	LinDirHis	Max	15,291
16	dinamik	LinDirHis	Min	-15,349
17	dinamik	LinDirHis	Max	15,128

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3
Text	Text	Text	Text	KN
17	dinamik	LinDirHis	Min	-14,573
18	dinamik	LinDirHis	Max	14,361
18	dinamik	LinDirHis	Min	-13,507
19	dinamik	LinDirHis	Max	13,236
19	dinamik	LinDirHis	Min	-15,638
20	dinamik	LinDirHis	Max	21,739
20	dinamik	LinDirHis	Min	-23,916
21	dinamik	LinDirHis	Max	34,603
21	dinamik	LinDirHis	Min	-35,091
22	dinamik	LinDirHis	Max	51,069
22	dinamik	LinDirHis	Min	-50,691
23	dinamik	LinDirHis	Max	70,223
23	dinamik	LinDirHis	Min	-69,105
24	dinamik	LinDirHis	Max	90,944
24	dinamik	LinDirHis	Min	-89,213
25	dinamik	LinDirHis	Max	111,102
25	dinamik	LinDirHis	Min	-109,207
26	dinamik	LinDirHis	Max	127,211
26	dinamik	LinDirHis	Min	-125,715
27	dinamik	LinDirHis	Max	134,067
27	dinamik	LinDirHis	Min	-132,718
28	dinamik	LinDirHis	Max	127,211
28	dinamik	LinDirHis	Min	-125,715
29	dinamik	LinDirHis	Max	111,102
29	dinamik	LinDirHis	Min	-109,207
30	dinamik	LinDirHis	Max	90,944
30	dinamik	LinDirHis	Min	-89,213
31	dinamik	LinDirHis	Max	70,223
31	dinamik	LinDirHis	Min	-69,105
32	dinamik	LinDirHis	Max	51,069
32	dinamik	LinDirHis	Min	-50,691
33	dinamik	LinDirHis	Max	34,603
33	dinamik	LinDirHis	Min	-35,091
34	dinamik	LinDirHis	Max	21,739
34	dinamik	LinDirHis	Min	-23,916
35	dinamik	LinDirHis	Max	13,236
35	dinamik	LinDirHis	Min	-15,638
36	dinamik	LinDirHis	Max	14,361
36	dinamik	LinDirHis	Min	-13,507
37	dinamik	LinDirHis	Max	15,128
37	dinamik	LinDirHis	Min	-14,573
38	dinamik	LinDirHis	Max	15,291
38	dinamik	LinDirHis	Min	-15,349
39	dinamik	LinDirHis	Max	14,739
39	dinamik	LinDirHis	Min	-15,421
40	dinamik	LinDirHis	Max	13,459
40	dinamik	LinDirHis	Min	-14,664
41	dinamik	LinDirHis	Max	11,533
41	dinamik	LinDirHis	Min	-13,156
42	dinamik	LinDirHis	Max	11,506
42	dinamik	LinDirHis	Min	-11,383
43	dinamik	LinDirHis	Max	11,157
43	dinamik	LinDirHis	Min	-10,499
44	dinamik	LinDirHis	Max	10,030
44	dinamik	LinDirHis	Min	-9,923
45	dinamik	LinDirHis	Max	8,161
45	dinamik	LinDirHis	Min	-8,430
46	dinamik	LinDirHis	Max	6,830
46	dinamik	LinDirHis	Min	-6,182

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3
Text	Text	Text	Text	KN
47	dinamik	LinDirHis	Max	5,135
47	dinamik	LinDirHis	Min	-4,996
48	dinamik	LinDirHis	Max	5,134
48	dinamik	LinDirHis	Min	-6,236
49	dinamik	LinDirHis	Max	6,532
49	dinamik	LinDirHis	Min	-7,195
50	dinamik	LinDirHis	Max	8,500
50	dinamik	LinDirHis	Min	-8,844
51	dinamik	LinDirHis	Max	12,980
51	dinamik	LinDirHis	Min	-13,136

3.2.2. Homojen Zemine Oturan Sonlu Kiriş

Dinamik yükle yüklü sonlu kirişin çözümünün sonsuz kiriş çözümünden farkı, kiriş boyunun $2*L$ olması nedeniyle sınır ve süreklilik şartlarının değişmesidir.

Burada yine dinamik yükle yüklenmiş sonsuz kirişte olduğu gibi, $1-\Omega^2/w^2$ değerine bağlı olarak üç değişik durum ortaya çıkar.

1. Durum : $\Omega=w$ olması yani rezonans halidir.

Bu hal sonsuz kirişin aynısı olmaktadır.

2.Durum : $\Omega > w$ ise $\theta = 1 - \Omega^2 / w^2 < 0$ olup $\theta=|\theta|$ ve

$$\theta^4 = \Omega^2 / w^2 - 1 \quad \text{ve} \quad \beta^4 = EI / k$$

yukarıdaki boyutsuzlaştırmalar yapılırsa, elastik eğrinin yönetici denklemi;

$$EI \cdot y^{IV} - \theta^4 \cdot y = 0 \quad (2.50)$$

Elastik eğrinin çözüm fonksiyonu ;

$$y = A * \text{sh}\theta\alpha + B * \text{ch}\theta\alpha + C * \cos\theta\alpha + D * \sin\theta\alpha \quad (2.51)$$

Sınır koşulları ;

$$y' \Big|_{\alpha=0} = 0 \quad \text{ise } A + C = 0$$

$$-EI.y''' \Big|_{\alpha=0} = -P/2 \quad \text{ise } -EI.\theta^3 . (A - C) = -P .\beta^3 / 2$$

$$PP = P / (\beta.k) \quad , \quad A = PP / \theta^3 \quad , \quad C = - PP/\theta^3 \quad (2.52)$$

Yukarıdaki eşitlikler yerlerin konulursa,

$$y = A * (\text{sh}\theta\alpha - \sin\theta\alpha) + B * \text{ch}\theta\alpha + D * \cos\theta\alpha \quad (2.53)$$

Kiriş uç noktasında moment ve kesme gerilme değerleri sıfır olur.

Kirişin boyutsuz karakteristik yarı uzunluğunun değeri ise $\Gamma = L / \beta$ olur.

$$-EI.y'' \Big|_{\alpha = \Gamma} = 0 \quad \text{ve} \quad -EI.y''' \Big|_{\alpha = \Gamma} = 0 \quad (2.54)$$

buradan elde edilen iki bilinmeyenli iki denklem matris formunda yazılırsa ;

$$\begin{bmatrix} \text{ch}\theta\Gamma & -\cos\theta\Gamma \\ \text{sh}\theta\Gamma & -\sin\theta\Gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A * (\text{sh}\theta\Gamma + \sin\theta\Gamma) \\ -A * (\text{ch}\theta\Gamma + \cos\theta\Gamma) \end{bmatrix}$$

Denklem takımının çözümü yapılırsa integrasyon sabitleri bulunur.

$$B = -A * \frac{\text{sh}\theta\Gamma \sin \theta\Gamma + \text{ch}\theta\Gamma \cos \theta\Gamma + 1}{\text{ch}\theta\Gamma \sin \theta\Gamma + \text{sh}\theta\Gamma \cos \theta\Gamma}$$

$$D = -A * \frac{\text{ch}\theta\Gamma \cos \theta\Gamma - \text{sh}\theta\Gamma \sin \theta\Gamma + 1}{\text{sh}\theta\Gamma \sin \theta\Gamma + \text{sh}\theta\Gamma \cos \theta\Gamma} \quad (2.56)$$

3. Durum : $\Omega < w$ ise $1 - \Omega^2 / w^2 > 0$ olup,

$$\theta^4 = 1 - \Omega^2 / w^2, \quad \beta^4 = 4EI / k$$

Elastik eğrinin yönetici denklemi;

$$EI \cdot y^{IV} + 4 \cdot \theta^4 \cdot y = 0 \quad (2.57)$$

Elastik eğrinin çözüm fonksiyonu

$$y = A \cdot \text{sh}\theta\alpha \cdot \sin\theta\alpha + B \cdot \text{ch}\theta\alpha \cdot \cos\theta\alpha + C \cdot \text{ch}\theta\alpha \cdot \sin\theta\alpha + D \cdot \text{sh}\theta\alpha \cdot \cos\theta\alpha \quad (2.58)$$

Sınır şartları ;

$$y=0 \quad \text{ise} \quad A + B + C - D = 0 \quad (2.59)$$

$$\alpha=0$$

Simetriklik şartı kullanılırsa ;

$$-EI \cdot y''' = -P/2 \quad \text{ise} \quad A - B + C + D = P * \beta^3 / (4 * \theta^3 \cdot EI)$$

$$PP = P / (\beta * k) \quad \text{ve} \quad PP = 1 \quad \text{ise}$$

$$A + C = 1 / (2 \cdot \theta^3) \quad \text{ve} \quad B - D = -1 / (2 \cdot \theta^3) \quad \text{olur.} \quad (2.60)$$

Kirişin uç ($\Gamma=L / \beta$) noktasında kesme kuvveti ve eğilme moment değerleri sıfır olduğunda;

$$\left. -EI.y'' \right|_{\alpha=\Gamma} = 0 \quad \left. -EI.y'' \right|_{\alpha=\Gamma} = 0 \quad (2.61)$$

(2.61) denklemleri matris formunda yazılırsa ;

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix} \quad (2.62)$$

$$a_{11} = (e^{2\theta\Gamma} - 1) \cdot \cos\theta\Gamma - (e^{2\theta\Gamma} + 1) \cdot \sin\theta\Gamma$$

$$a_{12} = (1 - e^{2\theta\Gamma}) \cdot \cos\theta\Gamma - (e^{2\theta\Gamma} + 1) \cdot \sin\theta\Gamma$$

$$a_{21} = (e^{2\theta\Gamma} + 1) \cdot \cos\theta\Gamma, \quad a_{22} = (1 - e^{2\theta\Gamma}) \cdot \sin\theta\Gamma$$

$$b_{11} = -\cos\Gamma \quad , \quad b_{21} = 0,5 \cdot (\cos\theta\Gamma - \sin\theta\Gamma)$$

(2.62) matrisinin çözümü yapıldığında ;

$$\delta = 2 \cdot e^{2\theta\Gamma} \cdot \sin(2\theta\Gamma) + e^{4\theta\Gamma} - 1$$

$$\delta_1 = 0,5 \cdot [e^{2\theta\Gamma} \cdot (\sin 2\theta\Gamma + \cos 2\theta\Gamma) - 1]$$

$$\delta_2 = 0,5 \cdot [e^{2\theta\Gamma} \cdot (\cos 2\theta\Gamma - \sin 2\theta\Gamma) + 2 \cdot e^{\theta\Gamma} + 1] \quad (2.63)$$

$$A = \delta_1 / \delta \quad , \quad B = \delta_2 / \delta \quad , \quad (2.64)$$

(2.60) denklemlerin de;

$$C = 1 / (2 \cdot \theta^3) - A \quad \text{ve} \quad D = B + 1 / (2 \cdot \theta^3)$$

İntegrasyon katsayıları hesaplanmış olur.

Geriye dönüş ilerde kirişin istenilen x mesafesindeki yer değiştirmesi hesaplanır.

Bu üç durumda P yükünün yönü yukarı doğru olursa, zemin homogen olduğu için α_1 değerleri değişmez. Aşağı doğru yüklemekten farklı olarak başlangıç sınır koşulu ($\alpha_1=1$) $-EI*y_1 = P/2$ yazıldığında y_1 değerleri işaret değiştirir.

SAP2000 Sonuçları,

Table: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
1	0,000	dinamik	Max	21,313	3,223E-08	1	0,000
1	50,000	dinamik	Max	21,313	1053,53	1	50,000
1	0,000	dinamik	Min	-21,071	-2,368E-08	1	0,000
1	50,000	dinamik	Min	-21,071	-1065,65	1	50,000
2	0,000	dinamik	Max	63,243	1053,53	2	0,000
2	50,000	dinamik	Max	63,243	4115,51	2	50,000
2	0,000	dinamik	Min	-61,240	-1065,65	2	0,000
2	50,000	dinamik	Min	-61,240	-4227,51	2	50,000
3	0,000	dinamik	Max	106,638	4115,51	3	0,000
3	50,000	dinamik	Max	106,638	9148,33	3	50,000
3	0,000	dinamik	Min	-103,685	-4227,51	3	0,000
3	50,000	dinamik	Min	-103,685	-9527,38	3	50,000
4	0,000	dinamik	Max	151,757	9148,33	4	0,000
4	50,000	dinamik	Max	151,757	16634,71	4	50,000
4	0,000	dinamik	Min	-149,728	-9527,38	4	0,000
4	50,000	dinamik	Min	-149,728	-17115,24	4	50,000
5	0,000	dinamik	Max	198,849	16634,71	5	0,000
5	50,000	dinamik	Max	198,849	26536,04	5	50,000
5	0,000	dinamik	Min	-198,026	-17115,24	5	0,000
5	50,000	dinamik	Min	-198,026	-27057,70	5	50,000
6	0,000	dinamik	Max	247,791	26536,04	6	0,000
6	50,000	dinamik	Max	247,791	38948,53	6	50,000
6	0,000	dinamik	Min	-248,250	-27057,70	6	0,000
6	50,000	dinamik	Min	-248,250	-39447,24	6	50,000
7	0,000	dinamik	Max	298,118	38948,53	7	0,000
7	50,000	dinamik	Max	298,118	53947,37	7	50,000
7	0,000	dinamik	Min	-299,977	-39447,24	7	0,000
7	50,000	dinamik	Min	-299,977	-54353,14	7	50,000
8	0,000	dinamik	Max	349,760	53947,37	8	0,000
8	50,000	dinamik	Max	349,760	71584,16	8	50,000
8	0,000	dinamik	Min	-352,736	-54353,14	8	0,000
8	50,000	dinamik	Min	-352,736	-71841,15	8	50,000
9	0,000	dinamik	Max	404,942	71584,16	9	0,000
9	50,000	dinamik	Max	404,942	91887,44	9	50,000
9	0,000	dinamik	Min	-406,066	-71841,15	9	0,000
9	50,000	dinamik	Min	-406,066	-92034,33	9	50,000
10	0,000	dinamik	Max	465,018	91887,44	10	0,000
10	50,000	dinamik	Max	465,018	114867,07	10	50,000
10	0,000	dinamik	Min	-463,119	-92034,33	10	0,000

Frame	Station	OutputCase	StepType	V2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	cm	Text	Text	KN	KN-cm	Text	cm
10	50,000	dinamik	Min	-463,119	-115149,89	10	50,000
11	0,000	dinamik	Max	463,119	114867,07	11	0,000
11	50,000	dinamik	Max	463,119	91887,44	11	50,000
11	0,000	dinamik	Min	-465,018	-115149,89	11	0,000
11	50,000	dinamik	Min	-465,018	-92034,33	11	50,000
12	0,000	dinamik	Max	406,066	91887,44	12	0,000
12	50,000	dinamik	Max	406,066	71584,16	12	50,000
12	0,000	dinamik	Min	-404,942	-92034,33	12	0,000
12	50,000	dinamik	Min	-404,942	-71841,15	12	50,000
13	0,000	dinamik	Max	352,736	71584,16	13	0,000
13	50,000	dinamik	Max	352,736	53947,37	13	50,000
13	0,000	dinamik	Min	-349,760	-71841,15	13	0,000
13	50,000	dinamik	Min	-349,760	-54353,14	13	50,000
14	0,000	dinamik	Max	299,977	53947,37	14	0,000
14	50,000	dinamik	Max	299,977	38948,53	14	50,000
14	0,000	dinamik	Min	-298,118	-54353,14	14	0,000
14	50,000	dinamik	Min	-298,118	-39447,24	14	50,000
15	0,000	dinamik	Max	248,250	38948,53	15	0,000
15	50,000	dinamik	Max	248,250	26536,04	15	50,000
15	0,000	dinamik	Min	-247,791	-39447,24	15	0,000
15	50,000	dinamik	Min	-247,791	-27057,70	15	50,000
16	0,000	dinamik	Max	198,026	26536,04	16	0,000
16	50,000	dinamik	Max	198,026	16634,71	16	50,000
16	0,000	dinamik	Min	-198,849	-27057,70	16	0,000
16	50,000	dinamik	Min	-198,849	-17115,24	16	50,000
17	0,000	dinamik	Max	149,728	16634,71	17	0,000
17	50,000	dinamik	Max	149,728	9148,33	17	50,000
17	0,000	dinamik	Min	-151,757	-17115,24	17	0,000
17	50,000	dinamik	Min	-151,757	-9527,38	17	50,000
18	0,000	dinamik	Max	103,685	9148,33	18	0,000
18	50,000	dinamik	Max	103,685	4115,51	18	50,000
18	0,000	dinamik	Min	-106,638	-9527,38	18	0,000
18	50,000	dinamik	Min	-106,638	-4227,51	18	50,000
19	0,000	dinamik	Max	61,240	4115,51	19	0,000
19	50,000	dinamik	Max	61,240	1053,53	19	50,000
19	0,000	dinamik	Min	-63,243	-4227,51	19	0,000
19	50,000	dinamik	Min	-63,243	-1065,65	19	50,000
20	0,000	dinamik	Max	21,071	1053,53	20	0,000
20	50,000	dinamik	Max	21,071	2,937E-08	20	50,000
20	0,000	dinamik	Min	-21,313	-1065,65	20	0,000
20	50,000	dinamik	Min	-21,313	-2,929E-08	20	50,000

Table: Element Joint Forces - Frames

Frame	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
1	1	dinamik	LinDirHis	Max	21,071	3,224E-08	1
1	2	dinamik	LinDirHis	Max	21,313	1065,65	1
1	1	dinamik	LinDirHis	Min	-21,313	-2,327E-08	1
1	2	dinamik	LinDirHis	Min	-21,071	-1053,53	1
2	2	dinamik	LinDirHis	Max	61,240	1053,53	2
2	3	dinamik	LinDirHis	Max	63,243	4227,51	2
2	2	dinamik	LinDirHis	Min	-63,243	-1065,65	2
2	3	dinamik	LinDirHis	Min	-61,240	-4115,51	2
3	3	dinamik	LinDirHis	Max	103,685	4115,51	3
3	4	dinamik	LinDirHis	Max	106,638	9527,38	3
3	3	dinamik	LinDirHis	Min	-106,638	-4227,51	3

Frame	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
3	4	dinamik	LinDirHis	Min	-103,685	-9148,33	3
4	4	dinamik	LinDirHis	Max	149,728	9148,33	4
4	5	dinamik	LinDirHis	Max	151,757	17115,24	4
4	4	dinamik	LinDirHis	Min	-151,757	-9527,38	4
4	5	dinamik	LinDirHis	Min	-149,728	-16634,71	4
5	5	dinamik	LinDirHis	Max	198,026	16634,71	5
5	6	dinamik	LinDirHis	Max	198,849	27057,70	5
5	5	dinamik	LinDirHis	Min	-198,849	-17115,24	5
5	6	dinamik	LinDirHis	Min	-198,026	-26536,04	5
6	6	dinamik	LinDirHis	Max	248,250	26536,04	6
6	7	dinamik	LinDirHis	Max	247,791	39447,24	6
6	6	dinamik	LinDirHis	Min	-247,791	-27057,70	6
6	7	dinamik	LinDirHis	Min	-248,250	-38948,53	6
7	7	dinamik	LinDirHis	Max	299,977	38948,53	7
7	8	dinamik	LinDirHis	Max	298,118	54353,14	7
7	7	dinamik	LinDirHis	Min	-298,118	-39447,24	7
7	8	dinamik	LinDirHis	Min	-299,977	-53947,37	7
8	8	dinamik	LinDirHis	Max	352,736	53947,37	8
8	9	dinamik	LinDirHis	Max	349,760	71841,15	8
8	8	dinamik	LinDirHis	Min	-349,760	-54353,14	8
8	9	dinamik	LinDirHis	Min	-352,736	-71584,16	8
9	9	dinamik	LinDirHis	Max	406,066	71584,16	9
9	10	dinamik	LinDirHis	Max	404,942	92034,33	9
9	9	dinamik	LinDirHis	Min	-404,942	-71841,15	9
9	10	dinamik	LinDirHis	Min	-406,066	-91887,44	9
10	10	dinamik	LinDirHis	Max	463,119	91887,44	10
10	11	dinamik	LinDirHis	Max	465,018	115149,89	10
10	10	dinamik	LinDirHis	Min	-465,018	-92034,33	10
10	11	dinamik	LinDirHis	Min	-463,119	-114867,07	10
11	11	dinamik	LinDirHis	Max	465,018	114867,07	11
11	12	dinamik	LinDirHis	Max	463,119	92034,33	11
11	11	dinamik	LinDirHis	Min	-463,119	-115149,89	11
11	12	dinamik	LinDirHis	Min	-465,018	-91887,44	11
12	12	dinamik	LinDirHis	Max	404,942	91887,44	12
12	13	dinamik	LinDirHis	Max	406,066	71841,15	12
12	12	dinamik	LinDirHis	Min	-406,066	-92034,33	12
12	13	dinamik	LinDirHis	Min	-404,942	-71584,16	12
13	13	dinamik	LinDirHis	Max	349,760	71584,16	13
13	14	dinamik	LinDirHis	Max	352,736	54353,14	13
13	13	dinamik	LinDirHis	Min	-352,736	-71841,15	13
13	14	dinamik	LinDirHis	Min	-349,760	-53947,37	13
14	14	dinamik	LinDirHis	Max	298,118	53947,37	14
14	15	dinamik	LinDirHis	Max	299,977	39447,24	14
14	14	dinamik	LinDirHis	Min	-299,977	-54353,14	14
14	15	dinamik	LinDirHis	Min	-298,118	-38948,53	14
15	15	dinamik	LinDirHis	Max	247,791	38948,53	15
15	16	dinamik	LinDirHis	Max	248,250	27057,70	15
15	15	dinamik	LinDirHis	Min	-248,250	-39447,24	15
15	16	dinamik	LinDirHis	Min	-247,791	-26536,04	15
16	16	dinamik	LinDirHis	Max	198,849	26536,04	16
16	17	dinamik	LinDirHis	Max	198,026	17115,24	16
16	16	dinamik	LinDirHis	Min	-198,026	-27057,70	16
16	17	dinamik	LinDirHis	Min	-198,849	-16634,71	16
17	17	dinamik	LinDirHis	Max	151,757	16634,71	17
17	18	dinamik	LinDirHis	Max	149,728	9527,38	17
17	17	dinamik	LinDirHis	Min	-149,728	-17115,24	17
17	18	dinamik	LinDirHis	Min	-151,757	-9148,33	17
18	18	dinamik	LinDirHis	Max	106,638	9148,33	18
18	19	dinamik	LinDirHis	Max	103,685	4227,51	18

Frame	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3	M2	FrameElem
Text	Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	Text
18	18	dinamik	LinDirHis	Min	-103,685	-9527,38	18
18	19	dinamik	LinDirHis	Min	-106,638	-4115,51	18
19	19	dinamik	LinDirHis	Max	63,243	4115,51	19
19	20	dinamik	LinDirHis	Max	61,240	1065,65	19
19	19	dinamik	LinDirHis	Min	-61,240	-4227,51	19
19	20	dinamik	LinDirHis	Min	-63,243	-1053,53	19
20	20	dinamik	LinDirHis	Max	21,313	1053,53	20
20	21	dinamik	LinDirHis	Max	21,071	2,849E-08	20
20	20	dinamik	LinDirHis	Min	-21,071	-1065,65	20
20	21	dinamik	LinDirHis	Min	-21,313	-2,565E-08	20

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 4

SectionName	Material	Shape	t3	t2
Text	Text	Text	cm	cm
KIRIS	CONC	Rectangular	240,0000	240,0000

Table: Frame Spring Assignments

Frame	Dir	Type	Stiffness
Text	Text	Text	KN/cm/cm
1	1	Linear	0,00000
1	3	Linear	0,00000
1	2	Linear	2,40000
2	1	Linear	0,00000
2	3	Linear	0,00000
2	2	Linear	2,40000
1	2	Linear	2,40000
2	2	Linear	2,40000
3	2	Linear	2,40000
4	2	Linear	2,40000
5	2	Linear	2,40000
6	2	Linear	2,40000
7	2	Linear	2,40000
8	2	Linear	2,40000
9	2	Linear	2,40000
10	2	Linear	2,40000
11	2	Linear	2,40000
12	2	Linear	2,40000
13	2	Linear	2,40000
14	2	Linear	2,40000
15	2	Linear	2,40000
16	2	Linear	2,40000
17	2	Linear	2,40000
18	2	Linear	2,40000
19	2	Linear	2,40000
20	2	Linear	2,40000

Table: Joint Loads - Force

Joint	LoadCase	CoordSys	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
11	1	GLOBAL	0,000	0,000	-1000,000

Table: Joint Reactions

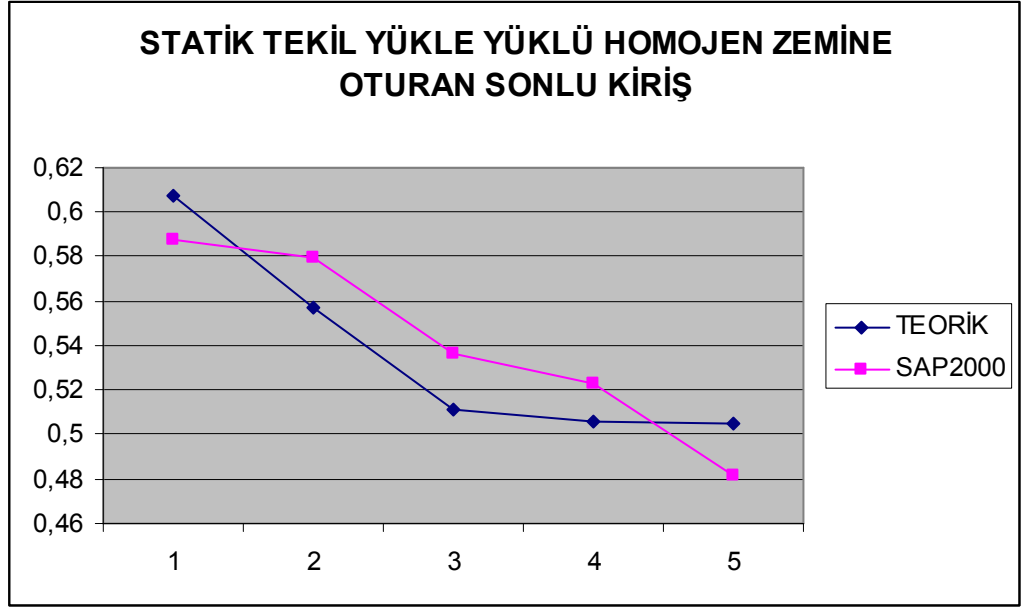
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3
Text	Text	Text	Text	KN
1	dinamik	LinDirHis	Max	21,157
1	dinamik	LinDirHis	Min	-22,006
2	dinamik	LinDirHis	Max	47,208
2	dinamik	LinDirHis	Min	-48,504
3	dinamik	LinDirHis	Max	52,098
3	dinamik	LinDirHis	Min	-53,669
4	dinamik	LinDirHis	Max	58,641
4	dinamik	LinDirHis	Min	-59,219
5	dinamik	LinDirHis	Max	65,925
5	dinamik	LinDirHis	Min	-66,200
6	dinamik	LinDirHis	Max	72,875
6	dinamik	LinDirHis	Min	-73,598
7	dinamik	LinDirHis	Max	79,290
7	dinamik	LinDirHis	Min	-80,400
8	dinamik	LinDirHis	Max	84,915
8	dinamik	LinDirHis	Min	-86,336
9	dinamik	LinDirHis	Max	89,435
9	dinamik	LinDirHis	Min	-91,082
10	dinamik	LinDirHis	Max	92,474
10	dinamik	LinDirHis	Min	-94,258
11	dinamik	LinDirHis	Max	93,596
11	dinamik	LinDirHis	Min	-95,425
12	dinamik	LinDirHis	Max	92,474
12	dinamik	LinDirHis	Min	-94,258
13	dinamik	LinDirHis	Max	89,435
13	dinamik	LinDirHis	Min	-91,082
14	dinamik	LinDirHis	Max	84,915
14	dinamik	LinDirHis	Min	-86,336
15	dinamik	LinDirHis	Max	79,290
15	dinamik	LinDirHis	Min	-80,400
16	dinamik	LinDirHis	Max	72,875
16	dinamik	LinDirHis	Min	-73,598
17	dinamik	LinDirHis	Max	65,925
17	dinamik	LinDirHis	Min	-66,200
18	dinamik	LinDirHis	Max	58,641
18	dinamik	LinDirHis	Min	-59,219
19	dinamik	LinDirHis	Max	52,098
19	dinamik	LinDirHis	Min	-53,669
20	dinamik	LinDirHis	Max	47,208
20	dinamik	LinDirHis	Min	-48,504
21	dinamik	LinDirHis	Max	21,157
21	dinamik	LinDirHis	Min	-22,006

3. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu bölümde, Bölüm 3' deki konu anlatımına ve yönetici denklemine paralel olarak SAP2000 programında hesapla bulunan sayısal tablolar ve şekiller verilmiştir.

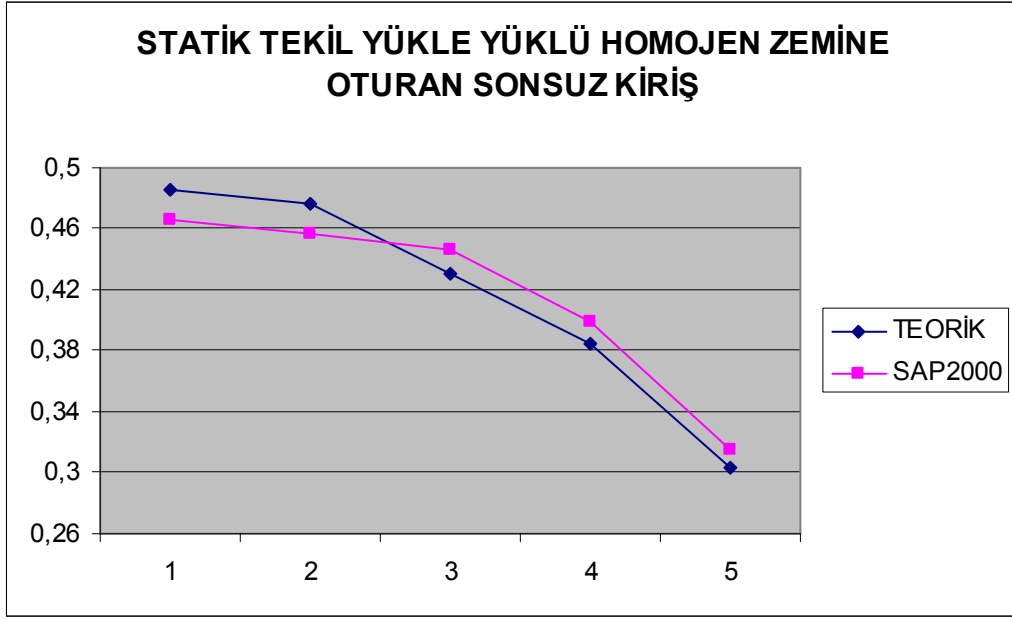
Tablo 4.1. Homojen zemine oturan sonlu kirişte, $P \cdot B^3 / EI = 1$, P yükü altındaki farklı " Γ " değerleri için " Y_0 " değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.

Γ	Y_0	SAP2000	% fark
1	0,60716025	0,588070	3,14
2	0,55664775	0,579520	4,11
3	0,51122691	0,536570	4,96
4	0,50569074	0,522800	3,38
5	0,50524623	0,481190	4,76



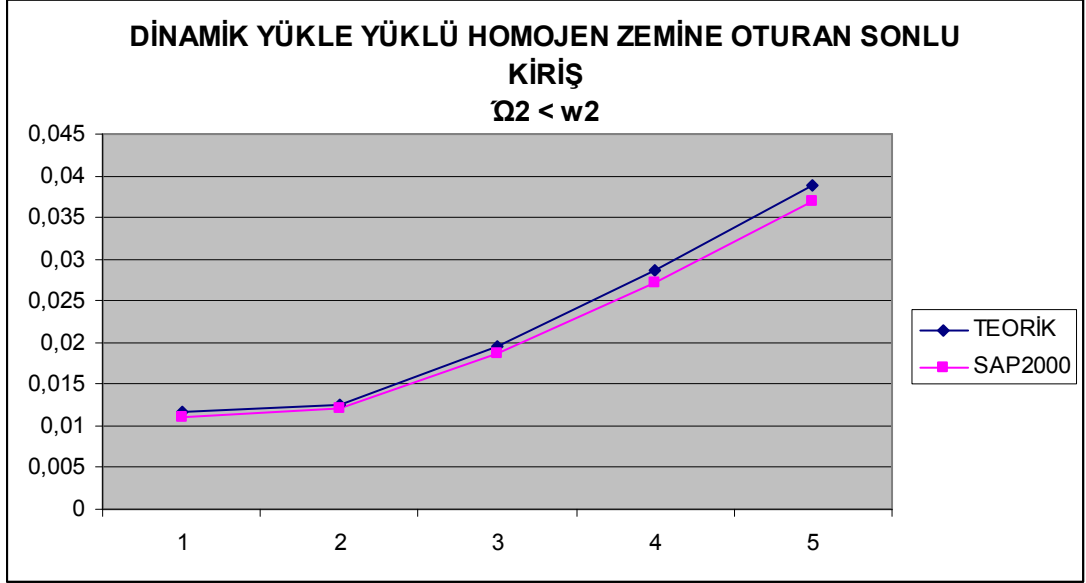
Tablo 4.2. Homojen zemine oturan sonsuz kirişte, $P \cdot B^3 / EI = 1$, P yükü altındaki farklı " Γ " değerleri için " Y_0 " değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.

Γ	Y_0	SAP2000	% fark
1	0,48593025	0,466390	4,02
2	0,47582775	0,457192	3,92
3	0,43040691	0,446421	3,72
4	0,38446074	0,399284	3,86
5	0,30319623	0,315461	4,05



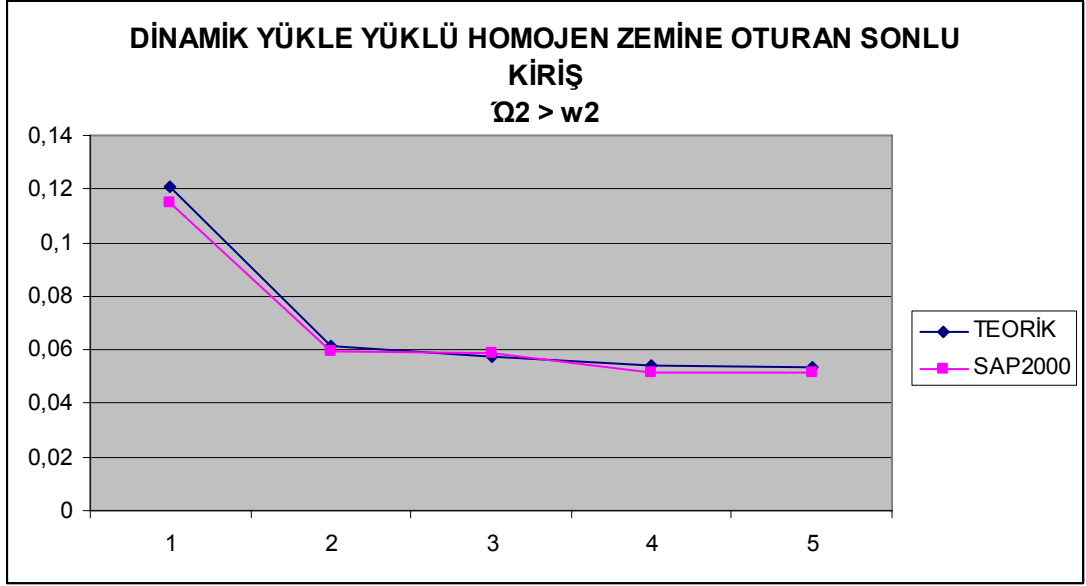
Tablo 4.3.1. Homojen zemine oturan sonlu kirişte, $P \cdot \cos \Omega t \cdot B^3 / EI = 1$, $P \cdot \cos \Omega t$ yükü altında, değişken $\Omega^2 < w^2$ değerlerine bağlı " Y_0 " değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.

$\Omega^2 < w^2$	Y_0	SAP2000	% fark
0,01	0,011608	0,011050	4,81
0,1	0,012563	0,012035	4,20
0,5	0,019507	0,018673	4,28
0,7	0,028617	0,027274	4,69
0,8	0,038787	0,036966	4,69



Tablo 4.3.2. Homojen zemine oturan sonlu kirişte, $P \cdot \cos \Omega t \cdot B^3 / EI = 1$, $P \cdot \cos \Omega t$ yükü altında, değişken $\Omega^2 > w^2$ değerlerine bağlı " Y_0 " değerlerinin yönetici denklem sonuçları ile SAP2000 sonuçlarının karşılaştırılması.

$\Omega^2 > w^2$	Y_0	SAP2000	% fark
0,01	0,120918	0,115080	4,83
0,1	0,061619	0,059221	3,89
0,5	0,057350	0,058997	2,87
0,7	0,054195	0,051774	4,47
0,8	0,053174	0,051566	3,02



KAYNAKLAR

1. Civalek, Free Vibration Analysis Of Elastic Beams Using Harmonic Differential Quadrature (HDQ), Mathematical and Computational applications, Vol. 9(2), **257-264**, (2004).
2. Vlasov, V.Z. and Leont'ev, N.N., Beams, plates and shells on elastic foundations, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, Israel, 1966.
3. M., Saygun, A., A method for the analysis of plates on a two-parameter foundation, International Journal of Solids and Structures, 36, **629-637**, (1991).

4. Vallabhan, C.V.G. and Das, Y.C., A refined model for beams on elastic foundations, International Journal of Solids and Structures, 27, **629-637**, (1991).
5. Vallabhan, C.V.G: and Daloglu, A. T., Consistent FEM-Vlasov model for plates on layered soil, ASCE, Journal of Structural Engineering, 125, **108-113**, (1999).
6. A., A Consistent Vlasov Model for the Analysis of Plates on Elastic Foundations using Finite Element Method, 1999.
7. Daloglu, A. and Vallabhan, C.V.G., Values of k for slab on Winkler foundation, ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 126, **463-471**, (2000).
8. Olsson M. On the fundamental moving load problem. Journal of Sound and Vibration 1991; 145: **299-307**, (2001).
9. Botsalı F.M, Özgüven H.N. Elastik desteklere oturan sürekli kirişlerin serbest ve zorlanmış titreşimleri. 1. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu Bildiri Kitabı, **283-296**, (1984).
10. Wu J, Shih P. Dynamic responses of railway and carriage under high-speed moving loads. Journal of Sound and Vibration: 36; **61-87**, (1996).
11. Wu j.-j., whittaker a.r., cartmell m.p. The use of finite element techniques for calculating the dynamic response of structures to moving loads. Computers and Structures; 78: **789-799**, (2000).
12. Kiral, Hareketli yük etkisindeki sistemlerin I-DEAS ile dinamik analizi. 10. Ulusal Makina Teorisi ve Dinamiği Sempozyumu Bildiri Kitabı; **862-871**, (2001)

13. Rouvinen, Handroos. How to describe a hydraulic system at ADAMS. Laboratory of Machine Automation, 2000.
14. Norton P. Peter Norton's guide to Visual Basic 6, SAMS, A Division of Macmillan Computer Publishing, Indiana, 1998.
15. Lawry mh. I-deas Master Series, Structural Dynamics Research Corporation Milford, OH, 1998.
16. Bellman, R., Casti, J., Differential Quadrature And Long-Term Integration., Journal of Mathematical Analysis And Applications, 34, **235-238**,(1971).
17. Bellman, R., Kashef, B.G., Casti, J., Differential Quadrature : A Technique For The Rapid Solution Of Nonlinear Partial Differential Equation., Journal Of Computational Physics, 10, **40-52**,(1972).
18. Bert CW, Jang SK, Striz AG. Two New Approximate Methods For Analyzing Free Vibration of Structural Components. AIAA Journal 1987.
19. Shu, C., Richards, B. E., Application of Generalized Differential Quadrature To Solve Two- Dimensional Incompressible Navier -Stokes Equations, International Journal For Numerical Methods In Fluids, 15, **791-798**, (1992).
20. Çok Serbestlik Dereceli Sistemlerin Harmonik Diferansiyel Quadrature (HDQ) Metodu ile Lineer ve Lineer Olmayan Dinamik Analizi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2003.
21. Civalek, Ö., Application of Differential Quadrature (DQ) and Harmonic Differential Quadrature (HDQ) for Buckling Analysis of Thin Isotropic Plates and Elastic Columns, Engineering Structures, An International Journal, 26(2), **171-186**,(2004).

