

**T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇELİK KÖPRÜLERDE VE KİRİŞLİ BETONARME
KÖPRÜLERDE YÜK PAYLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE
KIYASLAMA**

MUSTAFA SAFA GÖLEN

**YÜKSEK LİSANS BİTİRME PROJESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. TEVFİK NACİ YÜCEFER**

İSTANBUL, 2017

Mustafa Safa Glen tarafından hazırlanan “elik Köprülerde ve Kirişli Betonarme Köprülerde Yük Paylaştırma Yöntemleri ve Kıyaslama” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile İstanbul Gelişim Üniversitesi İnaşat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Tevfik Naci Yücefer
Anabilim Dalı, niversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan : Prof. Dr. M.Sinan ağdaş
Anabilim Dalı, niversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

ye : Doç. Dr. Ali Koçak
Anabilim Dalı, niversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 22/02/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Nuri KURUOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

04.04.2017

Mustafa Safa Gölen

ÖZET

Bu tez çalışmasında, betonarme ve çelik köprülerde enleme kirişlerin ve ana kirişlerin hem eğilme rijitlikleri hemde burulma rijitlikleri dikkate alınarak çözümlenmelerin yapıldığı Guyon-Masonnet yöntemi ve enleme kirişlerin eğilme rijitliklerini sonsuz alan Courbon yöntemi incelenerek, kıyaslama yapılmıştır. Bu yöntemler yük paylaşırma yöntemleri başlığı altında incelenmiştir. Her iki metotta da uygulamalar yapıldı. Yapılan uygulamalar sonucunda Courbon yönteminin daha basit çözüm sistemi olmasına rağmen Guyon-Masonnet yönteminin daha sağlıklı sonuç verdiği gözlenmiş ve tablolar oluşturulmuştur.



ABSTRACT

In this thesis study, Guyon-Masonnet method where the analyzes are performed considering both bending stiffness and torsional stiffness of beams and main beams of reinforced concrete and steel bridges and by examining the Courbon method which takes infinite area of bending stiffnesses of enameled beams, compared. These methods have been examined under the heading of load sharing methods. Both methods were applied. Although the Courbon method is a simpler solution system, it is observed that Guyon-Masonnet method gives a healthier result and the tables are created



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım esnasında bilgi, öneri ve yardımını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Tevfik Naci Yücefer'e teşekkür ederim.

Çalışmalarımda beni destekleyen eşime ve aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇELİK KÖPRÜLER VE KİRİŞLİ BETONARME KÖPRÜLERDE YÜKLERİN ANALİZİ.....	2
2.1. Köprülerde Yükler - İlgili Terimler.....	2
2.2. Çelik Köprülerde Yüklerin Analizi.....	2
2.2.1. Statik analiz.....	15
2.2.2. Malzeme analizi.....	21
2.2.2.1. Çeliğin özellikleri.....	22
2.2.2.2. Yapısal çelikte standartlar.....	22
2.2.2.3. Kullanılan diğer elemanlar ve özellikleri.....	22
2.3. Kirişli Betonarme Köprülerde Yüklerin Analizi.....	23
3. ÇELİK KÖPRÜLER VE KİRİŞLİ BETONARME KÖPRÜLERDE KİRİŞ YÜKLERİNİN HESAPLANMASI.....	23
3.1. Hesap Yöntemleri.....	24
3.1.1. Courbon yöntemi.....	26
3.1.2. Guyon-Massonnet yöntemi.....	36

4. UYGULAMA.....	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	98
KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	101



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Farklı standart kamyon tipleri ve çeşitli açıklıklara göre köprü üzerine gelen hareketli yüklerin karşılaştırma çizelgesi.....	3
Çizelge 2.2. Köprü eksenini ile yol ekseninin kesişmesi bakımından ve doğrudan veya kurpta olmasına göre köprüler.....	14



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tipik döşeme-çelik kiriş köprü.....	5
Şekil 2.2. Plak köprülerin yük taşıma mekanizması.....	6
Şekil 2.3. Çelik köprüler.....	8
Şekil 2.4. Köprü kirişleri.....	9
Şekil 2.5. İlgili terimlerin şekil üzerinde gösterimi.....	10
Şekil 2.6. Kompozit çelik kirişin efektif eni ve stres dağıtımı.....	10
Şekil 2.7. Bir betonarme döşeme köprü.....	11
Şekil 2.8. Köprü Planı.....	12
Şekil 2.9. Köprü elemanlarının tanımlanması.....	12
Şekil 2.10. Çelik köprü tabliyeleri.....	21

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

L

Uzunluk

m

Metre

Kısaltmalar

Açıklamalar

AASHO

American Association of State Highway and Transportation Officials (=Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaştırma İdareleri Birliği)

AASHTO

Amerikan Karayolları ve Ulaştırma İdaresi

BE Şartnamesi

Berechnungsgrundlagen für Stahlerne Eisen-Bahnbrücken (Çelik Demiryolu Köprüleri için Hesaplama Esasları)

1. GİRİŞ

Akarsu, kara yolu, demir yolu veya benzeri engelleri geçmek üzere inşa edilen, imla altında olmayan ve açıklığı 8 m ve daha büyük olan sanat yapılarına köprü denmektedir. Köprü yapım teknolojisi ile kullanılan malzemede son yıllarda önemli gelişmeler olmuştur. Köprüler; ahşap köprüler, demir ve çelik köprüler, betonarme köprüler vb. türlerine ayrılmaktadır. Köprüler inşa edilirken statik analiz, malzeme analizi gibi analizlerle yüklerin hesaplanması ve dağıtılması önem kazanmaktadır. Bunun için kullanılan hesap yöntemlerinin başında Courbon metodu ile Guyon-Massonet metodu gelmektedir. Diğer kullanılan metodları da açık ızgara analizi, Wagner teorisi, katlanmış plak analizi gibi metodlar oluşturmaktadır. Bunlardan Courbon metodu hesaplamalarda basitliğiyle popüler olmuştur. Bu metod ile birlikte Guyon-Massonet metodu bu çalışmada detaylı olarak çok yönlü incelenmektedir.

"Kirişli Köprülerde Yük Paylaştırma Yöntemleri ve Kıyaslama" isimli bu Yüksek Lisans Tez çalışmasına önce konuya kısa bir giriş yapılan ve çalışmanın Birinci bölümünü oluşturan Giriş yazısının yazılmasıyla başlanmaktadır.

İkinci bölümde, çelik köprülerde ve kirişli betonarme köprülerde yüklerin analizi yapılmaktadır. Bu bölümde önce köprülerde yüklerle ilgili terimlere açıklık getirilerek başlanmaktadır. Çelik köprülerde yüklerin analizinden sonra kirişli betonarme köprülerde yüklerin analizi, statik analiz ve malzeme analizi şeklinde yapılmaktadır.

Üçüncü bölümde, çelik köprülerde ve kirişli betonarme köprülerde yüklerin paylaşılması için kullanılan iki yöntem (Courbon metodu ve Guyon-Massonet metodu) açıklanmakta ve bu yöntemlerin birbiriyle kıyaslaması yapılmaktadır.

Dördüncü bölümde de araştırılan konuda bir uygulamaya yer verilmektedir.

2. ÇELİK KÖPRÜLER VE KİRİŞLİ BETONARME KÖPRÜLERDE YÜKLERİN ANALİZİ

Bu bölümde çelik köprüler ve kirişli betonarme köprülerde yükler analiz edilmektedir. Karayolu köprülerine etkiyen yükler; taşıyıcı elemanların kendi ağırlığı, kalıcı sabit yükler, hareketli yükler, sıcaklık, rüzgar, fırtına ve deprem yükleri ve köprü üzerindeki frenleme, demeraj (ilk hareket), merkez kaç kuvveti ve çarpışma sonucu ortaya çıkan diğer yüklerdir.

Ülkemizde köprü tasarımında dikkate alınacak yükler Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Yol Köprüleri için Teknik Şartnamesi ile düzenlenmiştir. İngiliz BS 5400 ve Amerikan Karayolları ve Ulaştırma İdaresi (AASHTO) şartnameleri de dünyaca kabul görmüş diğer önemli şartnameler bulunmaktadır

2.1. Köprülerde Yükler - İlgili Terimler

Köprü, iki ucunda iki kenar ayağa ve varsa arada orta ayaklara oturan bir tabliyeden oluşan bir sanat yapısı olarak tarif edilmektedir (Celâsun, 1974: 1). Burulma Atalet Momenti (burulma rijitliği) ne ilişkin olarak rijitlik, bir yapının yükler karşısında stabil kalabilme yeteneği olmaktadır. Rijitlik, yapıların ötelenme ve yer değiştirme tesirlerine karşı koyma derecesidir. Kayma Modülü (G), Elastisite Modülü (E) ile gösterilmektedir. Doğrusal elastik olarak davranan malzemelerde elastik alanda normal gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi (Bünye denklemi) doğrusal olup;

$$\sigma = E.\varepsilon \quad (\text{Hooke Kanunu})$$

bu ilişkideki orantı sabiti E ye "Elastiklik Modülü" adı verilmektedir.

Doğrusal elastik olarak davranan malzemelerde elastik alanda kayma gerilmesi-birim kayma şekil değiştirme ilişkisi (Bünye denklemi) de doğrusaldır:

$$\tau = G.\gamma$$

Bu ilişkideki orantı sabiti G ye de "Kayma modülü" adı verilmektedir ([http://web.itu.edu.tr/~dikicioglu/WEBMAL201/Mal201MekanikOzelliklerSurunme\(4\).pdf](http://web.itu.edu.tr/~dikicioglu/WEBMAL201/Mal201MekanikOzelliklerSurunme(4).pdf)).

Döşeme plağına tabliye denmektedir. Üzerine üstyapı döşenen ve köprü ayakları üzerine oturan taşıyıcı kısım olmaktadır. Kompozit köprü de çelik kirişler üzerine betonarme döşeme teşkil edilerek yapılan tabliye şekli olmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2013). Konstrüksiyonda çeşitli malzemeler kullanılmaktadır.

Köprülerin hareketli yük analizlerinde, iki veya üç boyutlu yapısal modeller kullanılabilir. İki boyutlu yapısal modellerde, hareketli yüklerin köprü kirişlerine dağılımı köprü tasarım standartlarında mevcut olan hareketli yük dağılım katsayıları kullanılarak belirlenmektedir. Bu hareketli yük dağılım katsayıları, Türkiye'de de köprülerin tasarımı için kullanılan AASHTO'nun ilgili standartlarında belirtilmiştir. Bu katsayılar, geleneksel geniş derzli köprülerin kirişleri için geliştirilmiştir (Erhan ve Dicleli, 2009). AASHTO şartnamesine göre hareketli yükler şunlardır;

- Standart Kamyon Dingil Yüğü,
- Standart Kamyon katarına eş değer olan Eş Değer Şerit Yüğü
- Ve Askeri yükler (Uğur, Bahar, Caferov ve Koçak, 'Dolu Gövdeli Betonarme Plak Köprülerin Analizi').

Çizelge 2.1. Farklı standart kamyon tipleri ve çeşitli açıklıklara göre köprü üzerine gelen hareketli yüklerin karşılaştırma çizelgesi (Uğur, Bahar, Caferov ve Koçak, 'Dolu Gövdeli Betonarme Plak Köprülerin Analizi')

KÖPRÜ VERİLERİ						SONUÇLAR					
No	L Köprünün Açıklığı (m)	W Köprünün Genişliği (m)	D Döşeme Kalınlığı (m)	Trafik Şerit Sayısı	TCK Standart Kamyon Tipi	PUCHER METODUNA GÖRE			SAP2000 PROGRAMI İLE		
						Mg	Mq	Vq	Mg	Mq	Vq
						Zati Yükten Doğan Max Eğilme Momenti (KNm/m)	Hareketli Yükten Doğan Max Eğilme Momenti (KNm/m)	Hareketli Yükten Doğan Max Kesme Kuvveti (KN)	Zati Yükten Doğan Max Eğilme Momenti (KNm/m)	Hareketli Yükten Doğan Max Eğilme Momenti (KNm/m)	Hareketli Yükten Doğan Max Kesme Kuvveti (KN)
1	18,6	12,4	1,24	3	H ₃₀ S ₂₄	1197,022	466,388	1373,58	1263,544	456,454	1373,226
2	17,3	11,5	1,3	3	H ₂₀ S ₁₆	849,38	293,63	902,88	880,806	298,022	903,121
3	18,74	12,5	1,2	3	H ₃₀ S ₂₄	1179,99	457,149	1374,86	1241,261	457,326	1375,069
4	19,5	13	1,3	3	H ₂₀ S ₁₆	1364,34	305,69	923,04	1455,022	309,053	923,077
5	19,2	12,8	1,2	3	H ₃₀ S ₂₄	1238,62	460,061	1381,14	1302,09	461,387	1380,938

NOT: Değerler açıklık ortası 1m şerit genişlik için maksimum moment ve kesme kuvveti değerleridir.

Köprülerde yük dağıtım ile ilgili literatürde çok sayıda yayın vardır. Bu yayınlar iki kısma ayrılmaktadır; (I) Köprüler için yük dağıtım ve (II) Köprüler için alan deneyleri. Birinci kısım, üç alt kısma ayrılmaktadır;

I-) Köprüler için yük dağılımı

a-) Analitik metodlar

b-) Model Çalışmaları

c-) Ve diğerleri (Aktas ve VanHorn, 1968).

a) Analitik metodlar hem genel hem özel tipte kirişli köprüleri kapsamaktadır. İkincisinde, kuramlar belirli bir tip kirişli köprüler için türetilirken, öncekinde bir kuram her tipte kirişe uygulanabilecek şekilde genel inceleme için türetilmiştir. Bu nedenle, formülasyonu başlıca kirişin bükülmeye ilişkin ve burulma direncinin bir fonksiyonudur, spesifik şekillenme yerine.

b) Model çalışmaları, araştırılan modellerin malzemelerine göre gruplanmaktadır. Her grup daha sonra model köprünün kirişlerinin şekline göre tekrar bölünmektedir. Kiriş tiplerinin belirtilmemiş olduğu raporlar da vardır.

II-) Köprüler için alan deneyleri

Alan deneyleri de, yukarıda açıklanan ikinci kısmı oluşturan yayınlar içinde, Tahribatlı Deneyler ve Tahribatlı-olmayan Deneyler biçiminde iki grupta sunulmaktadır. Daha da ileri deney köprünün kiriş malzemesi ve şekline göre alt bölümlerine ayrılmışlardır. Yük tipi yani kamyon yükü ya da tekil yük, ve yük koşulu yani statik ya da dinamik yük, raporların özetlerinde mümkün olduğunca belirtilmiştir (Aktas ve VanHorn, 1968). Taşıt ağırlıkları, yükün dingillerden tekerleklere aktarılmasıyla tekil yük olarak ya da eş değer şerit yükü olarak etki ettirilmektedir (Uğur, Bahar, Caferov ve Koçak, ?). Bu raporlarda öne çıkan ve araştırılan konuyla da ilişkili bazı terimlere açıklık getirilecek olursa;

- Kirişli-döşeme sistemi ile plak köprü, kirişlerin genel tipleri içinde geçmektedir.

- Kirişlerin özel tipleri içinde öngerilmeli beton kiriş, betonarme kirişler, görünürde-döşeme (pseudo-slab), çelik kirişler ve ahşap sayılmaktadır.

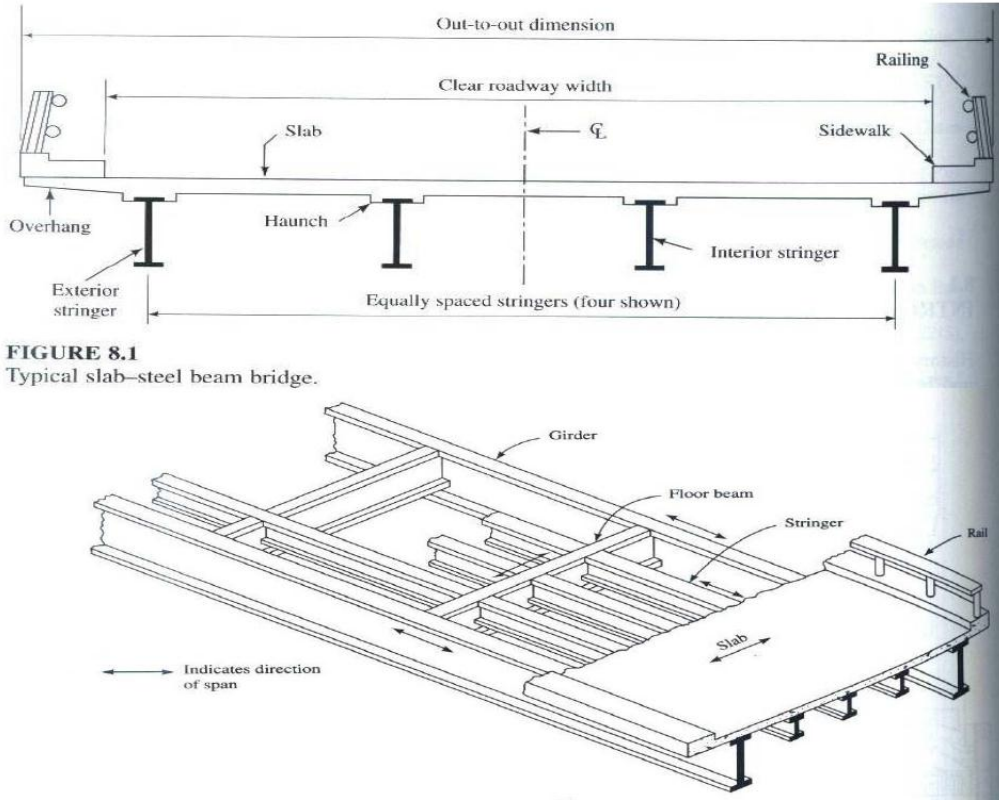


FIGURE 8.1
Typical slab-steel beam bridge.

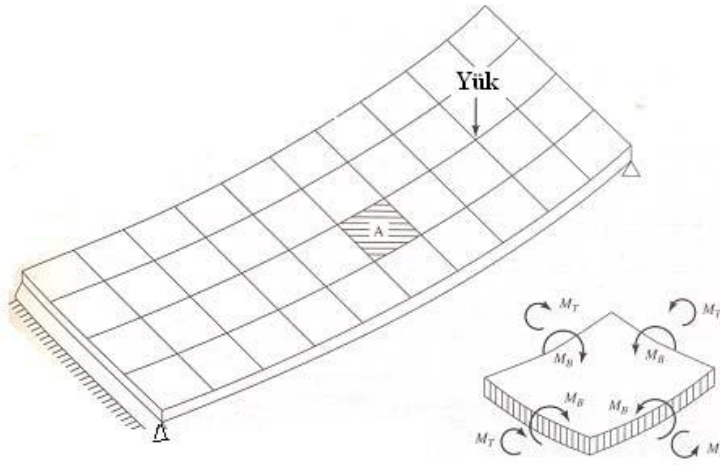
Şekil 2.1. Tipik döşeme-çelik kiriş köprü (<http://www.yildiz.edu.tr/~kircil/kopru>)

Model çalışmaları içinde (1) Pleksiglas veya öteki plastikler (i-kirişi, t-kirişi, kutu kiriş, belirtilmemişler) (2) Beton (betonarme, öngerilmeli beton - i-kirişi, dikdörtgen kesitli kiriş, boşluklu ya da kutu kesitli kiriş, diğerleri ya da belirtilmemişler - ve çelik kompozit kiriş ile belirtilmemişler) ve (3) Alüminyum ile (malzeme) belirtilmemişler bulunmaktadır.

Bunlardan başka (II.) kısmı oluşturan köprülerin tahribatına yönelik deneyler ile köprülerin tahribatlı olmayan deneyleri, öngerilmeli beton kirişler (tahribatlı deneyler kapsamında) ile (1) öngerilmeli beton kirişler (i-kirişler, kutu kesitli-kirişler ya da boşluklular, diğerleri ve belirtilmemişler) (2) Betonarme beton kirişler (3) Çelik kompozit ya da kompozit olmayan kirişler - tahribatlı olmayan deneyler kapsamında yapılmıştır.

Burada basit kirişli köprü, iki serbest uçtan elastomer mesnetlere oturan ve sürekli olmayan (moment aktarmayan) ana kirişlerle yapılan köprü sistemidir. Basit plak köprü ise iki serbest uçtan elastomer mesnetlere oturan ve sürekli olmayan (moment aktarmayan) beton plak döşeme ile yapılan köprü sistemidir (Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2012). Kısa açıklıkların geçilmesinde kirişli köprülerin yanı sıra plak şeklindeki köprülerin kullanımı uygun olmuş ve zamanla kısa açıklıklarda kirişli köprülerin yerini almışlardır. Plak

köprülerde kiriş yoktur, plak hem örtü elemanı hem de taşıyıcıdır [4]. Plak köprüler genellikle kent içi alt ve üst geçitlerde yapılmaktadır.



Şekil 2.2. Plak köprülerin yük taşıma mekanizması

Basit köprü üst yapılarında döşeme plağı yük taşıyıcı elemandır. Her iki yöndeki açıklık kabiliyeti ve yüksek dayanımından dolayı noktasal yüklerin dağıtılmasında biçim bakımından çok uygun olduğu bildirilmektedir. Plak köprüler betonarme veya öngerilmeli beton olarak yapılabilmektedir. Dolu gövdeli ya da boşluklu plak alt yapı üzerine oturtulmaktadır. Yerinde dökme beton plak döşemeler mesnet elemanları ile birlikte yekpare olarak dökülmektedir. Plak köprülerin açıklık limiti (sınırı) yükün büyüklüğüne bağlı olmaktadır. Plak köprülerin olumlu yönleri;

- Düşük açıklıkta sığ derinlik,
- Geometrik esneklik,
- Temiz ve cazip görünüş,
- İyi yük dağıtma sistemi,
- Gerilme ve burulma rijitliği,
- Ve az bakım gerektirmesidir.

Olumsuz yönleri ise şunlardır;

- Fazla sabit yük,

- Orta derinlikte malzeme kullanımı yetersizliği,
- Boşlukların bakımı problem olabilmesi,
- Ve öngerilmeli ise bazen onarılamaması

Betonarme kiriş, betonarme kullanılarak imal edilen elemandır. Bunların işlem uygulanarak kesme ve çekme gerilmelerinin elimine edilenlerine öngerilmeli betonarme kiriş denmektedir. Çelik kirişler, çelikten imal edilen kirişlerdir. İ-kiriş (I-beam), i-kesitli kiriştir. T-kiriş, enkesiti T şeklinde olan kiriştir (Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2012). Kutu kesitli kiriş kullanılması birtakım avantajlar sağlamaktadır. Kolay erişilebilir ve işlenebilir olmasıyla kutu kesitli profiller ön plana çıkmaktadır. Ancak kutu kesitli profillerin sahip oldukları kesit geometrisine bağlı olarak özellikle kesme ve eğilme yükleri etkisi altında istenmeyen lokal burkulma problemlerini de beraberinde getirdiği, yapılarda uygulanmasında bir dezavantaj olarak bildirilmektedir.

Betonarme köprü inşaatlarında kullanılan bir malzemedir. Çelikten ya da betonarmeden imal edilmesine göre köprüler çelik köprüler ve betonarme köprüler adını almaktadır.



Şekil 2.3. Çelik köprüler

Öngerilmeli beton betona dökümden önce veya sertleştikten sonra basınç verme teknolojisinde kullanılan betondur (Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2012). Köprü inşaatlarında öngerilmeli beton da kullanılmaktadır. Burada öngerilme, çekme gerilmelerine karşı dayanımı çok düşük olan betonun, kullanım yüklerinin etkimesinden önce ileride oluşacak gerilmeleri dengelemek amacı ile yapay ve sürekli bir gerilme durumuna sokma işlemi olmaktadır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2013). Köprü kirişleri, köprü inşaatlarında kullanılan, yüksek mukavemetli beton ve öngerme teknolojisi uygulanarak büyük açıklıkları kolayca geçebilen prefabrik betonarme elemanlardır. Dikdörtgen kesitli kirişlerin de uygulandığı görülmektedir. Kompozit kirişler de birçok yapıda ve köprülerde kullanılmaktadır. Genel olarak uygulamada, bir beton döşemenin çelik kirişler tarafından desteklenmesi şeklinde uygulandığı görülmektedir. Eğer çelik kirişler beton döşemeye ikisi bir birim olarak davranacak şekilde bağlanmaktaysa, bu kiriş kompozit kiriş denmektedir.

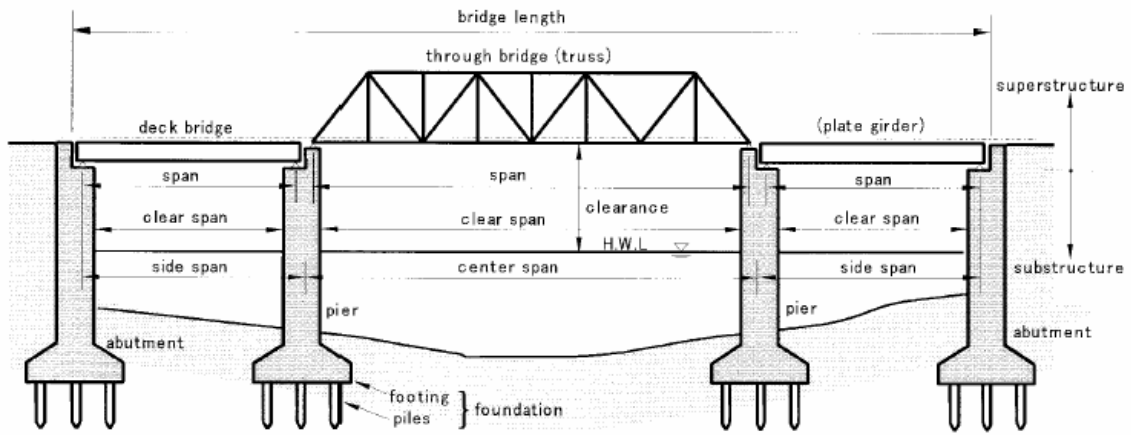


Şekil 2.4. Köprü kirişleri (<http://www.prekastbeton.com.tr/faaliyetalanlari/kopru-kirisleri>)

Strüktürde birçok değişken vardır ve problemlerin ekseriyeti bu değişkenlerin analizinden meydana çıkmaktadır. Taşıyıcı kirişlere ilişkin değişkenler şunlardır;

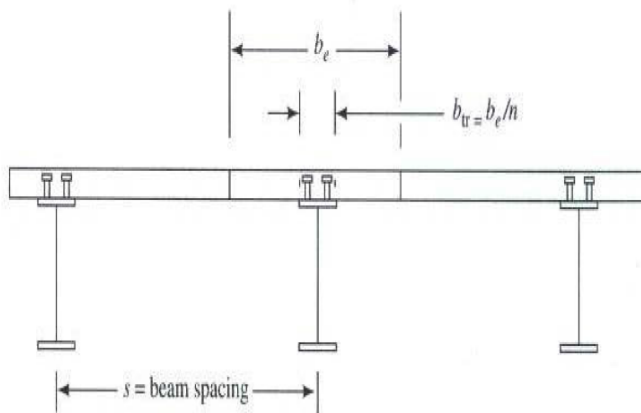
- *Tipi*- çelik i-kesitli kirişlerin, elastisite modülünü içeren,
- Adet
- Açıklık -üniform ya da değişken-
- Uzunluk (köprü ayakları arasındaki)

- Burulma rijitliği
- Eğilme rijitliği
- Tek açıklıklı, sürekli
- Verev ya da dik köprü
- Kompozit ya da kompozit olmayan



Şekil 2.5. İlgili terimlerin şekil üzerinde gösterimi (<http://www.yildiz.edu.tr/~kircil/kopru>)

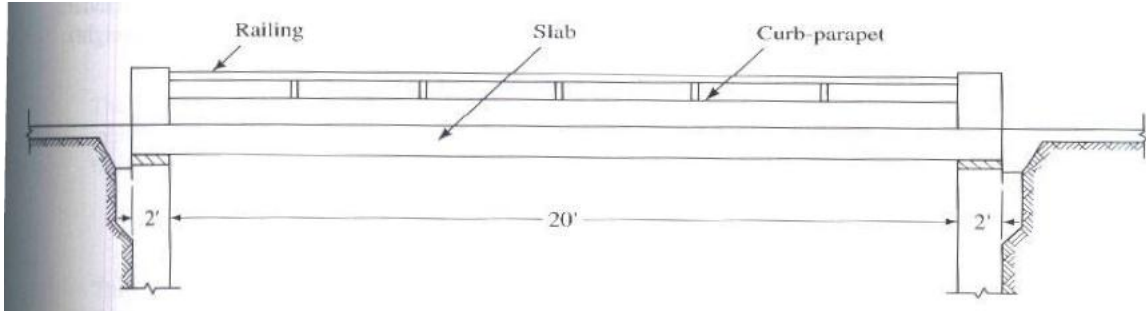
Kompozit köprülerde, esas taşıyıcılar çelik kirişler olmakla beraber üzerlerindeki betonarme döşeme plakının sadece yersel eğilmeye çalışmakla kalmadığı fakat çelikle beton arasında konan bağlayıcılar dolayısıyla çelik kirişlerin genel eğilmesine de iştirak ettiği belirtilmektedir [4].



Şekil 2.6. Kompozit çelik kirişin efektif eni ve stres dağıtımı (<http://www.yildiz.edu.tr/~kircil/kopru>)

Köprüler kullanılan malzeme cinsine, açıklıklarına, yapısal formlarına, yük taşıma biçimine ve döşeme tiplerine göre çok çeşitlidirler. Köprülerde donatı ya da döşemeye ilişkin değişkenler şunlardır;

- Kalınlık
 - Açıklık (boyuna)
 - Genişlik (enine)
 - Enine donatı-miktar ve tipi
 - Boyuna donatı-miktar ve tipi
 - Burulma rijitliği
 - Takviyeli
 - Yekpare olma durumu
 - Kompozit (bileşik) eylem
 - İzotropik
 - Homojen
- } döşeme ve kirişlerin bağlantısı

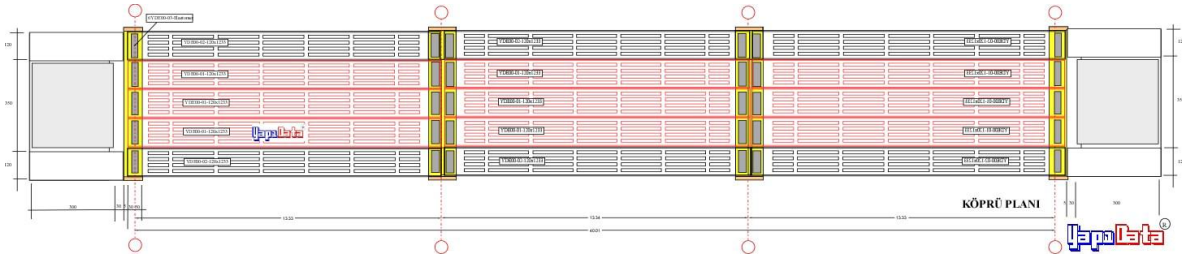


Şekil 2.7. Bir betonarme döşeme köprü (<http://www.yildiz.edu.tr/~kircil/kopru>)

Açıklığa göre sınıflandırmada köprüler kısa açıklıklı köprüler, orta açıklıklı köprüler ve uzun açıklıklı köprüler şeklinde üçe ayrılmaktadır (<http://www.yildiz.edu.tr/~kircil/kopru>):

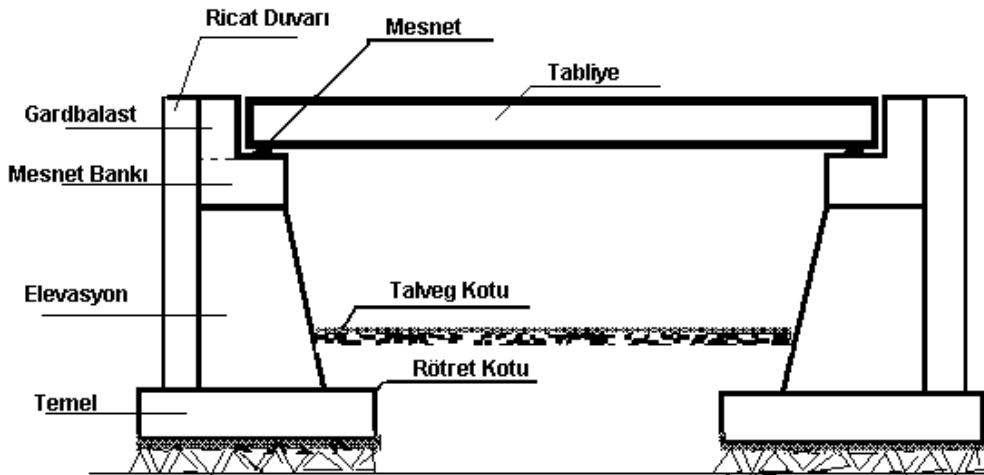
- Kısa açıklıklı köprüler: $\sim 6m < L < \sim 40m$
- Orta açıklıklı köprüler: $\sim 40m < L < \sim 125m$
- Uzun açıklıklı köprüler: $125m < L$

Fonksiyonel gereksinime göre köprüler tek veya çok açıklıklı planlanabilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Köprü Planı (<http://www.yapidata.com/kpru.pdf>)

Açıklıklar arttıkça, tabliyeyi sadece betonarme plakla oluşturmak olanaklı olmayacağından kirişli köprülerin tasarlanması tercih edilmektedir. Kullanılan kirişler döşemeyle beraber bir T kesit şeklinde çalışmaktadır. Açıklıklar daha da arttığında, kiriş boyutları çok büyümekte ve betonarme köprüler çelik köprülerle rekabet edemez olmaktadır. Bununla beraber, öngerilme teknolojisindeki ilerleme, önüretimli elemanların kullanımının ve üretiminin yaygınlaşmasının, daha büyük açıklıkları öngerilmeli köprülerle geçmeyi olanaklı kıldığı bildirilmektedir. Öngerilmeli köprülerde, monolitik betonarme kirişlerin yerini öngerilmeli kirişler almakta ve bu öngerilmeli kirişler üzerlerindeki betonarme plaktan gelen yükleri kenar ve orta ayaklara aktarmaktadır (<http://www.yildiz.edu.tr/~kircil/kopru>).



Şekil 2.9. Köprü elemanlarının tanımlanması [7]

Diyaframlara ilişkin değişkenler şunlardır;

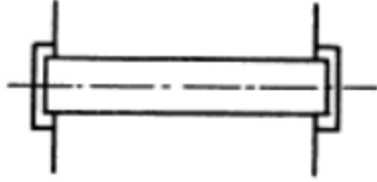
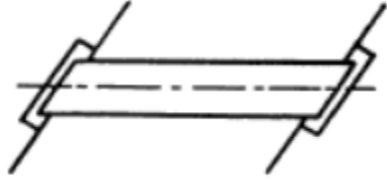

- Mevcudiyet (bulunma)

- Sayı
- Mesafe
- Dik ya da verev köprü
- Burulma rijitliği
- Eğilme rijitliği
- Bağlantıların yeterliliği
- Döşemeye bağlantılı olması ya da olmaması
- İ-kesitin alt kenarına bağlantılı olma
- Kirişlerin (girders) sayısı = diyaframların uzunluğu

Köprülerde canlı yüklere ilişkin değişkenler şunlardır;

- Tekerlek yükü sayısı
- Boyuna konum
- Enine konum
- Dik ya da verev köprü
- Köprü açıklığı (Reese, 1966).

Çizelge 2.2. Köprü eksenini ile yol ekseninin kesişmesi bakımından ve doğrudan veya kurpta olmasına göre köprüler [8]

Dik köprüler	
Verev köprüler	
Kurpta köprüler	

Köprünün eksenini ile nehir veya yol eksenini birbirini dik olarak kesiyorsa böyle köprülere dik köprü denmektedir. Dik köprülerde köprü eksenini mania eksenine diktir (Celâsun, 1974: 9). Köprü eksenini nehir veya yol eksenini eğik olarak kesiyorsa böyle köprülere de verev köprü denmektedir. İki eksen arasında teşekkül eden açısına verevlik açısı denmektedir. Verev köprüler de ikiye ayrılarak şöyle açıklanmaktadır:

"- **Sağa verev köprüler:** Yol eksenini üzerinde durup yüzümüzü köprüye çevirdiğimiz zaman tabliyenin sağ ana kirişi ileride olan köprülere sağa verev köprü denir.

- **Sola verev köprüler:** Yol eksenini üzerinde durup yüzümüzü köprüye çevirdiğimiz zaman tabliyenin sol ana kirişi ileride olan köprülere sola verev köprü denir." (Milli Eğitim Bakanlığı, 2013).

Kurb köprülerin plandaki eksenleri eğridir. Böyle köprülerle ilgili olarak şunlar belirtilmektedir; "...santrifüj kuvvete maruzdurlar, dever verilir. Torsiyon momenti etkisi önemlidir." [2]

2.2. Çelik Köprülerde Yüklerin Analizi

Bu bölümde çelik köprülerde etkileyen yüklerin analizi yapılmaktadır. Çelik köprünün proje aşamasında, köprünün genel şekli tespit olunduktan sonra, avan proje halinde görünüş, plan, enine ve boyuna kesit resimleri çizilmekte ve inşaat detayları kararlaştırılmaktadır. Asıl boyutlar statik hesabının yapılmasından belli olmaktadır. Bu nedenle yaklaşık boyut verilmektedir. Köprünün açıklığı, genişliği vs. kararlaştırılan boyutlarla verilen takribi kesitlere göre statik hesaba başlanmaktadır. Hareketli ve hareketsiz ağırlıklara göre sırasıyla döşeme, boylamalar, enlemeler, ana kirişler, rüzgar kirişleri ve enine bağlantılar, mesnet tertipleri hesaplanmaktadır. Statik hesabı sırasında gösterilecek kaideler hakkında daha fazla bilgi için BE şartnamesi (Berechnungsgrundlagen für Stahlerne Eisen-Bahnbrücken)(=Çelik Demiryolu Köprüleri için (Statik) Hesaplama Esasları) tavsiye edilmektedir. Mukavemet hesabının yapılmasından sonra köprünün demir kısımlarının boyutu kesin olarak tayin olunmaktadır. Bu yeni ağırlıklara göre elde edilecek gerilmeler, köprünün en tehlikeli kısımlarında, emniyet gerilmesini %3 veya daha çok aşarsa mukavemet hesabının tekrarlanması gerekmektedir. Statik hesaplarından sonra köprü resimlerinin çizilmesine başlanmaktadır.

2.2.1. Statik analiz

Yapı sistemlerinin maruz kaldığı temel yükler sabit ve hareketli yüklerdir. Hareketli yükler için çözümlerde yükün şiddeti kadar etkime noktası da önemlidir. Sabit bir kirişte yükün ortada ve kenarda olması şekil değiştirmeyi etkilediği gibi hareketli yükünde sistem üzerinde konumu sistemin davranışını etkilemektedir.

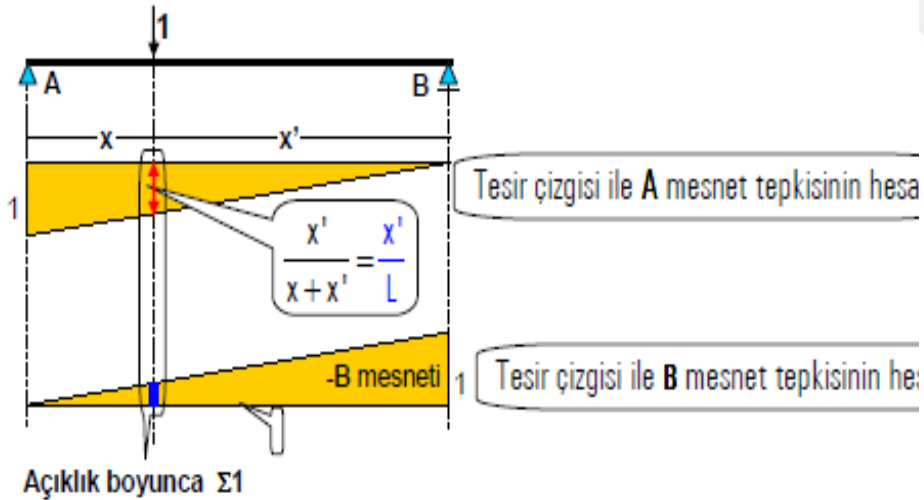
Tesir çizgisi; Sistem üzerinde belirli bir doğrultuda hareket eden 1 birimlik bir kuvvetten dolayı belirli bir kesitteki statik büyüklüğün (mesnet tepkisi, moment, kesme kuvveti, ...) değişimini göstermektedir. Sistem üzerinde hareket etmekte olan 1 birimlik düşey kuvvetin herhangi bir konumda, herhangi bir büyüklüğün (mesnet tepkisi, eğilme momenti, kesme kuvveti, ...) değerini, 1 birimlik kuvvetin altında ordinat almak suretiyle çizilen diyagrama, bu büyüklüğe ait tesir çizgisi diyagramı denmektedir.

Hareketli yüklerin sistem üzerindeki konumları değişkendir. Hareketli yükler etkisindeki bir yapı sisteminin boyutlandırılması için, sistemin her kesitinde, hareketli yüklerden oluşan en

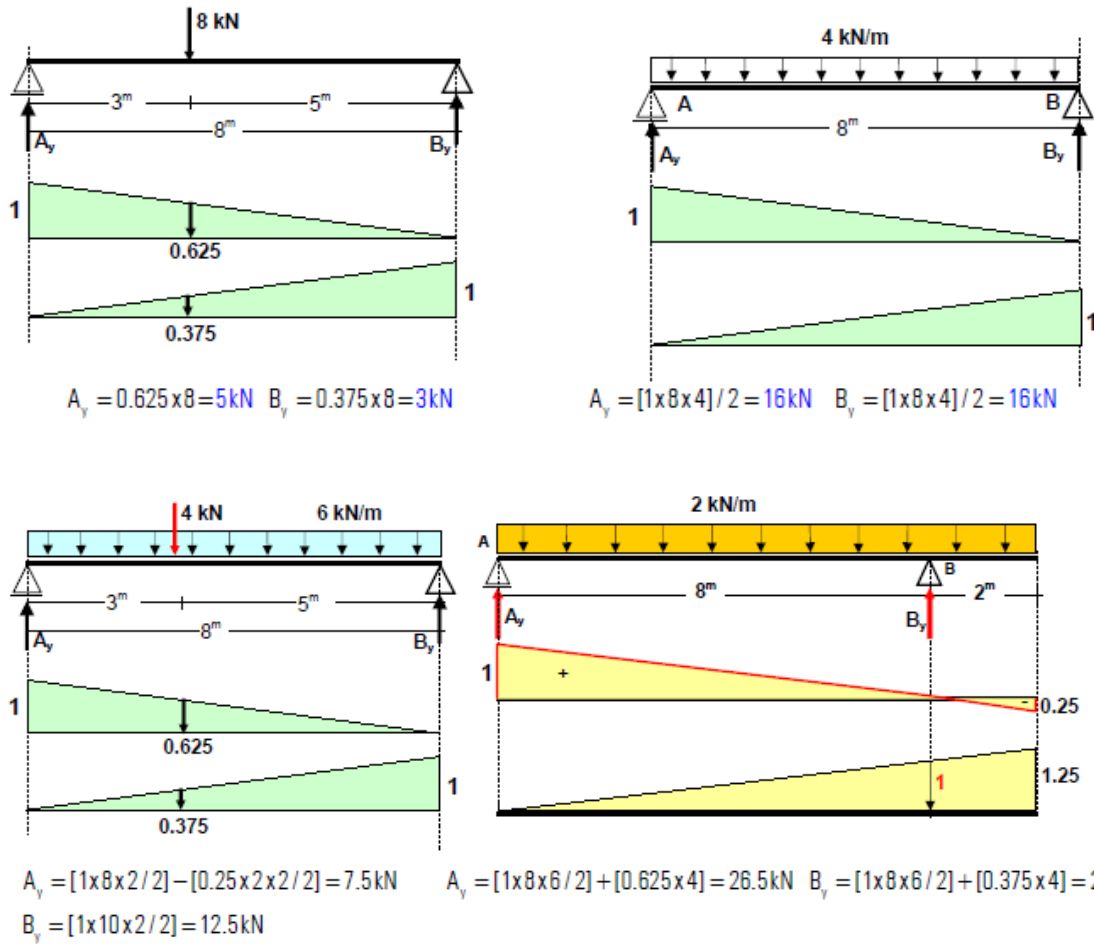
elverişsiz (maksimum veya minimum) kesit zorlarının hesaplanması gerekmektedir. Hareketli yüklerden oluşan en elverişsiz büyüklükler genel olarak araştırma ile bulunabilmektedir. Bunun için, hareketli yük sistemin üzerinde hareket ettirilerek, yükün her konumu için aranan büyüklüğün değeri hesaplanmaktadır.

Tesir çizgisi diyagramının ordinatı o noktanın üzerindeki kuvvetle çarpımını kesit tesirini vermektedir.

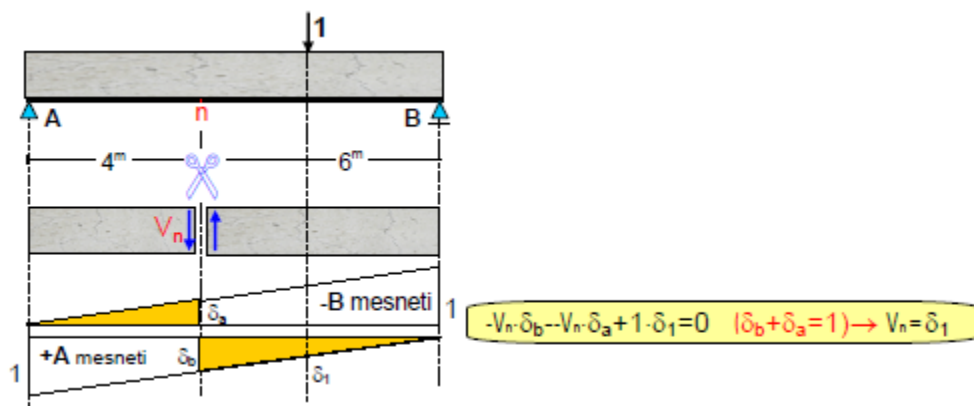
Tesir çizgisi ile mesnet tepkilerinin hesabı için aranan mesnet tepkisi 1 birim ve diğer mesnet tepkisi ise sıfır olacak şekilde üçgen çizilmektedir. Sistemdeki verilen dış yükler tekil yük ise yük altındaki ordinat ile tekil yük şiddeti çarpılarak mesnet tepkisi bulunmaktadır. Sistemdeki verilen dış yükler düzgün yayılı yük ise yük altındaki alan ile yayılı yükün şiddeti çarpılarak mesnet tepkisi bulunmaktadır. Eğer sistem üzerinde her iki yükte bulunuyor ise her yük için bu işlem yapılarak toplanmaktadır.



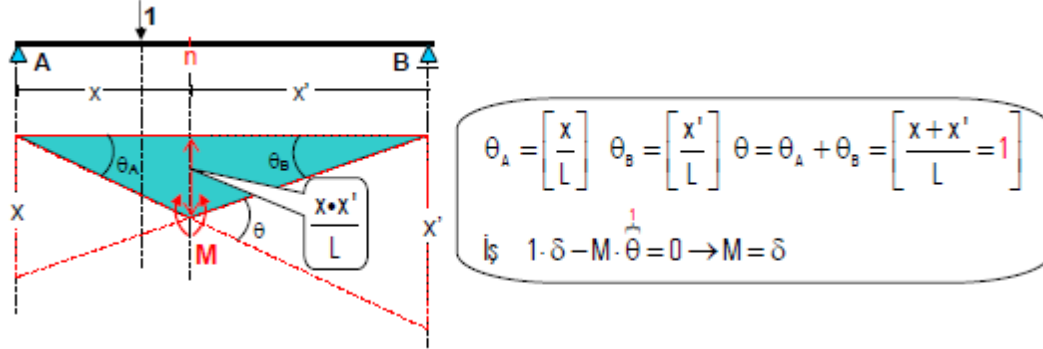
Uygulama: Verilen kirişlerin mesnet tepkilerinin tesir çizgisi yöntemi ile bulunması.



Kesme kuvveti tesir çizgisi aşağıdaki örnek üzerinde n noktasındaki kesme kuvveti tesir çizgisinin hesabıyla yapılmaktadır. Bunun için birim kuvvetin kiriş üzerindeki konumuna göre hesap yapılmaktadır. Klasik hesaplamalarda olduğu gibi önce mesnet tepki kuvvetleri hesaplanmaktadır.

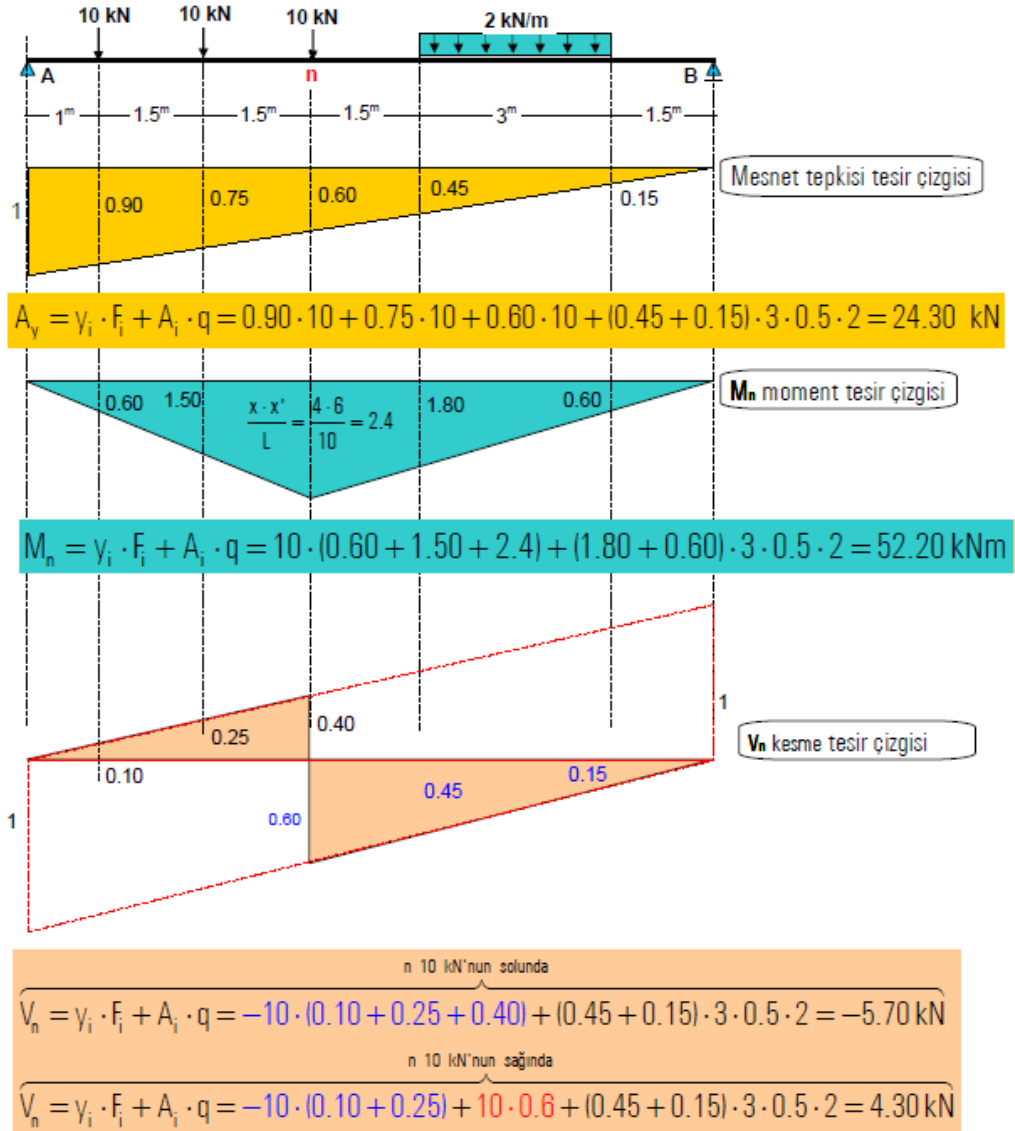


Moment tesir çizgisinin çiziminde, momenti istenen nokta mesnetler de noktanın sağı ve solu kadar deplasman yapacak ölçüde işaretlenmektedir. Bu deplasmanların kesişim noktası söz konusu noktanın deplasman değeri kabul edilmektedir.



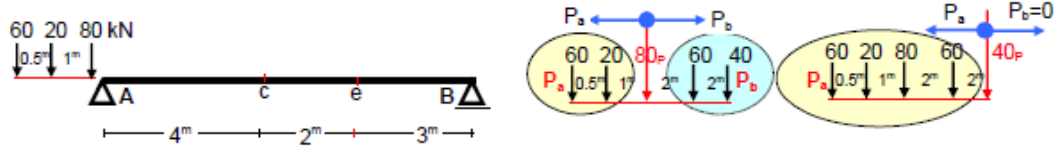
Uygulama: Verilen kirişte tesir çizgisi yöntemi ile

- a. Ay mesnet tepki kuvvetini
- b. V_n kesme kuvvetini
- c. M_n moment değerini hesaplayınız.

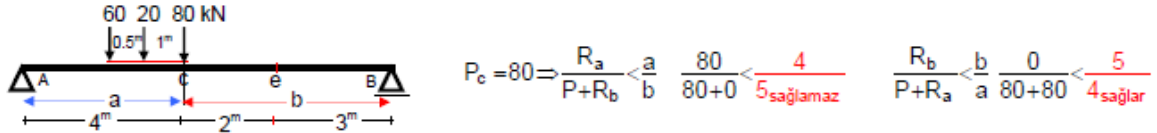


Özellikle hareketli yükün yoğun olduğu köprülerde bu etki daha büyüktür. Köprüler bu etkilere göre boyutlandırılmaktadır. İzostatik sistemlerin tesir çizgisi etkileri doğrusaldır. Hiperstatik sistemlerin tesir çizgileri etkisi ise eğrilerden oluşmaktadır. Burada izostatik sistemlerin tesir çizgilerine ait örnekler yapılmıştır.

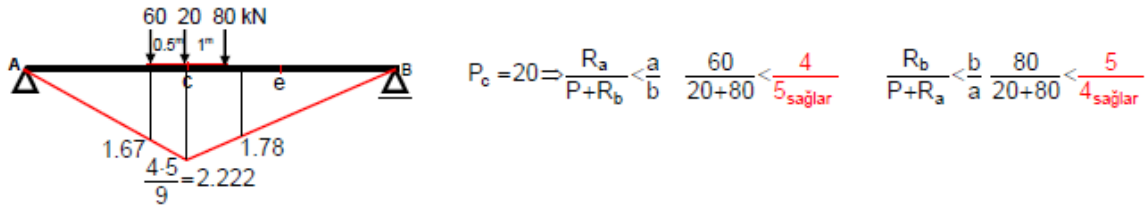
Örnek: Verilen hareketli yük ve basit kiriş durumu için c ve e kesitlerindeki en büyük momenti oluşturacak yükleme durumunu ve bu durumlara ait moment değerlerinin hesaplanması.



Çözüm: Bilindiği üzere c ve e kesitlerinde maksimum momentleri oluşturacak yükleme durumu hareketli yüklerden bir tanesinin kesitin tam üzerine gelmesiyle oluştuğu için bu hareketli yüklerden herhangi birisinin maksimum momentini aranan o kesite geleceği $P_c = ? \Rightarrow \frac{R_a}{P+R_b} < \frac{a}{b}$ ve $\frac{R_b}{P+R_a} < \frac{b}{a}$ bağıntıları ile kontrol edilir. Bu bağıntıların her ikisinin birlikte sağlanması gerekir.

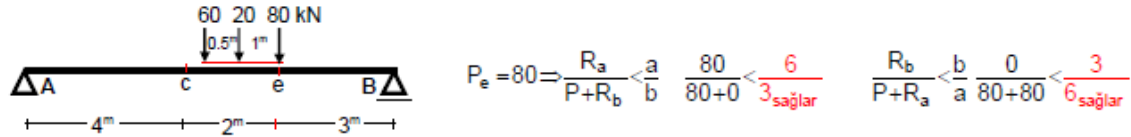


Yukarıdaki yükleme durumunda e kesitinde $P_e=80 \text{ kN}$ için bağıntılar sağlamadığından dolayı P değiştirilerek yeniden bir yükleme durumu aşağıdaki şekilde seçilmiştir.

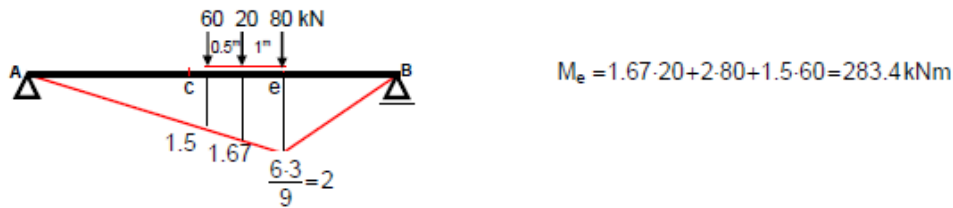


$$M_c = 1.67 \cdot 60 + 2.22 \cdot 20 + 1.78 \cdot 80 = 287.04 \text{ kNm}$$

e kesiti için maksimum momentin bulunması için $P_e=80 \text{ kN}$ alınarak aşağıdaki yükleme durumu elde edilerek gerekli kontroller yapılır.



Yukarıdaki yükleme durumunda e kesitinde $P_e=80 \text{ kN}$ için bağıntılar sağladığı görülmektedir. Bu duruma göre maksimum moment değeri hesaplanır.



Çelik köprüler için statik analiz ile birlikte malzeme analizinin yapılarak yüklerin hesaplanması ile düzgün dağıtımı olanaklı olmaktadır.



Şekil 2.10. Çelik köprü tabliyeleri (Milli Eğitim Bakanlığı, 2013)

2.2.2. Malzeme analizi

Köprünün geçişini temin eden esas kısımları çelik olarak inşa edilmiş köprülere çelik köprü denmektedir. Yüksek mukavemeti, hafifliği, perçin, kaynak, bulon, yüksek mukavemetli bulon gibi birleşim vasıtaları kullanılarak, küçük profil elemanlarından büyük yapı kısımlarının kolaylıkla oluşturulması, atölye çalışmalarına, prefabrikasyon ve kolay montaja imkan vermesi sebepleriyle çeliğin muhtelif nüanslarıyla modern köprü inşaatında bilhassa büyük açıklıklarda çok kullanıldığı bildirilmektedir.[4] Çelik köprülerde, kullanılan malzemeyi genel olarak çelik, kaynak, çelik halatlar, beton oluşturmaktadır. Genelde demiryolu köprüsü olarak kullanılan dolu gövdeli veya kafes kirişli köprüler tamamıyla çelik kullanılarak tasarlanmaktadır.

2.2.2.1. Çeliğin özellikleri

Çelik, hafif ve yüksek mukavemete sahip bir yapı malzemesidir. Çelik köprüler özellikle monolitik betonarme köprülerle karşılaştırıldığında uzun açıklıklar için daha avantajlı bir seçim olmaktadır. Ayrıca, oldukça uzun açıklıkların geçilmesini sağlayan eğik askılı ve asma köprülerin de tamamı ile çelik kullanılarak tasarlanabildiği görülmektedir (<http://www.yildiz.edu.tr/~kircil/kopru>).

Çelik köprülerde strüktürde kullanılan çeliğin tipi ile özelliklerine bağlı olarak yükler oluşmaktadır. Böylece strüktürde kullanılacak yapısal çelikte standartlar önem kazanmaktadır.

2.2.2.3. Kullanılan diğer elemanlar ve özellikleri

Köprü inşaatlarında çeliğin dışında, öngerilmeli beton, betonarme, kompozit gibi vb. malzeme kullanılarak köprüler yapılmaktadır.

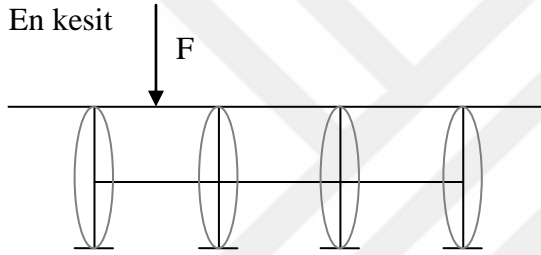
KIŞIŞLI KÖPRÜLERDE KÖPRÜ YÜKLERİNİN (COURBON) KURBON YÖNTEMİYLE ANA KIŞIŞLARA PAYLAŞTIRILMASI

Bu yöntemde gerek ana kirişleri gerek enleme kirişleri burulma mukavemetleri ihmal edilmektedir. Bu itibarla kullanılan kirişler ne kadar ince olursa yöntem o kadar sağlıklı sonuçlar verir. Örneğin çelik köprüler neden ince cidarlı.

Burulma Eylemsizlik Momenti (atalet momenti)

$$J_T \cong \frac{1}{3} \sum_{n=1}^{\infty} t^3 \cdot b$$

$t \ll b$



Courbon

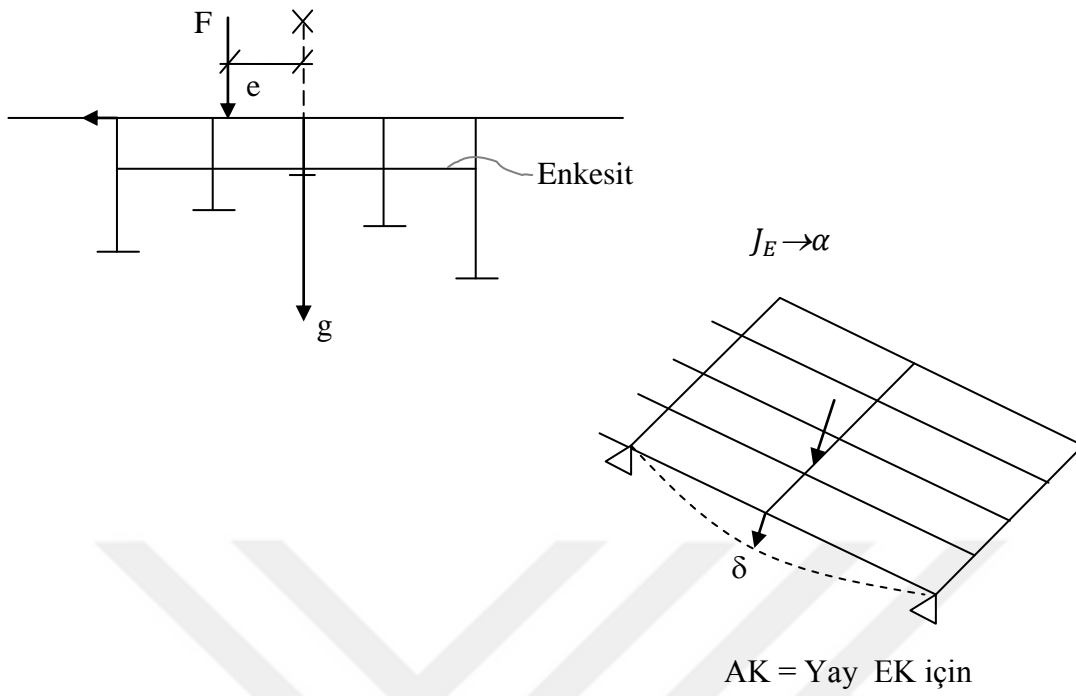
Ayrıca Courbon yöntemi enleme kirişleri sonsuz rijit olarak almaktadır. Genellikle betonarme köprülerde yüksek düşünürüz o zaman katı cisim gibi davranır.

Izgara

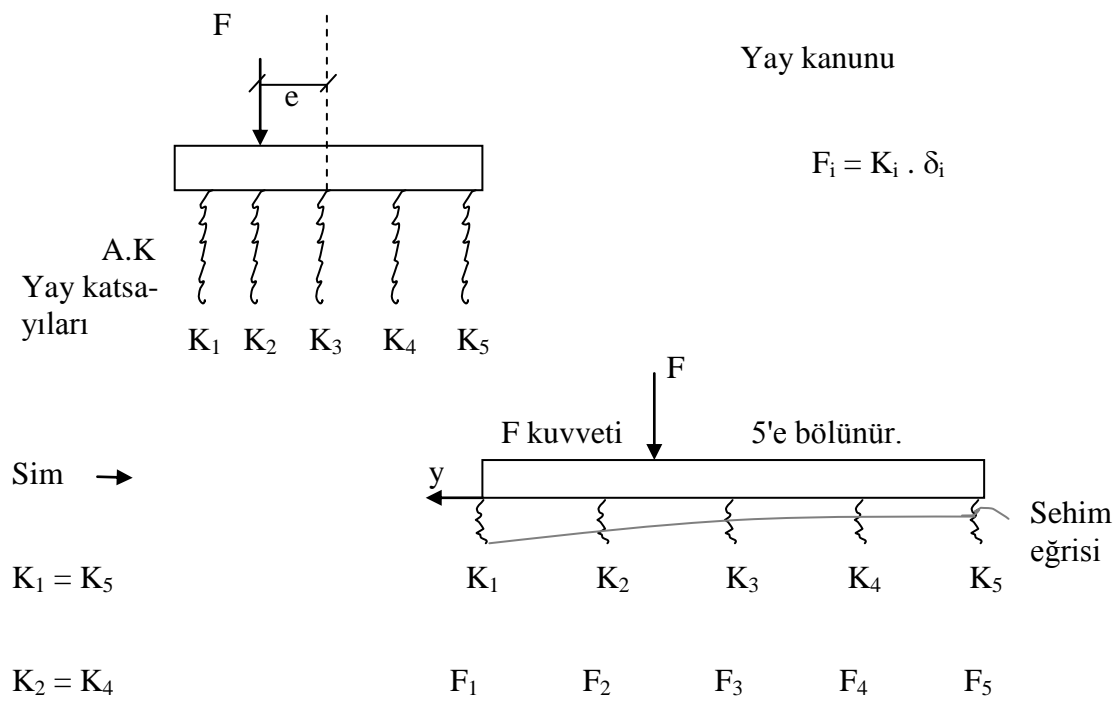
Sözü edilen yük paylaşırma özellikle açıklık ortalarındaki yükler için geçerlidir.

(Köprü simetrik olacak)

EN KESİT



ENLEME KİRİŞ İÇİN İDEALİZE EDİLMİŞ SİSTEM



$$1. F = \sum_{i=1}^n F_i \quad \overset{n=5}{\Rightarrow} \quad F = \sum K_i \cdot \delta_i = \sum K_i (a \cdot y_i + b) =$$

$$2. F_i = K_i \cdot \delta_i \quad = a \cdot \sum K_i \cdot y_i + b \sum K_i$$

$$3. F \cdot e = \sum F_i \cdot y_i \quad = \frac{K_1 \cdot Y_1 + K_2 \cdot Y_2 + K_3 \cdot Y_3 + K_4 \cdot Y_4 + K_5 \cdot Y_5}{0}$$

$$4. \text{Doğrusal Şehim Eğrisi} \quad = a \cdot \sum K_i \cdot Y_i + b \cdot \sum K_i$$

0

$$\boxed{b = \frac{F}{\sum K_i}} \quad K_i \sim J$$

$$Fe = \sum K_i \cdot \delta_i \cdot y_i$$

$$Fe = \sum K_i (a y_i + b) y_i = a \sum K_i \cdot y_i^2 + b \cdot \sum K_i \cdot y_i$$

$$a = \frac{F \cdot e}{\sum K_i y_i^2} \quad \delta_i = \frac{F \cdot e}{\sum K_i \cdot y_i^2} \cdot y_i + \frac{F}{\sum K_i}$$

$$F_i = K_i \cdot \left[\frac{F \cdot e}{\sum K_i \cdot y_i^2} \cdot y_i + \frac{F}{\sum K_i} \right]$$

$$F_i = F \cdot \left[\frac{K_i}{\sum K_i} + \frac{K_i}{\sum K_i \cdot y_i^2} \cdot y_i \cdot e \right]$$

$$K_i \sim j \quad \frac{K_i}{\sum K_i} = \frac{J_i}{\sum J_i}$$

$$\frac{K_i}{\sum K_i \cdot y_i^2} = \frac{J_i}{\sum J_i \cdot y_i^2}$$

$$F_i = F \cdot \left[\frac{K_i}{\sum K_i} + \frac{K_i}{\sum K_i \cdot y_i^2} \cdot y_i \cdot e \right]$$

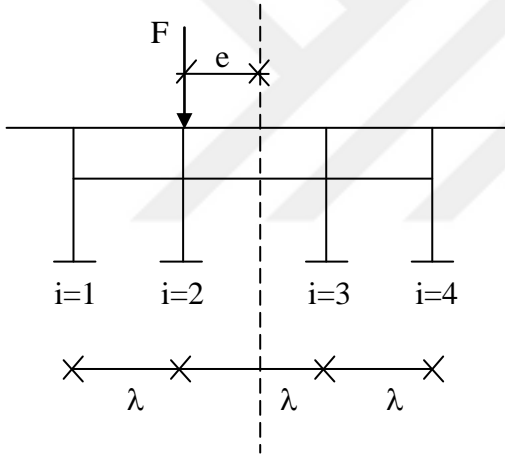
$$F_i = F \cdot \frac{K_i}{\sum K_i} \cdot \left[1 + \frac{\sum K_i}{\sum K_i \cdot y_i^2} \cdot y_i \cdot e \right]$$

$$F_i = F \cdot \left[\frac{J_i}{\sum J_i} + \frac{J_i}{\sum J_i \cdot y_i^2} \cdot y_i \cdot e \right]$$

$$F_i = F \cdot \underbrace{\frac{J_i}{\sum J_i}}_{\Delta_i} \left[1 + \frac{\sum J_i}{\sum y_i \cdot y_i^2} \cdot y_i \cdot e \right] \quad \left. \vphantom{\frac{J_i}{\sum J_i}} \right\} \text{ Courbon Genel Formülü}$$

$$F_i = F \cdot \frac{J_i}{\sum J_i} \cdot \Delta_i$$

EŞİT ANA KİRİŞİ VE EŞİT ARALIKLI ANA KİRİŞLER İÇİN ÖZEL COURBON FORMÜLÜ



Numaralamaya yüklü taraftan başlanır.

$$i = 1 \quad i = 2$$

Ana kiriş sayısı = $n = 4$

$$F_i = \frac{1}{n} \cdot F \cdot \Delta_{i_{\text{özel}}}$$

$$\Delta_i = 1 + \frac{n+1-2i}{n^2-1} \cdot \frac{e}{\lambda}$$

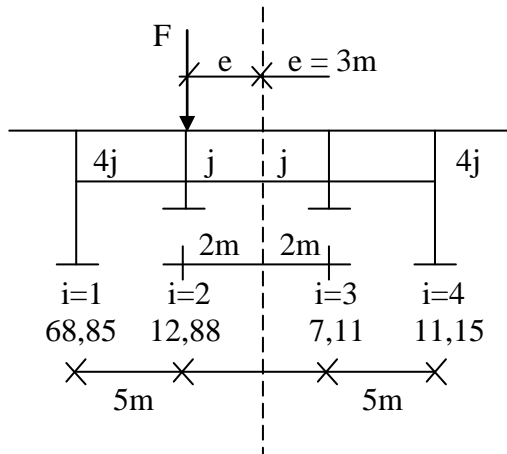
$$J_1 = J_2 = \dots \dots \dots J_n = J$$

$$\underbrace{\frac{J_i}{\sum J_i}}_{n \cdot j} = \frac{1}{n}$$

$i =$ Kiriş no ve

yüklü taraftan başlanır.

ÖRNEK



F yükünü

Ana kirişlere

Paylaştıralım.

 y_1 $y_i = y_1$

$$F_1 = 100 \cdot \frac{4j}{(4j+j+j+4j)} \cdot \left[1 + \frac{10j}{(4j \cdot 5^2 + j \cdot 2^2) \cdot 2} \cdot 5 \cdot 3 \right]$$

$$= 100 \cdot \frac{4}{10} \cdot \left[1 + \frac{10}{208} \cdot 15 \right]$$

$$= 40 \left[1 + \frac{150}{208} \right] = 68,85 \text{ kN}$$

$$F_2 = 100 \cdot \frac{J}{10j} \cdot \left[1 + \frac{10j}{208j} \cdot 2 \cdot 3 \right]$$

$$F_2 = 10 \left[1 + \frac{60}{208} \right] = 12,88 \text{ kN}$$

$$F_3 = 100 \cdot \frac{J}{10j} \cdot \left[1 + \frac{10j}{208j} \cdot (-2) \cdot 3 \right]$$

$$F_3 = 10 \left[1 + \frac{-60}{208} \right] = 7,11 \text{ kN}$$

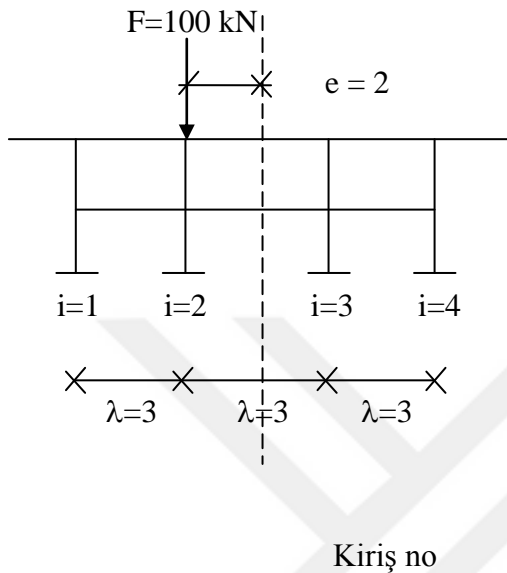
$$F_4 = 100 \cdot \frac{4j}{10j} \cdot \left[1 + \frac{10j}{208j} \cdot (-5) \cdot 3 \right]$$

$$F_4 = 40 \left[1 + \frac{-150}{208} \right]$$

$$F_4 = 11,15 \text{ kN}$$

$$68,85 + 12,88 + 7,11 + 11,15 = 99 \text{ kN}$$

$$\cong 100 \text{ kN}$$



$$F_i = \frac{1}{n} \cdot F \left[1 + \frac{n+1-2i}{n^2-1} \cdot \frac{e}{\lambda} \right]$$

$$F_1 = \frac{100}{4} \left[1 + \frac{4+1-2 \cdot 1}{4^2-1} \cdot \frac{2}{3} \right]$$

$$F_1 = 25 \left[1 + \frac{3}{15} \cdot \frac{2}{3} \right] \Rightarrow F_1 = 28,33 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{100}{4} \left[1 + \frac{4+1-2 \cdot 2}{16-1} \cdot \frac{2}{3} \right]$$

$$F_2 = 25 \left[1 + \frac{1}{15} \cdot \frac{2}{3} \right] \Rightarrow F_2 = 26,11 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{100}{4} \left[1 + \frac{4+1-2 \cdot 3}{16-1} \cdot \frac{2}{3} \right]$$

$$F_3 = 25 \left[1 + \frac{1}{15} \cdot \frac{2}{3} \right] \Rightarrow F_3 = 23,85 \text{ kN}$$

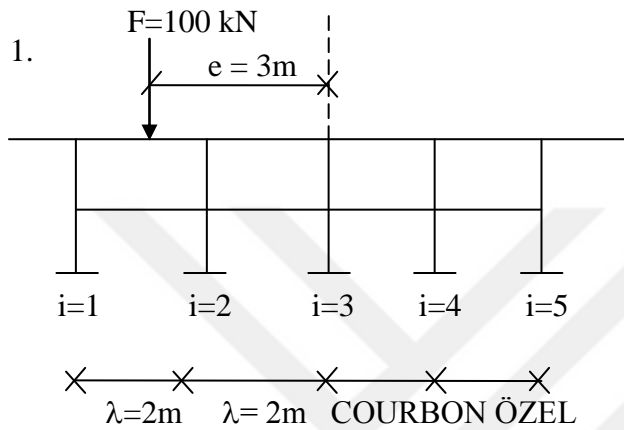
$$F_4 = 25 \cdot \left[1 + \frac{4+1-2 \cdot 4}{16-1} \cdot \frac{2}{3} \right]$$

$$F_4 = 25 \left[1 - \frac{3}{15} \cdot \frac{2}{3} \right] \Rightarrow F_4 = 21,66 \text{ kN}$$

$$28,33 \text{ kN} + 26,11 + 23,89 + 21,66$$

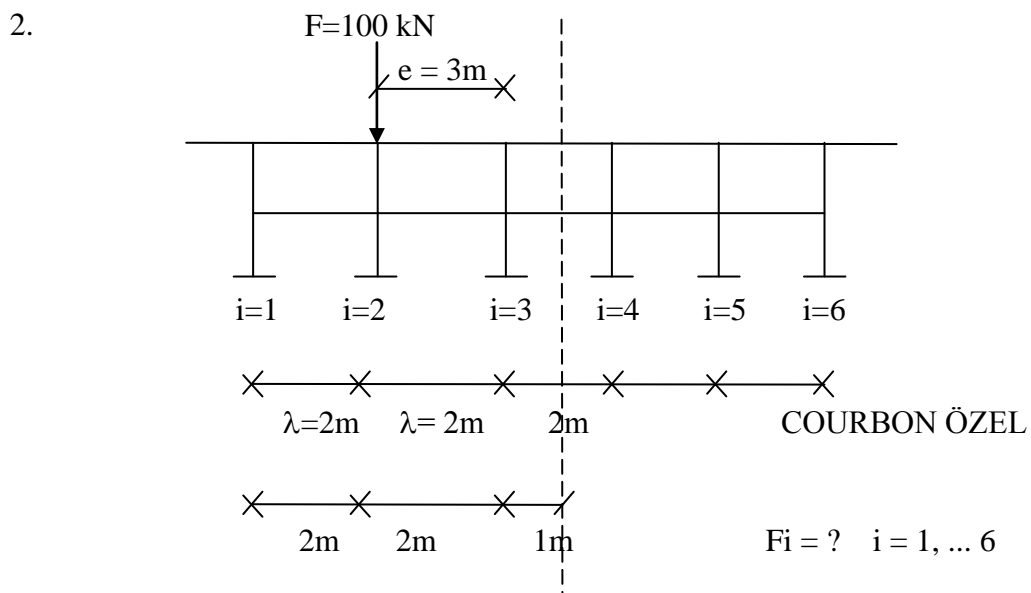
$$= 100$$

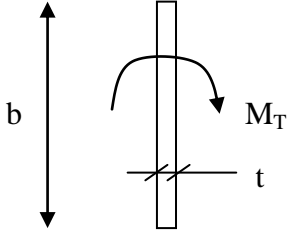
ÖRNEK-1



$$F_i = 1, 2, 3, 4, 5$$

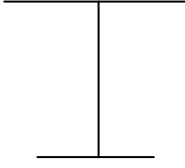
$$\Delta_i = 1 + 6 \cdot \frac{n+1-2 \cdot i}{n^2-1} \cdot \frac{e}{\lambda}$$





$$I_T \cong \frac{1}{3} b \cdot t^3$$

$$t \ll b$$



$$I_T \cong \frac{1}{3} \sum b_i \cdot t_i^3$$

yükünden (i) no'lu kirişin aldığı hisse

$$K_i = \frac{P}{n} \left(1 + 6 \frac{n+1-2i}{n^2-1} \cdot \frac{e}{\lambda} \right) = \Delta_i$$

eksantrisite katsayısı

$$\Delta_i = 1 + 6 \frac{n+1-2i}{n^2-1} \cdot \frac{e}{\lambda}$$

1 Nolu kiriş için $n = 5$ $i = 1$

$$\Delta_i = 1 + 6 \frac{5+1-2}{5^2-1} \cdot \frac{3}{2}$$

$$\Delta_i = 2,5$$

$$R_1 = \frac{100}{5} 2,5 = 50 \text{ kN}$$

2 Nolu kiriş için $n = 5$ $i = 2$

$$\Delta_i = 1 + 6 \frac{(5+1-2 \cdot 2)}{5^2-1} \cdot \frac{3}{2}$$

$$\Delta_i = 1,75$$

$$R_2 = \frac{100}{5} \cdot 1,75 = 35 \text{ kN}$$

$$\sum F_i = 50 + 35 + 20 + 5 - 10$$

3 Nolu kiriş için $n = 5$ $i = 3$

$$= 100 \text{ kN}$$

$$\Delta_i = 1 + 6 \frac{5+1-2 \cdot 3}{5^2-1} \cdot \frac{3}{2} = 1$$

$$\Delta_i = 1$$

$$R_3 = \frac{100}{5} \cdot 1 = 20 \text{ kN}$$

4 Nolu kiriş için $n = 5$ $i = 4$

$$\Delta_i = 1 + 6 \frac{5+1-2 \cdot 4}{5^2-1} \cdot \frac{3}{2} =$$

$$\Delta_i = 0,25$$

$$R_4 = \frac{100}{5} \cdot 0,25 = 5 \text{ kN}$$

5 Nolu kiriş için $n = 5$ $i = 5$

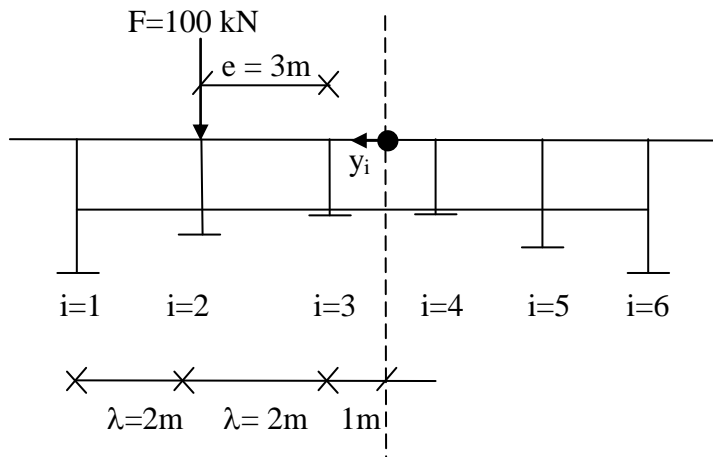
$$\Delta_i = 1 + 6 \frac{5+1-2 \cdot 5}{5^2-1} \cdot \frac{3}{2}$$

$$\Delta_i = -0,5$$

$$R_5 = \frac{100}{5} \cdot (-0,5) = -10 \text{ kN}$$

Genel Courbon

$$F_i = F \cdot \frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i} \cdot \underbrace{\left[1 + \frac{\sum \alpha_i}{\sum (\alpha_i \cdot y_i^2)} \cdot y_i \cdot e \right]}_{\Delta_{i\text{Genel}}}$$



$$\mathfrak{F}_1 = 5\mathfrak{F}_3$$

$$\mathfrak{F}_2 = 3\mathfrak{F}_3$$

$$\sum_{i=1}^6 F_i = 100$$

$$y_1 = 5\text{m}$$

$$y_6 = -5\text{m}$$

$$j_1 = 5j \quad j_2 = 3j \quad j_3 = j \quad j_6 = j \quad j_5 = 3j \quad j_6 = 5j$$

$$F_1 = 100 \cdot \frac{5j}{18j} \cdot \left[1 + \frac{18j}{18j \cdot 70} \cdot 5.3 \right]$$

$$y_1 = 5\text{m}$$

$$y_2 = 3\text{m} \quad F_1 = 33,73 \text{ kN}$$

$$y_3 = 1\text{m}$$

$$y_4 = -1 \quad F_2 = 100 \cdot \frac{3j}{18j} \left[1 + \frac{18j}{18j \cdot 70} \cdot 3.3 \right]$$

$$y_5 = -3$$

$$y_6 = -5\text{m} \quad F_2 = 18,81 \text{ kN}$$

$$F_3 = 100 \cdot \frac{j}{18j} \left[1 + \frac{18j}{18j \cdot 70} \cdot 1.3 \right]$$

$$F_3 = 5,79 \text{ kN}$$

$$F_4 = 100 \cdot \frac{j}{18j} \left[1 + \frac{18j}{18j \cdot 70} \cdot (-1) \cdot 3 \right]$$

$$F_4 = 5,31 \text{ kN}$$

$$F_5 = 100 \cdot \frac{3j}{18j} \left[1 + \frac{18j}{18j \cdot 70} \cdot (-3) \cdot 3 \right]$$

$$F_5 = 14,52 \text{ kN}$$

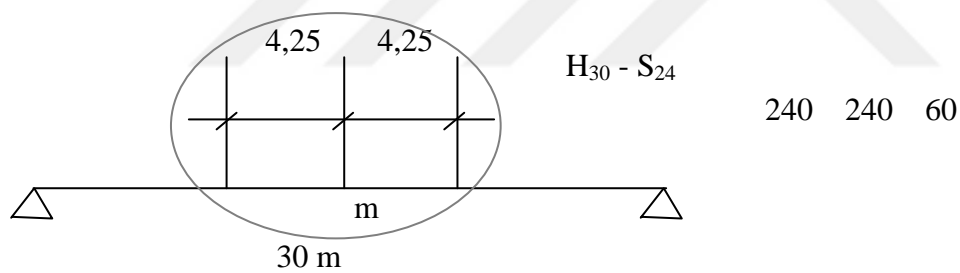
$$F_6 = 100 \cdot \frac{5j}{18j} \left[1 + \frac{18j}{18j \cdot 70} \cdot (-5) \cdot 3 \right]$$

$$F_6 = 21,83 \text{ kN}$$

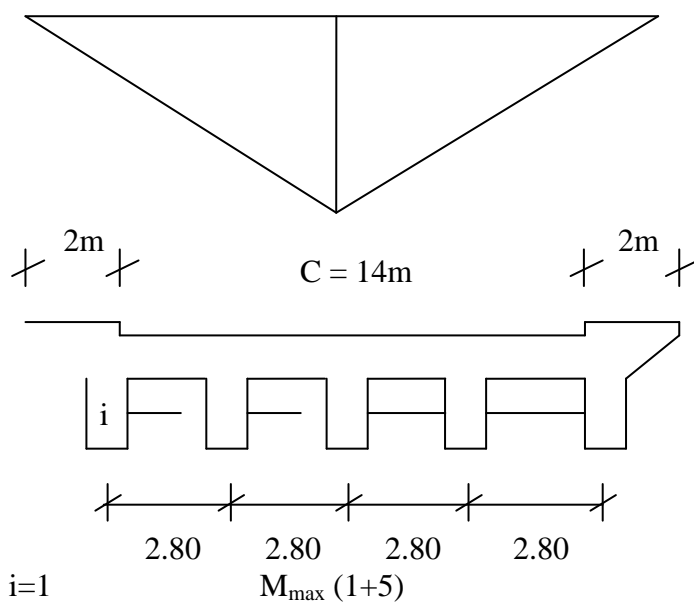
$$\sum_{i=1}^6 F_i = 100$$

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 100 \text{ kN}$$

ÖRNEK-2



⇒ M₁₊₅



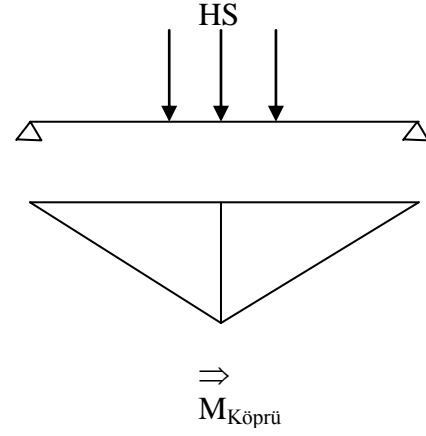
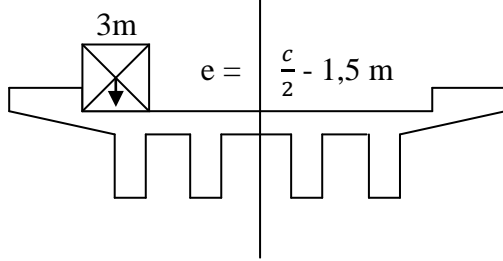
ℱ = sabit

i=1

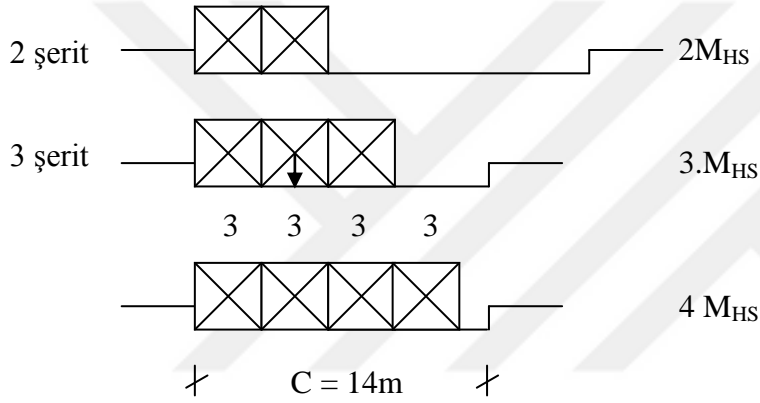
M_{max} (1+5)

$$M_i = M \cdot \frac{J_i}{\sum J}$$

$$Q_i = Q \cdot$$



1 Şerit dolu



Kıyas tablosu

1. $\Delta_{11} = 2,96$

2. $\Delta_{12} = 1,71$

3. $\Delta_{13} = 1$

4. $\Delta_{14} = 0,82$

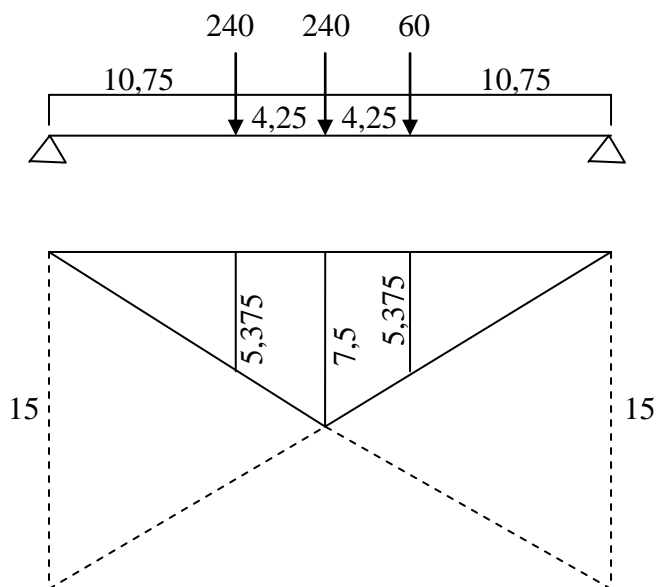
$C = 14 \text{ m}$

3 şerit dolu uz

$$M_1 = \frac{1}{n} \cdot M_{HS} \cdot 3 \cdot \Delta_{13} \cdot \mathfrak{S}$$

$$\mathfrak{S} = 1 + \frac{15}{m} + 37$$

$$= 30 \text{ m}$$



$$M_{pd} = 240 (7,5 + 5375) + 240 \cdot 5,375 = 4380 \text{ t.m}$$

$$\Delta_i = 1 + 6 \frac{n+1-2i}{n^2-1} \cdot \frac{e}{\lambda}$$

$$\Delta_{1,1} = 1 + 6 \frac{5+1-2}{25-1} \cdot \frac{\frac{14}{2}-1,5}{2,8} = 2,96$$

$$\Delta_{1,2} = 1 + 6 \frac{5+1-4}{25-1} \cdot \frac{\frac{14}{2}-3}{2,8} = 1,71$$

$$\Delta_{1,3} = 1 + 6 \frac{5+1-6}{25-1} \cdot \frac{\frac{14}{2}-4,5}{2,8} = 1$$

$$\Delta_{1,4} = 1 + 6 \frac{5+1-8}{25-1} \cdot \frac{\frac{14}{2}-6}{2,8} = 0,82$$

$$\varphi = 1 + \frac{15}{30+37} = 1,22$$

$$\Delta_{1,5} = 1 + 6 \frac{5+1-10}{25-1} \cdot \frac{\frac{14}{2}-7,5}{2,8} = 1,18$$

$$M_1 = \frac{1}{5} (4380 \cdot 2,96 \cdot 1,22) = 3163,41$$

$$M_2 = \frac{1}{5} (4380 \cdot 2,1,71 \cdot 1,22) = 3655$$

$$M_3 = \frac{1}{5} (4380 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1,22) = 3206$$

$$M_4 = \frac{1}{5} (4380 \cdot 4 \cdot 0,82 \cdot 1,22) = 3505,4$$

$$M_5 = \frac{1}{5} (4380 \cdot 5 \cdot 1,18 \cdot 1,22) = 6305,4$$

SERBEST KENARLI BASİT KİRİŞLİ IZGARA SİSTEMLER İÇİN GUYON-MASSONET HESAP METODU VE METODUN GENELLEŞTİRİLMESİ

GİRİŞ

Izgara sistemlere ait ilk incelemeler (1889) Engesser'e kadar dayanır.

Melan/Schindler, Homberg, Leonhrdt serbest oturan torsiyonsuz kabul edilen sistemler için tablolar hazırlamışlardır.

Çubuk sistemlerin statüğinden kontinum statüğine geçiş ortogonal anizotrop plakların differensial denkleminin kullanılması il yeni imkanlar yaratmıştır.

Chwalla'nın bu konuda geniş çalışmaları vardır.

Guyon ve Massonet'nin çözümleri ve hazırladıkları abaklar iki tarafı mafsallı ızgara sistemler için iyi bir yaklaşım ve basit ve hızlı bir metod sayılır.

Yalnız Guyon, -Massonet için ön şart, bütün ana kirişlerin atalet momentlerinin birbirinin aynı olmasıdır. Ayrıca sistem tek açıklıklıdır. (Basit kirişli serbest kenarlı) Halbuki kenar ana kirişler içindeki ana kirişlerden daha büyük yapılabilir, hatta yapılıdır. Bu tip sistemler için Little ve Rowe'in çalışmaları vardır.

Sattler'in çalışmaları ile Guyon-Massonet Metodu mütemadi kirişli ızgara sistemler, çerçeveler, ayrıca kenar anakiriş atalet momentleri iç kiriş atalet momentlerinden farklı sistemler için pratik çözüm yolları getirmiştir.

SERBEST KENARLI, BASİT KİRİŞLİ İZGARA SİSTEMLER İÇİN GUYON-MASSONET HESAP METODU:

Kontinuum olarak düşünölen ızgara sistemler için (bir nevi ortotrop plak differensial denklemini yazalım.

$$A \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + B \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = p(x,y)$$

$$A = \frac{EJ_A}{p} \quad B = \frac{EJ_E}{q}$$

$$H = \frac{G}{2} \left[\frac{J_{dA}}{p} + \frac{J_{dE}}{q} \right]$$

$p(x,y)$ Yök

Burada E...Elastisite modölü

G...Kayma modölü

J_A ..Ana kiriş atalet momenti

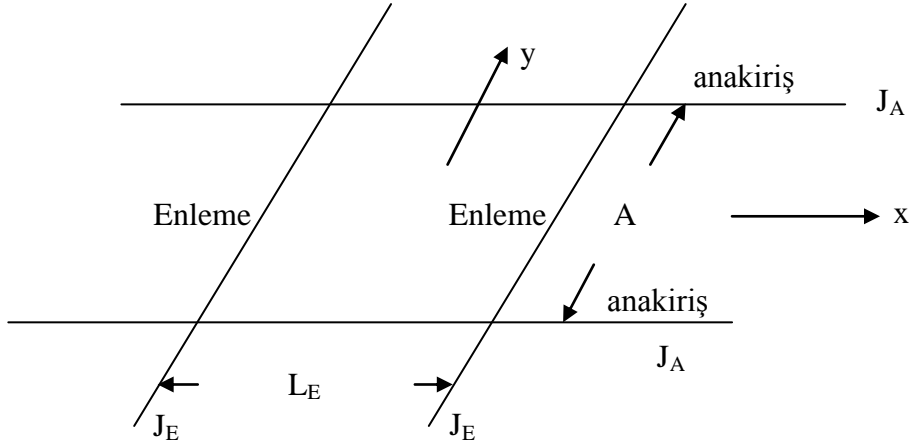
J_E ..Enleme kiriş atalet momenti

J_{dA} ..Ana kiriş burulma mukavemeti

J_{dE} ..Enleme kiriş burulma mukavemeti

p ...Ana kiriş aralığı

q ...Enleme kiriş aralığıdır.



Şekil 2.11. Izgara parçası:

Differensial denklem çıkarılırken Poisson katsayısı ihmal edilmiştir.

H değerini A ve B ile gösterelim:

$$H = \alpha \sqrt{A \cdot B}$$

Burada kullanılan α katsayısı "Torsiyon Rijitliği Katsayısıdır" (Burulma parametresi de denir.)

Bu değeri H, A ve B ile yazıp p H, A, B değerlerini yerlerine koyarsak torsiyon rijitliği katsayısını

$$\alpha = \frac{G \cdot \left[\frac{J_{dA}}{p} + \frac{J_{dE}}{q} \right]}{2E \sqrt{\frac{J_A}{p} \cdot \frac{J_E}{q}}}$$

şeklinde yazabiliriz.

α ile ızgara sisteminin torsiyon rijitliği belirlenmiş olmaktadır.

Torsiyon rijitliğine sahip olmadığı kabul edilen sistemlerde α katyayısı sıfırdır.

Torsiyon rijitliği tam olan İzotrop Plaklarda α katsayısı $\alpha = 1$ (Nitekim $J_{dA} = 0, J_{dE} = 0$ için $\alpha = 0$)

İzotrop plakların differensial denkleminde de:

$$\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = \frac{p(x, y)}{N}$$

ızgara için yazdığımız denklemi mukayese ederek (katsayıları) $A = N, B = N, H = N$ olduğunu görüp;

$\alpha = \frac{H}{\sqrt{A \cdot B}} = \frac{N}{\sqrt{N^2}} = 1$ buluruz. Bu şekilde α nın alt ve üst sınırları belirlenmiş olmaktadır:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

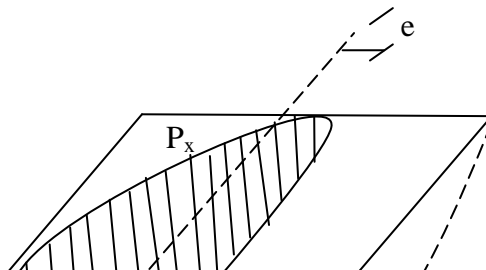
Izgara diff. denklemi bir açıklıklı ızgara için $\alpha = 0$ durumunda Guyon tarafından çözülmüştür.

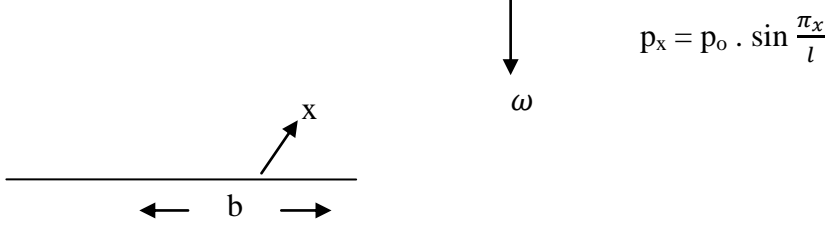
Ana ve enleme kirişlerde torsiyon rijitliğini ($\alpha \neq 0$) nazara alarak da denklemi Massonet çözmüştür.

(Çözüm için denklemin homojen kısmına sehim ifadesi olarak

$$\omega = \sum_{m=1}^{\infty} Y_m(y) \cdot \sin \frac{m\pi x}{l} \quad (p(x, y) = 0)$$

alınmıştır. İnhomojen kısımlı denklem de spesyal $p = p_m \cdot \sin \frac{m\pi x}{l}$ için sonsuz genişlikteki bir plak şeridinin partiküler çözümü ile hal edilmiştir. Yükleme köprü ekseninden e uzaklığında ve anakiriş açıklığı boyunca sinüs eğrisi şeklindedir. $m=1$ için aşağıda gösterilmiştir.





Şekil 2.12.

Asıl mühim olan Guyon tarafından tespit edilmiş olan şu özelliştir: Sistemin boylama ekseninden e uzaklığındaki her yük tipi için elde edilen yük dağılımı, çok iyi bir yaklaşımla yukarıda verilen spesyal yükleme neticesinde meydana gelen yük dağılımının aynıdır.

Izgara differensiyal denkleminin çözümü sırasında bir parametre daha elde edilmektedir:

$$\theta = \frac{b^4}{l} \sqrt{\frac{J_p \cdot q}{J_q \cdot p}}$$

b ...sistemin yarı genişliği

l ...anakiriş açıklığı

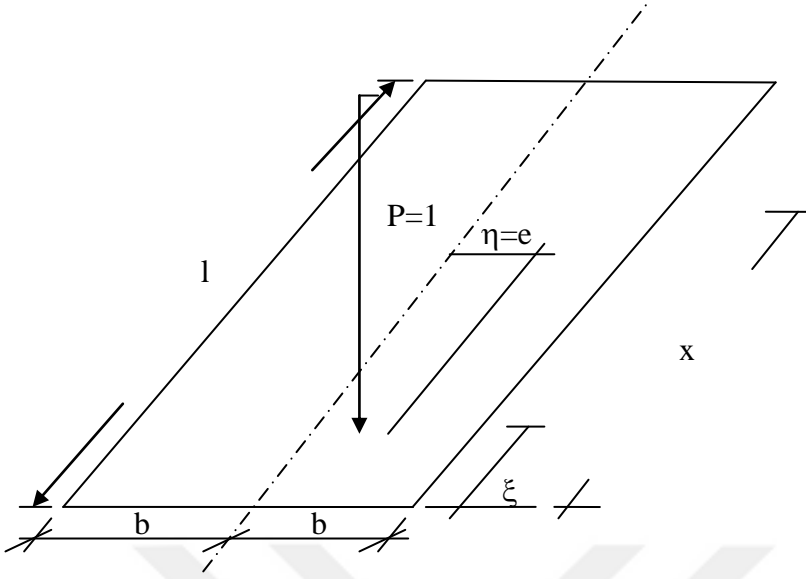
Bu değere "Izgara Rijitliği Katsayısı" veya "Izgara Parametresi" denir.

α ve ϑ değerleri ile bir ızgara sisteminin elastik durumu belirlenmiş olmaktadır.

YÜK DAĞITMA KATSAYILARI K

Izgara sistemi ekseninden η uzaklığında, o mesnetinden ξ uzaklığındaki $P = 1$ kuvvetini bütün anakirişlere eşit olarak dağıtırsak x uzaklığında ortalama bir sehim elde ederiz:

Şekil ?-



$\omega_{ox}(\xi, \eta)$ x uzunluğundaki ortalama sehim

$\omega_x(\xi, \eta)$ x uzunluğundaki hakiki sehim (tabii her ikisi de mevcut yükleme durumunda) olmak üzere Yük dağıtma katsayısını

$$K = \frac{\omega}{\omega_o} = \frac{\omega_{ox}(\xi, \eta)}{\omega_x(\xi, \eta)}$$

olarak tanımlayabiliriz (Eğer mevcut P kuvvetini n adet anakirişe eşit olarak dağıtsa idik bir anakirişi P/n edecekti, o kirişin x uzaklığı ile gösterilen yerinde de ω_o miktarında ortalama sehim meydana gelecekti, halbuki aslında aynı kirişin aynı noktasında ω sehim meydana gelmektedir. Superpozisyon kanununa göre yük miktarı ile yer değiştirme miktarı orantılı olduğundan ω sehimini elde etmek için P/n kuvvetini $\frac{\omega}{\omega_o}$ oranında büyötmek, yani K faktörü ile çarpmak gerekmektedir. Böylece o kirişte ω sehimini veren kuvvet kısmını buluruz.)

Sonuç olarak herhangi bir (ξ, η) noktasındaki $P(\xi, \eta)$ kuvvetinden dolayı y indeksli anakirişin x noktasındaki momenti şu şekilde yazabiliriz:

$$M_x = P \cdot K(y, \eta) \cdot m_{o,x,\xi}$$

Izgara sisteminin ekseninden (boylama eksenini) η uzaklığındaki bir hat üzerinde bulunan birden fazla P_1, P_2, \dots kuvvetleri için

$$M_x = K(y, \eta) \cdot \sum_{i=1}^l P_i (\xi_i, \eta_i) \cdot m_{o,x,\xi_i}$$

Çeşitli uzaklıktaki kuvvetler için de

$$M_x = \sum_{j=-b}^{+b} K(y, \eta_j) \sum P(\xi_i, \eta_i) \cdot m_{o,x,\xi_i}$$

Görüleceği üzere bir anakiriş isabet eden ortalama eğilme momenti olan $m_{o,x,\xi}$ a $1/n$ gezici kuvveti için (n anakiriş sayılı sistemde) anakirişin x noktasındaki moment tesir hattıdır. Tabii tesir hattını alışlageldiği üzere 1 tonluk birim yük için verip anakiriş adedine bölme işlemini de ayrıca yapabiliriz:

$$M = \frac{P}{n} \cdot K \cdot M_{o,x,\xi} \quad m_{o,x,\xi} = \frac{M_{o,x,\xi}}{n}$$

Yük Dağıtma Katsayıları $\alpha = 0$ için K_0 ile $\alpha = 1$ için K_1 ile herhangi bir α değeri için de K_α ile gösterilir. K_0 ve K_1 değerleri çeşitli ϑ parametrelerine göre Guyon ve Massonet tarafından hesaplanıp abaklar halinde verilmiştir. 0 ile 1 arasındaki herhangi bir α değeri için de

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha}$$

interpolasyon formülü ile bulunan K_α değeri kullanılır.

Ancak Sattler'in çalışma ve deneyimlerine dayanarak yaptığı tavsiyeye göre

$$0 < \vartheta \leq 0,1 \text{ için } K = K_0 + (K_1 - K_0) \cdot \alpha^{0,05}$$

$$0,1 < \vartheta \leq 1,0 \text{ için } K = K_0 + (K_1 - K_0) \alpha^{\left(1 - \exp\left(\frac{0,065 - \vartheta}{0,663}\right)\right)}$$

kullanılmalıdır.

Tabii yük dağıtma katsayıları için de Maxwell teoremi geçerlidir. (Bu husus katsayıların sehimler yolu ile tarifinden kolayca görülebilir: Aynı enleme hat üzerindeki iki birim

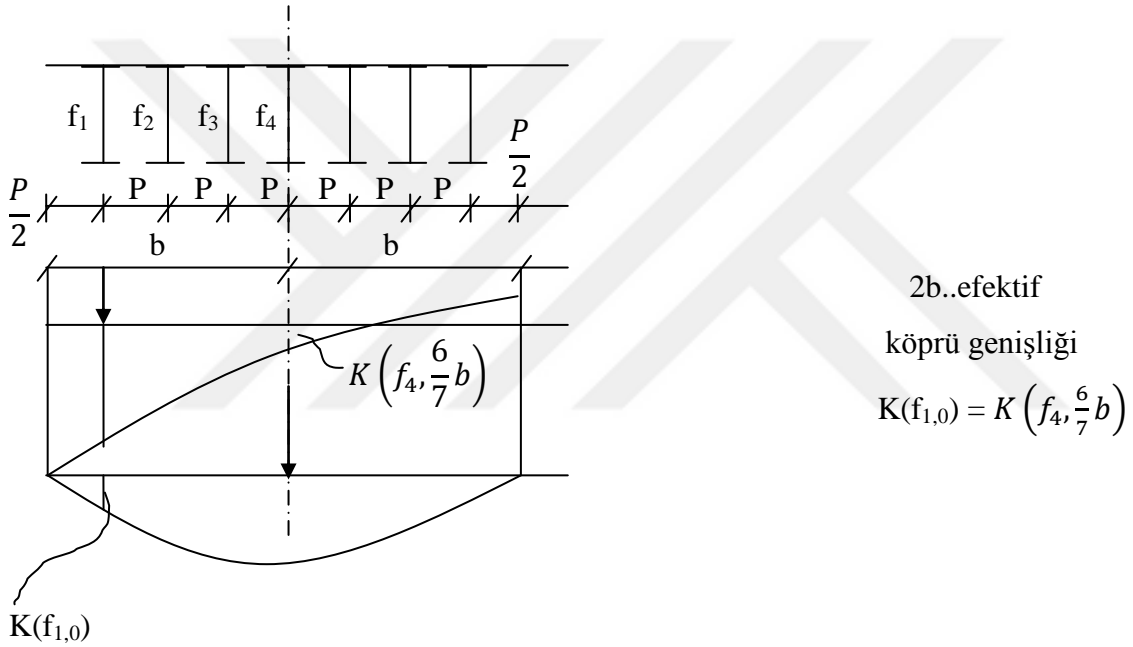
kuvvetden birisinin varlığı dolayısıyla diğer birim kuvvetin bulunduğu noktada meydana gelen sehim o noktadaki birim kuvvet dolayısıyla birinci birim kuvvetin bulunduğu yerde meydana gelen sehime eşittir.) Böylece

$$K(y,\eta) = K(\eta,y) \text{ yazabiliriz.}$$

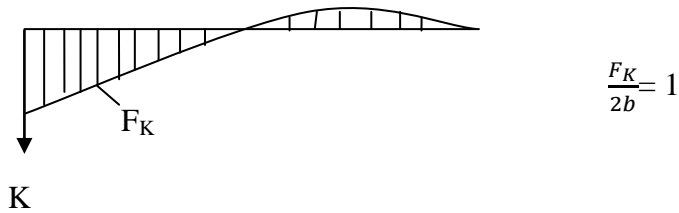
y...kiriş yeri (1.Index)

η ...kuvvet yeri (2.Index)

Şekil ?-



yük dağıtma diyagramını alanını efektif genişliğe bölerek 1 elde ederiz.



Genel olarak:

ϑ büyürse yük dağılımı dengesizleşir.

α büyürse yük dağılımı daha dengeli olur.

Enleme kirişlerin sonsuz rijit olması halinde $\vartheta = 0$ olur. Bu durumda $\alpha = 0$ için doğrusal dağılım elde edilir. ($K_{0,\vartheta=0}$) $\alpha = 1$ için de $K_{1,\vartheta=0}$ bütün kirişler için 1 olur.

ENLEME KİRİŞLER

Herhangi bir $P(\xi,\eta)$ yükü altında enleme kirişlerde meydana gelen momentleri

$M_y = \mu_\alpha \cdot \frac{2P}{l} \cdot b \cdot \sin \frac{\pi x}{l}$ ile gösteririz. Burada

$$\mu_\alpha = \mu_0 + (\mu_1 - \mu_0)\sqrt{\alpha}$$

μ_0 ($\alpha = 0$ için), μ_1 ($\alpha = 1$ için) değerleri tablolardan alınır.

SÜREKLİ KİRİŞLİ IZGARA SİSTEMLER İÇİN GUYON-MASSONET METODUNUN UYGULANMASI

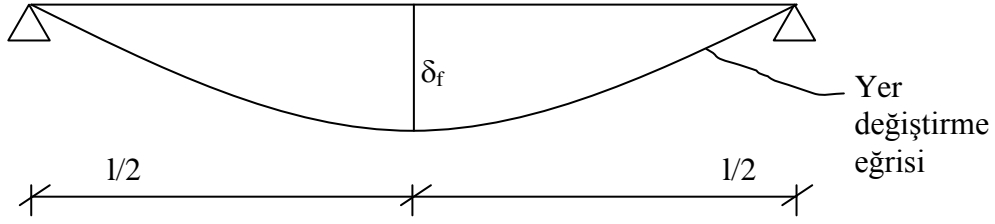
Basit kirişli sistemler için çıkarılan formüller sürekli kirişli ızgara sistemlerde doğru netice vermiyor. Aynı atalet momentli bir mütemadi kiriş ile bir basit kiriş aynı yükleme durumu için farklı sehimler verir. Dolayısıyla meydana gelen yük dağılımları da birbirinden farklıdır. Ancak mütemadi kirişlerin sehimlerini nazara alan bir metodla aslında basit kirişli sistemler için geçerli olan Guyon-Massonet Metodunu mütemadi kirişli sistemlere uygulayabiliriz.

Atalet momenti J_A olan bir mütemadi kiriş yerine açıklık ortasında aynı sehimini veren, atalet momenti daha büyük olan (J_A^* diyelim) bir basit kiriş alınırsa, açıklık ortasındaki $P=1$ kuvveti için basit kiriş sehimini

$$\delta_f = \frac{1}{48} \frac{l^3}{EJ_A^*} \quad \text{olur.}$$

Şekil ?-

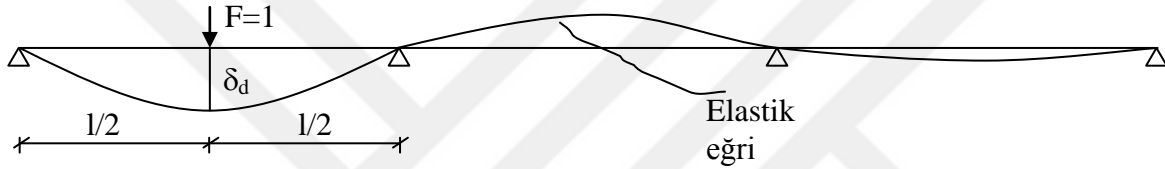




Mütemadi kirişte yükün ortasında bulunduğu açıklığın ortasındaki sehime de

$$\delta_d = \frac{1}{c} \frac{l^3}{EJ_A} \quad \text{diyelim.}$$

şekil ?-



$\delta_d = \delta_f$ olarak aynı sehimini veren "hayali" ("ideal") basit kiriş atalet momenti J_p^* ı bulabiliriz,

$$J_p^* = \frac{c}{48} J_p = \aleph J_p \quad \aleph = \frac{c}{48}$$

Bulunan J_p^* değerini tek açıklıklı sistemler için çıkarılan $\vartheta = \frac{b^4}{l} \sqrt{\frac{J_p \cdot q}{J_q \cdot p}}$ de yerine koyarsak

mütemadi kirişin yüklü bulunan açıklığı için $\vartheta^* = \frac{b^4}{l} \sqrt{\frac{J_p^* \cdot q}{J_q \cdot p}} = \vartheta^* \sqrt{\aleph}$ elde ederiz.

Neticede abaklara ϑ^* değeri ile girilir.

Değişik uzunlukta açıklıkları bulunan mütemadi kirişlerde her açıklık için ayrı ϑ ve buna göre ϑ^* değerleri elde ederiz.

Mütemadi kirişlerde tabii bu sefer kendilerine ait moment tesir hatları $m_{o_x \xi}$ kullanılır.

Burulma serbestliği olduğu kabul edilen ızgaralarda yüklü olmayan açıklıkların tesir hatları yaklaşık olarak yüklü açıklıkların yük dağıtma katsayıları ile değerlendirilebilir.

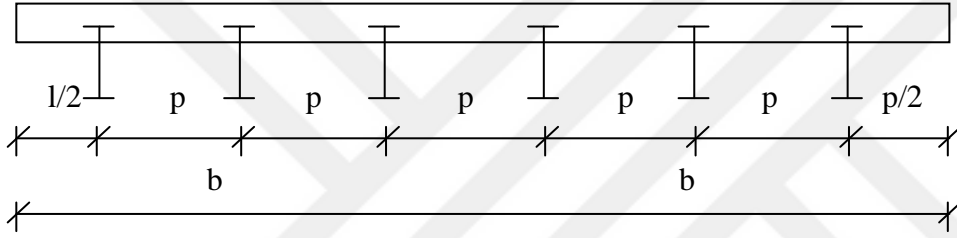
Burulma rijitliği olan ($\alpha \neq 0$) durumlarda da ideal J_p^* değeri α^* ile hesaplanır.

$$\alpha^* = \frac{G \left[\frac{J_p^d}{p} + \frac{J_q^d}{q} \right]}{2E \sqrt{\frac{J_p^* \cdot J_q}{p \cdot q}}} = \frac{\alpha}{\sqrt{N}}$$

Bu Şekilde bulunan yk dağıtma katsayıları "tam" olarak hesaplanandan en fazla %5 fark etmiŐtir.

GUYON-MASSONET METODU HESAP ÖZETİ

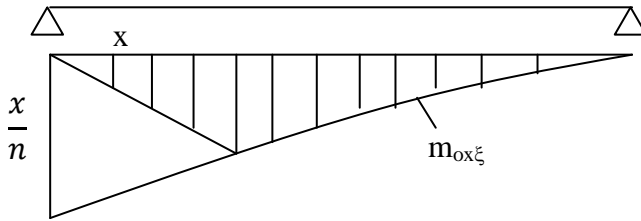
Şekil ?-



1- Köprü ızgara sisteminin sabit değerleri seğilir, hesaplanır:

l, b, p, q, J_p , J_d , J_q , J_d , E, G

2- Burulma ve ızgara parametreleri hesaplanır:



3- Hesabı yapılan kesite (noktaya) ait moment tesir hattı $M_{ox\xi}$ mevcut anakiriş sayısına bölünerek $m_{ox\xi}$ bulunur.

4- Hesabı yapılan kesit referans noktası olduğuna göre (Tabii bu nokta çözümünü yaptığımız anakiriş üzerindedir.) bu noktanın bulunduğu anakirişin köprü eksenine olan uzaklığı "f", abaklara uymak için köprü yarı genişliği olan "b" cinsinden verilir. (mesela $f=3/4b$)

5- $\alpha=0$ için f ve mevcut ϑ için abaklardan yükün -b, -3/4b, -b/2, -b/4, 0, +b/4, b/2, 3/4b, b noktalarında bulunma hallerine göre K_0 değerleri bulunur.

Aynı işlem bu sefer $\alpha=1$ için yine yapılır. Böylece K_1 değerleri tesbit edilmiş olur.

6- K_α için verilen interpolasyon formülü ile K_α hesaplanır:

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha} \quad (\text{veya diğer formül})$$

7- Yükün (yüklerin) bulunduğu noktadaki (noktalardaki) K değerleri ile tesir hattından faydalanarak aranan kesitteki moment değeri bulunur:

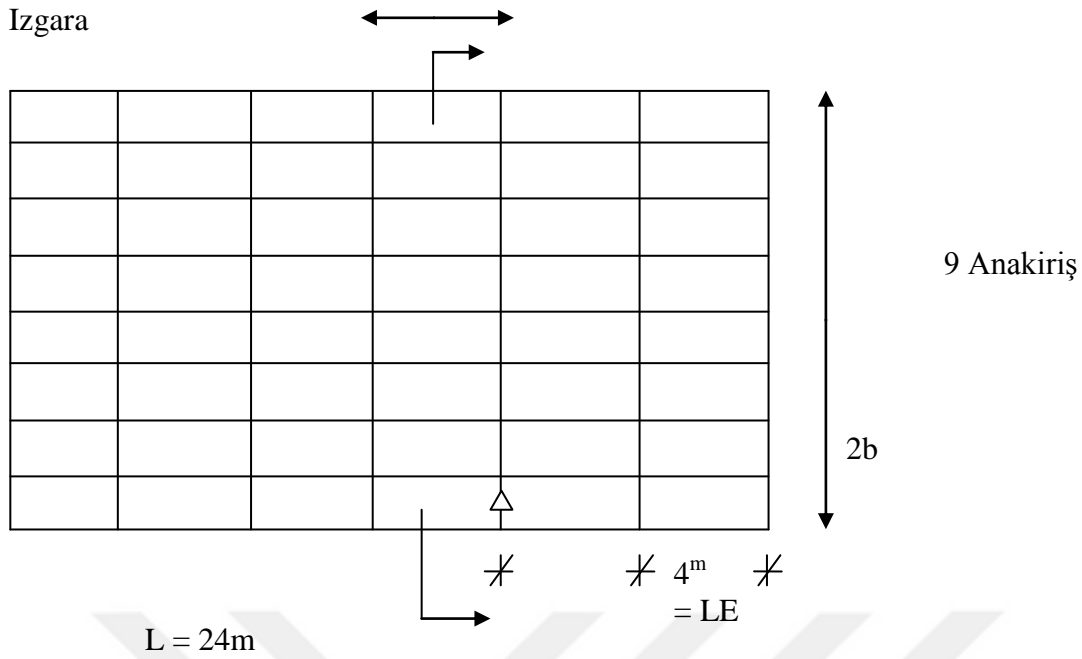
$$M_x = P \cdot K_\alpha (y, \eta) \cdot m_{ox\xi} \quad \text{v.s.}$$

8- ENLEME kirişteki moment ilgili abaklar ve interpolasyonla bulunan μ_α ile verilen formül kullanılarak bulunur.

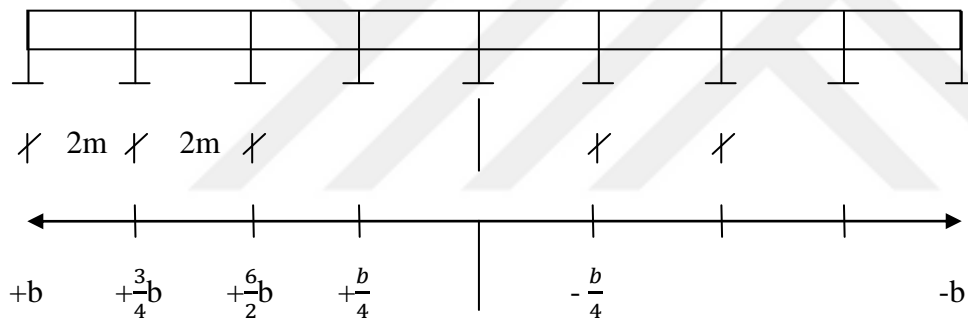
$$M_y = \mu_\alpha \frac{2P}{l} \cdot b \cdot \sin \frac{\pi x}{l}$$

GUYON - MASSONET ÖRNEĞİ

Izgara



Kesit

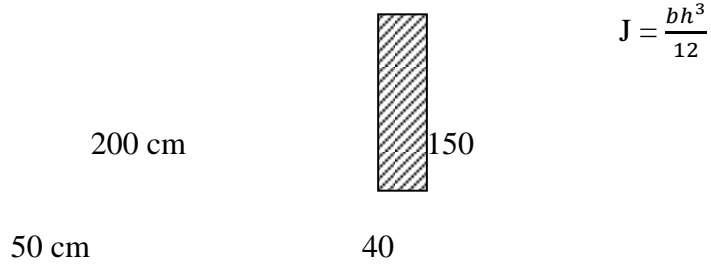
1. etap $\alpha = 0$ için bul K_0 2. etap $\alpha = 1$ için bul K_1 Tef $F_i = \frac{1}{n} \cdot F \cdot K_0$ veya

$$\theta = \frac{b}{L} \cdot \sqrt[4]{\frac{J_{AK}}{\lambda} / \frac{J_{EK}}{LE}}$$

Anakiriş

Enleme





$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha}$$

α için

$$J_{TAK} \approx \frac{1}{3} h_{AK} \cdot b_{AK}^3$$

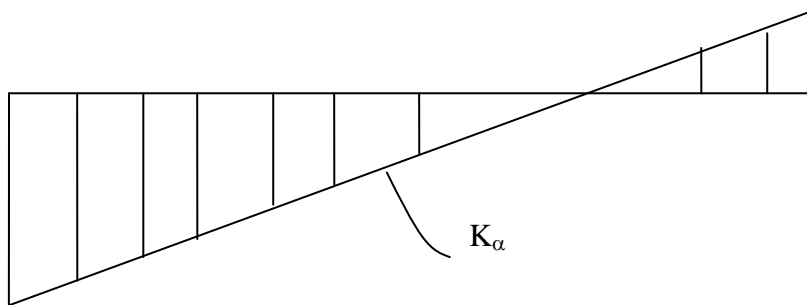
$$J_{TEK} \approx \frac{1}{3} h_{EK} \cdot b_{EK}^3 \quad b \ll h$$

$$\alpha = \frac{G}{2E} \cdot \frac{\frac{J_{TAK} + J_{TEK}}{\lambda} + \frac{LE}{LE}}{\sqrt{\frac{J_A J_E}{\lambda \cdot LE}}}$$

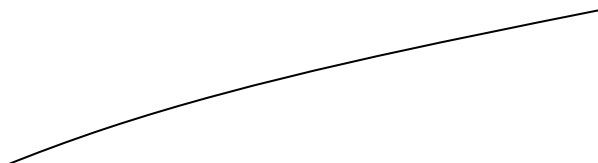
$$G = \frac{E}{2(1+0,20)}$$

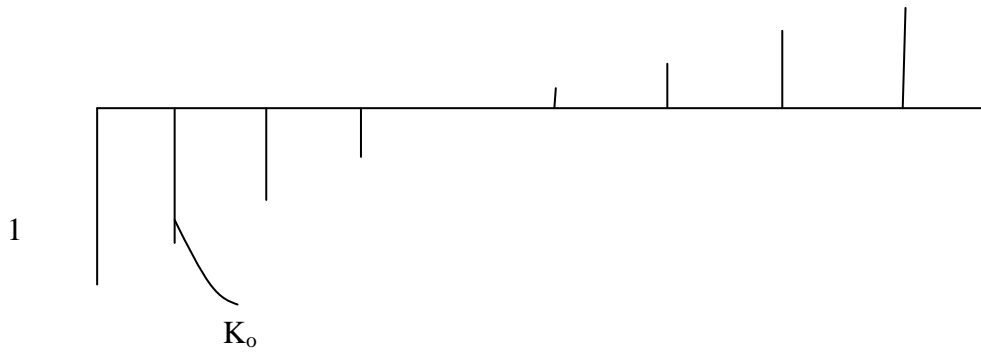
$$\gamma = 0,20 \text{ seç}$$

K_α

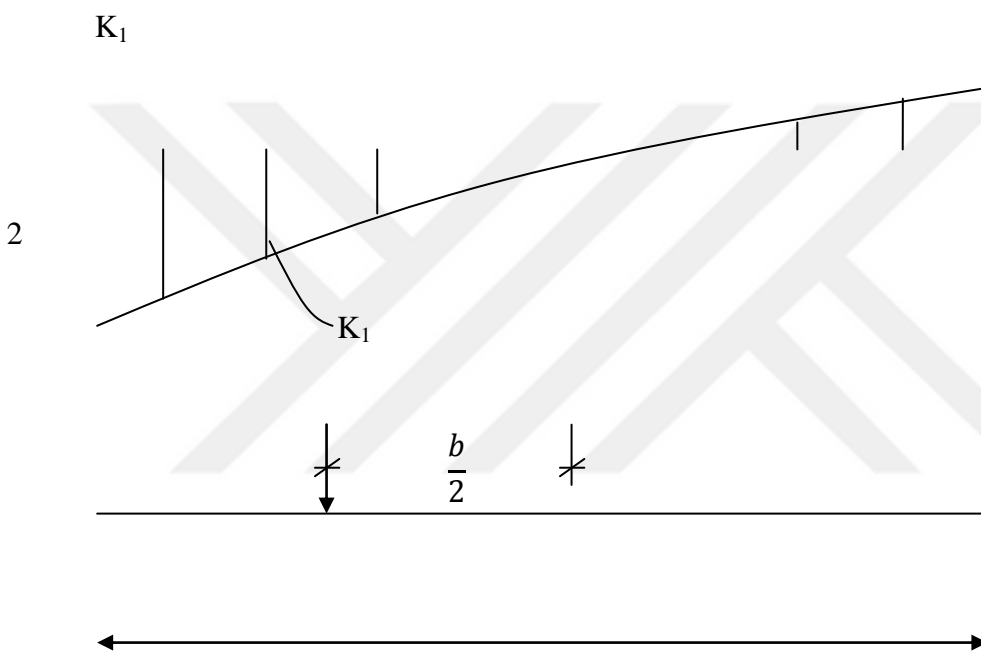


K_0





$$F = 1000 \text{ kN}$$



$$n = 9$$

$$i = 1 \dots 9$$

$$F_i = \frac{1}{n} \cdot F \cdot \Delta i_{\text{özel}}$$

$$J_{AK} = \frac{0,5 \cdot 2^3}{12} = 0,33$$

$$J_{EK} = \frac{0,4 \cdot 1,5^3}{12} = 0,113$$

$$\alpha = 0 \text{ için}$$

$$\vartheta = \frac{8}{24} \sqrt{\frac{0,33}{2} / \frac{0,113}{4}} = 0,52 \cong 0,50 \text{ seçildi.}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,3613) = 262,37 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,0981) = 233,12 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,8038) = 200,42 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,4336) = 159,29 \text{ kN}$$

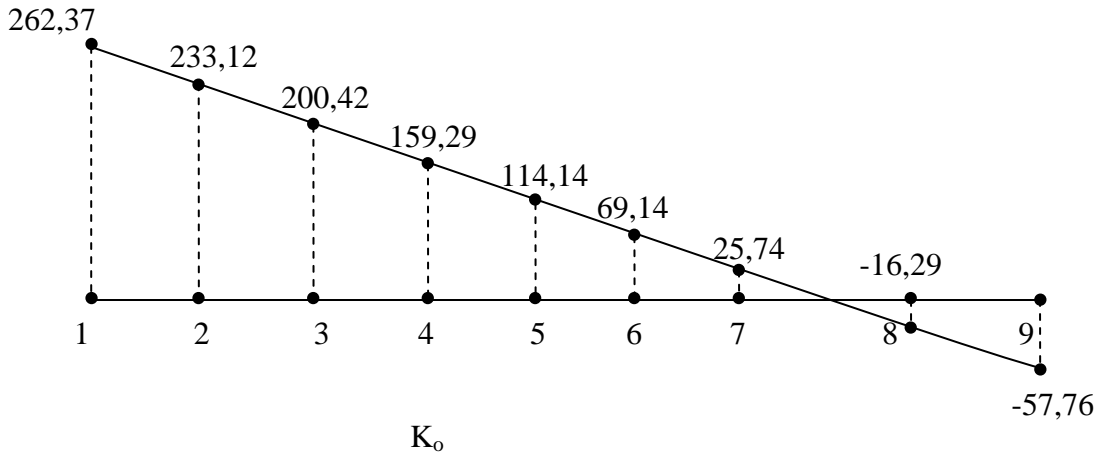
$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0273) = 114,14 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6223) = 69,14 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,2317) = 25,74 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,1466) = -16,29 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,5198) = -57,76 \text{ kN}$$



$\alpha = 1$ için

$\vartheta = 0,50$ seçildi.

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,5516) = 61,29 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6326) = 70,29 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,7308) = 81,2 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8547) = 94,97 \text{ kN} \quad \alpha = 1$$

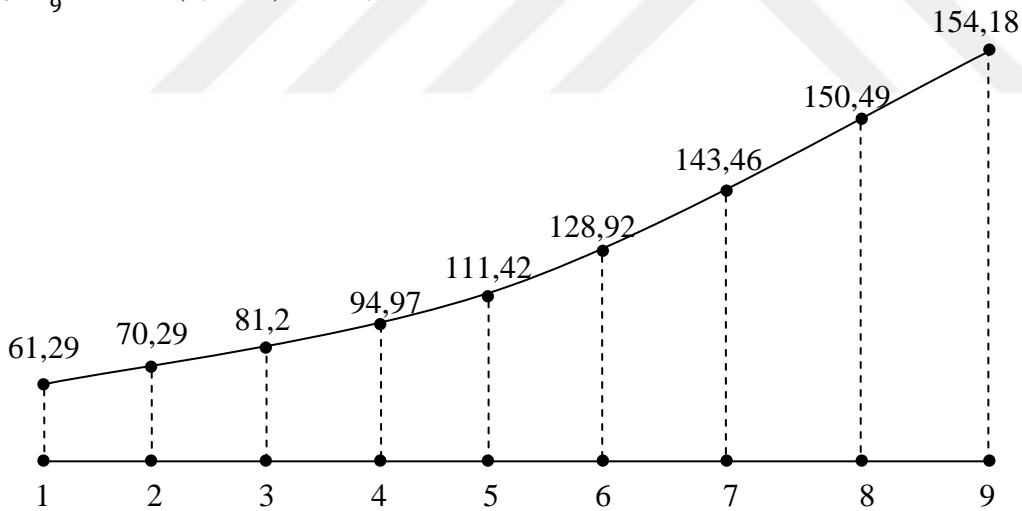
$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0028) = 111,42 \text{ kN} \quad \text{Courbon'dan uzaklaşıyor.}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1603) = 128,92 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,2911) = 143,46 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 1,3544) = 150,49 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3876) = 154,18 \text{ kN}$$



K₁

$$\alpha = \frac{\frac{E}{2,4} \left(\frac{0,083}{2} + \frac{0,032}{4} \right)}{2E \sqrt{\frac{0,33}{2} \cdot \frac{0,113}{4}}} = 0,151$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,3613 + (1,3876 - 2,3613) \cdot \sqrt{0,151} = 1,98$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,0981 + (1,3544 - 2,0981) \cdot \sqrt{0,151} = 1,81$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,8038 + (1,2911 - 1,8038) \cdot \sqrt{0,151} = 1,60$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,4336 + (1,1603 - 1,4336) \cdot \sqrt{0,151} = 1,33$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,0273 + (1,0028 - 1,0273) \cdot \sqrt{0,151} = 1,02$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 0,6223 + (0,8547 - 0,6223) \cdot \sqrt{0,151} = 0,71$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 0,2317 + (0,7308 - 0,2317) \cdot \sqrt{0,151} = 0,43$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = -0,1466 + (0,6326 - (-0,1466)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,16$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = -0,5198 + (0,5516 - (-0,5138)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,10$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,98) = 220 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,81) = 201,11 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,60) = 177,78 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,33) = 147,78 \text{ kN}$$

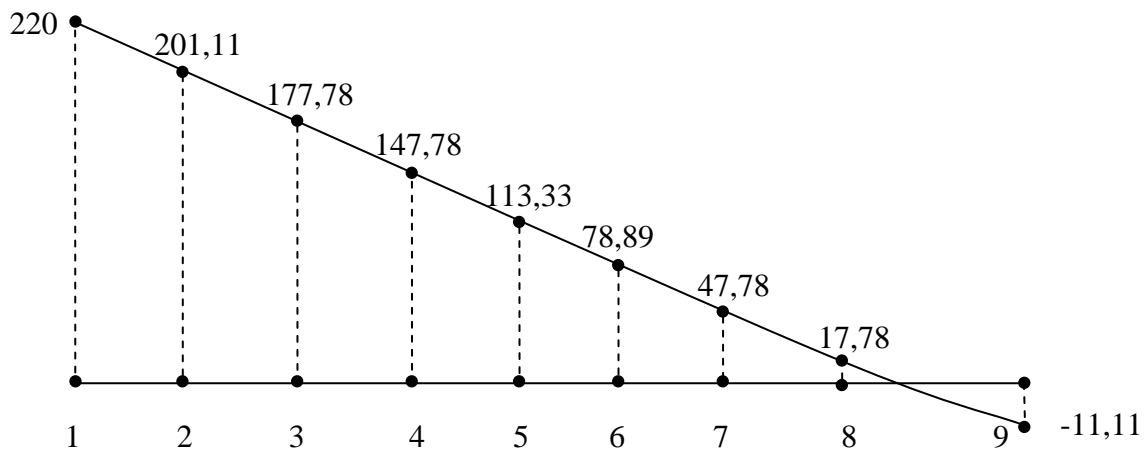
$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,02) = 113,33 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,71) = 78,89 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,43) = 47,78 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,16) = 17,78 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,10) = -11,11 \text{ kN}$$



$$F_i = \frac{P}{n} \left(1 + 6 \frac{n+1-2i}{n^2-1} \right)$$

Δ_i

1 Nolu Kiriş

$$\Delta_1 = 1 + 6 \frac{9+1-2 \cdot 1}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_1 = 2,2$$

$$F_1 = \frac{1000}{9} \cdot 2,2 = \boxed{244,44 \text{ kN}}$$

2 Nolu Kiriş

$$\Delta_2 = 1 + 6 \frac{9+1-2 \cdot 2}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_2 = 1,9$$

$$F_2 = \frac{1000}{9} \cdot 1,9 = \boxed{211,11 \text{ kN}}$$

3 Nolu Kiriş

$$\Delta_3 = 1 + 6 \frac{9+1-2 \cdot 3}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_3 = 1,6$$

$$F_3 = \frac{1000}{9} \cdot 1,6 = \boxed{177,78 \text{ kN}}$$

4 Nolu Kiriş

$$\Delta_4 = 1 + 6 \frac{9+1-2,4}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_4 = 1,3$$

$$F_4 = \frac{1000}{9} \cdot 1,3 = \boxed{144,44 \text{ kN}}$$

5 Nolu Kiriş

$$\Delta_5 = 1 + 6 \frac{9+1-2,5}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_5 = 1$$

$$F_5 = \frac{1000}{9} \cdot 1 = \boxed{111,11 \text{ kN}}$$

6 Nolu Kiriş

$$\Delta_6 = 1 + 6 \frac{9+1-2,6}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_6 = 0,7$$

$$F_6 = \frac{1000}{9} \cdot 0,7 = \boxed{77,78 \text{ kN}}$$

7 Nolu Kiriş

$$\Delta_7 = 1 + 6 \frac{9+1-2,7}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_7 = 0,4$$

$$F_7 = \frac{1000}{9} \cdot 0,4 = \boxed{44,44 \text{ kN}}$$

8 Nolu Kiriş

$$\Delta_8 = 1 + 6 \frac{9+1-2.8}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_8 = 0,1$$

$$F_8 = \frac{1000}{9} \cdot 0,1 = \boxed{11,11 \text{ kN}}$$

9 Nolu Kiriş

$$\Delta_1 = 1 + 6 \frac{9+1-2.9}{9^2-1} \cdot \frac{4}{2}$$

$$\Delta_1 = -0,2$$

$$F_1 = \frac{1000}{9} \cdot -0,2 = \boxed{-22,22 \text{ kN}}$$

$$\sum_{i=1}^9 F = 999,99 \cong 1000 \text{ kN}$$

$$\textcircled{1} \quad e = \frac{b}{2} \quad \text{satırı için}$$

K_o , K_1 , K_α , Courbon

$$\vartheta = 0,10 \quad \vartheta = 0,30 \quad \vartheta = 0,50$$

$$\textcircled{2} \quad e = \frac{b}{4} \quad \text{aynı tablo tip}$$

$$\textcircled{3} \quad e = \frac{3b}{4} \quad \text{aynı tip tablo}$$

$$\textcircled{4} \quad e = b \quad \text{aynı tip tablo}$$

$$\vartheta = 0,10 \text{ seçildi. } \boxed{e = \frac{b}{4}}$$

$$\boxed{\alpha = 0 \text{ için}}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,2495) = 27,72 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,4373) = 48,59 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6250) = 69,44 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8127) = 90,3 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0004) = 111,56 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1879) = 131,99 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3751) = 152,79 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,5622) = 173,58 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,7493) = 194,37 \text{ kN}$$

$$\boxed{\sum F_i = 1000,28 \text{ kN} \cong 1000 \text{ kN}}$$

$$\boxed{\alpha = 1 \text{ için}}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9873) = 109,7 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9906) = 110,07 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9938) = 110,42 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9971) = 110,79 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0003) = 111,14 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0034) = 111,49 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0063) = 111,81 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0090) = 112,11 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0116) = 112,4 \text{ kN}$$

$$\boxed{\sum F_i = 999,93 \text{ kN} \cong 1000 \text{ kN}}$$

$$\vartheta = 0,10 \text{ seçildi. } \boxed{e = \frac{b}{4}}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,2495 + (0,9873 - 0,2495) \cdot \sqrt{0,151} = 0,54$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,4373 + (0,9906 - 0,4373) \cdot \sqrt{0,151} = 0,65$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,6250 + (0,9938 - 0,6250) \cdot \sqrt{0,151} = 0,77$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,8127 + (0,9971 - 0,8127) \cdot \sqrt{0,151} = 0,88$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,0004 + (1,0003 - 1,0004) \cdot \sqrt{0,151} = 1$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,1879 + (1,0034 - 1,1879) \cdot \sqrt{0,151} = 1,12$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,3751 + (1,0063 - 1,3751) \cdot \sqrt{0,151} = 1,23$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,5622 + (1,0090 - 1,5622) \cdot \sqrt{0,151} = 1,35$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,7493 + (1,0116 - 1,7493) \cdot \sqrt{0,151} = 1,46$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,54) = 60 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,65) = 72,22 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,77) = 85,56 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,88) = 97,78 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1) = 111,11 \text{ kN}$$

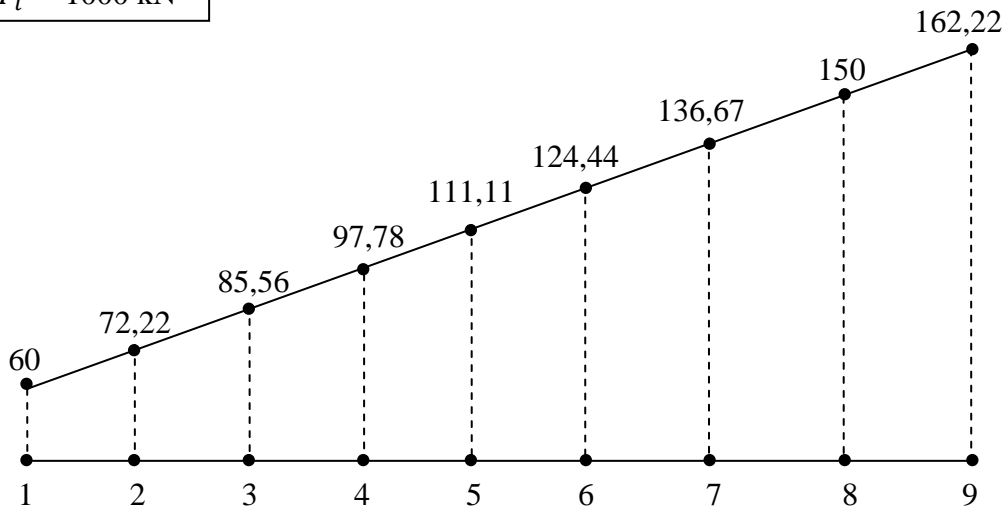
$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,12) = 124,44 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,23) = 136,67 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,35) = 150 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,46) = 162,22 \text{ kN}$$

$$\sum F_i = 1000 \text{ kN}$$



$\vartheta = 0,30$ seçilerek sonuç incelenecek.

$$e = \frac{b}{4}$$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,2109) = 23,43 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,4183) = 46,48 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6252) = 69,47 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8298) = 92,2 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0283) = 114,26 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,2146) = 134,96 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3833) = 153,7 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,5419) = 171,32 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,6975) = 188,61 \text{ kN}$$

$\alpha = 1$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8776) = 97,51 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9104) = 101,16 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9453) = 105,03 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9820) = 109,11 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0173) = 113,03 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0451) = 116,12 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0591) = 117,68 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0652) = 118,36 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0689) = 118,77 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,30 \text{ seçildi. } \boxed{e = \frac{b}{4}}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,2109 + (0,8776 - 0,2109) \cdot \sqrt{0,151} = 0,47$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,4183 + (0,9104 - 0,4183) \cdot \sqrt{0,151} = 0,61$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,6252 + (0,9453 - 0,6252) \cdot \sqrt{0,151} = 0,75$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,8298 + (0,9820 - 0,8298) \cdot \sqrt{0,151} = 0,89$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,0283 + (1,0173 - 1,0283) \cdot \sqrt{0,151} = 1,02$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,2146 + (1,0451 - 1,2146) \cdot \sqrt{0,151} = 1,15$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,3833 + (1,0591 - 1,3833) \cdot \sqrt{0,151} = 1,26$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,5419 + (1,0652 - 1,5419) \cdot \sqrt{0,151} = 1,36$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,6975 + (1,0689 - 1,6975) \cdot \sqrt{0,151} = 1,45$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,47) = 52,22 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,61) = 67,78 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,75) = 83,33 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,89) = 98,89 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,02) = 113,33 \text{ kN}$$

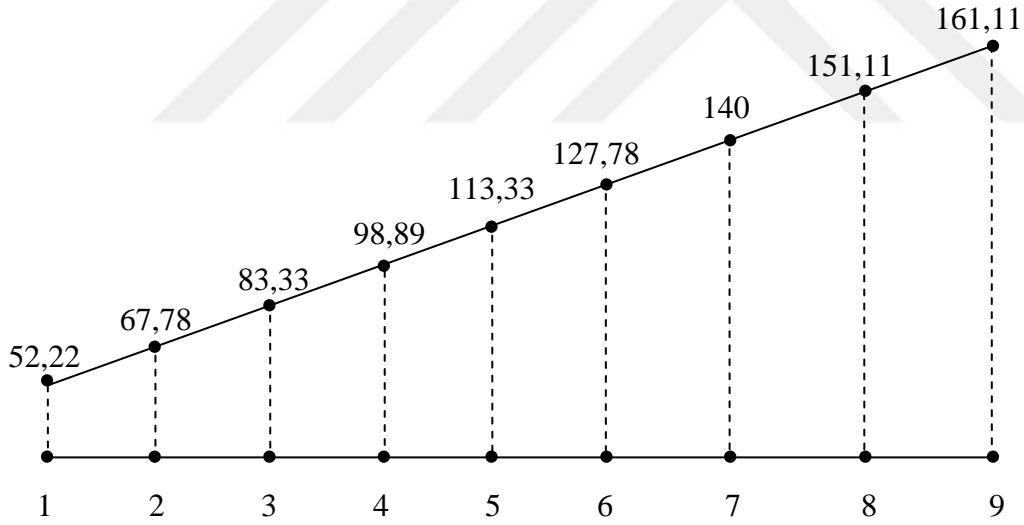
$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,15) = 127,78 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,26) = 140 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,36) = 151,11 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,45) = 161,11 \text{ kN}$$

$$\boxed{\sum F_i = 995,55 \text{ kN}}$$



$$\vartheta = 0,50 \text{ seçildi. } \boxed{e = \frac{b}{4}}$$

$$\boxed{\alpha = 0 \text{ için}}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,0021) = -0,23 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,3111) = 34,57 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6223) = 69,14 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9226) = 102,51 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1877) = 131,97 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3721) = 152,46 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,4336) = 159,29 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,4250) = 158,33 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3968) = 155,2 \text{ kN}$$

$\alpha = 1$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6834) = 75,93 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,7617) = 84,63 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8547) = 94,97 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9642) = 107,13 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0767) = 119,63 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1557) = 128,41 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1603) = 128,92 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1293) = 125,48 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0937) = 121,52 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,50$$

$$e = \frac{b}{4}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,0021 + (0,6834 - (0,0021)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,26$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,3111 + (0,7617 - 0,3111) \cdot \sqrt{0,151} = 0,49$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,6223 + (0,8547 - 0,6223) \cdot \sqrt{0,151} = 0,71$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,9226 + (0,9642 - 0,9226) \cdot \sqrt{0,151} = 0,94$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,1877 + (1,0767 - 1,1877) \cdot \sqrt{0,151} = 1,14$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,3721 + (1,1557 - 1,3721) \cdot \sqrt{0,151} = 1,29$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,4336 + (1,1603 - 1,4336) \cdot \sqrt{0,151} = 1,33$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,4250 + (1,1293 - 1,4250) \cdot \sqrt{0,151} = 1,31$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,3968 + (1,0937 - 1,3968) \cdot \sqrt{0,151} = 1,28$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,26) = 28,89 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,49) = 54,44 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,71) = 78,89 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,94) = 104,44 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,14) = 126,67 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,29) = 143,33 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,33) = 147,78 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,31) = 145,56 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,28) = 142,22 \text{ kN}$$

$\vartheta = 0,10$ seçilerek sonra incelenecek.

$$e = \frac{b}{2}$$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,5) = -55,56 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,125) = -13,83 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,25) = 27,78 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,625) = 69,44 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0001) = 111,12 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3751) = 152,79 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,7501) = 164,46 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,1249) = 236,1 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,4997) = 277,74 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1 \text{ için}$$

$$e = \frac{b}{2}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9756) = 108,4 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9816) = 109,07 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9877) = 109,74 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9938) = 110,42 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0001) = 111,12 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0063) = 111,81 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0124) = 112,49 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0183) = 113,14 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0241) = 113,79 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,10$$

$$e = \frac{b}{2}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,5 (0,9756 - (-0,5)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,07$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,125 + (0,9816 - (-0,125)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,31$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,25 + (0,9877 - 0,25) \cdot \sqrt{0,151} = 0,54$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,625 + (0,9877 - 0,25) \cdot \sqrt{0,151} = 0,54$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,0001 + (1,0001-1,0001) \cdot \sqrt{0,151} = 1,00$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,3751 + (1,0063-1,3751) \cdot \sqrt{0,151} = 1,23$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,7501 + (1,0124-1,7501) \cdot \sqrt{0,151} = 1,46$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,1249 + (1,0183-2,1249) \cdot \sqrt{0,151} = 1,69$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,4997 + (1,0241-2,4997) \cdot \sqrt{0,151} = 1,93$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,07) = 7,78 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,31) = 34,44 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,54) = 60 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,77) = 85,56 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1) = 111,11 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,23) = 136,67 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,46) = 162,22 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,69) = 187,78 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,93) = 214,44 \text{ kN}$$

$\vartheta = 0,30$ seçilerek sonra incelenecek.

$$e = \frac{b}{2}$$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,5038) = -55,98 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,1284) = -14,27 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,2477) = 27,52 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6252) = 69,47 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0044) = 111,6 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3833) = 153,7 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,7572) = 195,24 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,1209) = 235,66 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,4805) = 275,61 \text{ kN}$$

$\alpha = 1$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8012) = 89,02 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8453) = 93,92 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8929) = 99,21 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9453) = 105,03 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0018) = 111,31 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0591) = 117,68 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1108) = 123,42 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,01508) = 127,87 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1849) = 131,66 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,30$$

$$e = \frac{b}{2}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,5038 (0,8012 - (-0,5038)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,003$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,1284 + (0,8453 - (-0,1284)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,25$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,2477 + (0,8929 - 0,2477) \cdot \sqrt{0,151} = 0,50$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,6252 + (0,9453 - 0,6252) \cdot \sqrt{0,151} = 0,75$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,0044 + (1,0018 - 1,0044) \cdot \sqrt{0,151} = 1$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,3833 + (1,0591 - 1,3833) \cdot \sqrt{0,151} = 1,26$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,7572 + (1,1108 - 1,7572) \cdot \sqrt{0,151} = 1,51$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 2,1209 + (1,1508 - 2,1209) \cdot \sqrt{0,151} = 1,74$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 2,4805 + (1,1849 - 2,4805) \cdot \sqrt{0,151} = 1,98$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 0,003 = 0,33 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 0,25 = 27,78 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 0,50 = 55,56 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 0,75 = 83,33 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 1 = 111,11 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 1,26 = 140 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 1,51 = 167,78 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 1,74 = 193,33 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot 1,98 = 220 \text{ kN}$$

$\vartheta = 0,50$ seçildi.

$$e = \frac{b}{2}$$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,5198) = -57,76 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,1466) = -16,29 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,2317) = 25,74 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6223) = 69,14 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0273) = 114,14 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,4336) = 159,29 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,8038) = 200,42 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,0981) = 233,12 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,3613) = 262,37 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1 \text{ için}$$

$$e = \frac{b}{2}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,5516) = 61,29 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6326) = 70,29 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,7308) = 81,2 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8547) = 94,97 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0028) = 111,42 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1603) = 128,92 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,2911) = 143,46 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3544) = 150,49 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3876) = 154,18 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,50$$

$$e = \frac{b}{2}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,5198 (0,5516 - (-0,5198)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,10$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,1466 + (0,6326 - (-0,1466)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,16$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,2317 + (0,7308 - 0,2317) \cdot \sqrt{0,151} = 0,43$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,6223 + (0,8547 - 0,6223) \cdot \sqrt{0,151} = 0,71$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,0273 + (1,0028 - 1,0273) \cdot \sqrt{0,151} = 1,02$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,4336 + (1,1603 - 1,4336) \cdot \sqrt{0,151} = 1,33$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,8038 + (1,2911 - 1,8038) \cdot \sqrt{0,151} = 1,60$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,0981 + (1,3544 - 2,0981) \cdot \sqrt{0,151} = 1,81$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,3613 + (1,3876 - 2,3613) \cdot \sqrt{0,151} = 1,98$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,10) = -11,11 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,16) = 17,78 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,43) = 47,78 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,71) = 78,89 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,02) = 113,33 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,33) = 147,78 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,60) = 177,78 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,81) = 201,11 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,98) = 220 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,10 \text{ seçildi. } e = \frac{3b}{4}$$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-1,2494) = -138,82 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,6872) = -76,36 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,1250) = -13,89 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,4373) = 48,59 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9997) = 111,08 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,5622) = 173,58 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,1249) = 236,1 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,6877) = 298,63 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,2505) = 361,17 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1 \text{ için}$$

$$e = \frac{3b}{4}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9641) = 107,12 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9728) = 108,09 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9816) = 109,07 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9906) = 110,07 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9997) = 111,08 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0090) = 112,11 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0183) = 113,14 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0276) = 114,18 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0369) = 115,21 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,10 \quad \boxed{e = \frac{3b}{4}}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -1,2494 + (0,9641 - (-1,2494)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,39$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,6872 + (0,9728 - (-0,6872)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,042$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,1250 + (0,9816 - (-0,1250)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,31$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,4373 + (0,9906 - 0,4373) \cdot \sqrt{0,151} = 0,65$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,9997 + (0,9997 - 0,9997) \cdot \sqrt{0,151} = 1$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,5622 + (1,0090 - 1,5622) \cdot \sqrt{0,151} = 1,35$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 2,1249 + (1,0183 - 2,1249) \cdot \sqrt{0,151} = 1,69$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 2,6877 + (1,0276 - 2,6877) \cdot \sqrt{0,151} = 2,04$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 3,2505 + (1,0369 - 3,2505) \cdot \sqrt{0,151} = 2,39$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,39) = -43,3 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,042) = -4,67 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,31) = 34,44 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,65) = 72,22 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1) = 111,11 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,35) = 150 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,69) = 187,78 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,04) = 226,67 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,39) = 265,56 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,30 \text{ seçildi. } e = \frac{3b}{4}$$

$$\alpha = 0 \text{ için}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-1,2094) = -134,38 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,6698) = -74,42 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,1284) = -14,27 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,4183) = 46,48 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9742) = 108,24 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,5419) = 171,32 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,1209) = 235,66 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,7062) = 300,69 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,2901) = 365,57 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1 \text{ için}$$

$$e = \frac{3b}{4}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,7345) = 81,61 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,7876) = 87,51 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8453) = 93,92 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9104) = 101,16 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9840) = 109,33 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0652) = 118,36 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1508) = 127,87 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,2351) = 137,23 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3126) = 145,84 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,30$$

$$e = \frac{3b}{4}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -1,2094 + (0,7345 - (-1,2094)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,45$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,6698 + (0,7876 - (0,6698)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,10$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,1284 + (0,8453 - (-0,1284)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,25$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,4183 + (0,9104 - 0,4183) \cdot \sqrt{0,151} = 0,61$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 0,9742 + (0,9840 - 0,9742) \cdot \sqrt{0,151} = 0,98$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,5419 + (1,0652 - 1,5419) \cdot \sqrt{0,151} = 1,36$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,1209 + (1,1508 - 2,1209) \cdot \sqrt{0,151} = 1,74$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,7062 + (1,2351 - 2,7062) \cdot \sqrt{0,151} = 2,13$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 3,2901 + (1,3126 - 3,2901) \cdot \sqrt{0,151} = 2,52$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,45) = -50 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,10) = -11,11 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,25) = 27,78 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,61) = 67,78 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,98) = 108,89 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,36) = 151,11 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,74) = 193,33 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,13) = 236,67 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,52) = 280 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,50 \text{ seçildi. } e = \frac{3b}{4}$$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,9828) = -109,2 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,5703) = -63,37 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,1466) = -16,29 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,3111) = 34,57 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8288) = 92,09 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,4250) = 158,33 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,0981) = 233,12 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,8125) = 312,5 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,5140) = 390,44 \text{ kN}$$

$\alpha = 1$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,4538) = 50,42 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,5340) = 59,33 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6326) = 70,29 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,7617) = 84,63 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9276) = 103,07 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1293) = 125,48 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3544) = 150,49 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,5704) = 174,49 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,7409) = 193,43 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,50$$

$$e = \frac{3b}{4}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,9828 + (0,4538 - (-0,9828)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,42$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,5703 + (0,5340 - (-0,5703)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,14$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,1466 + (0,6326 - (-0,1466)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,16$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,3111 + (0,7617 - 0,3111) \cdot \sqrt{0,151} = 0,49$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,8288 + (0,9276 - 0,8288) \cdot \sqrt{0,151} = 0,87$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,4250 + (1,1293 - 1,4250) \cdot \sqrt{0,151} = 1,31$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 2,0981 + (1,3544 - 2,0981) \cdot \sqrt{0,151} = 1,81$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 2,8125 + (1,5704 - 2,8125) \cdot \sqrt{0,151} = 2,33$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 3,5140 + (1,7409 - 3,5140) \cdot \sqrt{0,151} = 2,82$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,42) = -46,67 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,14) = -15,56 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,16) = 17,78 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,49) = 54,44 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,87) = 96,67 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,31) = 145,56 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,81) = 201,11 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,33) = 258,89 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,82) = 313,33 \text{ kN}$$

$\vartheta = 0,10$ seçildi. $e = b$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-1,9988) = -222,09 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-1,2494) = -138,82 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,50) = -55,56 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,2495) = 27,72 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9993) = 111,03 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,7493) = 194,37 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,4997) = 277,74 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,2505) = 361,17 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (4,0014) = 444,6 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1 \text{ için}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9527) = 105,86 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9641) = 107,12 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9756) = 108,4 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9873) = 109,7 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9993) = 111,03 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0116) = 112,4 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0241) = 113,79 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0369) = 115,21 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0498) = 116,64 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,10 \quad e = b$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -1,9988 + (0,9527 - (-1,9988)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,85$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -1,2494 + (0,9641 - (-1,2494)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,39$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,50 + (0,9756 - (-0,50)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,07$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,2495 + (0,9873 - 0,2495) \cdot \sqrt{0,151} = 0,54$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 0,9993 + (0,9993 - 0,9993) \cdot \sqrt{0,151} = 1$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,7493 + (1,0116 - 1,7493) \cdot \sqrt{0,151} = 1,46$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,4997 + (1,0241 - 2,4997) \cdot \sqrt{0,151} = 1,93$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 3,2505 + (1,0369 - 3,2505) \cdot \sqrt{0,151} = 2,39$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 4,0014 + (1,0498 - 4,0014) \cdot \sqrt{0,151} = 2,85$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,85) = -94,44 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,39) = -43,33 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,07) = 7,78 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,54) = 60 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1) = 111,11 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,46) = 162,22 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,93) = 214,44 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,39) = 265,56 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,85) = 316,67 \text{ kN}$$

$\vartheta = 0,30$ seçildi. $e = b$

$\alpha = 0$ için

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-1,9125) = -212,5 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-1,2095) = -134,39 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,5038) = -55,98 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,2109) = 23,43 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9423) = 104,7 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,6974) = 188,6 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,4805) = 275,61 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,2901) = 365,57 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (4,1177) = 457,52 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1 \text{ için}$$

$$e = b$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6733) = 74,81 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,7345) = 81,61 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8012) = 89,02 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8776) = 97,51 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,9664) = 107,38 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0689) = 118,77 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,1849) = 131,66 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3126) = 145,84 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,4474) = 160,82 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,30 \text{ seçildi } \boxed{e = b}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -1,9125 + (0,6733 - (-1,9125)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,91$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -1,2095 + (0,7345 - (-1,2095)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,45$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,5038 + (0,8012 - (-0,5038)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,003$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,2109 + (0,8776 - 0,2109) \cdot \sqrt{0,151} = 0,47$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 0,9423 + (0,9664 - 0,9423) \cdot \sqrt{0,151} = 0,95$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 1,6974 + (1,0689 - 1,6974) \cdot \sqrt{0,151} = 1,45$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 2,4805 + (1,1849 - 2,4805) \cdot \sqrt{0,151} = 1,98$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 3,2901 + (1,3126 - 3,2901) \cdot \sqrt{0,151} = 2,52$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_\alpha = 4,1177 + (1,4474 - 4,1177) \cdot \sqrt{0,151} = 3,08$$

$$\vartheta = 0,30 \text{ seçildi } \boxed{e = b}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,91) = -101,11 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,45) = -50 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,003) = 0,33 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,47) = 52,22 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,95) = 105,56 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,45) = 161,11 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,98) = 220 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,52) = 280 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,08) = 342,22 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,50 \text{ seçildi. } \boxed{e = b}$$

$$\boxed{\alpha = 0 \text{ için}}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-1,4286) = -158,73 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,9828) = -109,2 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,5198) = -57,76 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,0021) = -0,23 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6203) = 68,92 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3968) = 155,2 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,3613) = 262,37 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,5140) = 390,44 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (4,7981) = 533,12 \text{ kN}$$

$$\boxed{\alpha = 1 \text{ için}} \quad \boxed{e = b} \quad \boxed{\vartheta = 0,50}$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,3751) = 41,68 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,4538) = 50,42 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,5516) = 61,29 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,6834) = 75,93 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,8609) = 95,66 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,0937) = 121,52 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,3876) = 154,18 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,7409) = 193,43 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,1362) = 237,36 \text{ kN}$$

$$\vartheta = 0,50 \quad \boxed{e = b}$$

$$1. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -1,4286 + (0,3751 - (-1,4286)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,73$$

$$2. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,9828 + (0,4538 - (-0,9828)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,42$$

$$3. \text{ Kiriş için } K_\alpha = -0,5198 + (0,5516 - (-0,5198)) \cdot \sqrt{0,151} = -0,10$$

$$4. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = -0,0021 + (0,6834 - (-0,0021)) \cdot \sqrt{0,151} = 0,26$$

$$5. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 0,6203 + (0,8609 - 0,6203) \cdot \sqrt{0,151} = 0,71$$

$$6. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 1,3968 + (1,0937 - 1,3968) \cdot \sqrt{0,151} = 1,28$$

$$7. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 2,3613 + (1,3876 - 2,3613) \cdot \sqrt{0,151} = 1,98$$

$$8. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 3,5140 + (1,7409 - 3,5140) \cdot \sqrt{0,151} = 2,82$$

$$9. \text{ Kiriş için } K_{\alpha} = 4,7981 + (2,1362 - 4,7981) \cdot \sqrt{0,151} = 3,76$$

$$F_1 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,73) = -81,11 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,42) = -46,67 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (-0,10) = -11,11 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,26) = 28,89 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (0,71) = 78,89 \text{ kN}$$

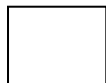
$$F_6 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,28) = 142,22 \text{ kN}$$

$$F_7 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (1,98) = 220 \text{ kN}$$

$$F_8 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (2,82) = 313,33 \text{ kN}$$

$$F_9 = \frac{1}{9} \cdot 1000 \cdot (3,76) = 417,78 \text{ kN}$$

K_0 ile bulunan sonuç $e = \frac{b}{4}$



	COURBON	K ₀ ϑ = 0,10	K ₀ ϑ = 0,30	K ₀ ϑ = 0,50
F ₉ (kN)	-22,22	27,72	23,43	-0,23
F ₈ (kN)	11,11	48,59	46,48	34,57
F ₇ (kN)	44,44	69,44	69,47	69,14
F ₆ (kN)	77,78	90,3	92,2	102,51
F ₅ (kN)	111,11	111,56	114,26	131,97
F ₄ (kN)	144,44	131,99	134,96	152,46
F ₃ (kN)	177,78	152,79	153,7	159,29
F ₂ (kN)	211,11	173,58	171,32	158,33
F ₁ (kN)	244,44	194,37	188,61	155,2
∑F _i	999,99	1000,34	994,43	963,24

K₁ ile bulunan sonuç

$$e = \frac{b}{4}$$

	COURBON	K ₁ ϑ = 0,10	K ₁ ϑ = 0,30	K ₁ ϑ = 0,50
F ₉ (kN)	-22,22	109,7	97,51	75,93
F ₈ (kN)	11,11	110,07	101,16	84,63
F ₇ (kN)	44,44	110,42	105,03	94,97
F ₆ (kN)	77,78	110,79	109,11	107,13
F ₅ (kN)	111,11	111,14	113,03	119,63
F ₄ (kN)	144,44	111,49	116,12	128,41
F ₃ (kN)	177,78	111,81	117,68	128,92
F ₂ (kN)	211,11	112,11	118,36	125,48
F ₁ (kN)	244,44	112,4	118,77	121,52
∑F _i	999,99	999,93	996,77	986,62

K_α ile bulunan sonuç

$$e = \frac{b}{4}$$

	K _α	K _α	K _α
--	----------------	----------------	----------------

	COURBON	$\vartheta = 0,10$	$\vartheta = 0,30$	$\vartheta = 0,50$
F ₉ (kN)	-22,22	60	52,22	28,89
F ₈ (kN)	11,11	72,22	67,78	54,44
F ₇ (kN)	44,44	85,56	83,33	78,89
F ₆ (kN)	77,78	97,78	98,89	104,44
F ₅ (kN)	111,11	111,11	113,33	126,67
F ₄ (kN)	144,44	124,44	127,78	143,33
F ₃ (kN)	177,78	136,67	140	147,78
F ₂ (kN)	211,11	150	151,11	145,56
F ₁ (kN)	244,44	162,22	161,11	142,22
$\sum F_i$	999,99	1000	995,55	972,22

K₀ ile bulunan sonuç

$$e = \frac{b}{2}$$

	COURBON	K ₀ $\vartheta = 0,10$	K ₀ $\vartheta = 0,30$	K ₀ $\vartheta = 0,50$
F ₉ (kN)	-22,22	-55,56	-55,98	-57,76
F ₈ (kN)	11,11	-13,89	-14,27	-16,29
F ₇ (kN)	44,44	27,78	27,52	25,74
F ₆ (kN)	77,78	69,44	69,47	69,14
F ₅ (kN)	111,11	111,12	111,6	114,14
F ₄ (kN)	144,44	152,79	153,7	159,29
F ₃ (kN)	177,78	194,46	195,24	200,42
F ₂ (kN)	211,11	236,1	235,66	233,12
F ₁ (kN)	244,44	277,74	275,61	262,37
$\sum F_i$	999,99	999,98	998,49	990,17

K_1 ile bulunan sonuç

$$e = \frac{b}{2}$$

	COURBON	K_1 $\vartheta = 0,10$	K_1 $\vartheta = 0,30$	K_1 $\vartheta = 0,50$
F_9 (kN)	-22,22	108,4	89,02	61,29
F_8 (kN)	11,11	109,07	93,92	70,29
F_7 (kN)	44,44	109,74	99,21	81,2
F_6 (kN)	77,78	110,42	105,03	94,97
F_5 (kN)	111,11	111,12	111,31	111,42
F_4 (kN)	144,44	111,81	117,68	128,92
F_3 (kN)	177,78	112,49	123,42	143,46
F_2 (kN)	211,11	113,14	127,87	150,49
F_1 (kN)	244,44	113,79	131,66	154,18
$\sum F_i$	999,99	999,98	999,12	996,22

K_α ile bulunan sonuç

$$e = \frac{b}{2}$$

	COURBON	K_α $\vartheta = 0,10$	K_α $\vartheta = 0,30$	K_α $\vartheta = 0,50$
F_9 (kN)	-22,22	7,78	0,33	-11,11
F_8 (kN)	11,11	34,44	27,78	17,78
F_7 (kN)	44,44	60	55,56	47,78
F_6 (kN)	77,78	85,56	83,33	78,89
F_5 (kN)	111,11	111,11	111,11	113,33
F_4 (kN)	144,44	136,67	140	147,78
F_3 (kN)	177,78	162,22	167,78	177,78
F_2 (kN)	211,11	187,78	193,33	201,11
F_1 (kN)	244,44	214,44	220	220
$\sum F_i$	999,99	1000	999,22	993,34

K_0 ile bulunan sonuç

$$e = \frac{3b}{4}$$

	COURBON	K ₀ ϑ = 0,10	K ₀ ϑ = 0,30	K ₀ ϑ = 0,50
F ₉ (kN)	-22,22	-138,82	-134,38	-109,2
F ₈ (kN)	11,11	-76,36	-74,42	-63,27
F ₇ (kN)	44,44	-13,89	-14,27	-16,29
F ₆ (kN)	77,78	48,59	46,48	34,57
F ₅ (kN)	111,11	111,08	108,24	92,09
F ₄ (kN)	144,44	173,58	171,32	158,33
F ₃ (kN)	177,78	236,1	235,66	233,12
F ₂ (kN)	211,11	298,63	300,69	312,5
F ₁ (kN)	244,44	361,17	365,57	390,44
∑F _i	999,99	1000,08	1004,89	1032,29

K₁ ile bulunan sonuç $e = \frac{3b}{4}$

	COURBON	K ₁ ϑ = 0,10	K ₁ ϑ = 0,30	K ₁ ϑ = 0,50
F ₉ (kN)	-22,22	107,12	81,61	50,42
F ₈ (kN)	11,11	108,09	87,51	59,33
F ₇ (kN)	44,44	109,07	93,92	70,29
F ₆ (kN)	77,78	110,07	101,16	84,63
F ₅ (kN)	111,11	111,08	109,33	103,07
F ₄ (kN)	144,44	112,11	118,36	125,48
F ₃ (kN)	177,78	113,14	127,87	150,49
F ₂ (kN)	211,11	114,18	137,23	174,49
F ₁ (kN)	244,44	115,21	145,84	193,43
∑F _i	999,99	1000,07	1002,83	1011,63

K_α ile bulunan sonuç $e = \frac{3b}{4}$

	COURBON	K_{α} $\vartheta = 0,10$	K_{α} $\vartheta = 0,30$	K_{α} $\vartheta = 0,50$
F ₉ (kN)	-22,22	-43,3	-50	-46,67
F ₈ (kN)	11,11	-4,67	-11,11	-15,56
F ₇ (kN)	44,44	34,44	27,78	17,78
F ₆ (kN)	77,78	72,22	67,78	54,44
F ₅ (kN)	111,11	111,11	108,89	96,67
F ₄ (kN)	144,44	150	151,11	145,56
F ₃ (kN)	177,78	187,78	193,33	201,11
F ₂ (kN)	211,11	226,67	236,67	258,83
F ₁ (kN)	244,44	265,56	280	313,33
$\sum F_i$	999,99	999,81	1004,42	1025,55

K_0 ile bulunan sonuç $e = b$

	COURBON	K_0 $\vartheta = 0,10$	K_0 $\vartheta = 0,30$	K_0 $\vartheta = 0,50$
F ₉ (kN)	-22,22	-222,09	-212,5	-158,73
F ₈ (kN)	11,11	-138,82	-134,49	-109,2
F ₇ (kN)	44,44	-55,56	-55,98	-57,76
F ₆ (kN)	77,78	27,72	23,43	-0,23
F ₅ (kN)	111,11	111,03	104,7	68,92
F ₄ (kN)	144,44	194,37	188,6	155,2
F ₃ (kN)	177,78	277,74	275,61	262,37
F ₂ (kN)	211,11	361,17	365,57	390,44
F ₁ (kN)	244,44	444,6	457,52	533,12
$\sum F_i$	999,99	1000,16	1012,66	1084,13

K_1 ile bulunan sonuç $e = b$

	COURBON	K_1 $\vartheta = 0,10$	K_1 $\vartheta = 0,30$	K_1 $\vartheta = 0,50$
F ₉ (kN)	-22,22	105,86	76,81	41,68
F ₈ (kN)	11,11	107,12	81,61	50,42
F ₇ (kN)	44,44	108,4	89,02	61,29
F ₆ (kN)	77,78	109,7	97,51	75,93
F ₅ (kN)	111,11	111,03	107,38	95,66
F ₄ (kN)	144,44	112,4	118,77	121,52
F ₃ (kN)	177,78	113,79	131,66	154,18
F ₂ (kN)	211,11	115,21	145,84	193,43
F ₁ (kN)	244,44	116,64	160,82	237,36
$\sum F_i$	999,99	1000,15	1007,42	1031,47

K_α ile bulunan sonuç $e = b$

	COURBON	K_α $\vartheta = 0,10$	K_α $\vartheta = 0,30$	K_α $\vartheta = 0,50$
F ₉ (kN)	-22,22	-94,44	-101,11	-81,11
F ₈ (kN)	11,11	-43,33	-50	-46,67
F ₇ (kN)	44,44	7,78	0,33	-11,11
F ₆ (kN)	77,78	60	52,22	28,89
F ₅ (kN)	111,11	111,11	105,56	78,89
F ₄ (kN)	144,44	162,22	161,11	142,22
F ₃ (kN)	177,78	214,44	220	220
F ₂ (kN)	211,11	265,56	280	313,33
F ₁ (kN)	244,44	316,67	342,22	417,78
$\sum F_i$	999,99	1000,01	1010,33	1062,22

GUYON-MASSONNET TABLOLARI

$\theta = 0,10 \mid \alpha = 0 \quad (K_0)$									
Yük yeri	- b	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	b
0	+0,9993	+0,9997	+1,0001	+1,0003	+1,0005	+1,0003	+1,0001	+0,9997	+0,9993
b/4	+0,2495	+0,4373	+0,6250	+0,8127	+1,0004	+1,1879	+1,3751	+1,5622	+1,7493
b/2	-0,5000	-0,1250	+0,2500	+0,6250	+1,0001	+1,2751	+1,7541	+2,1249	+2,0097
3 b/4	-1,2494	-0,6872	-0,1250	+0,4373	+0,9997	+1,5422	+2,1249	2,6277	+1,2506
b	-1,9988	-1,2494	-0,5000	+0,2495	+0,9993	1,7492	+2,4997	+1,2505	+4,0654

$\theta = 0,10 \mid \alpha = 1 \quad (K_1)$									
Yük yeri	- b	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	b
0	0,9993	0,9997	1,0001	1,0003	1,0005	1,0003	1,0001	0,9997	1,9993
b/4	0,9873	0,9906	0,9938	0,9971	1,0003	1,0034	1,0063	0,9991	1,0336
b/2	0,9756	0,9816	0,9877	0,9931	1,0001	1,0063	1,0116	1,1183	1,0243
3 b/4	0,9641	0,9728	0,9816	0,9906	0,9997	1,0090	1,1183	1,0276	1,0369
b	0,9527	0,9641	0,9756	0,9873	0,9993	1,0116	1,0241	1,0369	1,0498

$\theta = 0,30 \mid \alpha = 0 \quad (K_0)$									
Yük yeri	- b	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	b
0	+0,9423	+0,9741	+1,0044	+1,0263	+1,0385	+1,0283	+1,0946	+0,9742	+0,9423
b/4	+0,2109	+0,4183	+0,6252	+0,8298	+1,0283	+1,2146	+1,3833	+1,5419	+1,0975
b/2	-0,5038	-0,1284	+0,2477	+0,6252	+1,0944	+1,3833	+1,7572	+2,1299	+2,4885
3 b/4	-1,2094	-0,6698	-0,1284	+0,4183	+0,9742	+1,5419	+2,7209	+2,7962	+3,2991
b	-1,9185	-1,2095	-0,5038	+0,2109	+0,9423	+1,6926	+2,4805	+3,2901	4,2277

$\theta = 0,30 \mid \alpha = 1 \quad (K_1)$									
Yük yeri	- b	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	b
0	0,9664	0,9849	1,0018	1,0173	1,0244	1,0172	1,0018	0,9849	0,9966
b/4	0,8776	0,9104	0,9453	0,9820	1,0173	1,0451	1,0591	1,0052	1,9689
b/2	0,8012	0,8453	0,8929	0,9453	1,0918	1,8591	1,1108	1,1508	1,1349
3 b/4	0,7345	0,7876	0,8453	0,9104	0,9849	1,8652	1,1508	1,2351	1,2126
b	0,4733	0,7345	0,8012	0,8776	0,7565	1,8689	1,1369	1,3126	1,6876

$\theta = 0,50 \mid \alpha = 0 \quad (K_0)$									
Yük yeri	- b	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	b
0	+0,6273	+0,3288	+1,0273	+1,1877	+1,2575	+1,1877	+1,0273	+0,8288	+0,6203
b/4	-0,3023	+0,3111	+0,6223	+0,9226	+1,1877	+1,3721	+1,4336	+1,4250	+1,3968
b/2	-0,5798	-0,3466	+0,2317	+0,6223	+1,0273	+1,4336	+1,8038	+2,0981	+2,3613
3 b/4	-0,9828	-0,5705	-0,3466	+0,3111	+0,8288	+1,4250	+2,0981	+2,8125	+3,5140
b	-1,4234	-0,9828	-0,5198	-0,0021	+0,6203	+1,3968	+2,3613	+3,5140	+4,7981

$\theta = 0,50 \mid \alpha = 1 \quad (K_1)$									
Yük yeri	- b	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	b
0	0,3619	0,9276	1,0028	1,9767	1,1146	1,0767	1,0028	0,9276	0,8609
b/4	0,6274	0,7487	0,8547	0,9642	1,0767	1,1357	1,1603	1,1293	1,0937
b/2	0,5616	0,6326	0,7308	0,8547	1,0028	1,1603	1,2911	1,3544	1,3876
3 b/4	0,4638	0,5340	0,6326	0,7617	0,9276	1,1293	1,3544	1,5704	1,7409
b	0,3755	0,4538	0,5516	0,6834	0,8609	1,0937	1,3876	1,7409	2,2362

SONUÇ YORUMU

Guyon-Masonnet yöntemi ana kirişlerin ve enleme kirişlerin eğilme rijitliklerini aynı zamanda burulma rijitliklerini göz önünde bulundurduğu için sonuçlar gerçek sonuçlar ile neredeyse örtüşmektedir. Courbon yönteminde ise enleme kirişlerin eğilme rijitlikleri sonsuz olarak kabul edildiğinden dolayı sağlıklı sonuç alabilmek için enlemelerin ciddi olarak büyük boyutlu olarak seçilmesi gerekir. Courbon yönteminin avantajı burulma rijitliklerinin dikkate alınmaması ve enleme eğilme rijitliğinin sonsuz kabul edilmesi sebebiyle yük dağılımını verebilmektedir. Çıkan sonuçların gerçek sonuçları yakalayabilmesi için birçok şartın dikkate alınması çözüm yöntemini zorlaştırmakta önceden hazırlanan abak ve tablolar zaruri hale gelmektedir.



KAYNAKLAR

- 1-Aktas, Z., and VanHorn, D.A. (1968). Bibliography on Load Distribution in Beam-Slab Highway Bridges, Fritz Engineering Laboratory Report No. 349.1, Fritz Engineering Laboratory Department of Civil Engineering, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania.
- 2-Celâsun, H. (1974). *Çelik Köprüler*, İstanbul: Çağlayan Kitabevi.
- 3-Celâsun, H. (?). Köprü Hesaplarında Modern Metodlar, İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye İnşaat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, Konu No: 4, Tebliğ No: 5, 1-24.
- 4-Prof. Dr. Naci Yücefer Guyon-Masonnet Yöntemi ve Genelleştirilmesi (1974) Teksir Baskı
- 5-Holowaty, J. (2015). Numerical Approach for the Live Load Distribution in Road Bridges. *Computer Technology and Application*, 6, 101-106.
- 6-Karayolları Genel Müdürlüğü (2013). Karayolu Teknik Şartnamesi 2013 (Yıl Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler. Ankara. URL: <http://www.tam Yol.com.tr/UserFiles/Content/KGM-Teknik-Sartnamesi-2013.pdf>, Son Erişim Tarihi: 29.04.2016.
- 7-Milli Eğitim Bakanlığı (2013). Raylı Sistemler Teknolojisi - Köprüler, Ankara, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/K%C3%B6pr%C3%BCler.pdf, Son Erişim Tarihi: 01.05.2016.
- 8-Pakdamar, F. (2016). DYB 670 Betonarme Köprülerin Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirmesi. Gebze Teknik Üniversitesi Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı, Güz - 2015/2016, http://anibal.gyte.edu.tr/hebe/AbIDrive/78671531/w/Storage/129_2010_2_670_78671531/Downloads/02-week-dyb670-presentation.pdf?, Son Erişim Tarihi: 01.05.2016.
- 9-Reese, R.T. (1966). Load Distribution in Highway Bridge Floors: A Summary and Examination of Existing Methods of Analysis and Design and Corresponding Test Results, A Thesis Presented to the Department of Civil Engineering Science Brigham Young University, in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science.
- 10-Shreedhar, R., and Mamadapur, S. (2012). Analysis of T-beam Bridge Using Finite Element Method. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, Vol.2, Iss.3, September, 340-346.
- 11-İnternet: Bilgi, B., Çelik Köprüler - İmalı ve Montajı, <http://www.insaatbolumu.com/insaat-bolumu-dersleri/celik-kopruler-imali-ve-montaji/>, Son Erişim Tarihi: 02.05.2016.
- 12-İnternet: Mekanik Özellikler, Sertlik (a) (2011-12), [http://web.itu.edu.tr/~dikicioglu/WEBMAL201/Mal201MekanikOzelliklerSurunme\(4\).pdf](http://web.itu.edu.tr/~dikicioglu/WEBMAL201/Mal201MekanikOzelliklerSurunme(4).pdf), Son Erişim Tarihi: 02.05.2016.

13-İnternet: T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (2007). Demiryolları Eki Köprü Tasarım Esasları. URL: http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/DLH/tr/DOKUMANLAR/20100416_100225_10288_1_10315.pdf, Son Erişim Tarihi: 13.04.2016.

14-İnternet: Seshu Adluri (2016). Structural Steel Design Composite Beams. URL: <http://www.engr.mun.ca/~adluri/courses/steel/ppt%20files1/Topic%20-Composite%20beams.pdf>, Son Erişim Tarihi: 01.05.2016).



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Gölen Mustafa Safa
 Uyruğu : TC
 Doğum tarihi ve yeri : 19.03.1988 Kayseri
 Medeni hali : Evli
 Telefon : +90 533 418 44 22
 Faks :
 e-mail : m.safagln@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi- İnşaat Mühendisliği	2012
Lise	Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2013	Kaplanlar Mühendislik	Saha Mühendisi
2013-2015	Tema İstanbul	Saha Mühendisi
2015-	Giza Yapı	Şantiye Şefi

Yabancı Dil

İngilizce (İyi Düzey)

Hobiler

Kitap Okumak, Yüzmek



ĞELİŐİM ĞELİŐMEKTİR...