

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

85035

**KÖPRÜLÜ VİNÇLERDE KİRİŞ KESİTLERİNİN
OPTİMUM TASARIMI**

Mak. Yük. Müh. Serpil KARAKUŞ

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

**Tez Savunma Tarihi : 10.09.1999
Tez Danışmanı : Prof. Mustafa ALIŞVERİŞÇİ (YTÜ)
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mustafa GEDİKTAŞ (İTÜ)
: Prof. İbrahim UZMAN (KOÜ)**

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İSTANBUL, 1999

KISALTMA LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. ÇİFT KİRİŞLİ KÖPRÜLÜ VİNÇLERİN YAPISAL ANALİZİ	5
3.1 Genel Tanım.....	5
3.2 Çift Kirişte İlk Boyutlama.....	5
3.3 Kaynaklı I kesitin Atalet ve Mukavemet Momentleri.....	6
3.4 Kutu Kirişlerde Atalet ve Mukavemet Momentleri	7
3.5 Kutu Kesitli Kirişin Birim Boy Ağırlığı	10
3.6 Sabit Yüklerin Sebep Olduğu Düşey Eğilme Momentlerinin İncelenmesi	11
3.6.1 Kirişin kendi ağırlığından meydana gelen maksimum gerilme	11
3.7. Hareketli Yüklerin Sebep Olduğu Düşey Eğilme Momentinin İncelenmesi	12
3.7.1 Araba ağırlığından meydana gelen maksimum gerilme.....	14
3.7.2 Kaldırma yükünden meydana gelen maksimum gerilme	15
3.8 Vinç Kirişindeki Yatay Gerilmeler	15
3.8.1 Yatay atalet kuvvetlerinden ileri gelen gerilme	16
3.8.2 Araba yürüyüşünden ileri gelen gerilme	18
3.9 H – Hali İçin Vinç Kirişindeki Normal Gerilmeler	19
3.10 Vinç Kirişlerinde Kayma Gerilmesi.....	19
3.10.1 Tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen burulmalı kayma gerilmesi	20
3.10.2 Tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen kesmeli kayma gerilmesi	22
3.10.3 Vinç kirişindeki maksimum kayma gerilmesi.....	23
3.11 Bileşik Gerilme	23
3.12 Statik ve Dinamik Kontroller	23
3.13 Vinç Kirişindeki Çentik Gribu	26
3.14 Kiriş Levhalarında Yüzey Flambajı (Buruşma).....	27
3.14.1 Yan levhaların buruşmaya karşı kontrolü	27
3.14.2 Yan levhaların buruşmaya karşı emniyet katsayısı	30
3.14.3 Üst başlık levhasının buruşmaya karşı kontrolü	31
3.15 Sehim (Düşey Yer Değiştirme).....	33
3.16 Titreşim Analizi ve Mohrsche Metodu	35

4.	BÜYÜK MEKANİK SİSTEMLERİN TASARIMINDA KULLANILAN BİR OPTİMİZASYON YÖNTEMİ (PRATİK DİZAYN OPTİMİZASYONU)40	
4.1	Optimum Dizayn İçin Problemin Formülasyonu.....	42
4.1.1	Amaç fonksiyonunun belirlenmesi	42
4.1.2	Dizayn değişkenlerinin belirlenmesi.....	43
4.1.3	Kısıtların Belirlenmesi	43
4.2	Pratik Dizayn Optimizasyonu Yönteminin Probleme Uygulanışı	46
5.	BİLGİSAYAR PROGRAMI	47
6.	SAYISAL UYGULAMALAR	51
6.1	Standart Kutu Kiriş Listesinin Hazırlanması	51
6.2	Sayısal Örnek I.....	53
6.3	Sayısal Örnek II	80
6.4	Kiriş Uzunluğu, Kaldırma Yüğü ve Araba Ağırlığının Değiştirilmesinin Kiriş Ağırlığı Üzerindeki Etkileri	95
6.4.1	Sayısal Uygulama	96
6.4.2	Sayısal Uygulama	101
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	110
	KAYNAKLAR	113
	EKLER.....	116
Ek 1	Vinç Yükleme Grubu Tablosu.....	117
Ek 2	Bilgisayar Programı.....	118
Ek 3	Bilgisayar Programı.....	127
	ÖZGEÇMİŞ	129

KISALTMA LİSTESİ

BS	British Standards
CAD	Computer Aided Design
CMMA	Crane Manufacturers Association of America
DIN	Deutsche Industrie Normen (Alman Standartları Enstitüsü)
FEM	Fédération Européenne de la Mauntenion (Avrupa Federasyonu Vinçler için Hesaplama Kuralları)
JIS	Japanese Industrial Standard



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1	Köprülü vinç	5
Şekil 3.2	Kaynaklı I profili.....	6
Şekil 3.3	Kutu kiriş kesiti.....	8
Şekil 3.4	Kutu kiriş ve perde takviyesi	10
Şekil 3.5	Yayıllı yükün oluşturduğu eğilme momenti	11
Şekil 3.6	Hareketli yüklerden meydana gelen eğilme momentleri	14
Şekil 3.7	Tekerlek yüklerinin ve tekerlek aralıklarının eşit olması durumunda maksimum eğilme momenti.....	15
Şekil 3.8	L/r oranına bağlı λ katsayısı	17
Şekil 3.9	Atalet momentinin kirişteki dağılımı	17
Şekil 3.10	Araba yürüyüşünün sebep olduğu momentin kirişteki dağılımı	19
Şekil 3.11	Burulma Momenti etkisi altındaki kiriş kesiti.....	21
Şekil 3.12	Bredt'in ortalama alan tanımı	22
Şekil 3.13	Kiriş üzerindeki kesme kuvvetleri	23
Şekil 3.14	Kesme kesiti A_k	23
Şekil 3.15	Kiriş raylarının altındaki kaynak bağlantısı ve çentik grubu	27
Şekil 3.16	Kiriş yan levhasındaki gerilmeler	28
Şekil 3.17	Kiriş üst başlık levhasındaki gerilmeler.....	32
Şekil 3.18	Yayıllı yükten oluşan maksimum sehim.....	34
Şekil 3.19	Hareketli noktasal yükten oluşan maksimum sehim.....	35
Şekil 3.20	Sistemin denge konumundan statik sapması.....	36
Şekil 3.21	Sistemde P yükünün sebep olduğu statik eğilme.....	37
Şekil 5.1	Bilgisayar programı akış şeması	49
Şekil 5.2	Bilgisayar programı akış şeması	50
Şekil 6.1	h/b oranına bağlı olarak birim boy ağırlığının değişimi	73
Şekil 6.2	h/b oranına bağlı olarak bileşik gerilme değerleri	73
Şekil 6.3	h/b oranına bağlı olarak sehim miktarının değişimi	74
Şekil 6.4	h/b oranına bağlı olarak yan levhalar için ideal flambaj gerilmeleri	74
Şekil 6.5	h/b oranına bağlı olarak x eksenine göre atalet momentinin değişimi.....	75
Şekil 6.6	h/b oranına bağlı olarak y eksenine göre atalet momentinin değişimi.....	75
Şekil 6.7	h/b oranına bağlı olarak titreşim frekansının değişimi	76
Şekil 6.8	Perde aralıklarına bağlı olarak yan ve üst levhaların ideal flambaj gerilmeleri	76
Şekil 6.9	Çentik etkisindeki malzemenin sürekli dinamik emniyetli çekme gerilmesi	77
Şekil 6.10	h/b oranına bağlı olarak birim boy ağırlığının değişimi	90
Şekil 6.11	h/b oranına bağlı olarak bileşik gerilme değerlerinin incelenmesi	90
Şekil 6.12	h/b oranına bağlı olarak sehim miktarının değişimi	91
Şekil 6.13	h/b oranına bağlı olarak yan levhalar için ideal flambaj gerilmeleri	91
Şekil 6.14	h/b oranına bağlı olarak x eksenine göre atalet momentinin değişimi.....	92
Şekil 6.15	h/b oranına bağlı olarak y eksenine göre atalet momentinin değişimi.....	92
Şekil 6.16	h/b oranına bağlı olarak titreşim frekansının değişimi	93
Şekil 6.17	K01-K12 arası standart kutu kirişler için optimum bileşik gerilme değerlerini veren OG eğrisi.....	100
Şekil 6.18	Standart kutu kirişler için çeşitli kaldırma yükleri ve çeşitli kiriş uzunluklarında bütün kısıt değerlerini sağlayan eğriler	107

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	Vinç kirişi sehim oranı katsayısı.....	6
Çizelge 3.2	Lama raylar	6
Çizelge 3.3	Öz ağırlık katsayısı	18
Çizelge 3.4	M yüklenme grubu katsayısı.....	19
Çizelge 3.5	Kaldırma hızına bağlı titreşim katsayısı ψ	19
Çizelge 3.6	Statik gerilmeler için malzemenin emniyetli mukavemet değeri	24
Çizelge 3.7	Çentik etkisindeki malzemenin $\chi = -1$ için sürekli dinamik işletme gerilmesi	24
Çizelge 3.8	χ ile bağlantılı malzemenin üst mukavemet değeri	25
Çizelge 3.9	Buruşma katsayısı k değerleri.....	29
Çizelge 3.10	İdeal flambaj gerilmeleri için gerçek flambaj gerilmeleri	30
Çizelge 3.11	Önerilen vinç yükleme grubu ve kaldırma sınıfına göre kf sehim oranı katsayıları.....	33
Çizelge 6.1	Standart kutu kirişlerin geometrik boyutları.....	51
Çizelge 6.2	Standart kutu kirişler için çeşitli kaldırma yükleri ve çeşitli kiriş uzunluklarında bileşik gerilme değerlerinin incelenmesi	96
Çizelge 6.3	Standart kutu kirişler için çeşitli kaldırma yükleri ve çeşitli kiriş uzunluklarında bileşik gerilme sehim ve flambaj değerlerinin incelenmesi.....	101

TEŞEKKÜR

Bana bu çalışma konusunu veren ve bu çalıŐmanın meydana gelmesinde büyük emeği geçen Sayın Hocam Prof. Mustafa ALIŐVERIŐŐI'ye sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ayrıca ArŐ.Gör. Sinan KONURALP'e, yeğenim Fatih SARI'ya ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Serpil KARAKUŞ



ÖZET

Elektrikle çalışan köprülü vinçlerin minimum köprü kiriş ağırlıklarının optimum dizaynı için bir bilgisayar programı hazırlanmıştır (Qbx, ver. 7.0).

Kaynaklanmış kutu tipi kirişler basit mesnetlenmiş kiriş gibi modellenmiştir. Gerilmeler ve yer değiştirmeler arabanın kirişteki en kötü pozisyonunda, bütün yükler hareket ederken ki en kritik durumunda elde edilmiştir.

Vinç köprü kirişlerinin dizaynı problemi, eşitsizlik sınırlamalarıyla bir minimum ağırlık problemi olarak formüle edilmiştir. Amaç fonksiyonunun minimizasyonu, kiriş ağırlığının minimizasyonu olarak alınmıştır. Gerilmeler, sehim, flambaj, titreşim frekansı ve boyutlar, standartlarca belirlenen emniyetli değerleri aşmayacak şekilde sınırlandırılmışlardır.

Meydana gelen nonlinear programlama problemi, büyük mekanik sistemlerin tasarımında kullanılan pratik dizayn optimizasyonu yöntemi kullanılarak çözülmüştür.

Bilgisayar programına dizayn değişkenleri girişi, standart levha boyutlarının kombinasyonları ile hazırlanmış bir listeden sıra ile yapılmış ve uygun bir çözüm bulununcaya kadar işlem tekrarlanmıştır. Sadece bu listelere de bağlı kalınmamış, kesit oranları değiştirilerek yeni dizayn değişkenleri elde edilmiştir.

Ayrıca, standart kutu kirişler için çeşitli kaldırma yükü ve çeşitli köprü açıklıklarında gerilme, sehim ve flambaj değerleri incelenmiştir. Minimum gerilmeyi veren kaldırma yükü ve köprü açıklığı elde edilmiştir.

Sayısal örnekler, yaklaşımların etkilerini gösteren grafikler ile verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Köprülü vinçler, kiriş, köprü, optimum tasarım

ABSTRACT

A computer program was prepared (Qbx, ver. 7.0) for the optimum design problem for minimum bridge girder weights of overhead travelling cranes powered by electricity. The welded box-type girders were modelled as a simply supported beam. Stresses and displacements were obtained while the trolley with all the loads on it were moving on the girder in its worst position.

A design of crane bridge girders was formulated with inequality constraints as a minimum weight problem. The minimisation of objective function was taken as the minimisation of the girder weight. The stresses, displacement, buckling and sizes were restricted, in such way that will not exceed in safe values defined by the standards.

The non-linear programming problem, thus obtained, was solved by means of the practical design optimisation method which is used in designing huge mechanical systems.

Input of design variables into the computer program was carried out respectively from a list which was prepared with standard plate combinations and the operation was repeated until feasible solutions were found. Not only that lists were used but also new design variables were obtained by changing the section ratios.

In addition, stress, displacement and buckling values were studied for standard box-type girders at different hoisting load and different span.

Hoisting load and span were obtained which give minimum stress.

The numerical examples were given with illustrations which show the effectiveness of this approach.

Key Words : Overhead travelling cranes, girder, bridge, optimum design.

1. GİRİŞ

Köprülü vinçler bir çok üretim alanında ağır ve büyük hacimli malzemelerin taşındığı temel araçlardır. Üç yönde hareket ederler ve yükü hareket ettirirler. Bunlar kaldırma- indirme hareketi, araba sağ-sol hareketi ve vinç ileri-geri hareketidir. Köprülü vinçler içerisinde elektrik tahrikli olanları çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Köprü kirişleri hareketlidirler, ağır yüklemeleri ve uzun köprü açıklıklarını karşılarlar. Ana kirişler yük taşıyan yapılar olduğundan dolayı, bunların güvenli ve ekonomik dizaynı için çok dikkatli bir çalışma yapılmalıdır. Bir çok kiriş kesiti içerisinde (kafes kiriş, profil kiriş, kutu kiriş ve boru kiriş gibi) kutu kirişlerin bir çok avantajları vardır. Yüksek burulma dayanımları azaltılmış toplam ağırlıkları, imalat sırasında iş gücünden tasarrufu diğer kiriş tiplerine göre dış görünüşünün iyi olması avantajlarından sadece bir kısmıdır.

Çift kirişli kutu kesitli köprülü vincin bütün formülasyonları kutu kesitin geometrik ölçülerine (B, b, H, h, t_1, t_2) bağlı olarak yazılmıştır ve bu değerler, dizayn değişkenleri veya tasarım parametreleri olarak adlandırılmıştır. Dizayn değişkenleri kesit alanı, birim boy ağırlığı ve kirişin toplam ağırlığını direkt olarak etkilerler. Bu değişkenler, standart levha boyutlarına göre hazırlanmış tablolardan alınabildiği gibi, kesit oranlarının belirli limitler içerisinde değiştirilmesi ile de elde edilebilirler.

Bir vince ait dizayn verileri (kaldırma yükü, köprü açıklığı, araba ağırlığı ... vs.) verildiği zaman, bilgisayar programı kutu kirişe ait statik, dinamik, mukavemet ve titreşim hesaplarını DIN 15018, DIN 4114 ve FEM kurallarına uygun olarak yapar. Bilgisayar programına gerilme, sehim, flambaj ve titreşim frekansı değerlerinin ve geometrik ölçülerin, standartlarca belirlenen emniyetli değerleri sağlayıp sağlamadığını kontrol eden kısıtlamalar konulmuştur. Bu kısıtlamaların tümünü sağlayan en düşük ağırlık, optimum ağırlık olarak kabul edilmiştir. Optimum ağırlık, amaç fonksiyonu olarak adlandırılmıştır.

Köprülü vinç kirişlerinin optimum tasarımında kesikli değerler alan dizayn değişkenleri, doğrusal olmayan amaç ve kısıt fonksiyonları ile karşılaşılmaktadır. Dizayn verilerinin çokluğu da göz önüne alındığında standart optimizasyon yöntemlerinin uygulanması çok zordur. Çünkü optimizasyon metotlarının matematiği, anlamsız ya da fizik kurallarını ihlal eden durumlara sebep olabilir. Böyle bir durumda tasarımcı matematiksel modeli doğru

oluşturabilmek için sezgiyi ve tecrübeyi kullanmalıdır. Böyle durumlarda büyük mekanik sistemlerin tasarımımda tercih edilen pratik dizayn optimizasyonu metodunu uygulamak daha doğru olacaktır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Avrupa'nın en büyük vinç üreticisi Finlandiya'nın Kone firması [4] vinçler için bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Bilgisayar programının detayları yayınlanmamıştır. Ancak yeni bir vinç üretilirken bilgisayara veri girişi ve emniyetli çalışma şartları gibi konularda gerekli bilgiler vermişlerdir. Her türlü kaldırma yükü ve köprü açıklığı için ağırlık ve fiyat bakımından en uygun tasarımı daha kısa zamanda üretmeyi hedeflemişlerdir.

Alışverişi M. ve Arf D. [2] Vinç kutu kirişlerinin boyutlandırılması ve mukavemet kontrollerini DIN 15018, DIN 4114 ve FEM yayınlarına uygun olarak yapabilen bir hesaplama yöntemi geliştirmişlerdir.

Çalışkan M. [11] Kutu kesitli kren kirişlerinin bilgisayarla optimizasyonu konusunda bir çalışma yapmış ve dört ayrı boylamasına takviye durumu için kiriş kesitlerini incelemiştir.

Rao S.S. [28] Elektrikli gezer köprülü krenler için kutu tipindeki köprü kirişlerinin dizayn problemini, eşitsizlik sınırlamaları ile bir minimum ağırlık problemi olarak formüle etmiştir. Dizayn problemindeki sınırlamaları, hem maksimum eğilmeler ve gerilmeler, hem de kaza eseri çarpışmalar sonucu amortisör kapasitesi gibi kısıtları da içine alacak şekilde tespit etmiştir. Meydana gelen nonlineer programlama problemini içten penaltı fonksiyonu metodunu kullanarak çözmüştür. Optimizasyonun etkilerini gösteren nümerik örnekler ve grafikler vermiştir.

Cho S.W. ve Kwak B.M. [10] Elektrik tahrikli kren kirişlerinin minimum ağırlıkları için optimum bir dizayn sunmuşlardır. Kaynaklanmış kutu tipi kirişleri, basit mesnetlenmiş kiriş gibi modellemişlerdir. Gerilmeler, yer değiştirmeler, flambaj ve ölçülerdeki kısıtlamaları içeren bir algoritmayı (steepest descent algoritması) matematiksel programlama için adapte etmişlerdir. CMAA, DIN, BS ve JIS standartlarına uygun kiriş dizaynı yapabilen bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Dizayna etki eden parametrelere göre optimum dizaynın hassasiyetini her bir standart için incelemişlerdir.

Kos M. [21] Gezer tavan vinçleri için standart kutu kirişi optimizasyonunda atalet momentlerinin ve ağırlıkların Shell diyagramları için kaideler geliştirmiştir. Levha kalınlık

ve genişliklerinin farklı oranları ile hazırlanmış diyagramlar kullanmıştır. Kren tasarımı analizlerini çift logoritmik ağırlarda kapasite ve kiriş uzunluğunun belirlenmesi ile ilgili olarak kutu kirişin ağırlık eğrileri düz bir hat üzerinde bazılarını sabit karakteristikleri ile bazılarını da basitleştirilmiş ince ayrıntılarla yapmıştır.

Kos M. [22] diğer bir çalışmasında kutu kesitli çift kirişli bir köprülü vincin ağırlık ve boyutlarına etki eden faktörleri, vincin kapasitesine, kiriş açıklığına, işleme sınıfına ve tekerlek aralıklarına bağlı olarak hesaplayan bir metot geliştirilmiştir.

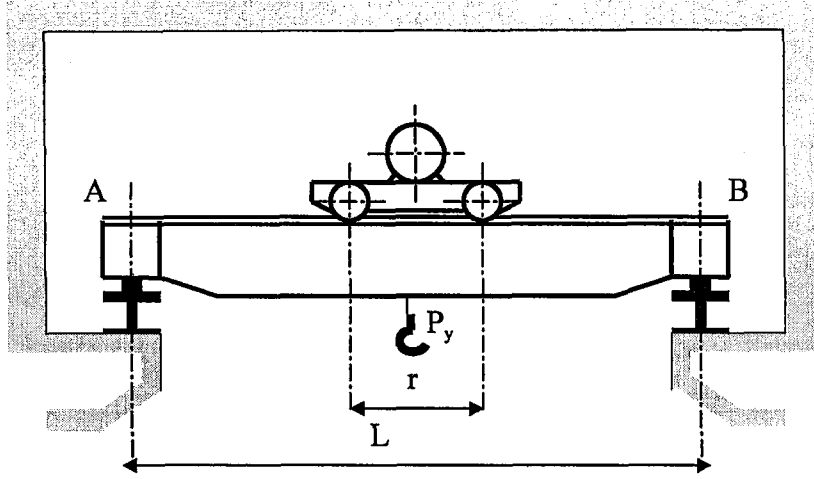
Köprülü vinçlerin dinamiği ile ilgili çalışmalarda ise Kamakar R. ve Mukherjee A. [19], bir Bond Graf yaklaşımı geliştirmişlerdir. Vinç işleyişinin dinamik davranışlarının, vincin ekonomik dizaynını etkilediği düşüncesinden yola çıkarak bir Bond Graf simülasyonu ortaya çıkarmışlardır. Yükün kaldırılması, frenleme süresince yükün indirilmesi ve araba hareketlerini üç kritik vinç operasyonu olarak seçmişlerdir. Metod, bir çeşit grafiksel düğüm noktaları metodudur.

Al - Garni A.Z., Moustafa K.A.F. [1] köprülü vinçlerin optimal kontrolü ile ilgili bir araştırma yapmışlardır. Köprü hareketi, araba hareketi ve kaldırma - indirme hareketlerini aynı anda yapan bir köprülü vincin nonlinear bir dinamik modelini sunmuşlardır. Eğik gidişi ve varış süresini minimum yapan, durumlar ve kontroller için belirlenmiş sınır şartları ve fonksiyonel sınırlamalar yardımıyla nümerik sonuçlar elde edilmiş ve nonlinear feedback formunda kontrol çalışması yapmışlardır. Sonuçlar, köprülü vincin sadece taşıma süresince değil aynı zamanda varış süresinde de kontrol şemasının kullanılabilceğini ve yükün eğik gidişini minimum yapan, mümkün olabilen en kısa zamanda arzu edilen bir pozisyona taşınabileceğini göstermişlerdir. Metodun iyi işlediğini gösteren kontrollerin, amaç fonksiyonlarının ve durumların bir kaç nümerik sonucunu vermişlerdir.

Moustafa Kamal A.F. ve Ebeid A. [26] köprülü vinçlerde yükün eğik gidişinin kontrolü ve nonlinear modellemesi isimli bir çalışma hazırlamışlardır. Modelde krenin ve arabanın eş zamanlı hareketlerini incelemişlerdir. Amaç bir cismin belirlenmiş bir transport hattı boyunca taşınması sırasında sallanma açılarının mümkün olduğunca çabuk bastırılmasıdır. Halatın sallanma açılarını arzu edilen oranda azaltan bir kazanç matrisi oluşturmuşlar, bu model ve kontrol şemasını bir bilgisayarda simüle etmişlerdir.

3. ÇİFT KİRİŞLİ KÖPRÜLÜ VİNÇLERİN YAPISAL ANALİZİ

3.1 Genel Tanım



Şekil 3.1 Köprülü vinç.

Vinç kirişi genellikle üzerinde kaldırma ve yürütme tahriki bulunan arabayı taşıyan kirişlerdir. Kaldırma yükü ve diğer yükler araba tekerlekleri yolu ile vinç kirişine etki ederler. Hesapların yapılabilmesi vinç kirişinin basit mesnetli bir kirişe indirgenmesi ile sağlanır.

3.2 Çift Kirişte İlk Boyutlama

Vinç kirişi hesaplarında ilk defa boyutlanması için gerekli olan eğilme atalet momentinin bulunması gereklidir. Şekil 3.1 deki boyutlara göre ilk atalet momentini aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$I_{x0} = kf \frac{P_y(L-r)}{4 \cdot 10^6 \cdot L} [3L^2 - (L-r)^2] \quad (3.1)$$

Çizelge 3.1 Vinç kirişi sehim oranı katsayısı (kf).

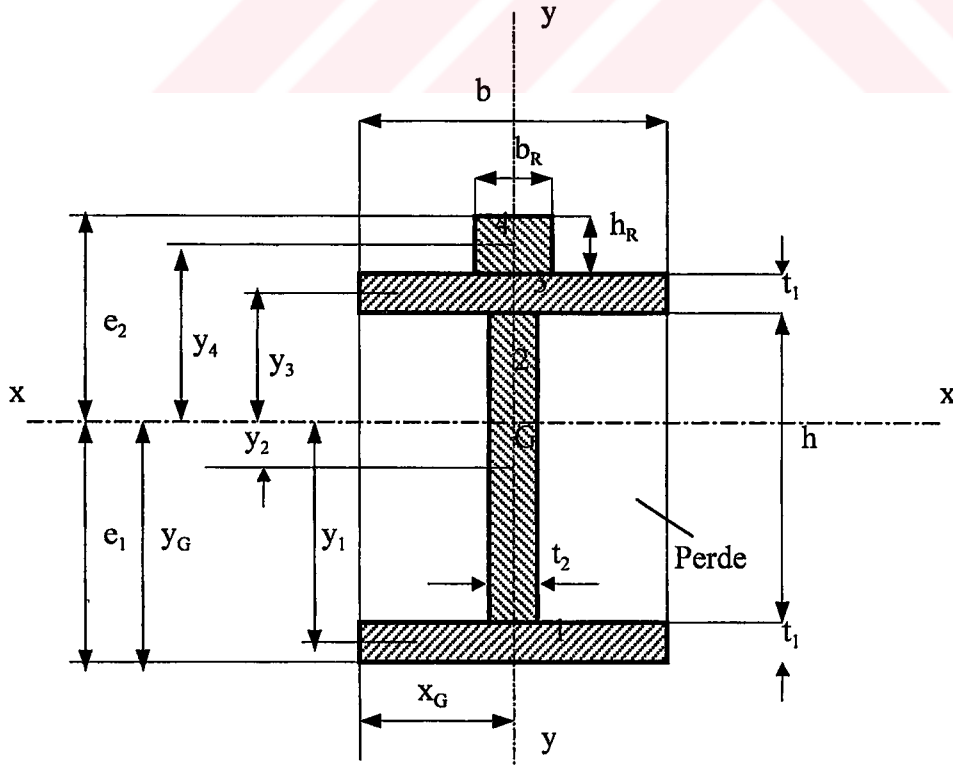
Vinç tahrik şekli	kf
El ile tahrik edilen vinçler	≤ 800
Elektrikle ve el ile tahrik edilen vinçler	800 - 1000
Elektrikle tahrik edilen, tahrik grubu II m'e kadar	1000 - 1200
Elektrikle tahrik edilen, tahrik grubu II m'den büyük	1200 - 1500

3.3. Kaynaklı I Kesitli Kirişin Atalet ve Mukavemet Momentleri

I profillerine ait standart değerler kataloglarda mevcuttur. Profilin üzerine araba yürüyüşü için raylar konulur. Özel vinç rayları DIN 536 da etraflıca verilmiştir. Lamadan yapılan basit rayların değeri Çizelge 3.2 den alınır.

Çizelge 3.2 Lama raylar

$b_R \times h_R$	30 x 30	40 x 30	40 x 40	50 x 25	50 x 30
q_R (kg/m)	7.06	9.42	12.56	9.81	11.80
$b_R \times h_R$	50 x 40	50 x 50	60 x 30	60 x 40	70 x 50
q_R (kg/m)	15.70	19.50	14.10	18.80	27.50



Şekil 3.2. Kaynaklı I profili.

Levhaların alanları

$$A_1 = A_3 = b \cdot t_1 \quad A_2 = h \cdot t_2 \quad A_4 = b_R \cdot h_R \quad (3.2)$$

Atalet momentleri Steiner teoremine göre bulunur.

$$I_x = \sum_{i=1}^4 (I_{x_i} + y_i^2 A_i) \quad (3.3)$$

$$I_y = \sum_{i=1}^4 (I_{y_i} + x_i^2 A_i) \quad (i = \text{Parça sayısıdır.}) \quad (3.4)$$

Mukavemet momentleri

$$W_x = \frac{I_x}{e_{\max}} \quad \text{ve} \quad w_y = \frac{I_y}{x_G} \quad (3.5)$$

3.4 Kutu Kirişlerde Atalet ve Mukavemet Momentleri

Levhaların alanları

$$A_1 = A_4 = B \times t_1 \quad (3.6)$$

$$A_2 = A_3 = h \times t_2 \quad (3.7)$$

$$A_5 = A_R = b_R \times h_R \quad (3.8)$$

Ağırlık merkezinin y eksenine uzaklığı

$$X_G = \frac{B}{2} - \frac{A_R \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{t_2}{2} - \frac{3B}{2}\right)}{2A_1 + 2A_2 + A_R} \quad (3.9)$$

Ağırlık merkezinin X eksenine uzaklığı

$$y_G = \frac{H}{2} + \frac{\left(\frac{A_R}{2}\right) \cdot (H + h_R)}{2A_1 + 2A_2 + A_R} \quad (3.10)$$

Ağırlık merkezi mesafelerinin x değerleri

$$\begin{aligned}
 x_1 &= (B / 2) - x_G \\
 x_2 &= x_G - (t_2 / 2 + b_1) \\
 x_3 &= b_1 + b + (3t_2 / 2) - x_G \\
 x_4 &= x_1 \\
 x_5 &= x_2
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

Ağırlık merkezi mesafelerinin y değerleri

$$\begin{aligned}
 y_1 &= y_G - (t_1 / 2) \\
 y_2 &= y_G - (h / 2 + t_1) \\
 y_3 &= y_2 \\
 y_4 &= H - (t_1 / 2) - y_G \\
 y_5 &= H + (h_R / 2) - y_G
 \end{aligned} \tag{3.12}$$

Ağırlık merkezi mesafesinin x eksenine olan maksimum y mesafesi

$$e_{\max} = y_1 + (t_1 / 2) \tag{3.13}$$

Ağırlık merkezinden y eksenine olan maksimum x mesafesi

$$u_{\max} = x_3 + (t_2 / 2) + b_1 \tag{3.14}$$

Sistemin ağırlık merkezi ve ağırlık merkezinden geçen eksen takımı bulunduğundan sonra, atalet momentleri Steiner teoremine göre hesaplanır.

x eksenine göre atalet momenti

$$I_x = 2 \left(\frac{B \cdot t_1^3}{12} + \frac{t_2 h^3}{12} \right) + \frac{1}{12} b_R \cdot h_R^3 + A_1 (y_1^2 + y_4^2) + 2A_2 y_2^2 + A_R y_5^2 \tag{3.15}$$

y eksenine göre atalet momenti

$$I_y = 2 \left(\frac{t_1 \cdot B^3}{12} + \frac{h \cdot t_2^3}{12} \right) + \frac{1}{12} h_R \cdot b_R^3 + 2A_1 x_4^2 + A_2 (x_2^2 + x_3^2) + A_R x_5^2 \tag{3.16}$$

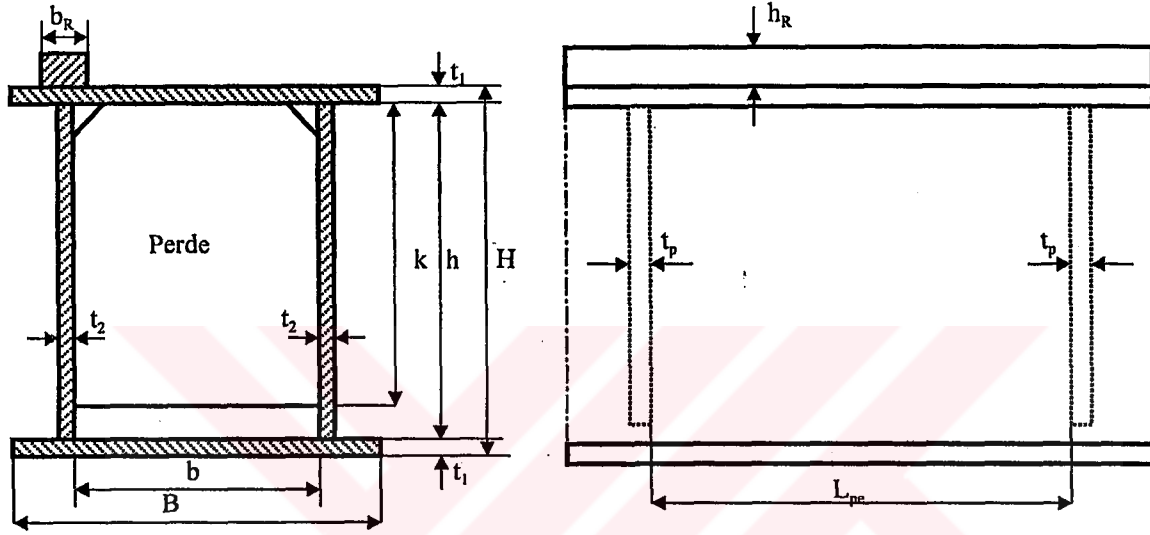
x eksenine göre mukavemet momenti

$$W_x = I_x / e_{\max} \quad (3.17)$$

y eksenine göre mukavemet momenti

$$W_y = I_y / u_{\max} \quad (3.18)$$

3.5 Kutu Kesitli Kirişin Birim Boy Ağırlığı



Şekil 3.4 Kutu kiriş ve perde takviyesi.

Genel formül

$$G = \rho \cdot A \cdot L \text{ (kg)} \quad (3.19)$$

Kirişin birim boy ağırlığı q_K

$$q_K = \rho \cdot (2t_2 \cdot h + 2t_1 \cdot B) \quad , \quad (L = 1\text{m}) \quad (3.20)$$

Rayın birim boy ağırlığı q_R

$$q_R = \rho \cdot (b_R \cdot h_R) \quad (3.21)$$

Perdenin birim boy ağırlığı q_P

$$q_P = \rho \cdot (b \cdot k) \cdot \frac{t_P}{2} \quad (3.22)$$

$t_p = 6\text{mm}$ perdenin kalınlığı, $L_{pe} = 2\text{ m}$ perdeler arası mesafe,
 $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6}\text{ kg / mm}^3$ malzemenin yoğunluğudur.

Kirişin toplam birim boy ağırlığı q (kg/m)

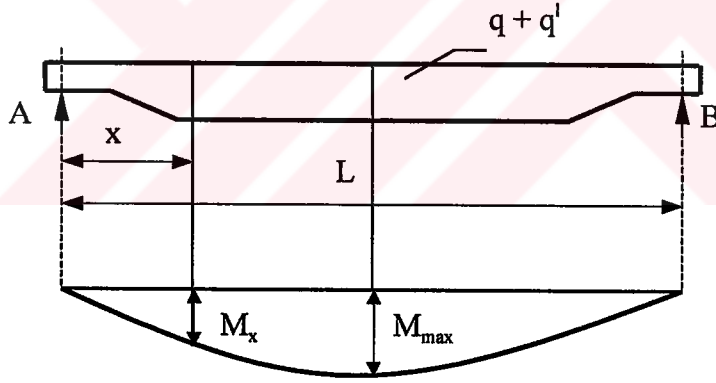
$$q = 1,2 (q_k + q_R + q_p) \quad (3.23)$$

1,2 emniyet artırmasıdır.

3.6. Sabit Yüklerin Sebep Olduğu Düşey Eğilme Momentlerinin İncelenmesi

3.6.1 Kirişin kendi ağırlığından meydana gelen maksimum gerilme σ_1

Vinç kirişinin kendi ağırlığından oluşan gerilme, uniform yayılı yükün oluşturduğu düşey kuvvetin etkisiyle meydana gelen eğilme momentinin oluşturduğu eğilme gerilmesidir. Mukavemet hesaplarında platformun geometrik ölçüleri dikkate alınmaz fakat belirli bir platform ağırlığı hesaplara dahil edilir.



Şekil 3.5 Yayılı yükün oluşturduğu eğilme momenti

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_x} \quad (M_1 = M_{\max}) \quad (3.24)$$

Kirişteki yayılı kuvvetten ileri gelen eğilme momenti

$$M_1 = \frac{F_A \cdot L}{8} \quad (3.25)$$

Kirişteki yayılı yük kuvveti

$$F_A = (q + q') g \cdot L \quad (3.26)$$

Eğilme momenti

$$M_1 = \frac{(q + q') g \cdot L^2}{8} \quad (3.27)$$

Vinç kirişinin öz ağırlığından oluşan gerilme

$$\sigma_1 = \frac{(q + q') g \cdot L^2}{8 \cdot W_x} \quad (\text{N} / \text{mm}^2) \quad (3.28)$$

Burada, g yer çekimi ivmesi ve q' platformun birim ağırlık kuvvetidir.

3.7 Hareketli Yüklerin Sebep Olduğu Düşey Eğilme Momentinin İncelenmesi

İşlemler ψ titreşim katsayısı ile çarpıldığından kaldırma hareketinin ivmesi burada hesaplara katılmayacaktır. Buna göre iki kiriş üzerindeki hareketli yükler, arabanın ağırlık kuvveti P_A ve kaldırma yükünün ağırlık kuvveti P_Y yükleridir. Bulunan bu yükler, Tekerlek basıncı olarak kiriş üzerine iletilecektir. Bu yüklerin dört tekerleğe dağıtılması ile bulunan tekerlek yükü, hareketli tekil kuvvet olarak işlem görecektir. Eğilme momentinin bulunabilmesi için arabanın yerinin bulunması gereklidir bunun için B mesnetindeki moment hesaplanır.

$$F_A \cdot L = R (L - x - r_1) \quad (3.29)$$

Buna göre, arabanın sol tekerleği sol mesnetten x kadar uzaklaştığı takdirde sol tekerlek altındaki eğilme momenti,

$$M_x = F_A \cdot x = \frac{R}{L} (L - x - r_1) \cdot x \quad (3.30)$$

olacaktır ve bu moment denklemi de bir parabolü gösterecektir. Momentin en büyük değeri, moment denkleminin türevini sıfır yapan x değeri için meydana gelecektir:

$$\frac{dM_x}{dx} = \frac{R}{L} (L - 2x - r_1) = 0 \quad (3.31)$$

olmalıdır. Bu denklemdaki R ve L sürekli sınırlı değerlerdir. Bu nedenle denklemin çözümü için

$$(L - 2x - r_1) = 0 \quad (3.32)$$

olması yeterlidir. Bu takdirde,

$$x = \frac{L}{2} - \frac{r_1}{2} \quad (3.33)$$

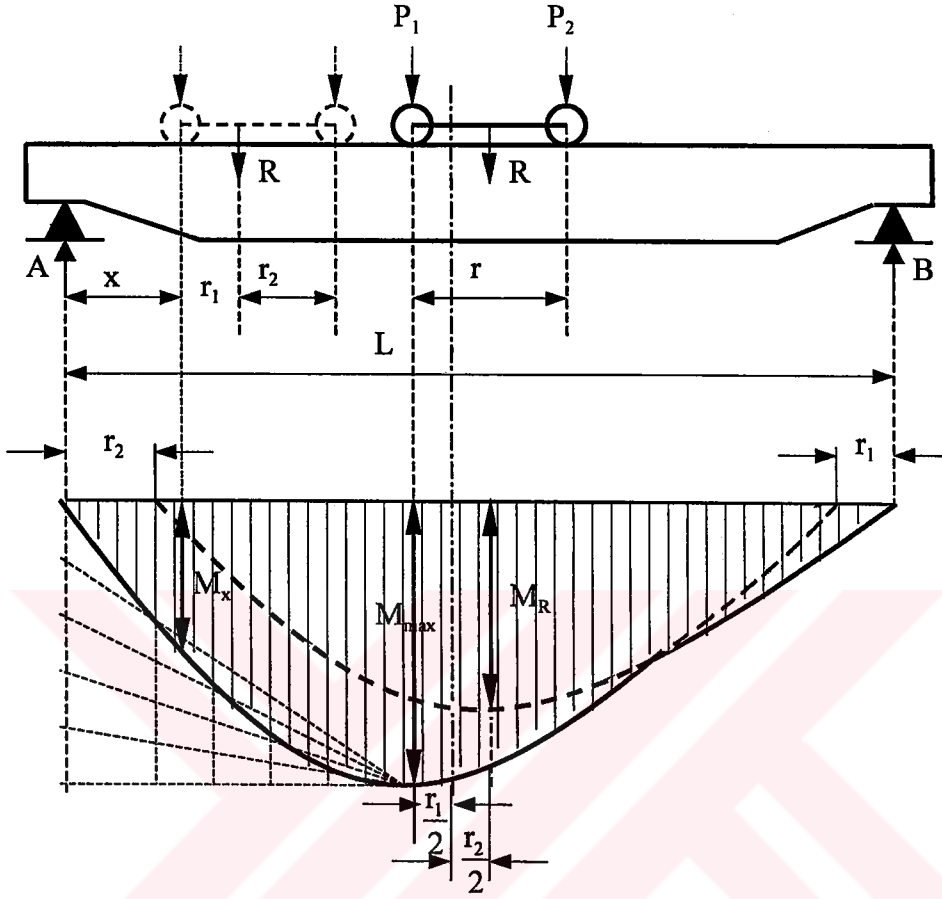
olmalıdır.

Arabanın konumunun değişmesi, moment değerlerini de değiştirecektir. Şekil 3.6 da en olumsuz konumda, buna denk olan eğilme momentinin büyüklüğü ve yeri görülmektedir.

Tekerlek yüklerinin değişik olması halinde aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$P_1 + P_2 = R \quad \text{ve} \quad r_1 + r_2 = r \quad (3.34)$$

Şekil 3.6 dan da görüleceği gibi , sol tekerlek yükünden meydana gelen en büyük moment, bu tekerleğin kirişin orta noktasından $\frac{r_1}{2}$ kadar sol tarafında bulunması halinde meydana gelecektir.Sağ tekerlek içinde benzer şekilde parabol karakterli bir moment diyagramı ortaya çıkacaktır.



Şekil 3.6 Hareketli yüklerden meydana gelen eğilme momentleri

Sol tekerlek için maksimum moment

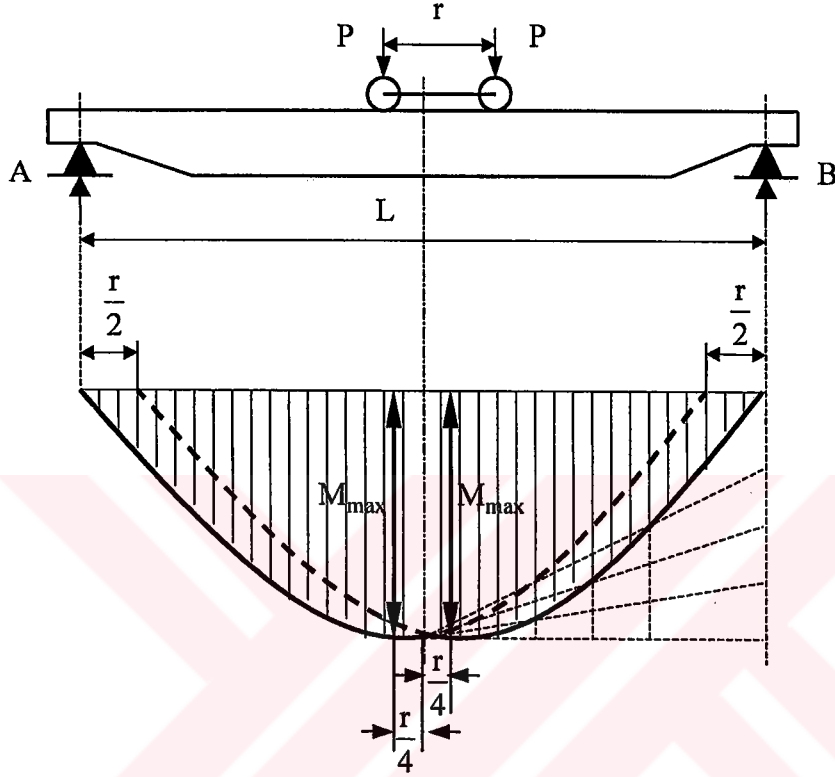
$$M_{\max} = \frac{R}{L} \left[L - \left(\frac{L}{2} - \frac{r_1}{2} \right) - r_1 \right] \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{r_1}{2} \right) \quad , \quad M_{\max} = \frac{R}{4L} (L - r_1)^2 \quad (3.35)$$

Benzer tarzda sağ tekerlek için maksimum moment

$$M_R = \frac{R}{4L} (L - r_2)^2 \quad (3.36)$$

Tekerlek yüklerinin ve tekerlek aralıklarının eşit olması durumunda maksimum momentin değeri

$$P_1 = P_2 = P = \frac{R}{2} \quad , \quad P_1 + P_2 = 2P = R \quad , \quad r_1 = r_2 = \frac{r}{2} \quad (3.37)$$



Şekil 3.7 Tekerlek yüklerinin ve tekerlek aralıklarının eşit olması durumunda maksimum eğilme momenti.

$$M_{\max} = \frac{R}{4L} \left(L - \frac{r}{2}\right)^2 = \frac{P}{2L} \left(L - \frac{r}{2}\right)^2 \quad (3.38)$$

3.7.1 Araba ağırlığından meydana gelen maksimum gerilme σ_2

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_x} \quad , \quad (M_2 = M_{\max}) \quad (3.39)$$

$$P = \frac{P_A}{4} \quad (3.40)$$

$$M_2 = \frac{P_A}{32 \cdot L} (2L - r)^2 \quad (3.41)$$

$$\sigma_2 = \frac{P_A}{32 \cdot L \cdot W_x} (2L - r)^2 \quad (\text{N} / \text{mm}^2) \quad (3.42)$$

3.7.2 Kaldırma yükünden meydana gelen maksimum gerilme σ_3

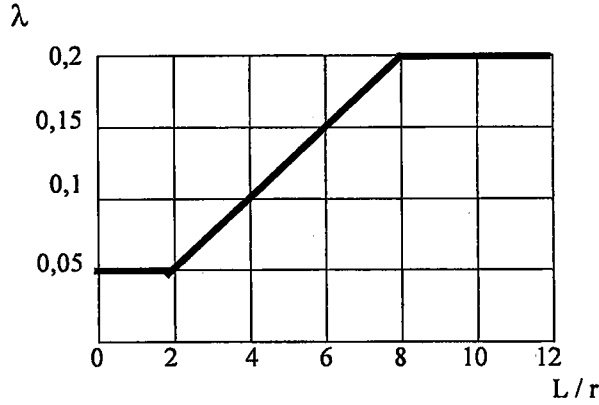
$$\sigma_3 = \frac{P_y}{32 \cdot L \cdot W_x} (2L - r)^2 \quad (\text{N} / \text{mm}^2) \quad (3.43)$$

3.8 Vinç Kirişindeki Yatay Gerilmeler

Yatay kuvvetler kirişin ve rüzgar yüklerinin ivmelenmesi ya da frenlenmesi ile meydana gelen yatay atalet kuvvetleridir. Yatay kuvvetler düşey kuvvetlerin standartlarda verilen katsayılarla çarpımından elde edilir.

Yatay hareketlerden meydana gelen aşağıdaki yükler çözümlenmelidir.

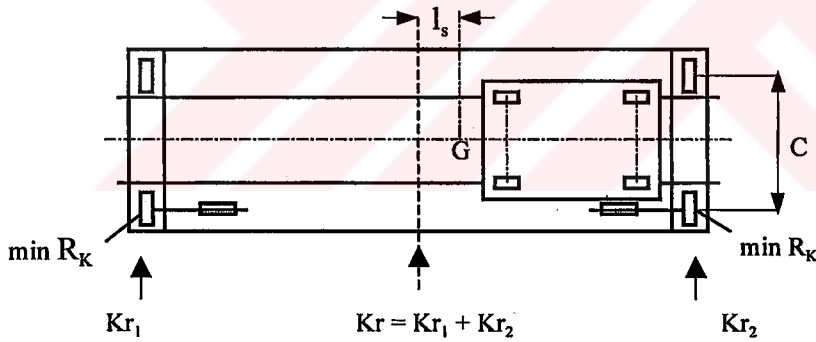
- Yürütme, döndürme ve sallanma hareketlerinin ivmesinden (veya ataletinden) doğan ve büyüklükleri ivmeye (veya atalete) bağlı olarak hesaplanabilen atalet etkileri incelenmelidir.
- Köprü yürümesi ve araba yürümesi sırasında, çevrilen tekerleklerin çevresinden hareket yönüne etki yapan yatay kuvvetler hesaba katılmalıdır.
- Şayet iki vinç tekerleği (veya iki dengeleme tekerlekleri) ray üzerinde hareket ediyorsa, ray doğrultusuna dik ve sisteme yatay olarak etki eden bir kuvvet çiftinin momenti hesaplara katılmalıdır. Bu momenti meydana getiren kuvvetler, tekerleklerin yüklenmelerinin mesnetler arası mesafe L'nin, tekerlekler arası mesafe r'ye oranına bağlı olarak bir λ katsayısı ile çarpılması suretiyle elde edilirler. λ katsayısı L/r oranının 2 ila 8 değerleri için Şekil 2.6'da gösterildiği gibi 0,05 ve 0,2 arasında değişmektedir.



Şekil 3.8 L/r oranına bağlı λ katsayısı

3.8.1 Yatay atalet kuvvetlerinden ileri gelen gerilme σ_4

Vinç kirişi ve arabanın kütesinin meydana getirdiği atalet kuvvetlerinden oluşan gerilme DIN 15018'e göre ivme veya frenlemeden doğan kütle kuvvetlerinin sonucu yatay tekerlek kuvveti olarak şu şekilde hesaplanır (vinç tekerlekleri ayrı ayrı tahrik edildiği kabullenilirse).



Şekil 3.9 Atalet momentinin kirişteki dağılımı.

Vinç tekerleğindeki ivme ve frenlemeden ileri gelen hareket yönündeki yatay kuvvet K_r (sürtünme kuvveti) şu şekilde hesaplanır.

$$K_r = 1,5 \mu (2 \min R_k) \quad (3.44)$$

Burada 1,5 katsayısı bilinmeyen etkenleri göz önüne almak için seçilmiştir. Sürtünme katsayısı μ , ray ve vinç tekerlekleri arasındaki kuvvet bağıntısını kurar. Ray ve tekerlek

çelik olduğundan burada $\mu = 0,2$ alınır. Kritik durum arabanın kirişin tam ortasında olmasıdır. $\min R_K$, kaldırma yükü hariç, minimum tekerlek yüküdür. $K_{r1} = K_{r2}$ kabul edilirse yatay kuvvet K_r şu şekilde hesaplanır.

$$K_r = 1,5 \cdot 0,2 (2 \min R_K) = 0,6 \min R_K \quad (3.45)$$

Kiriş ve arabanın öz ağırlığının vinç tekerleklerindeki minimum dik kuvveti $\min R_K$ şu şekilde hesaplanır.

$$\min R_K = \frac{P_y}{2} + \frac{P_A}{4} = \frac{\varphi (q + q') \cdot g \cdot L}{2} + \frac{P_A}{4}$$

$$\min R_K = \frac{1}{2} \left[\varphi (q + q') \cdot g \cdot L + \frac{P_A}{2} \right] \quad (3.46)$$

$$K_r = 0,3 \cdot \frac{1}{2} \left[\varphi (q + q') \cdot g \cdot L + \frac{P_A}{2} \right] \quad (3.47)$$

$$K_{r1} = \frac{K_r}{2} \quad (3.48)$$

$$M_4 = \frac{L}{2} \cdot K_{r1} \quad (3.49)$$

$$M_4 = 0,3 \cdot \frac{L}{4} \left[\varphi (q + q') \cdot g \cdot L + \frac{P_A}{2} \right] \quad (3.50)$$

Atalet kuvvetlerinden ileri gelen gerilme

$$\sigma_4 = \frac{M_4}{W_y} \quad (3.51)$$

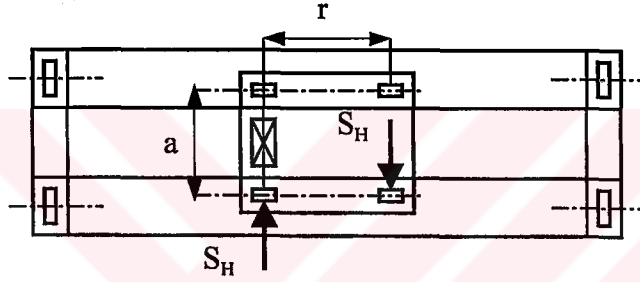
$$\sigma_4 = \frac{0,075 \cdot L}{W_y} \left[\varphi (q + q') \cdot g \cdot L + \frac{P_A}{2} \right] \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.52)$$

$\varphi = 1,1$ öz ağırlık katsayısı.

Çizelge 3.3 Öz ağırlık katsayısı.

Hareket hızı V_F m/dak olarak		Öz ağırlık katsayısı
Hareket yolu		
Ray darbeleri veya yol engebeleri (Caddelerde)	Ray darbesi olmaksızın, yani ray araları kaynatılmış ve işlenmiş	ϕ
$V_F \leq 60$	$V_F \leq 90$	1,1
$60 < V_F \leq 200$	$90 < V_F \leq 300$	1,2
$200 \geq V_F$	$300 \geq V_F$	$\geq 1,2$

3.8.2. Araba yürüyüşünden ileri gelen gerilme σ_5



Şekil 3.10 Araba yürüyüşünün sebep olduğu momentin kirişteki dağılımı.

Vinç kirişinde arabanın çarpık yürüyüşünden ileri gelen yatay kuvvetin (S_H) doğurduğu eğilme momentinden ileri gelen gerilme hesabı FEM'e göre yapılırsa

$$\sigma_5 = \frac{M_5}{W_y} \quad (3.53)$$

Araba yürüyüşünün sebep olduğu yatay kuvvetten ileri gelen moment

$$M_5 = S_H \cdot r \quad (3.54)$$

$$S_H = \frac{\lambda}{4} (P_A + P_y), \quad \Rightarrow \quad \lambda = 0,2 \text{ için} \quad (3.55)$$

$$S_H = 0,05 (P_A + P_y) \quad (3.56)$$

$$M_5 = 0,05 \cdot r (P_A + P_y) \quad (3.57)$$

$$\sigma_5 = \frac{0,05 \cdot r (P_A + P_y)}{W_y} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.58)$$

3.9 H - Hali İçin Vinç Kirişindeki Normal Gerilmeler σ_{\max} ve σ_{\min}

$$\sigma_{\max} = M (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad (3.59)$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_1 + \sigma_2 \quad (3.60)$$

sınır gerilmeler oranı, χ

$$\chi = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (3.61)$$

Çizelge 3.4 M Yüklenme gurubu katsayısı

	Yüklenme Grubu					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
M – Katsayısı	1	1	1	1,06	1,12	1,2

Çizelge 3.5 ψ Kaldırma hızına bağlı titreşim katsayısı

Kaldırma Sınıfı	Kaldırma yükü katsayısı ψ	
	Kaldırma hızı V_H m/dak olarak	
	90 m/dak kadar	90 m/dak büyük
H1	$1,1 + 0,0022 \cdot V_H$	1,3
H2	$1,2 + 0,0044 \cdot V_H$	1,6
H3	$1,3 + 0,0066 \cdot V_H$	1,9
H4	$1,4 + 0,0088 \cdot V_H$	2,1

3.10 Vinç Kirişlerinde Kayma Gerilmesi τ

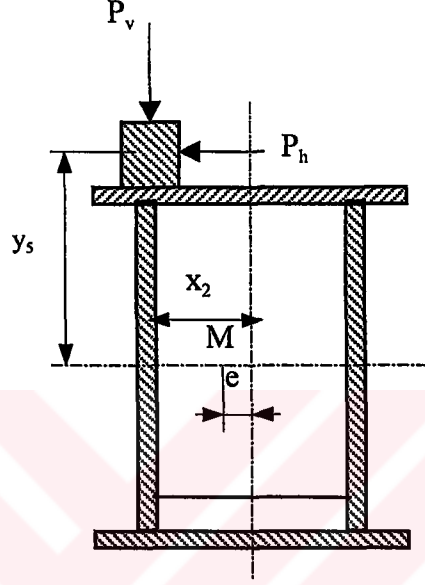
Vinç kirişindeki toplam kayma gerilmesi, iki ayrı tipteki kayma gerilmesinin süperpozisyonundan oluşur.

$$\tau_{top} = \tau_b + \tau_k \quad (3.62)$$

τ_b burulmalı kayma gerilmesi

τ_k kesmeli kayma gerilmesi

3.10.1. Tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen burulmalı kayma gerilmesi τ_b



Şekil 3.11. Burulma momenti etkisi altındaki kiriş kesiti.

Sadece hareketli yükler (araba ağırlığı ve kaldırma yükü) tarafından etkilendirilen burulma momenti düşünülmüştür. Çünkü yayılı yükün oluşturduğu kuvvet kirişin merkezine doğru yok olur. Düşey kuvvetlerin (P_v) etkilendirdiği burulma momenti

$$M_v = P_v \cdot (x_2 - e) \quad (3.63)$$

Yatay kuvvetlerin (P_h) etkilendirdiği burulma momenti

$$M_h = P_h \cdot y_s \quad (3.64)$$

M noktasını burulma merkezi olarak kabul edersek, araba tekerleklerindeki diğ ve yatay kuvvetlerden ileri gelen burulma momenti şu şekilde belirlenir.

$$M_b = (x_2 - e) \cdot P_v + y_s \cdot P_h \quad (3.65)$$

Hesaplarda daha fazla emin olmak için $e=0$ alınır.

Her bir kirişe gelen düşey kuvvet

$$P_v = \frac{P_A + P_y}{2} \quad (3.66)$$

$P_h = 0,2 P_v$ alınabilir. (FEM'e göre)

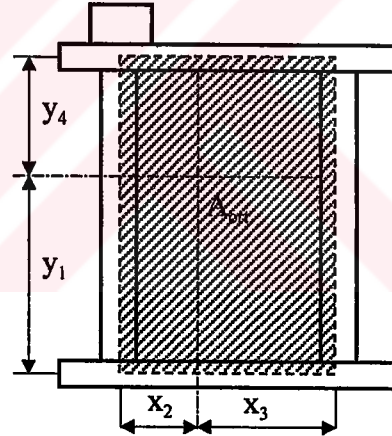
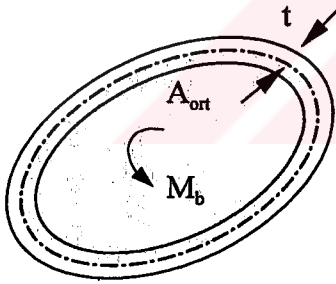
Böylece burulma momenti

$$M_b = X_2 \cdot P_v + 0,2 \cdot P_v \cdot y_5 = P_v (X_2 + 0,2 \cdot y_5)$$

$$M_b = \left(\frac{P_A + P_y}{2} \right) \cdot (X_2 + 0,2 \cdot y_5) \quad (3.67)$$

olarak hesaplanır.

Burulma mukavemet momenti W_t



Şekil 3.12 Bredt'in ortalama alan tanımı.

$$W_t = 2 \cdot A_{ort} \cdot t \quad (3.68)$$

Burada A_{ort} kiriş kesitinin ortalama alanıdır, t ise levhanın kalınlığıdır. Burulma mukavemet momenti W_t Bredt'e göre ince cidarlı içi boş bir kesitte şu şekilde yaklaşık olarak hesaplanabilir. A_{ort} , kalınlığı kaplayan eğrinin içinde kalan alan olmak üzere, t kalınlığı değişkendir. Formülden de görüleceği gibi maksimum kayma gerilmesi kalınlığın en az olduğu noktada meydana gelir.

Burulmalı kayma gerilmesi τ_b Bredt formülüne göre alınmıştır.

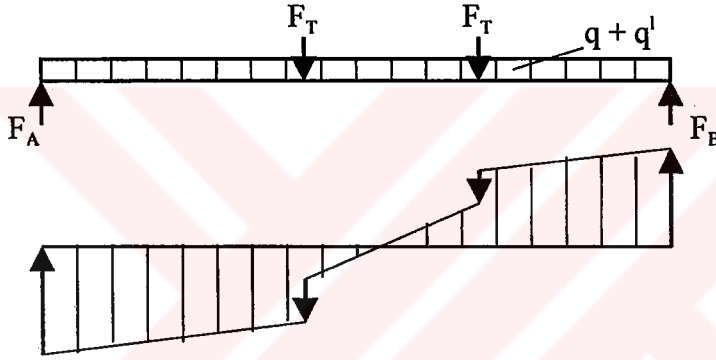
$$\tau_b = \frac{M_b}{2 \cdot A_{ort} \cdot t_{min}} \quad (3.69)$$

$$A_{ort} = (y_1 + y_4) (x_2 + x_3) \quad (3.70)$$

Böylece tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen burulma gerilmesi τ_b şu şekilde hesaplanır.

$$\tau_b = \frac{(MP_A + \psi P_y) (x_2 + 0,2 \cdot y_5)}{4 \cdot t_2 (y_1 + y_4) (x_2 + x_3)} \quad (3.71)$$

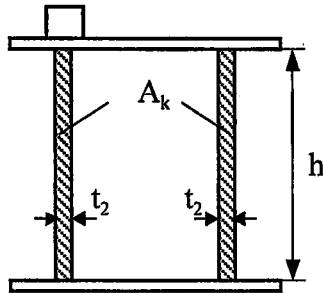
3.10.2 Tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen kesmeli kayma gerilmesi τ_k



Şekil 3.13. Kiriş üzerindeki kesme kuvvetleri.

Kesme gerilmesi yükü, arabanın kendi ağırlığı, kaldırma yükünün ağırlığı ve kirişin kendi ağırlık kuvvetlerinden meydana gelir. Bu gerilme, kesme kuvvetinin kirişin kesmeye karşı koyan alanına bölünmesi ile hesaplanır.

$$\tau_k = \frac{F_k}{A_k} \quad , \quad A_0 = t_2 \cdot h \quad , \quad A_k = 2A_0 \quad (3.72)$$



Şekil 3.14. Kesme kesiti A_k

Bir kirişteki maksimum kesme yükü F_{\max} şudur.

$$F_{\max} = \frac{\psi P_y}{2} + \frac{M P_A}{2} \quad (3.73)$$

Bir kirişteki kesilme etkisindeki alan A_k

$$A_k = 2 \cdot t_2 \cdot h_2 \quad (3.74)$$

Böylece kesmeli kayma gerilmesi τ_k şu şekilde hesaplanır

$$\tau_k = \frac{\psi P_y + M P_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2} \quad (3.75)$$

3.10.3. Vinç kirişindeki maksimum kayma gerilmesi τ_{\max}

$$\tau_{\max} = \frac{(M P_A + \psi P_y) (x_2 + 0,2 \cdot y_3)}{4 \cdot t_2 (y_1 + y_4) (x_2 + x_3)} + \frac{\psi P_y + M P_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2} \quad (\text{N} / \text{mm}^2) \quad (3.76)$$

3.11. Bileşik Gerilme σ_v

Eğilme gerilmeleri ve kayma gerilmeleri aynı anda etki ettiğinden dolayı bileşik gerilme durumu aşağıdaki eşdeğer gerilme formülü ile hesaplanır.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \tau_{\max}^2} \quad (\text{N} / \text{mm}^2) \quad (3.77)$$

3.12 Statik ve Dinamik Kontroller

Vinç kirişinde hesaplanan mukayese gerilmesi veya bileşik gerilme σ_v , birincisi statik kontrol ve ikincisi dinamik kontrol olmak üzere iki şekilde karşılaştırılıp karar verilir. Her ne kadar kontroller sürekli dinamik emniyetli mukayese gerilmesi değerine göre yapılacaksa da, mukayese gerilmesinin hiç bir zaman malzemenin statik emniyetli mukavemet değerini aşmaması gerekir.

Çizelge 3.6 Statik gerilmeler için malzemenin emniyetli mukavemet değeri.

Malzemenin cinsi	Yüklenme Hali	Em. Mukayese gerilmesi veya em. Çekme ger. $\sigma_{z\text{em}}$ N/mm ²	Emniyetli Basma Gerilmesi $\sigma_{d\text{em}}$ N/mm ²	Emniyetli kayma gerilmesi τ_{em} N/mm ²
St 37	H	160	140	92
	HZ	180	160	104
St 52	H	240	210	138
	HZ	270	240	156

Malzemenin sürekli dinamik emniyetli mukavemet değeri daha çok sınır değerler oranı χ ile çentik etkisine bağlıdır.

Statik yükleme de $\sigma_{\min} = \sigma_{\max}$ ve $\chi = +1$

Dalgalı dinamik yüklemede $\sigma_{\min} \geq 0$ ve $\sigma_{\max} > +1$ $0 \leq \chi \leq +1$ ($\sigma_{\min} = 0, \chi = 0$)

Tam değişken dinamik yüklemede $\sigma_{\min} < 0$ ve $\sigma_{\max} > 0$ $-1 \leq \chi \leq +1$

$\sigma_{\min} = \sigma_{\max}$ ve $\chi = -1$ (aynı mutlak değerde çekme ve basma gerilmesi)

Bu yükleme durumlarının en kritiği tam değişken yüklenme yani $\chi = -1$ olduğundan hesaplarda bu yüklenme durumunun etkisindeki çekme gerilmesi kullanılır.

Çizelge 3.7 Çentik etkisindeki malzemenin, $\chi = -1$ için sürekli dinamik işletme gerilmesi $\sigma_{D(-1)\text{em}}$ değerleri.

Malzemenin cinsi	St 37			St 52 - 3		
	$\sigma_B = 370$ N/mm ²			$\sigma_B = 520$ N/mm ²		
Kopma mukavemet Değeri						
Çentik grubu	K2	K3	K4	K2	K3	K4
Yükleme grubu	$\chi = -1$ için malzemenin emniyetli mukavemet değeri $\sigma_{D(-1)\text{em}}$ N / mm ²					
B1	180	180	152	270	254	152
B2	180	180	108	252	180	108
B3	178	127	76	178	127	76
B4	126	90	54	126	90	54
B5	89	63	38	89	63	38
B6	63	45	27	63	45	27

Çizelge 3.8 χ ile bağlantılı malzemenin üst mukavemet değeri.

Değişken bölge $-1 < x < 0$	Çekme	$\sigma_{Dz(x)em} = \frac{5}{3-2x} \cdot \sigma_{D(-1)em}$
	Basma	$\sigma_{Dd(x)em} = \frac{2}{1-x} \cdot \sigma_{D(-1)em}$
Dalgalı bölge $0 < x < +1$	Çekme	$\sigma_{Dz(x)em} = \frac{\sigma_{Dz(0)em}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{Dz(0)em}}{0,75 \cdot \sigma_B}\right) \cdot x}$
	Basma	$\sigma_{Dd(x)em} = \frac{\sigma_{Dd(0)em}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{Dd(0)em}}{0,90 \cdot \sigma_B}\right) \cdot x}$

Vinçlerde özellikle gezer köprülü vinçlerde $\chi < 0$ olamaz. Bu demektir ki χ negatif değerler alamaz. Bunun için yalnız dalgalı yüklenme yani sınır değerleri oranı $0 \leq \chi \leq +1$ için gerekli formüller DIN 15018 den alınmıştır.

Sürekli dinamik emniyetli çekme gerilmesi

$$\sigma_{Dz(\chi)em} = \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)em}}{1 - \left[1 - \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)em}}{0,75 \sigma_B}\right] \cdot \chi} \quad (3.78)$$

Sürekli dinamik emniyetli basma gerilmesi

$$\sigma_{Dd(\chi)em} = \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)em}}{1 - \left[1 - \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)em}}{0,90 \sigma_B}\right] \cdot \chi} \quad (3.79)$$

Böylelikle kirişteki çentik etkisi ve kirişteki dalgalı gerilme, sınır değerler oranı χ 'ya göre sürekli dinamik emniyet gerilmeleri belirlenmiş olur. Hesaplanan kirişteki maksimum gerilme σ_{max} dolayısıyla mukayese gerilmesi σ_v , emniyetli sürekli dinamik mukavemet değerinden küçük veya eşit olması gerekmektedir.

$$\sigma_v \leq \sigma_{Dz(\chi)em} \quad (3.80)$$

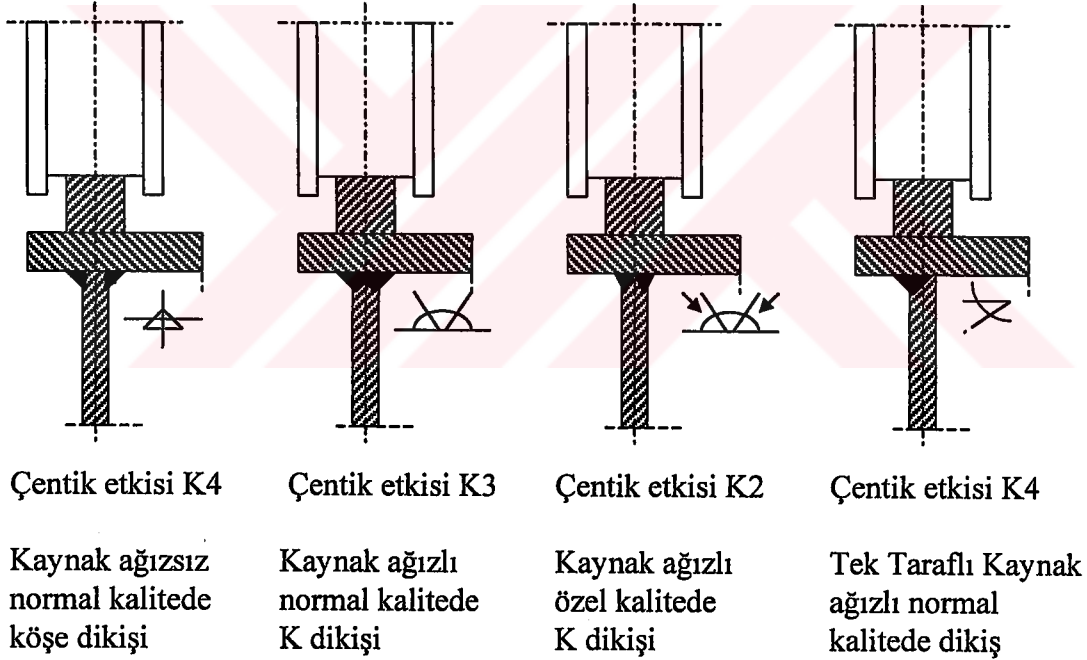
σ_{\max} dolayısıyla σ_v emniyetli statik sınır gerilmesini de aşmaması gerekir.

$$\sigma_v \leq \sigma_{Zem}$$

$$\frac{\sigma_{Zem}}{\sigma_v} \geq 1 \quad (3.81)$$

Vinç kirişlerinde kirişin üst kısmındaki basma gerilmesi ile kirişin alt kısmındaki çekme gerilmesi hemen hemen aynıdır. Fakat basma gerilmesi çekme gerilmesinden pratikte daha büyüktür. Buna rağmen gerilme mukayeseleri çekme değerleri ile yapılır. Çünkü uygulamada çatlamlar ve kopmaların çekme gerilmesinin olduğu taraftan başladığı görülmüştür.

3.13 Vinç Kirişindeki Çentik Grubu

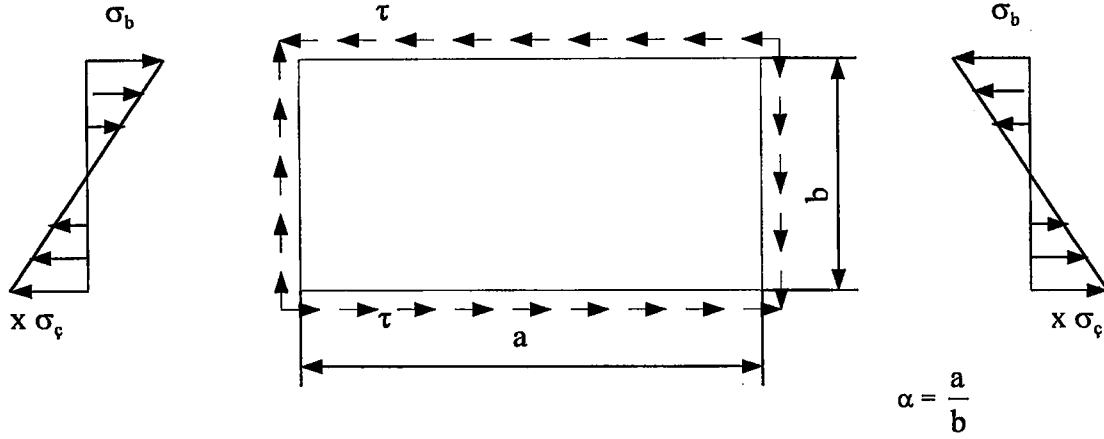


Şekil 3.15 Kiriş raylarının altındaki kaynak bağlantısı ve çentik grubu.

Yükleme grubu B4'den daha küçük ise çentik grubu K3 seçilebilir. Yüklem grubu B4 ve daha yüksek ise çentik grubunun K2 seçilmesi uygundur. K2 grubu hassas bir imalat gerektirir. K4 grubu ise kirişi ağırlaştırır. Çentik grubunun seçimi kirişin ağırlığına yani boyutlarına etki eder.

3.14 Kiriş Levhalarında Yüzey Flambajı (Buruşma)

3.14.1 Yan levhaların buruşmaya karşı kontrolü



Şekil 3.16. Kiriş yan levhasındaki gerilmeler.

Kiriş yan levhalarındaki buruşmaya sebep olan gerilmeler şekil 3.16 da görülmektedir. Kiriş levhalarının buruşma kontrolü hesapları DIN 4114 B1 ve DIN 18800 T3'e göre yapılır. Burada DIN 4114 B1 kullanılmıştır. Levhadaki flambaj normal gerilmesi, levhadaki Euler gerilmesinin buruşma katsayısı k ile çarpılması ile bulunur.

$$\sigma_{1Ki} = k_{\sigma} \sigma_{e1} \quad (3.82)$$

İdeal flambaj kayma gerilmesi levhadaki Euler gerilmesinin buruşma katsayısı k ile çarpılmasıyla bulunur.

$$\tau_{Ki} = k_{\tau} \sigma_{e1} \quad (3.83)$$

Levhadaki flambaj için geçerli gerilme Euler gerilmesidir. Euler gerilmesi formülü, malzemenin mekanik değerleri ve konstrüksiyonu yapılan parçanın boyutları ile şu şekilde formüle edilir.

$$\sigma_{e1} = \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{t_2}{h}\right)^2 = 189800 \left(\frac{t_2}{h}\right)^2 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.84)$$

Burada çeliğin elastiklik modülü $E = 210000 \text{ N/mm}^2$ ve poisson oranı katsayısı $\mu = 0,3$ olarak alınmıştır.

Vinç kirişi yan levhası için normal buruşma katsayısı k DIN 4114 den alınan Çizelge 3.9 da görülmektedir.

$$\chi = -1 \text{ için } k_e = 23,9$$

Aynı çizelgeden kayma buruşma katsayısı k

$$k_t = 5,34 + \frac{4,00}{\alpha^2}$$

olarak okunur.

$$\alpha = \frac{a}{b} = \frac{L_{pe}}{h} \quad (3.85)$$

Şekil 3.16'da a mesafesi perdeler arası mesafe L_{pe} 'ye karşılık gelir. b mesafesi ise yan levha yüksekliği h 'a karşılık gelir.

Yan levhadaki hakiki flambaj gerilmesini bulmak için önce levhadaki ideal flambaj gerilmesini hesaplamak gerekir.

DIN 4114 den ideal flambaj gerilmesi

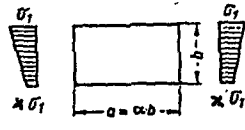
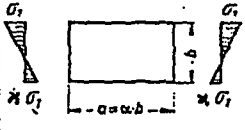
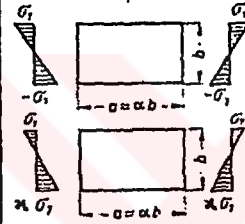
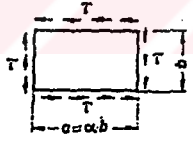
$$\sigma_{vki} = \frac{\sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \tau_{max}^2}}{\frac{1 + \chi}{4} \cdot \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{1ki}} + \sqrt{\left(\frac{3 - \chi}{4} \cdot \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{1ki}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max}}{\tau_{ki}}\right)^2}} \quad (3.86)$$

Genelde kayma gerilmesi $\tau = 0$ ve sınır değerler oranı $\chi = -1$ olarak alınırsa $\sigma_{vki} = \sigma_{1ki}$ olarak bulunur.

Normal gerilme $\sigma = 0$ ve sınır değerler oranı $\chi = -1$ alınırsa $\sigma_{vki} = \sqrt{3} \tau_{ki}$ olarak bulunur.

Vinç kirişinde kayma gerilmesi sıfır değildir. $\tau \neq 0$ ve sınır değerler oranı $\chi = -1$ olarak alınırsa, vinç kirişindeki ideal flambaj mukayese gerilmesi şu şekilde bulunur.

Çizelge 3.9 Buruşma katsayısı k değerleri.

1	2	3	4
Yükleme Durumu	Gerilme Katsayısı	Geçerlilik alanı	Katsayı
$0 \leq \chi \leq 1$ 	$\sigma_{IKi} = k \cdot \sigma_e$	$\alpha \geq 1$	$k = \frac{8,4}{\chi + 1,1}$
		$\alpha < 1$	$k = \left(\alpha + \frac{1}{\alpha} \right)^2 \cdot \frac{2,1}{\chi + 1,1}$
$-1 < \chi < 0$ 	$\sigma_{IKi} = k \cdot \sigma_e$		$k = (1 + \chi) \cdot k' \cdot \chi \cdot k'' + 10 \chi \cdot (1 + \chi)$ k' için $\chi = 0$ k'' için $\chi = -1$
Sınır gerilmesinde $\chi = -1$ veya aşırı yüklerde $\chi < -1$ 	$\sigma_{IKi} = k \cdot \sigma_e$	$\alpha \geq 2/3$	$k = 23,9$
		$\alpha < 2/3$	$k = 15,87 + \frac{1,87}{\alpha^2} + 8,6 \alpha^2$
Kayma gerilmeleri 	$\tau_{IKi} = k \cdot \sigma_e$	$\alpha \geq 1$	$k = 5,34 + \frac{4,00}{\alpha^2}$
		$\alpha < 1$	$k = 4,00 + \frac{5,34}{\alpha^2}$

$$\sigma_{VKi} = \frac{\sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3\tau_{\max}^2}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{IKi}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{Ki}}\right)^2}} \quad (3.87)$$

Buruşmaya karşı emniyet katsayısı v_B aşağıdaki formülle belirlenir.

$$v_B = \frac{\sigma_{VK}}{\sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3\tau_{\max}^2}} > 1,35 \dots 1,71 \quad (3.88)$$

σ_{VK} olarak tanımlanan gerçek flambaj gerilmesi, σ_{Vki} olarak tanımlanan ideal flambaj gerilmesinden biraz daha küçük olduğu Çizelge 3.10'da görülmektedir.

Çizelge 3.10 İdeal flambaj gerilmeleri için gerçek flambaj gerilmeleri

σ_{Vki} N/mm ²	σ_{VK} N/mm ²	
	St 37	St 52-3
< 157	σ_{Vki}	σ_{Vki}
192	192	σ_{Vki}
200	198	σ_{Vki}
210	204	σ_{Vki}
220	208	σ_{Vki}
230	211	σ_{Vki}
240	214	σ_{Vki}
250	216	σ_{Vki}
260	218	σ_{Vki}
270	219	σ_{Vki}
280	221	σ_{Vki}
288	221	288
290	222	290
300	223	297
320	225	308
340	227	315
360	228	320
380	229	325
400	230	328
420	231	331
440	232	334
460	232	336
480	233	338
500	233	339
550	234	343
600	235	345
650	235	347
700	236	348
800	237	351
1000	237	353
2000	239	357
∞	240	360

3.14.2 Levhalardaki buruşmaya karşı emniyet katsayısı

Buruşmaya veya alan flambajına karşı emniyet katsayısı v_B şu şekilde bulunur.

DIN 15018 e göre H yükleme hali için en az

$$v_B = 1,71 + 0,180 (\chi - 1) \quad (3.89)$$

olması gereklidir.

Vinç kirişlerinde $\tau \neq 0$ ve $\chi = -1$ olduğu için

$$\min v_B = 1,71 + 0,180 (-2) = 1,35 \quad (3.90)$$

diğer taraftan $\chi = +1$ değeri için

$$\max v_B = 1,71 + 0,180 (0) = 1,71 \quad (3.91)$$

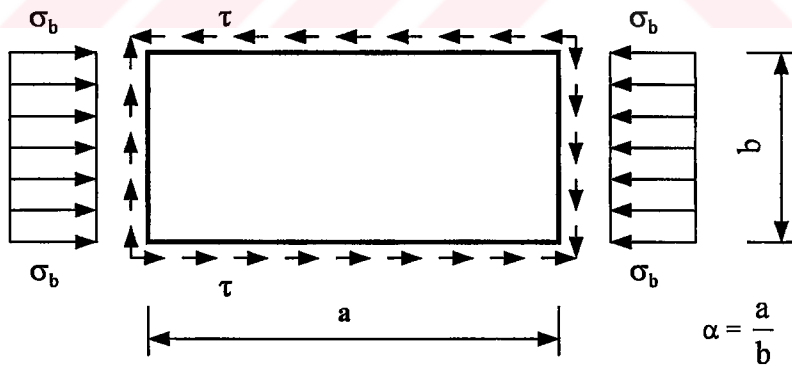
olarak bulunur. Böylece vinç kirişi flambaj gerilmesi kontrolünde gerekli olan flambaj gerilmesi emniyet katsayısı

$$v_B = 1,35 \dots 1,71 \quad (3.92)$$

olmalıdır.

3.14.3 Üst başlık levhasının buruşmaya karşı kontrolü

Üst başlık levhalarının kontrolü, yan levhaların buruşmaya karşı kontrolü gibi yapılır aradaki fark yan levhalar eğilme momenti etkisi altındadır. Alt başlık levhası çekme kuvveti etkisi altında, üst başlık levhası ise basma kuvveti etkisi altındadır. Bunun için yalnız üst başlık levhası kontrol edilir.



Şekil 3.17 Kiriş üst başlık levhasındaki gerilmeler.

Üst başlık levhası için normal buruşma katsayısı k Çizelge 3.9 dan $\alpha \geq 1$ olması halinde

$$k_\sigma = \frac{8,4}{1,1 + \chi} = 4 \quad (3.93)$$

kayma gerilmesi azaltma katsayısı k_τ

$$k_\tau = 5,34 + \frac{4}{\alpha^2} \quad (3.94)$$

burada

$$\alpha = \frac{a}{b} = \frac{L_{pe}}{bt} \quad (3.95)$$

kirişlerde belirli bir boy perde ara mesafesi olarak kabul edilir. Şekil 3.17'deki a mesafesi perdeler arası mesafe L_{pe} 'ye karşılık gelir. b mesafesi ise üst başlık levhasının belirli bir genişliğine bt 'ye karşılık gelir.

Şekil 3.3.'e göre $bt = B - 2 \cdot b_1$ dir.

üst başlık levhasındaki Euler gerilmesi

$$\sigma_{e2} = 189800 \left(\frac{t_1}{b} \right)^2 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.96)$$

İdeal flambaj kayma gerilmesi

$$\sigma_{1Ki} = k_\sigma \cdot \sigma_{e2} = 4 \cdot 189800 \left(\frac{t_1}{bt} \right)^2 \quad (3.97)$$

İdeal flambaj kayma gerilmesi $\alpha \geq 1$ için

$$\tau_{Ki} = k_\tau \cdot \sigma_{e2} \quad (3.98)$$

Üst başlık levhasındaki ideal flambaj gerilmesi $\chi = +1$ için

$$\sigma_{VPi} = \frac{\sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3\tau_{\max}^2}}{\frac{\sigma_{\max}}{2\sigma_{1Ki}} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{1Ki}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{Ki}} \right)^2}} \quad (3.99)$$

σ_{VPi} nin karşılığı gerçek flambaj gerilmesi σ_{VP} Çizelge 3.10 dan aynı yan levhaların buruşmasında olduğu gibi σ_{VKi} ye karşılık gelen σ_{VK} değeri olarak alınır.

3.15 Sehım (Düşey Yer Değiştirme)

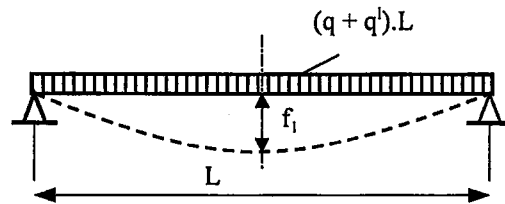
Ana Kirişteki büyük miktarlardaki düşey yer değiştirmeler, elektrik kontrol ünitelerinin ve hareket mekanizmalarının performansına etki eder, kirişte titreşimlere sebep olur ve yapının dengesini bozar. Bundan dolayı kirişin maksimum sehım miktarı kısıtlanmıştır.

Çizelge 3.11 Önerilen vinç yükleme grubu ve kaldırma sınıfına göre kf sehım oranı katsayıları

No	Vinç Tanımı	Kf- Katsayısı	Kal. Sınıfı	Yük Grb.
1	Elektrik santralı makine dairesi vinçi	1 000	H1	B2
2	Montaj vinçi, aralıklı seyrek çalışan	1 000	H1	B2
3	Montaj vinçi, devamlı çalışan	1 000	H2	B2
4	Depo vinçi, aralıklı çalışan	1 350	H2	B4
5	Depo vinçi, devamlı çalışan	1 500	H3	B5
6	Atölye vinçi aralıklı çalışan	1 350	H2	B3
7	Atölye vinçi devamlı çalışan	1 500	H3	B4
8	Döküm ve dökümhane vinçi, seyrek çalışan	1 500	H2	B5
9	Döküm ve dökümhane vinçi, devamlı çalışan	1 500	H3	B6

$f_{em} = L / kf$ müsaade edilen sehım miktarıdır.

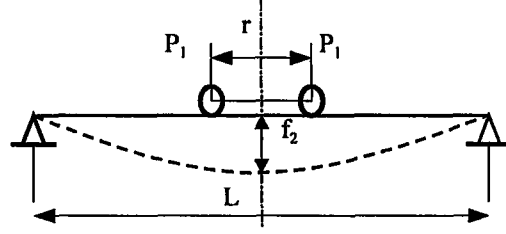
Kirişteki toplam sehım yayılı yükten ve hareketli yüklerden oluşan iki ayrı sehımın süper pozisyonuyla elde edilir.



Şekil 3. 18 Yayılı yükten oluşan maksimum sehım.

$$f_1 = \frac{5 P_d L^3}{384 E I_x} \quad (\text{mm}) \quad (3.100)$$

$$P_d = (q + q') g \cdot L \quad (\text{N}) \quad (3.101)$$



Şekil 3.19 Hareketli noktasal yükten oluşan maksimum sehim.

$$f_2 = \frac{P_1}{48 E I_x} (r^3 + 2 L^3 - 3 L r^2) \quad (\text{mm}) \quad (3.102)$$

$$P_1 = \frac{P_A + P_Y}{4} \quad (3.103)$$

tekerlek yüküdür.

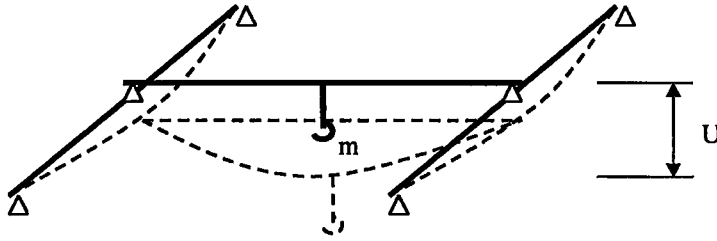
Toplam sehim

$$f = f_1 + f_2 \quad (3.104)$$

Çift kuvvet etkisi altındaki sehim formülleri elastik eğrinin diferansiyel denkleminde elde edilmişlerdir [27] ve [31].

3.16 Titreşim Analizi ve Mohrsche Metodu

Köprülü vinçlere uygulanabilen bu metodun matematik modeli [34] no'lu literatürden alınmıştır. Şekil 3.20'deki tek serbestlik dereceli sistemin m kütlesi ideal olarak sönümsüz serbest titreşim durumundadır. Bu şekilde m kütlesi titreşim içinde çalışabilmektedir. Taşıyıcı sistem yürürken ve dururken bu titreşimler aynıdır. Dolayısıyla kütle emniyetli olarak eğilmektedir.



Şekil 3.20 Sistemin denge konumundan statik sapması (U)

Serbest titreşimler ile ilgili büyüklükler öz değerler olarak bilinir.

$$W_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{s}^{-1}) \quad (3.105)$$

$$f_0 = \frac{W_0}{2\pi} = \frac{1}{T_0} \quad [\text{Hz}] \quad (3.106)$$

bu titreşimde W_0 'a açısal tabii frekans, f_0 'a tabii frekans T_0 zamanına da sistemin periyodu denir. Genel olarak her saniye için bir tam titreşim 1 Hertz (Hz) olarak bilinir. k (kN/cm) olarak yay sabiti, m (kg) olarak sistemin kütlesidir.

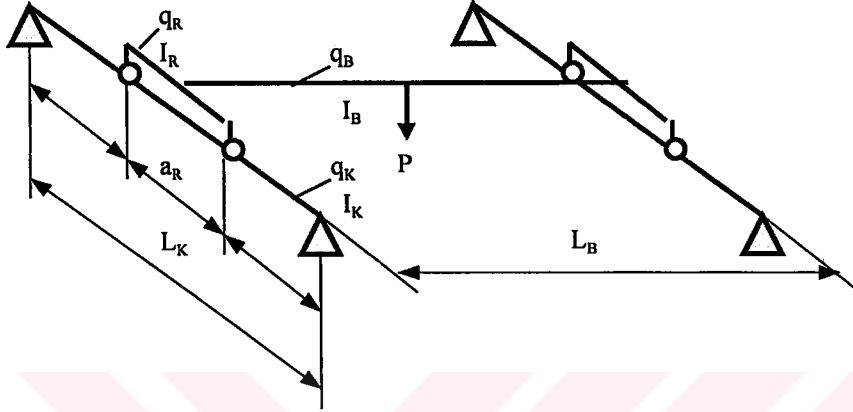
Sistemin m kütlesinin sebep olduğu titreşimlerin altında sistemin denge konumundan statik sapması U ile sembolize edilirse

$$U = \frac{G}{k} = \frac{m \cdot g}{k} \quad (3.107)$$

$$W_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{g}{U}} = \frac{31,25}{\sqrt{U}} \quad (3.108)$$

$$f_0 = \frac{W_0}{2\pi} = \frac{5}{\sqrt{U}} \quad (3.109)$$

denklemleri elde edilir. Burada U (cm) olarak alınmıştır



Şekil 3.21 Sistemde P yükünün sebep olduğu statik eğilme.

Geometrik temel katsayılar

$$\alpha = \frac{L_K - a_R}{2 L_K} ; \quad \varepsilon = 3\alpha - 4\alpha^3 \quad (3.110)$$

$$\frac{a_R}{L_B} = \alpha_1 ; \quad \frac{I_R}{I_B} = \beta_1 \quad (3.111)$$

$$\frac{L_K}{L_B} = \alpha_2 ; \quad \frac{I_K}{I_B} = \beta_2 \quad (3.112)$$

Yük sembolleri ve katsayıları

$$G_B = q_B L_B \quad [\text{kN}] \quad (3.113)$$

$$G_R = q_R a_R \quad [\text{kN}] \quad (3.114)$$

$$G_K = q_K L_K \quad [\text{kN}] \quad (3.115)$$

$$\frac{G_B}{2} + G_R = G_{B,R} \quad [\text{kN}] \quad (3.116)$$

$$\frac{G_K}{G_B} = \gamma_2 \quad ; \quad \frac{G_{B,R}}{G_B} = \gamma_1 \quad (3.117)$$

P yükünün sebep olduğu statik eğilme

$$U = U_G + U_P \quad (3.118)$$

U_G başlangıç şartlarına bağlı olduğu halde, U_P sadece zorlayan P kuvvetine bağlıdır. Ve onun verilmesiyle belli olur. Sönümlü olan titreşimlerde başlangıç şartlarına bağlı olan titreşim zamanla söner.

$$U_G = \frac{5 L_B^3 \cdot G_B}{384 EI_B} \cdot \partial g \quad ; \quad U_P = \frac{P L_B^3}{48 EI_B} \cdot \partial_P \quad (3.119)$$

$$\partial g = 1 + 2 \frac{\alpha_2^3}{\beta_2} \cdot \gamma_2 + 3,2 \frac{\alpha_2^3}{\beta_2} \cdot \epsilon \gamma_1 \quad (3.120)$$

$$\partial_P = 1 + \frac{\alpha_1^3}{\beta_1} + \frac{\alpha_2^3}{\beta_2} \cdot \epsilon \quad (3.121)$$

$$U = \frac{P L_B^3}{48 EI_B} \cdot \eta_1 \quad ; \quad \eta_1 = \frac{5}{8} \cdot \frac{G_B}{P} \partial g + \partial_P \quad (3.122)$$

Tabii frekans

$$f_0 \approx \frac{5}{\sqrt{U}} = \frac{5}{\sqrt{\frac{P L_B^3}{48 EI_B} \cdot \eta_1}} = 34,6 \sqrt{\frac{EI_B}{P L_B^3}} \quad [\text{Hz}] \quad (3.123)$$

olarak bulunur.

Örnek veriler :

Vinç Kirişi :

Bu kısımda bizim kirişimize ait değerler kullanılacaktır.

$$I_B = I_x$$

$$L_B = L$$

$$q_B = q$$

alınacaktır.

Baş Kiriş : □ 260 x 140

$$I_R = 4720 \text{ cm}^4$$

$$a_R = 2,5 \text{ m}$$

$$q_R = 42 \text{ kg / m}$$

Vinç Hattı : IPB 340

$$I_K = 36660 \text{ cm}^4$$

$$L_K = 6 \text{ m}$$

$$q_K = 134 \text{ kg / m}$$

değerleri kullanılacaktır.

P tekerlek yükü olarak alınacaktır.

4. BÜYÜK MEKANİK SİSTEMLERİN TASARIMINDA KULLANILAN BİR OPTİMİZASYON YÖNTEMİ (PRATİK DİZAYN OPTİMİZASYONU)

Tasarım için problemin formülasyonu, üzerinde çalışılacak sistem için hakiki modeli tanımlayacağından önemli bir adımdır. Optimizasyon metotlarının matematiği, anlamsız ya da fizik kurallarını ihlal eden durumlara sebep olabilir. Böyle durumlarda tasarımcı, matematiksel modeli doğru bir şekilde oluşturabilmek için sezgiyi, ustalığı ve tecrübeyi kullanmalıdır. Aşağıdaki noktalar, gerçek anlamda güvenilir bir dizayn prosedürü için matematiksel model oluşturulmasında yardımcı olacak prensipleri vermektedir [5].

1. Önce tasarım fikri hazır olmalı, sistemin detaylı bir tasarısı üzerinde konsantre olmalıyız. Başlangıçta mümkün olan tüm parametreler ya da bilinmeyenler, mümkün olduğu kadar birbirinden bağımsız potansiyel tasarım değişkenleri olarak alınmalıdır. Ayrıca bozulma kriterinin çeşitliliği ya da diğer teknolojik şartlar sistemin emniyetli performansı için kısıt olarak alınmalıdır. Gereksiz tasarım değişkenleri sabit tutulmalı veya elimine edilmelidir. Sonuç olarak yalnızca amaç ve kısıt fonksiyonları optimizasyon modelinde yer alabilirler.
2. Bir tasarım optimizasyon modeli için optimum çözümün olması onun formülasyonuna bağlıdır. Eğer kısıtlar olduğundan fazla sınırlı ise, problem için uygun olan herhangi bir çözüm bulunmayabilir. Böyle bir durumda eşitsizlik kısıtları için olabilecek daha geniş limitlere imkan verilerek sınırlar daha esnek alınabilir. Problem için global çözümün tek olması sorunu amaç ve kısıt fonksiyonlarının değişmez dışbükeyliğine (convexity) bağlıdır. Aslında pek çok mühendislik tasarım problemi dışbükey değildir. Böylece lokal çözümün global olabilirliği garanti edilemez. Genellikle bir çok lokal optimum çözüm vardır. Bu yine de istenmeyen bir durum değildir. Çünkü bu, tasarımcıya uygun olan birini seçme özgürlüğünü sunar.
3. Nümerik hesaplamalarda, uygun tasarımı eşitsizlik kısıtlarına bağlı bulmak, eşitlik kısıtlarına bağlı bulunmaktan daha kolaydır. Bu tabi ki problemin yapısına ve fonksiyonların nonlineer oluşuna bağlıdır. Eşitsizlikle ifade edilen bir kısıtın

tanımladığı uygun alan, eşitlikle ifade edilen aynı kısıtın tanımladığı uygun alandan daha büyüktür. Bir problemde, eşitlik kısıtlarının sayısı, tasarım değişkenleri sayısından çok olduğu takdirde bazı kısıtlar birbirine bağımlı değilse tek çözüm elde edilemez.

4. Bir dizi eşitlik veya eşitsizlik kısıtlarını sağlayan bir tek gerçek değer amaç fonksiyonu (objective function) ve standart nonlinear programlama modeli ile gösterilen mühendislik tasarım problemleri görüldüğü kadar sınırlayıcı değildir. Birden fazla amaç fonksiyonunun aynı anda optimum edilme problemi (multiobjective problem), farklı amaç fonksiyonlarını tek bir amaç fonksiyonu şeklinde birleştirmek için öncelik faktörleri atayarak standart problem şekline getirilebilir. Ya da en önemli kriter amaç fonksiyonu olarak ve geri kalanlar ise kısıtlar olarak alınabilir.
5. Eğer tasarım parametrelerinin birisi, diğerleri cinsinden ifade edilebilirse, bu değişken elenebilir. Ayrıca, eğer tasarımcı sistemde herhangi bir simetriyi ortaya çıkartabilirse, bu da tasarım parametrelerinin sayısının azaltılmasına yardımcı olur.
6. Bir çok yapısal, mekanik, otomotiv ve uzay sistemleri için potansiyel amaç fonksiyonu; bir sistemin ağırlığı, hacmi, kütlesi, bir noktadaki gerilmesi, çalışma verimi, güvenilirliği vs'dir. Kısıtlar ise ; gerilmelere, sehime, şekil değiştirmelere, titreşim frekanslarına, imalat limitlendirmelerine, geometrik boyutlara ve diğer performans kriterlerine koyulabilir.
7. Sürekli ve türevi alınabilir amaç ve kısıt fonksiyonlarını elde etmek önemlidir. Eğer bir fonksiyon sürekli ya da türevi alınabilir türden değilse, alışlagelmiş optimizasyon teorileri için uygun değildir. Belli durumlarda $|x|$ gibi türevi alınamayan bir fonksiyon yerine ; problemin tanımını fazla değiştirmeden x^2 gibi bir düzeltme fonksiyonu kullanmak mümkün olabilir.
8. Genelde, bağımlı kısıtları belirlemek ve bunları formülasyondan elemek zordur. Modern optimizasyon algoritmaları ve ilgili yazılımlar, birbirine bağımlı kısıtların doğurduğu

zorlukların üstesinden gelebilir. Ayrıca, bir değişkeni diğerleri cinsinden yazarak tasarım değişkenlerinin sayısını azaltmak için eşitlik kısıtları kullanılabilir. Bununla birlikte böyle bir yaklaşım yalnızca, kısıtlar için açık ifadelerin olduğu küçük çapta problemler için uygundur. Daha kompleks uygulamalarda, eşitlik kısıtları alınmalı ve optimizasyon algoritmasında işleme konulmalıdır.

9. Mühendislik tasarım problemlerinde, tasarım değişkenlerindeki alt ve üst limitler çoğu kez pratik limitleştirmelere tabi tutulabilir. Eğer tasarım değişkenlerinde alt limit yoksa büyük negatif bir sayı alt limit olarak alınabilir. Aynı şekilde problemin tanımında üst limit yoksa büyük pozitif bir sayı da üst limit olarak alınabilir.
10. Nonlineer programlama problemleri için, tasarım değişkenleri genellikle sürekli olarak farzedilir. Bununla birlikte pratikte kesikli ve tam sayı değişkenleri sık sık ortaya çıkar örneğin imalat limitlerinden dolayı, bir çok mühendislik problemleri için yapısal elemanlar ve yedek parçalar, yalnızca belli şekil ve boyutlarda bulunabilir. Bundan dolayı öncelikle optimum çözüm bulunur. Daha sonra optimum değerlere en yakın boyutlara sahip elemanları seçeriz.
11. Genelde tüm kısıtların limit değerlere göre normal duruma getirilmesi istenir.

4.1. Optimum Dizayn İçin Problemin Formülasyonu.

4. 1.1. Amaç fonksiyonunun belirlenmesi

Kirişin kesit alanı, ağırlığı, kütlesi, hacmi amaç fonksiyonu olarak alınabilir. Amaç fonksiyonunu malzemenin minimizasyonu şeklindedir. İmalat giderlerinin de amaç fonksiyonu olarak alınması uygundur. Fakat bunun değerlendirilmesi çok güçtür. Ve giriş ağırlığı ile hemen hemen lineer bir ilişkisi vardır. Giriş ağırlığı takviyelerin, elektriksel ekipmanların ve diğer aksesuarların ağırlığını da kapsar. Buna rağmen bu ek ağırlıklar direkt olarak amaç fonksiyonuna etki ettirilmemiş ve bir katsayı ile hesaplara katılmıştır.

Bu çalışmada kiriş ağırlığı amaç fonksiyonu olarak alınmıştır. Sadece kiriş yan levhaları, alt ve üst levhalar ve ray amaç fonksiyonuna dahil edilmiştir.

Amaç fonksiyonu :

$$G = L\rho (2t_1B + 2 t_2h + b_R \cdot h_R) \quad (4.1)$$

Olarak belirlenmiştir. Burada L kiriş uzunluğu, ρ ise kiriş malzemesinin yoğunluğudur. Amaç fonksiyonu olarak birim boy ağırlığı da alınabilir.

4.1.2. Dizayn değişkenlerinin belirlenmesi

Üzerinde ray bulunan içi boş dikdörtgen kesit; B, b, H, h, t_1 , t_2 , b_R , h_R değişkenleri ile tanımlanmıştır. Ray boyutları standart olduğu için bir katsayı ile hesaplara katılmıştır. b, B cinsinden H, h cinsinden yazılabildiği için b ve H elimine edilmişlerdir. Böylece dizayn değişkenleri (tasarım parametreleri) sayısı 4'e indirilmiştir.

Dizayn değişkenleri :

$$\phi = (B, h, t_1, t_2) \quad (4.2)$$

olarak belirlenmiştir.

4.1.3 Kısıtların belirlenmesi

kısıtlar; gerilmelere, sehim değerlerine, alt ve üst levhalardaki buruşmalara, titreşim frekansına ve geometrik boyutlara konulmuştur. Kısıtlar eşitsizlik kısıtlamaları olarak alınmıştır.

Birleşik gerilme kontrolü :

$$\phi_1 = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \tau_{\max}^2} - \sigma_{em} \leq 0 \quad (4.3)$$

Bileşik gerilme en yüksek basma, çekme ve kayma gerilmelerini içeren gerilmedir. Emniyetli mukayese gerilmesi σ_{em} ise standartlarca belirlenen sınır değeridir ve Çizelge 3.6'da görülmektedir.

Sehim kontrolü :

$$\phi_2 = f_1 + f_2 - f_{em} \leq 0 \quad (4.4)$$

kirişteki en büyük sehim yayılı yükten oluşan f_1 sehimi ile hareketli yüklerden oluşan f_2 sehiminin toplamından oluşur. f_{em} değeri ise L/f katsayısının değerleri olarak 1000 – 1500 aralığında alınmıştır (Çizelge 3.11).

Yan levhaların yüzey flambajı (buruşma) kontrolü :

$$\phi_3 = (\min v_B - \sigma_{VK} / \sigma_V) \leq 0 \quad (4.5)$$

σ_{VK} / σ_V olarak tanımlanan v_B , buruşmaya karşı emniyet katsayısıdır. DIN 4114'e uygun olarak $\min v_B = 1.35$ olarak alınmıştır.

Üst başlık levhasının yüzey flambajı (buruşma) kontrolü :

$$\phi_4 = (\max v_B - \sigma_{VP} / \sigma_V) \leq 0 \quad (4.6)$$

σ_{VP} / σ_V olarak v_B , burada da üst başlık levhasındaki buruşmaya karşı emniyet katsayısıdır. DIN 4114'e uygun olarak $\max v_B = 1.71$ olarak alınmıştır. Alt başlık levhası çekme kuvveti etkisi altında, üst başlık levhası ise basma kuvveti etkisi altındadır. Bunun için yalnız üst başlık levhası kontrol edilir.

Titreşim frekansı kontrolü :

$$\phi_s = f_0 - f_{0em} \leq 0 \quad (4.7)$$

f_0 , kirişin tabii frekansıdır.

$$f_{0em} = U_{max} - f_{em} \leq 0 \quad (4.8)$$

formülü ile bulunan bir frekanstır. Bu frekans, titreşimden meydana gelen maksimum çökmenin emniyetli sehim değerini geçmediğinin kontrolünden sonra sınır değeri olarak kullanılmıştır.

Geometrik kısıtlamalar :

Levha boyutları ,

$$B_a \leq B \leq B_{\bar{u}} , \quad h_a \leq h \leq h_{\bar{u}} , \quad t_{1a} \leq t_1 \leq t_{1\bar{u}} , \quad t_{2a} \leq t_2 \leq t_{2\bar{u}} \quad (4.9)$$

koşullarını sağlamalıdır. Burada a ve \bar{u} alt ve üst sınırları gösterir. Bu çalışmada,

$$B = 290 - 690 \text{ mm} , \quad h = 490 - 1490 \text{ mm} , \quad t_1 = 6 - 12 \text{ mm} , \quad t_2 = 6 - 10 \text{ mm}$$

Değerleri kullanılmıştır.

Ayrıca levha kalınlıkları, üretimi yapılan veya piyasada bulunabilen standart değerler arasından seçilmek zorundadır. Başlık ve gövde levhalarının genişlik ve boyları da genellikle standart levha boyutlarına göre en az malzeme kaybına neden olacak şekilde belirlenen değerlere uygun seçilmelidir. Çeşitli ülkelerin çeşitli standartlarında, bir çok geometrik oran kısıtlanmıştır. Bunlar kesit oranı, narinlik oranı ve geometrik kısıtlamalardır. Kesit oranı, sehim oranının aşılmasını önlemek ve dengelemek için kısıtlanmıştır. Bu kısıtlamalara ilave olarak her bir standart, geometrik oranlarda ek

kısıtlamalar getirmiştir. Örnek olarak CMMA standardında L / h , L / B ve L / t_1 kısıtlanmıştır. BS standardında B / t_1 ve h / t_2 kısıtlanmıştır.

4.2 Pratik Dizayn Optimizasyonu Yönteminin Probleme Uygulanışı

Bir önceki bölümde tanımlanan optimizasyon problemi incelendiğinde amaç ve kısıtlama fonksiyonlarının doğrusal olmadığı görülmektedir. Ayrıca dizayn değişkenlerinin kesikli değerler alması zorunluluğu problemin çözümünü daha da zorlaştırmaktadır. Böyle bir optimizasyon problemine çözüm sağlayabilecek standart bir yöntem yoktur.

Lee ve Freudenstein tarafından büyük mekanik sistemlerin tasarımı için geliştirilen Sezgisel Optimizasyon Tekniği (Heuristic Optimization Technique) bu tür problemlerde en uygun yaklaşım olarak görülmektedir. Bu algoritmanın temeli rastgele (random) olarak yapılan bir arama sonucu bulunan çözümlerin iyileştirilmesi ve optimum çözüme yaklaşmasıdır.

Bu çalışmada kullandığımız Pratik Dizayn Optimizasyonunda yöntem temelde aynı olmakla birlikte, aramalar rastgele olarak yapılmamaktadır. Yöntemin ilk aşamasında, dizayn değişkenleri mevcut levha boyutlarını içeren listelerden sıra ile yapılmakta ve kısıtlamaları sağlayan bir çözüm bulununcaya kadar bu işlem tekrarlanmaktadır. Çünkü rastgele verilen değerler zaman kaybına sebep olmaktadır. Programda hesaplanan ilk atalet momenti de çizelgeden seçeceğimiz kiriş tipi hakkında bir fikir vermektedir.

Bu amaçla öncelikle çizelge 6.1 hazırlanmıştır. Bu çizelge hazırlanırken bilinmeyen değişkenler için girilen başlangıç değerleri her bir $B \times h$ grubu için t_1 ve t_2 değerlerinin çeşitli kombinasyonları ile elde edilmiştir.

5. BİLGİSAYAR PROGRAMI

Çift kirişli kutu kesitli köprülü vinçlerin optimum tasarımında kullanılmak üzere Quick Basic (Ver. 7.0) dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Program çalıştırıldığında vinç tasarımı ile ilgili bilgilerin kullanıcı tarafından girilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler daha sonra toplu halde ekranda görülebilmekte ve yazıcıdan alınabilmektedir. Hesaplar DIN 15018, DIN 4114 ve FEM kurallarına uygun olarak yapılmaktadır. Kullanılan malzeme olarak örnek problemlerde St 37 çeliğinin yukarıda adı geçen standartlarda belirtilen emniyetli gerilme değeri program içine yüklenmiş olmakla beraber, kullanıcının bu bilgiler üzerinde değişiklik yapma veya başka bir malzemenin özelliklerini girme serbestliği vardır. Yan ve üst levhaların buruşmaya karşı kontrolü yapılırken ideal flambaj gerilmeleri için gerçek flambaj gerilmelerini veren tablo, hem St 37 için hem de St 52 için hazırlanmış ve bir alt programı ile ana programa dahil edilmiştir. Diğer çizelgelerden seçilen uygun değerler birer katsayı olarak programa dahil edilmişlerdir.

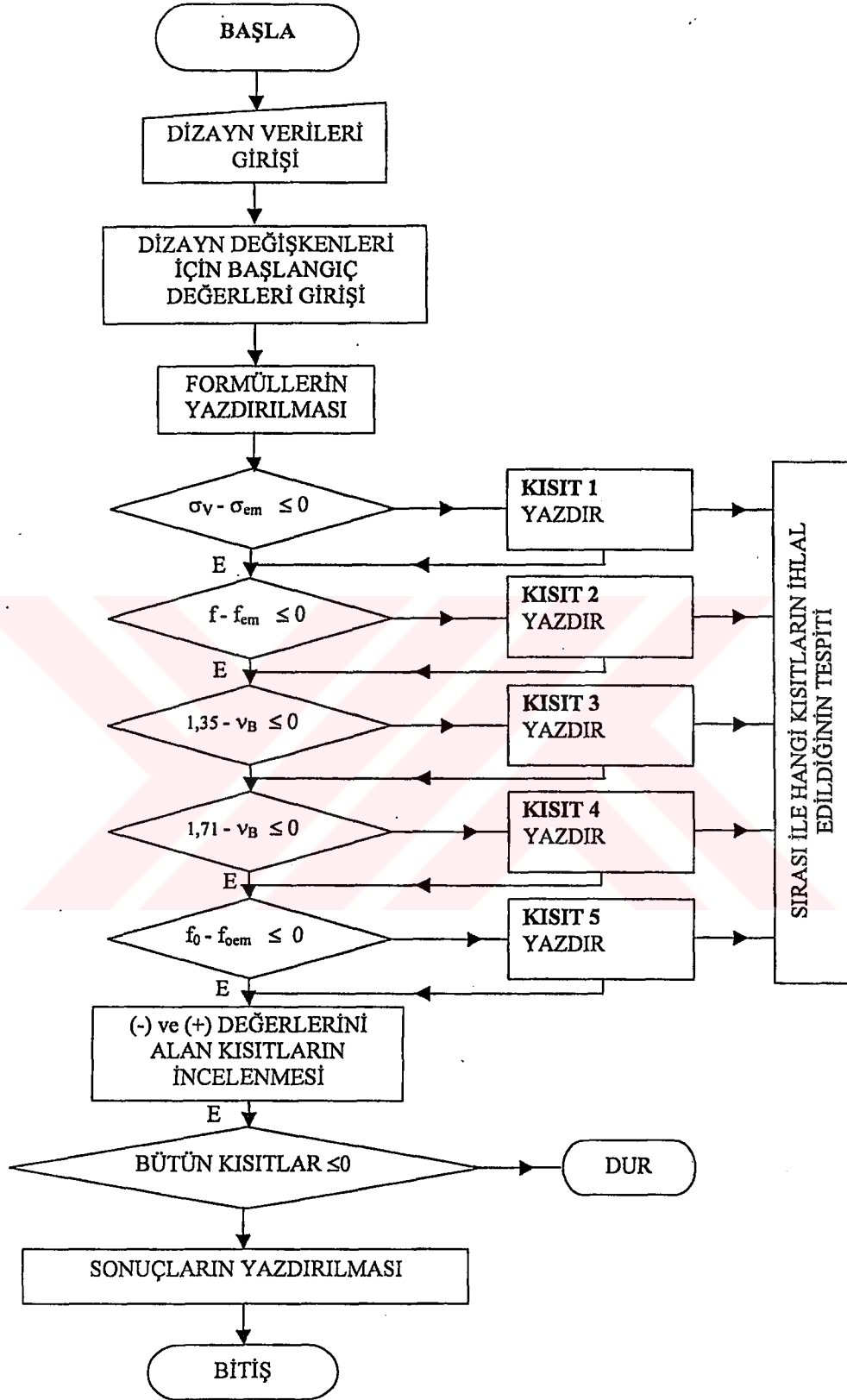
Bir köprülü vinç tasarım probleminde en önemli veriler, P_y kaldırma yükü ağırlığı ve L köprü açıklığıdır. Bunlara uygun olarak P_A araba ağırlığı, r araba tekerlek aks açıklığı, V_H vincin kaldırma hızı, V_F vincin yürütme hızı, V_A arabanın yürütme hızı programa girilen bilgilerdir.

Programın girilen diğer bilgiler aşağıda verilmektedir.

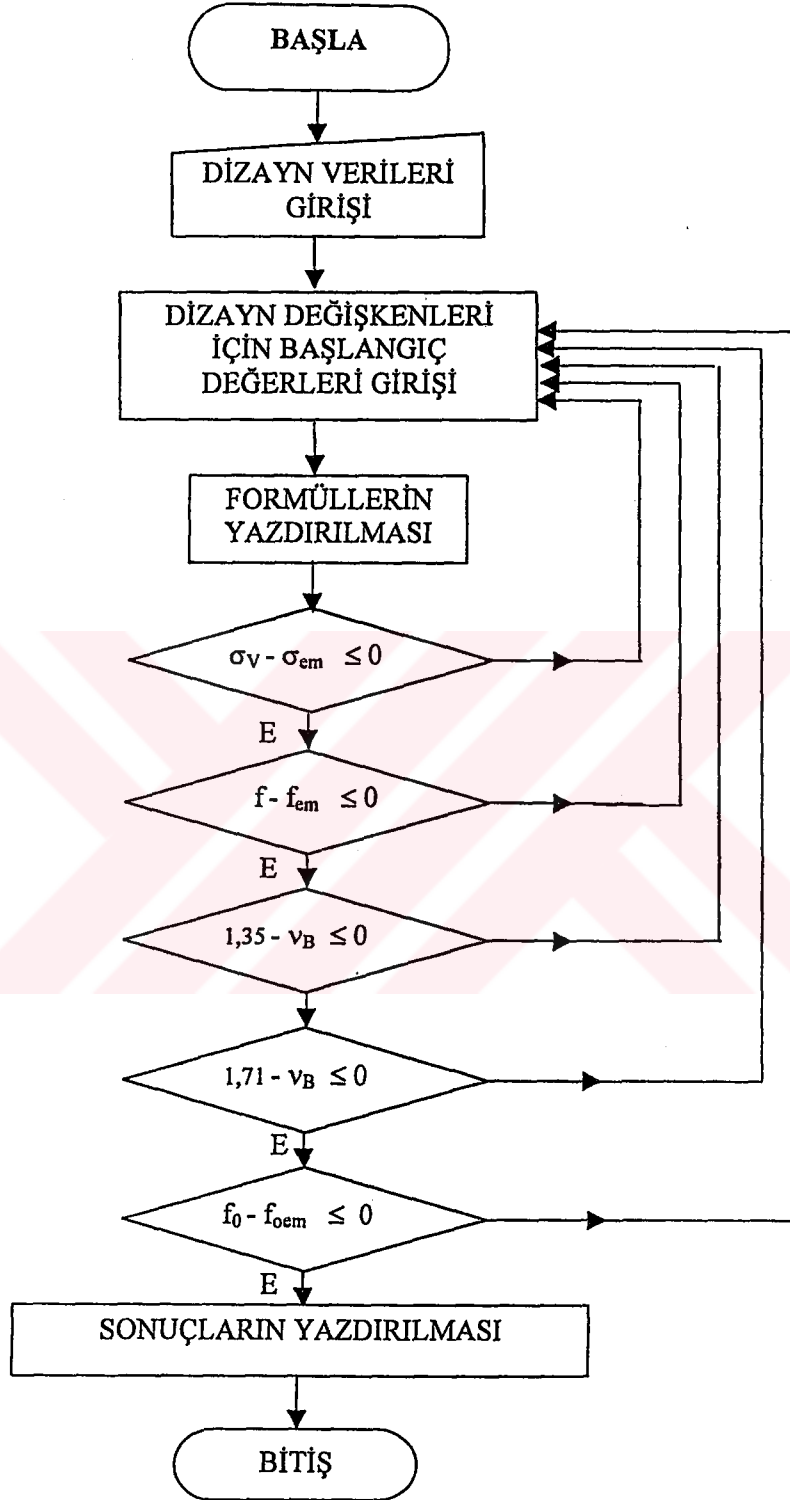
PH1	→	φ (-)	Öz ağırlık katsayısı (Çizelge 3.3)
GYER	→	g (m/sn ²)	Yerçekimi ivmesi
E3	→	E (N/mm ²)	Malzemenin elastiklik modülü
Ry	→	R_y (mm)	Ray boyutları ($h_r = b_r$ ise R_y kullanılmıştır)
qus	→	q' (kg/m)	Kiriş üzerindeki platformun ağırlığı
M	→	M (-)	Yükseltme katsayısı (Çizelge 3.4)
SGMEMN	→	σ_{em} (N/mm ²)	Emniyetli gerilme (Çizelge 3.6)

Lpe	→	Lpe (mm)	Perdeler arası mesafe
NBMİN	→	min v_B (-)	Yan levhalar için buruşmaya karşı emniyet katsayısı
NBMAX	→	max v_B (-)	Üst levhalar için buruşmaya karşı emniyet katsayısı
KA, KE	→	k (-)	Buruşma katsayıları (Çizelge 3.9)
MALZ	→	MALZ = 1 ise St 37 çeliği MALZ = 2 ise St 52 çeliği	
KFF	→	L/f (-)	Sehim oranı katsayısı (Çizelge 3.11)
SGD1	→	$\sigma_{D(-1)em}$ (N/mm ²)	$\chi = -1$ için malzemenin emniyetli mukavemet değeri (Çizelge 3.7)
SGB	→	σ_B (N/mm ²)	Malzemenin kopma mukavemet değeri (Çizelge 3.7)

Bundan sonraki aşama formüllerin yazılması ve kısıtların konulmasıdır. Akış şemalarından da görüldüğü gibi ayrıntılı çalışmalarda Şekil 5.1'deki gibi düzenlenen bir program kullanılmıştır. Pratik çalışmalarda ise Şekil 5.2'deki gibi düzenlenen bir program kullanılmıştır. Bilgisayar işlem süresinin sonunda; girilen kesit parametreleri, kesitle ilgili hesaplanan bütün geometrik ölçüler, alanlar, ağırlıklar, kısıt değerleri, atalet momentleri, gerilmelerle ilgili ara değerler, bileşik gerilme değerleri, sehim değerleri, yan ve üst levhalar için flambaj gerilmeleri, flambajla ilgili ara değerler, statik ve dinamik mukavemet değerleri, titreşim frekansları ve diğer ara değerler ekrandan görülebilmekte ve yazıcıdan alınabilmektedir. Program çalıştırıldığında bekleme süresi gerektirmemektedir. Program çıktılarından örnekler ileriki sayfalarda görülmektedir.



Şekil 5.1 Bilgisayar programı akış şeması.



Şekil 5.2 Bilgisayar programı akış şeması.

6. SAYISAL UYGULAMALAR

6.1 Standart Kutu Kiriş Listesinin Hazırlanması

Ek 3 de görülen bilgisayar programı yardımı ile K01 – K24 arası standart kutu kirişlere ait değerler hesaplanmış ve Çizelge 6.1 oluşturulmuştur. Bu şekilde istediğimiz kadar ince kademeli kiriş listesi yapmak mümkündür. Bu çizelge hazırlanırken 1 ve 1,5 m genişliğinde olan levhalar ele alınmış ve 10 mm kesme ve tolerans payı düşünülmüştür.

Şöyle ki, $B \times h = 290 \times 490$ mm
 $B \times h = 290 \times 690$ mm
 $B \times h = 490 \times 690$ mm
 $B \times h = 490 \times 990$ mm
 $B \times h = 490 \times 1190$ mm
 $B \times h = 490 \times 1490$ mm
 $B \times h = 690 \times 1490$ mm

Yukarıdaki boyutlar minimum fire verebilecek ana boyutlar olarak kabul edilmiştir. Levha kalınlıkları ise t_1 için 6, 8, 10, 12 mm olarak, t_2 için 6, 8, 10 mm olarak alınmıştır. Çizelge 6.1'de 24 tip vinç kirişinin geometrik ve mukavemet değerleri gösterilmiştir. İstenildiği zaman boyutların varyasyonu ile daha ince kademelenmiş, daha uzun ve değişik bir kiriş listesi yapmak mümkündür.

Çizelge 6.1. K01 – K24 arası kırırlere ait değerler

	Boyutlar mm						Kesitler mm ²		Mukavemet Değerleri mm ⁴ mm ³ mm ³				Ağrliklar Kg/m		
	B	h	b	H	t ₁	t ₂	R _y	A _{ort}	A ₀	I _x mm ⁴	I _y mm ⁴	W _x mm ³	W _y mm ³	q	q'
K01	290	490	218	502	6	6	40	111104	2940	4.32.10 ⁸	1.60.10 ⁸	1487662	831199	90.94	40
K02	290	490	218	506	8	6	40	111552	2940	5.09.10 ⁸	1.64.10 ⁸	1761267	873467	100.32	40
K03	290	690	218	702	6	6	40	155904	4140	9.44.10 ⁸	1.82.10 ⁸	2387333	933109	111.41	40
K04	290	690	218	706	8	6	40	156352	4140	1.09.10 ⁹	1.88.10 ⁸	2770808	1040144	120.79	40
K05	290	690	218	710	10	6	40	156800	4140	1.24.10 ⁹	1.94.10 ⁸	3156423	1088267	130.16	40
K06	490	690	418	702	6	6	40	295104	4140	1.24.10 ⁹	6.42.10 ⁸	3187061	2154959	133.92	40
K07	490	690	418	706	8	6	40	295952	4140	1.49.10 ⁹	6.73.10 ⁸	3843469	2302016	149.76	40
K08	490	690	418	710	10	6	40	296800	4140	1.74.10 ⁹	7.05.10 ⁸	4503415	2451282	165.65	40
K09	490	690	414	710	10	8	40	295400	5520	1.85.10 ⁹	8.16.10 ⁸	4840400	2888670	187.87	40
K10	490	990	418	1002	6	6	40	422304	5940	2.83.10 ⁹	7.89.10 ⁸	5196518	2738277	166.07	40
K11	490	990	418	1006	8	6	40	423152	5940	3.33.10 ⁹	8.22.10 ⁸	6136519	2893339	181.91	40
K12	490	990	418	1010	10	6	40	424000	5940	3.83.10 ⁹	8.57.10 ⁸	7080778	3049136	197.76	40
K13	490	990	414	1010	10	8	40	422000	7920	4.16.10 ⁹	1.02.10 ⁹	7761921	3696490	229.07	60
K14	490	990	414	1014	12	8	40	422844	7920	4.67.10 ⁹	1.06.10 ⁹	8706994	3856242	245.05	60
K15	490	990	410	1014	12	10	40	420840	9900	4.99.10 ⁹	1.22.10 ⁹	9376318	4504532	277.05	60
K16	490	1190	414	1210	10	8	40	506400	9520	6.37.10 ⁹	1.16.10 ⁹	9982452	4245202	257.06	60
K17	490	1190	414	1214	12	8	40	507244	9520	7.09.10 ⁹	1.19.10 ⁹	11118046	4406779	273.04	60
K18	490	1190	410	1214	12	10	40	504840	11900	7.66.10 ⁹	1.39.10 ⁹	12079872	5194330	311.08	60
K19	490	1490	414	1510	10	8	40	633000	11920	1.08.10 ¹⁰	1.37.10 ⁹	13719230	5078466	299.04	60
K20	490	1490	414	1514	12	8	40	633844	11920	1.20.10 ¹⁰	1.40.10 ⁹	15141360	5241751	315.02	60
K21	490	1490	410	1514	12	10	40	630840	14900	1.31.10 ¹⁰	1.65.10 ⁹	16640795	6238795	363.03	60
K22	690	1490	614	1510	10	8	40	933000	11920	1.31.10 ¹⁰	3.07.10 ⁹	16647897	8202517	338.07	60
K23	690	1490	614	1514	12	8	40	934244	11920	1.47.10 ¹⁰	3.18.10 ⁹	18662644	8527915	361.00	60
K24	690	1490	610	1514	12	10	40	931240	14900	1.58.10 ¹⁰	3.73.10 ⁹	20164544	10095348	409.01	60

6.2 Sayısal Örnek I

Dizayn Verileri

Vincin kaldırma kapasitesi	$P_V = 6$ (ton)
Vincin köprü açıklığı	$L = 15$ (m)
Arabanın öz ağırlığı	$P_A = 1700$ (kg)
Araba tekerlek aks açıklığı	$R = 1.200$ (m)
Gerekli sehim oranı katsayısı	$L/f = 1000$ (-)
Vincin kaldırma hızı	$V_H = 5$ (m/dak)
Vincin yürüme hızı	$V_f = 25$ (m/dak)
Arabanın yürüme hızı	$V_A = 15$ (m/dak)

Verilen Değerlere Göre Seçilen Değerler

Vincin kaldırma sınıfı	: H2
Vincin yükleme grubu	: B3
Vincin yükleme katsayısı	: $M = 1$
Çentik etkisi katsayısı	: $K_\phi = K3$
Öz ağırlık katsayısı	: $\phi = 1,1$

Sayısal örnekler EK 2'deki bilgisayar programı ile çözülmüştür. Örnekteki dizayn verileri programa girilen bilgilerdir. Kutu kirişlere ait geometrik boyutlardan 4 tanesi (B , h , t_1 , t_2) dizayn değişkenleri olarak programa girilen diğer bilgilerdir.

Çizelge 6.1'deki dizayn değişkenleri K01'den başlayarak sıra ile denenmiş ve bütün kısıtları sağlayan çözüm K07 kirişinin boyutları ile elde edilmiştir.

Kısıtlamaları sağlayan başlık levhası ve gövde yüksekliği bulunduktan sonra, değerler indirilirken öncelik gövde levhasına verilmiş ve kısıtlamaları sağlayan en ince gövde levhası belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra alt ve üst başlık levhaları kalınlıkları azaltılarak kısıtları sağlayan en düşük değerler bulunmaya çalışılmıştır. Çizelge 6.1 bu şekilde hazırlanmıştır. Bilgisayar programını kullanırken sadece çizelgeye bağlı kalmamak ve yeni dizayn değişkenleri ile çalışmak mümkündür.

Uygun kiriş K07'ye ait bilgisayar çıktısı bir sonraki sayfada görülmektedir.

UYGUN KİRİŞ = K07

B (mm)	=	490
h (mm)	=	690
t1 (mm)	=	8
t2 (mm)	=	6

b (mm)	=	418
H (mm)	=	706
Aort(mm ²)	=	295952
Ao (mm ²)	=	4140
A (mm ²)	=	17720
q (Kg/m)	=	149.76
G (Kg)	=	2246.46

- 1.KISIT DEĞERİ= -84.026
- 2.KISIT DEĞERİ= -0.913
- 3.KISIT DEĞERİ= -1.651
- 4.KISIT DEĞERİ= -1.173
- 5.KISIT DEĞERİ= -3.741

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴) =	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴) =	1.48619E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴) =	6.727032E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³) =	3843469
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³) =	2302016
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²) =	13.886
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²) =	7.643
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²) =	26.976
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²) =	19.456
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²) =	2.007
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²) =	75.956
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²) =	0.961
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²) =	75.974
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²) =	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.283
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz}(x)em$ (N/mm ²) =	222.378
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²) =	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm) =	2000
Lpe/h	α_1 (-) =	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²) =	14.352
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²) =	342.623
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²) =	228.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm) =	430.000
Lpe/bt	α_2 (-) =	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²) =	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	14.087
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz) =	4.712

Aynı örnek için h / B kesit oranları değiştirilerek yeni dizayn değişkenleri elde edilmiştir. Kısıtları aşabilmek için gövde yüksekliği arttırılmış ve sonuç olarak kesit oranı h/B yükselmiştir. Kesit oranının yükselmesi kiriş ağırlığını arttırmıştır. Kesit oranının çok fazla yükselmesi ise işletme sırasında dengesizlik problemleri yaratacağından dolayı bu oran üreticiler tarafından kısıtlanmış ve $h/B = 3,5$ limitine kadar izin verilmiştir. Kesit oranına bağlı olarak yükselen h değerinin de 1500 mm'yi geçmemesi istenmektedir. Çizelge 6.1'de en yüksek h değeri 1490 mm standart levha boyutudur. Uygulamadaki tavsiyelere göre levha kalınlığı alt limiti 6 mm alınmıştır. Bu kalınlık düşük güçteki krenler için alt limite ulaşmış ve bu kalınlık orta ve yüksek güçteki krenler için yüzey flambajı kısıtlamasıyla limitlendirilmiştir.

Bu örnekte B değerleri 290, 490, 690 mm olarak çizelge 6.1'den alınmıştır. h/B oranları ise bilgisayar programı ile denenmiş ve tüm kısıtları sağlayan oranlar belirlenmiştir.

h/B oranları 1,4'den 3'e kadar 0,2 aralıklarla alınmıştır.

Bu örnek için optimum bölge

$$B = 290 \text{ için } h/B = 2,8 - 3$$

$$B = 490 \text{ için } h/B = 1,4 - 3$$

$$B = 690 \text{ için } h/B = 1,4 - 2,2$$

Olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen değerler bilgisayar çıktılarında görülmektedir.

$$h/B=2.8$$

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	812
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	828
Aort	(mm ²)	=	347680
Ao	(mm ²)	=	4872
A	(mm ²)	=	19184
q	(Kg/m)	=	162.84
G	(Kg)	=	2442.57

- 1.KISIT DEĞERİ= -94.526
- 2.KISIT DEĞERİ= -4.977
- 3.KISIT DEĞERİ= -1.949
- 4.KISIT DEĞERİ= -1.635
- 5.KISIT DEĞERİ= -5.982

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴)	=	2.129781E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴)	=	7.330452E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³)	=	4730778
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³)	=	2539831
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²)	=	12.059
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²)	=	6.210
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²)	=	21.916
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²)	=	18.590
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²)	=	1.819
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²)	=	65.459
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²)	=	0.826
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²)	=	65.474
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	α (-)	=	0.279
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz(x)em}$ (N/mm ²)	=	222.205
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm)	=	2000
Lpe/h	α_1 (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²)	=	10.363
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²)	=	247.423
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²)	=	216.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm)	=	430.000
Lpe/bt	α_2 (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²)	=	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²)	=	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	10.023
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz)	=	5.265

h/B=3

B (mm) = 290
h (mm) = 870
t1 (mm) = 8
t2 (mm) = 6

b (mm) = 218
H (mm) = 886
Aort (mm²) = 196672
Ao (mm²) = 5220
A (mm²) = 16680
q (Kg/m) = 139.20
G (Kg) = 2088.03

1.KISIT DEĞERİ= -66.381
2.KISIT DEĞERİ= -3.941
3.KISIT DEĞERİ= -0.872
4.KISIT DEĞERİ= -0.822
5.KISIT DEĞERİ= -5.679

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴) =	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	1.863056E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	2.109096E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	3822340
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	1198464
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	13.186
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	7.685
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	27.125
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	35.735
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	3.855
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	93.607
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.866
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	93.619
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.223
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	220.002
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-) =	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	9.027
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	215.639
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	208.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm) =	230.000
L _{pe} /bt	α ₂ (-) =	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	918.578
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²) =	237.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	11.059
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	5.179

$$h/B=1.4$$

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	686
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	702
Aort	(mm ²)	=	294256
Ao	(mm ²)	=	4116
A	(mm ²)	=	17672
q	(Kg/m)	=	149.34
G	(Kg)	=	2240.03

- 1.KISIT DEĞERİ= -83.619
- 2.KISIT DEĞERİ= -0.742
- 3.KISIT DEĞERİ= -1.635
- 4.KISIT DEĞERİ= -1.157
- 5.KISIT DEĞERİ= -3.647

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴)	=	1.467377E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴)	=	6.707401E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³)	=	3815434
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³)	=	2294292
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²)	=	13.957
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²)	=	7.699
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²)	=	27.174
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²)	=	19.487
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²)	=	2.014
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²)	=	76.363
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²)	=	0.967
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²)	=	76.381
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.284
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²)	=	222.384
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm)	=	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²)	=	14.519
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²)	=	346.629
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²)	=	228.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm)	=	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²)	=	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²)	=	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	14.258
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz)	=	4.693

$$h/B=1.6$$

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	784
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	800
Aort	(mm ²)	=	335808
Ao	(mm ²)	=	4704
A	(mm ²)	=	18848
q	(Kg/m)	=	159.84
G	(Kg)	=	2397.57

1.KISIT DEĞERİ=	-92.401
2.KISIT DEĞERİ=	-4.211
3.KISIT DEĞERİ=	-1.890
4.KISIT DEĞERİ=	-1.530
5.KISIT DEĞERİ=	-5.561

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴)	=	1.969864E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴)	=	7.191212E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³)	=	4521628
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³)	=	2484893
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²)	=	12.430
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²)	=	6.497
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²)	=	22.930
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²)	=	18.776
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²)	=	1.859
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²)	=	67.583
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²)	=	0.854
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²)	=	67.599
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.280
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²)	=	222.243
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm)	=	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²)	=	11.116
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²)	=	265.406
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²)	=	219.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm)	=	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²)	=	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²)	=	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	10.789
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f ₀ (Hz)	=	5.147

$$h/B=1.8$$

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	882
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	898
Aort	(mm ²)	=	377360
Ao	(mm ²)	=	5292
A	(mm ²)	=	20024
q	(Kg/m)	=	170.34
G	(Kg)	=	2555.10

1.KISIT DEĞERİ=	-99.253
2.KISIT DEĞERİ=	-6.579
3.KISIT DEĞERİ=	-2.008
4.KISIT DEĞERİ=	-1.895
5.KISIT DEĞERİ=	-6.855

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴) =	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	2.562716E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	7.680281E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	5267930
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	2678017
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	11.230
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	5.576
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	19.681
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	18.150
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	1.725
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	60.732
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.766
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	60.747
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.277
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	222.112
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-) =	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	8.783
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	209.718
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	204.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm) =	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-) =	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	8.421
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	5.540

h/B=2			
B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	980
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6
b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	996
Aort	(mm ²)	=	418912
Ao	(mm ²)	=	5880
A	(mm ²)	=	21200
q	(Kg/m)	=	180.84
G	(Kg)	=	2712.63

- 1.KISIT DEĞERİ= -104.744
- 2.KISIT DEĞERİ= -8.261
- 3.KISIT DEĞERİ= -2.125
- 4.KISIT DEĞERİ= -2.253
- 5.KISIT DEĞERİ= -7.761

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴)	=	3.251607E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴)	=	8.173733E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³)	=	6054070
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³)	=	2873303
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²)	=	10.260
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²)	=	4.852
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²)	=	17.126
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²)	=	17.595
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²)	=	1.608
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²)	=	55.242
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²)	=	0.696
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²)	=	55.256
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.274
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²)	=	221.986
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm)	=	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²)	=	7.115
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²)	=	169.884
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²)	=	192.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm)	=	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²)	=	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²)	=	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	6.739
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz)	=	5.877

$$h/B=2.2$$

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	1078
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	1094
A _{ort}	(mm ²)	=	460464
A _o	(mm ²)	=	6468
A	(mm ²)	=	22376
q	(Kg/m)	=	191.34
G	(Kg)	=	2870.16

- 1.KISIT DEĞERİ= -109.240
- 2.KISIT DEĞERİ= -9.498
- 3.KISIT DEĞERİ= -1.743
- 4.KISIT DEĞERİ= -2.604
- 5.KISIT DEĞERİ= -8.412

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{xo} (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴)	=	4.042199E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴)	=	8.670877E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³)	=	6879831
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³)	=	3070454
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²)	=	9.457
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²)	=	4.270
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²)	=	15.070
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²)	=	17.100
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²)	=	1.505
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²)	=	50.748
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²)	=	0.639
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²)	=	50.760
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	κ (-)	=	0.270
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²)	=	221.865
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm)	=	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²)	=	5.880
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²)	=	140.410
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²)	=	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm)	=	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²)	=	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²)	=	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	5.502
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz)	=	6.160

$$h/B=2.4$$

B (mm)	=	490
h (mm)	=	1176
t1 (mm)	=	8
t2 (mm)	=	6

b (mm)	=	418
H (mm)	=	1192
Aort(mm ²)	=	502016
Ao (mm ²)	=	7056
A (mm ²)	=	23552
q (Kg/m)	=	201.85
G (Kg)	=	3027.70

- 1.KISIT DEĞERİ= -112.985
- 2.KISIT DEĞERİ= -10.431
- 3.KISIT DEĞERİ= -1.989
- 4.KISIT DEĞERİ= -2.948
- 5.KISIT DEĞERİ= -8.891

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴) =	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴) =	4.940157E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴) =	9.17116E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³) =	7745040
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³) =	3269228
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²) =	8.782
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²) =	3.793
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²) =	13.387
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²) =	16.657
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²) =	1.413
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²) =	47.004
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²) =	0.592
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²) =	47.015
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²) =	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.268
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz(x)em}$ (N/mm ²) =	221.748
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²) =	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm) =	2000
Lpe/h	α_1 (-) =	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²) =	4.941
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²) =	117.992
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm) =	430.000
Lpe/bt	α_2 (-) =	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²) =	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	4.569
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz) =	6.397

 $h/B=2.6$

B (mm) = 490
h (mm) = 1274
t1 (mm) = 8
t2 (mm) = 6

b (mm) = 418
H (mm) = 1290
Aort(mm²) = 543568
Ao (mm²) = 7644
A (mm²) = 24728
q (Kg/m) = 212.35
G (Kg) = 3185.23

1.KISIT DEĞERİ= -116.151
2.KISIT DEĞERİ= -11.152
3.KISIT DEĞERİ= -2.230
4.KISIT DEĞERİ= -3.284
5.KISIT DEĞERİ= -9.246

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴) =	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴) =	5.951139E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴) =	9.674134E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³) =	8649557
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³) =	3469419
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²) =	8.205
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²) =	3.396
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²) =	11.987
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²) =	16.258
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²) =	1.332
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²) =	43.839
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²) =	0.552
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²) =	43.849
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²) =	127
SINIR GERİLMELER ORANI	α (-) =	0.265
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz(x)em}$ (N/mm ²) =	221.634
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²) =	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe(mm) =	2000
Lpe/h	α_1 (-) =	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²) =	4.210
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²) =	100.544
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm) =	430.000
Lpe/bt	α_2 (-) =	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²) =	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	3.848
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz) =	6.592

 $h/B=2.8$

B (mm) = 490
h (mm) = 1372
t1 (mm) = 8
t2 (mm) = 6

b (mm) = 418
H (mm) = 1388
Aort (mm²) = 585120
Ao (mm²) = 8232
A (mm²) = 25904
q (Kg/m) = 222.85
G (Kg) = 3342.76

1.KISIT DEĞERİ= -118.860
2.KISIT DEĞERİ= -11.719
3.KISIT DEĞERİ= -2.466
4.KISIT DEĞERİ= -3.613
5.KISIT DEĞERİ= -9.514

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴) =	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	7.080802E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	1.017943E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	9593266
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	3670859
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	7.706
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	3.062
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	10.808
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	15.897
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	1.259
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	41.130
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.518
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	41.140
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.262
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	221.522
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-) =	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	3.630
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	86.699
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm) =	430.000
L _{pe} /bt	α ₂ (-) =	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	3.281
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	6.750

h/B=3			
B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	1486
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6
b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	1502
Aort	(mm ²)	=	633456
Ao	(mm ²)	=	8916
A	(mm ²)	=	27272
q	(Kg/m)	=	235.07
G	(Kg)	=	3526.01

- 1.KISIT DEĞERİ= -121.556
- 2.KISIT DEĞERİ= -12.239
- 3.KISIT DEĞERİ= -2.734
- 4.KISIT DEĞERİ= -3.987
- 5.KISIT DEĞERİ= -9.743

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴)	=	8.551731E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴)	=	1.076976E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³)	=	10740234
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³)	=	3906566
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ1 (N/mm ²)	=	7.203
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ2 (N/mm ²)	=	2.735
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ3 (N/mm ²)	=	9.653
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ4 (N/mm ²)	=	15.518
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ5 (N/mm ²)	=	1.183
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σmax (N/mm ²)	=	38.435
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τmax (N/mm ²)	=	0.484
BİLEŞİK GERİLME	σv (N/mm ²)	=	38.444
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σD(-1)EM (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.259
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σDz(x)em (N/mm ²)	=	221.395
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σZem (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm)	=	2000
Lpe/h	α1 (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σe (N/mm ²)	=	3.094
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σvki (N/mm ²)	=	73.912
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σvk (N/mm ²)	=	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm)	=	430.000
Lpe/bt	α2 (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σvpi (N/mm ²)	=	262.825
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σvp (N/mm ²)	=	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	2.761
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz)	=	6.896

$$h/B=1.4$$

B	(mm)	=	690
h	(mm)	=	966
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	618
H	(mm)	=	982
Aort	(mm ²)	=	607776
Ao	(mm ²)	=	5796
A	(mm ²)	=	24232
q	(Kg/m)	=	209.66
G	(Kg)	=	3144.89

- 1.KISIT DEĞERİ= -116.594
- 2.KISIT DEĞERİ= -9.165
- 3.KISIT DEĞERİ= -3.073
- 4.KISIT DEĞERİ= -1.907
- 5.KISIT DEĞERİ= -8.026

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴)	=	3.910254E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴)	=	1.825308E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³)	=	7451787
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³)	=	4647642
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²)	=	9.423
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²)	=	3.942
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²)	=	13.913
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²)	=	12.029
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²)	=	0.994
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²)	=	43.390
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²)	=	0.671
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²)	=	43.406
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.308
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²)	=	223.358
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm)	=	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²)	=	7.322
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²)	=	174.761
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²)	=	192.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm)	=	630.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²)	=	122.450
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²)	=	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	5.835
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz)	=	5.987

$$h/B=1.6$$

B	(mm)	=	690
h	(mm)	=	1104
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	618
H	(mm)	=	1120
Aort	(mm ²)	=	693888
Ao	(mm ²)	=	6624
A	(mm ²)	=	25888
q	(Kg/m)	=	225.12
G	(Kg)	=	3376.76

- 1.KISIT DEĞERİ= -121.401
- 2.KISIT DEĞERİ= -10.573
- 3.KISIT DEĞERİ= -2.717
- 4.KISIT DEĞERİ= -2.357
- 5.KISIT DEĞERİ= -8.768

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴)	=	5.263681E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴)	=	1.979933E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³)	=	8833951
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³)	=	5080859
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²)	=	8.441
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²)	=	3.325
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²)	=	11.737
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²)	=	11.568
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²)	=	0.909
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²)	=	38.585
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²)	=	0.593
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²)	=	38.599
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	α (-)	=	0.305
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz(x)em}$ (N/mm ²)	=	223.234
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm)	=	2000
Lpe/h	α_1 (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²)	=	5.606
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²)	=	133.823
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²)	=	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm)	=	630.000
Lpe/bt	α_2 (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²)	=	122.450
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²)	=	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	4.427
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz)	=	6.334

$$h/B=1.8$$

B	(mm)	=	690
h	(mm)	=	1242
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	618
H	(mm)	=	1258
Aort	(mm ²)	=	780000
Ao	(mm ²)	=	7452
A	(mm ²)	=	27544
q	(Kg/m)	=	240.58
G	(Kg)	=	3608.64

- 1.KISIT DEĞERİ= -125.152
- 2.KISIT DEĞERİ= -11.534
- 3.KISIT DEĞERİ= -3.155
- 4.KISIT DEĞERİ= -2.795
- 5.KISIT DEĞERİ= -9.246

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{xo} (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴)	=	6.863411E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴)	=	2.13535E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³)	=	10294607
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³)	=	5517726
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²)	=	7.665
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²)	=	2.854
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²)	=	10.071
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²)	=	11.172
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²)	=	0.837
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²)	=	34.835
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²)	=	0.533
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²)	=	34.848
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.302
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²)	=	223.116
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm)	=	2000
L _{pe} /h	α ₁ (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²)	=	4.430
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²)	=	105.753
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²)	=	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm)	=	630.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²)	=	122.450
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²)	=	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	3.466
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz)	=	6.592

 $h/B=2$

B	(mm)	=	690
h	(mm)	=	1380
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6
<hr/>			
b	(mm)	=	618
H	(mm)	=	1396
Aort	(mm ²)	=	866112
Ao	(mm ²)	=	8280
A	(mm ²)	=	29200
q	(Kg/m)	=	256.03
G	(Kg)	=	3840.51

- 1.KISIT DEĞERİ= -128.160
- 2.KISIT DEĞERİ= -12.218
- 3.KISIT DEĞERİ= -3.581
- 4.KISIT DEĞERİ= -3.221
- 5.KISIT DEĞERİ= -9.560

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴)	=	8.725248E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴)	=	2.291423E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³)	=	11833372
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³)	=	5957685
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²)	=	7.036
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²)	=	2.482
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²)	=	8.762
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²)	=	10.829
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²)	=	0.775
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²)	=	31.829
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²)	=	0.484
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²)	=	31.840
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.299
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz(x)em}$ (N/mm ²)	=	222.999
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm)	=	2000
Lpe/h	α_1 (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²)	=	3.588
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²)	=	85.673
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²)	=	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm)	=	630.000
Lpe/bt	α_2 (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²)	=	122.450
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²)	=	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	2.782
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz)	=	6.779

$$h/B=2.2$$

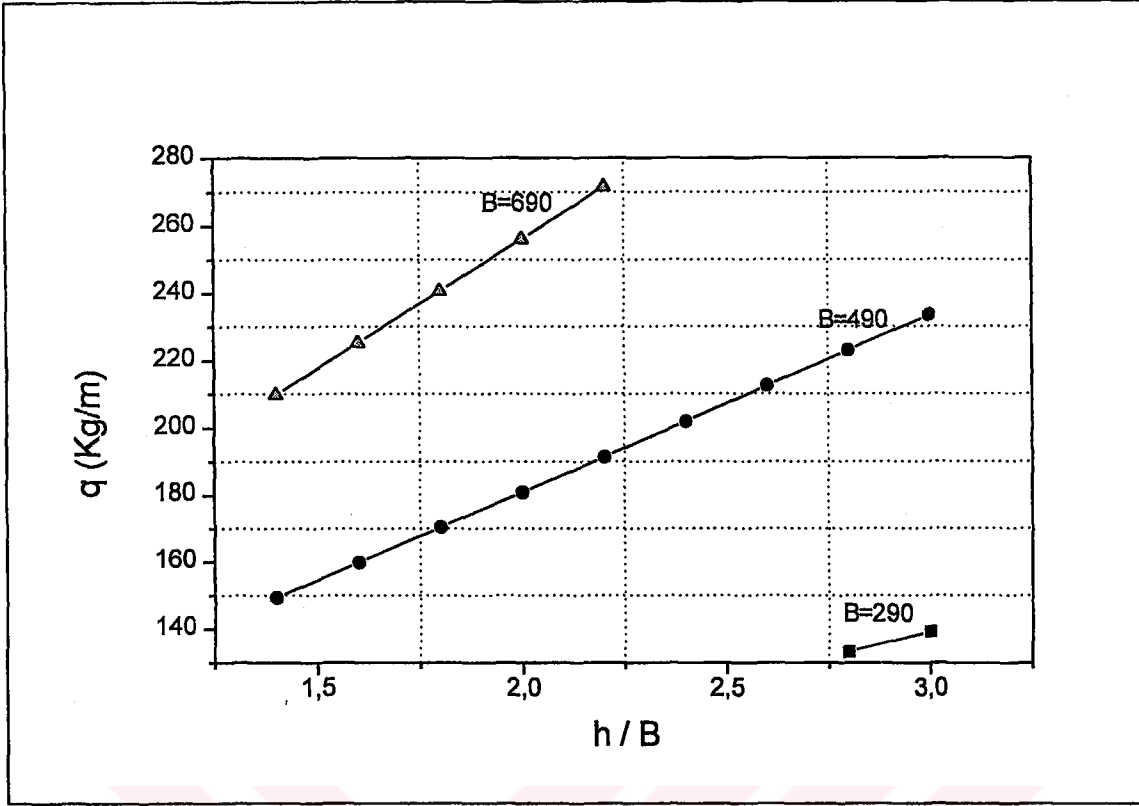
B	(mm)	=	690
h	(mm)	=	1518
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	618
H	(mm)	=	1534
Aort	(mm ²)	=	952224
Ao	(mm ²)	=	9108
A	(mm ²)	=	30856
q	(Kg/m)	=	271.49
G	(Kg)	=	4072.38

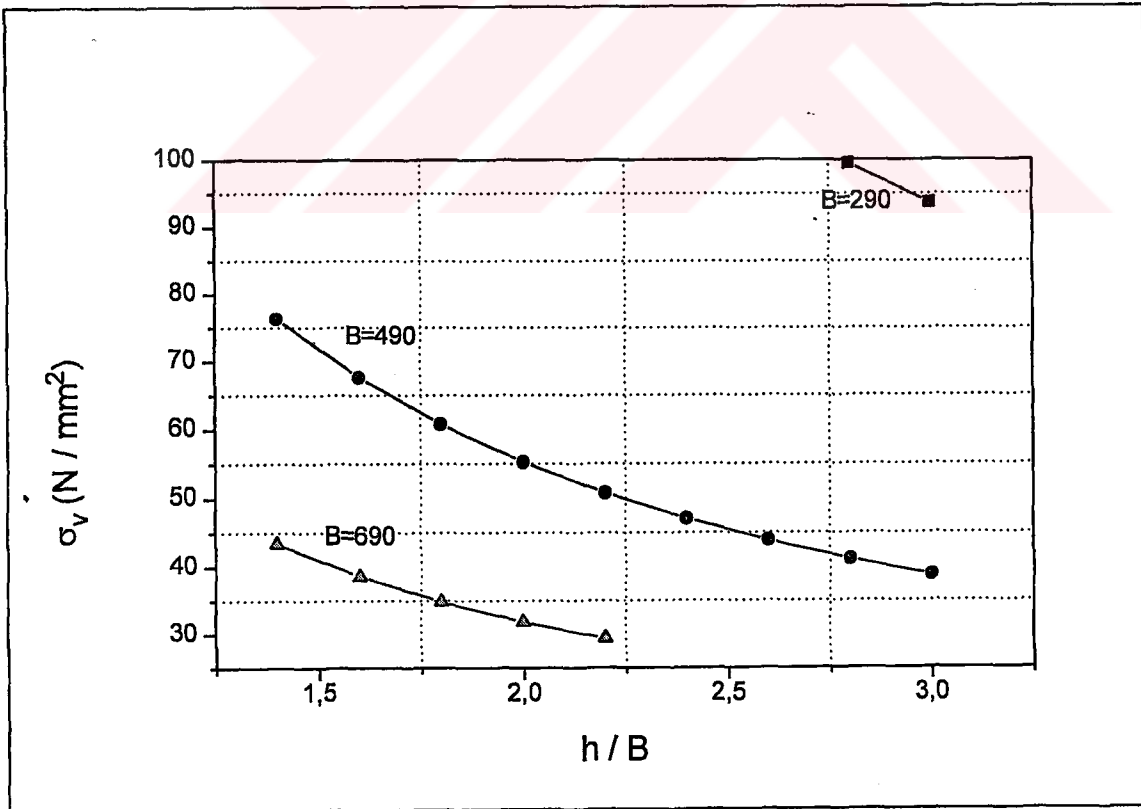
- 1.KISIT DEĞERİ= -130.622
- 2.KISIT DEĞERİ= -12.721
- 3.KISIT DEĞERİ= -3.994
- 4.KISIT DEĞERİ= -3.634
- 5.KISIT DEĞERİ= -9.765

MUKAVEMET HESAPLARI

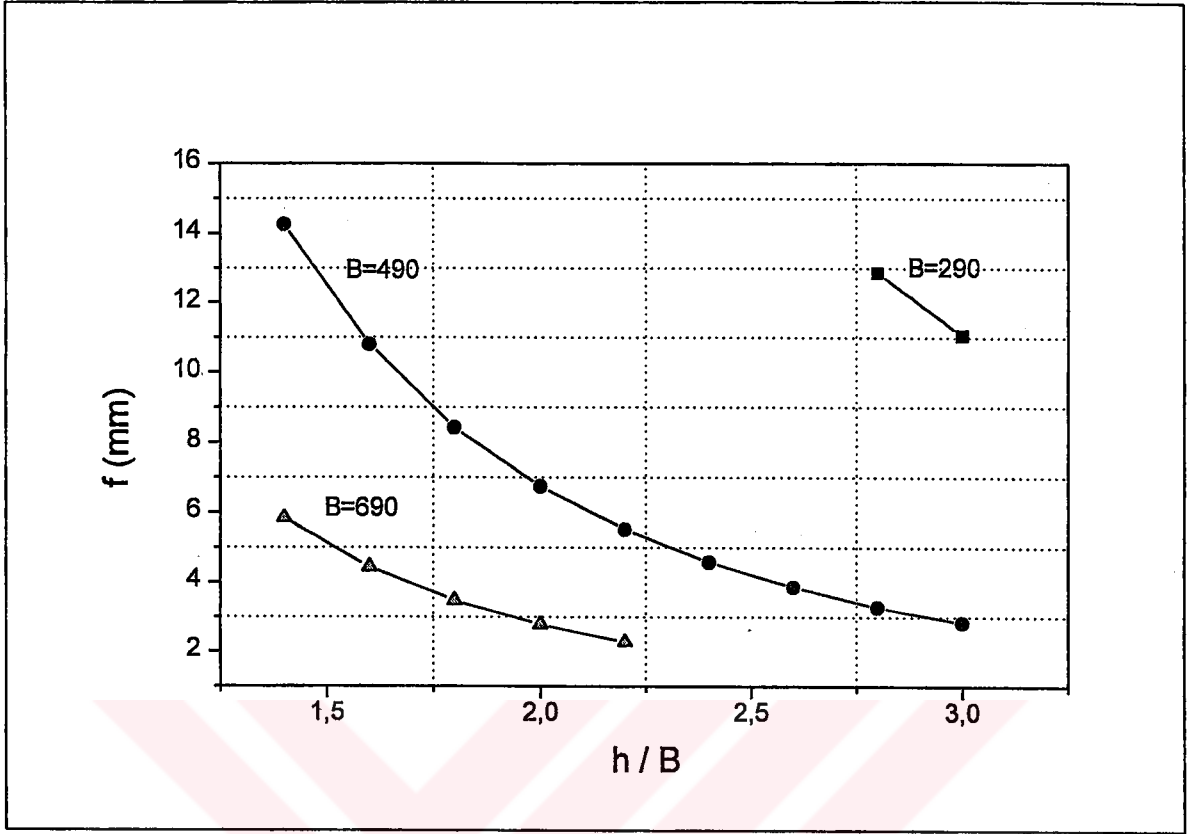
İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴)	=	6.686928E+08
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴)	=	1.086499E+10
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴)	=	2.448048E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³)	=	13449946
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³)	=	6400288
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²)	=	6.514
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²)	=	2.184
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²)	=	7.709
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²)	=	10.528
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²)	=	0.722
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²)	=	29.368
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²)	=	0.445
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²)	=	29.378
EM. DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²)	=	127
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-)	=	0.296
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz}(x)em$ (N/mm ²)	=	222.884
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²)	=	160
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm)	=	2000
Lpe/h	a1 (-)	=	0.167
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²)	=	2.965
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²)	=	70.813
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²)	=	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm)	=	630.000
Lpe/bt	a2 (-)	=	0.400
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²)	=	122.449
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²)	=	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm)	=	2.279
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz)	=	6.911



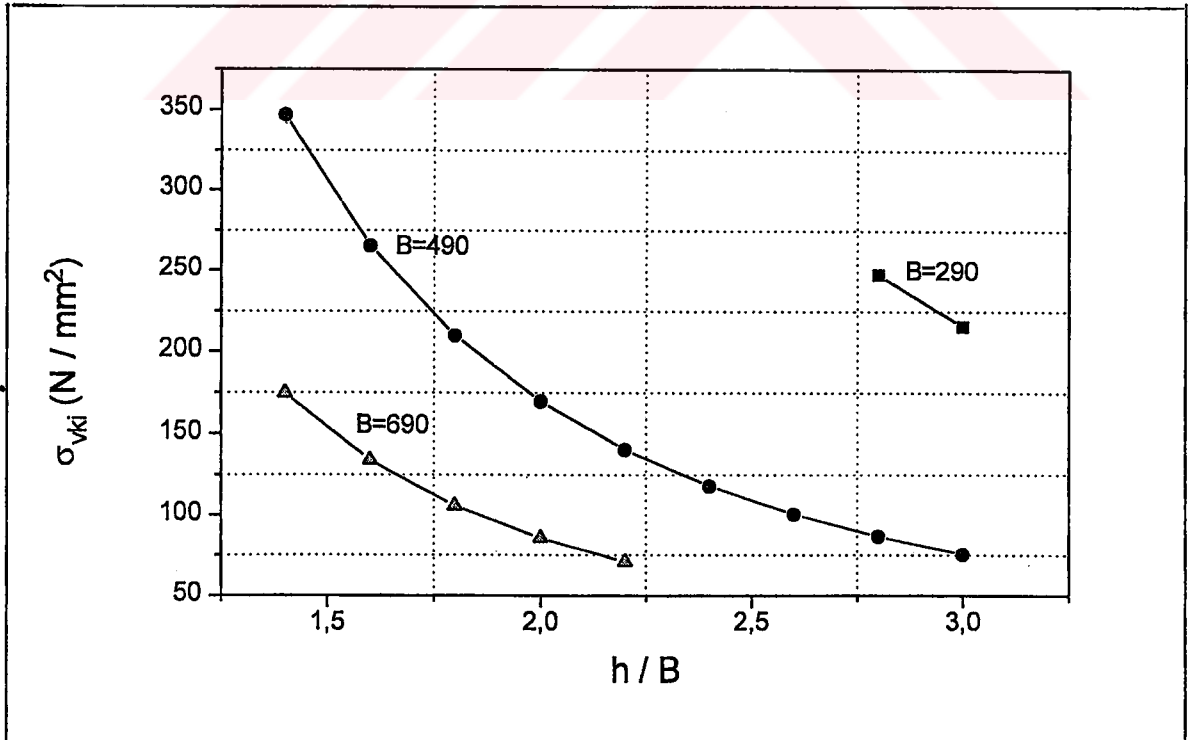
Şekil 6.1 h/B oranına bağlı olarak birim boy ağırlığının değişimi.



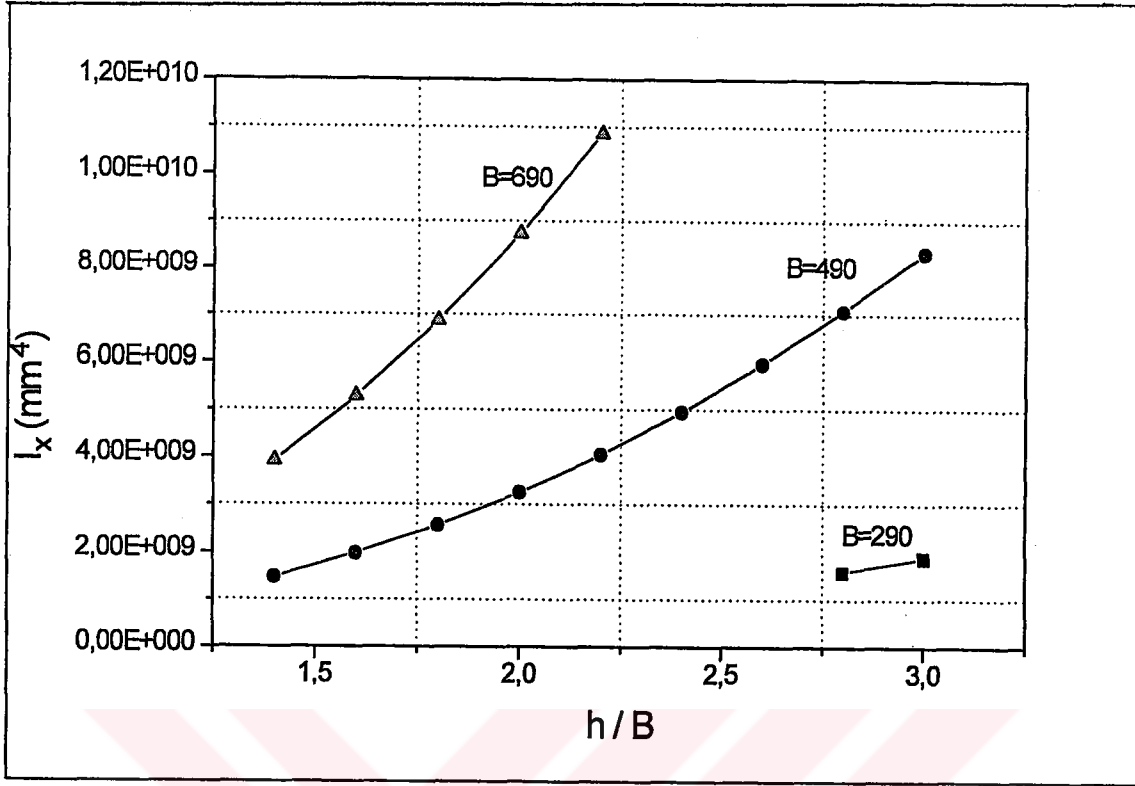
Şekil 6.2 h/B oranına bağlı olarak bileşik gerilme değerleri.



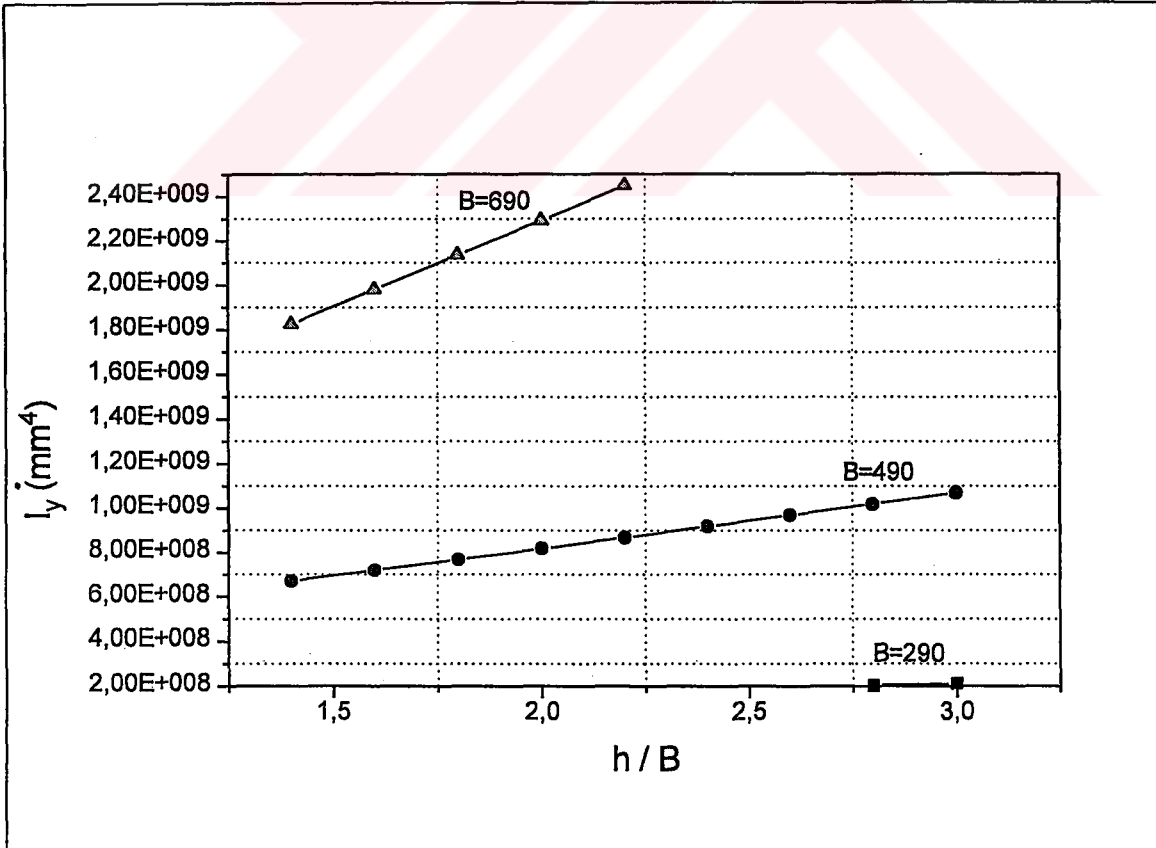
Şekil 6.3 h/B oranına bağlı olarak sehim miktarının değişimi.



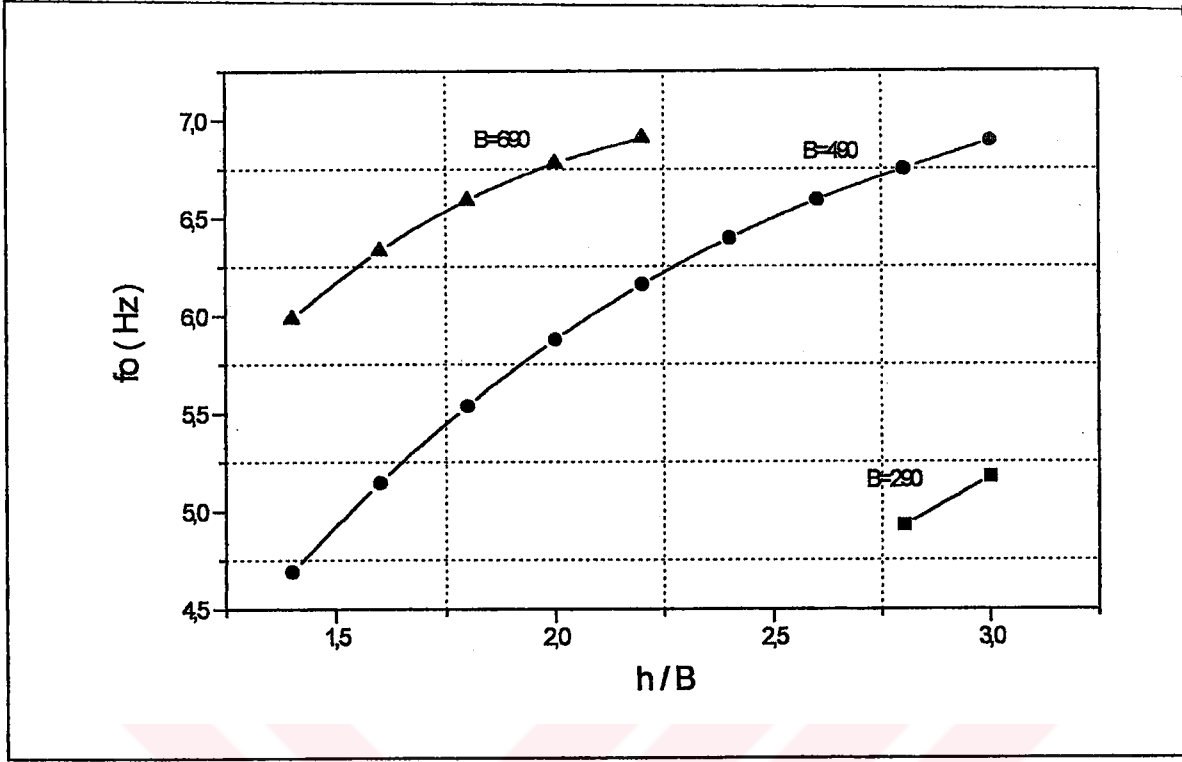
Şekil 6.4 h/B oranına bağlı olarak yan levhalar için ideal flambaj gerilmelerinin değişimi.



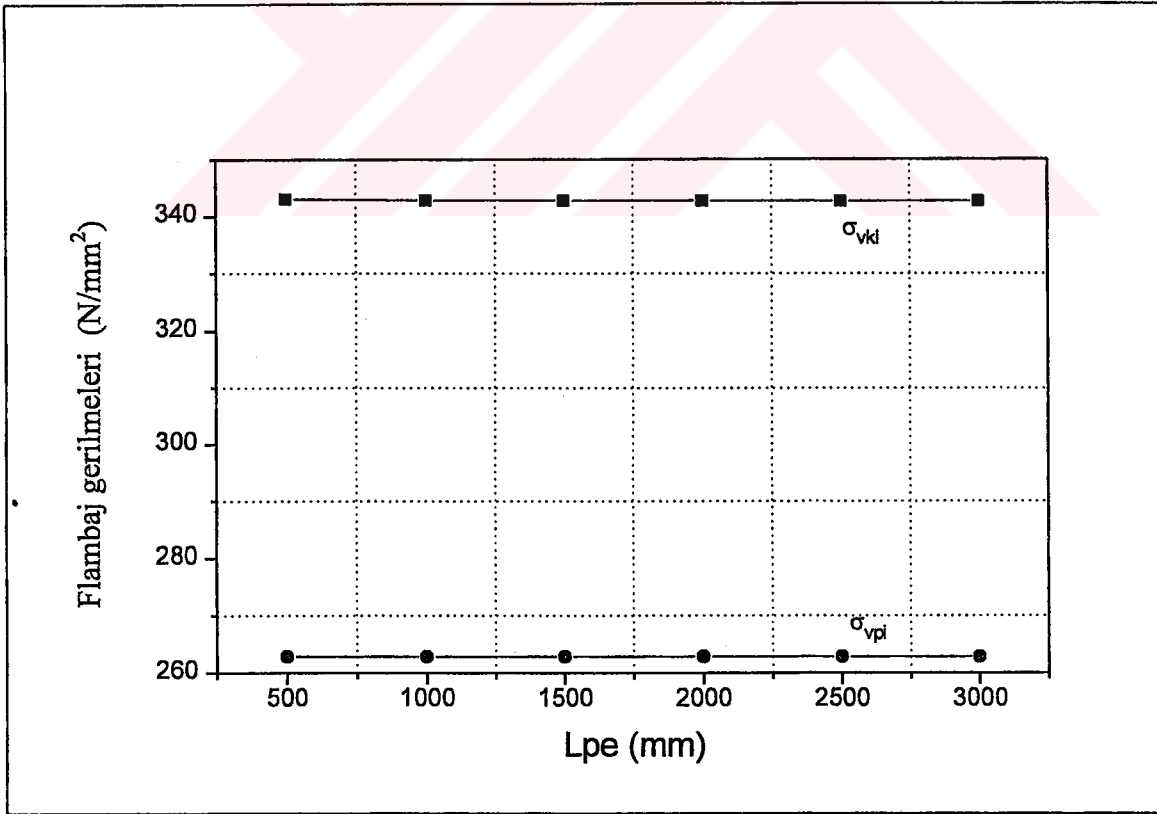
Şekil 6.5 h/B oranına bağlı olarak x eksenine göre atalet momentinin değişimi.



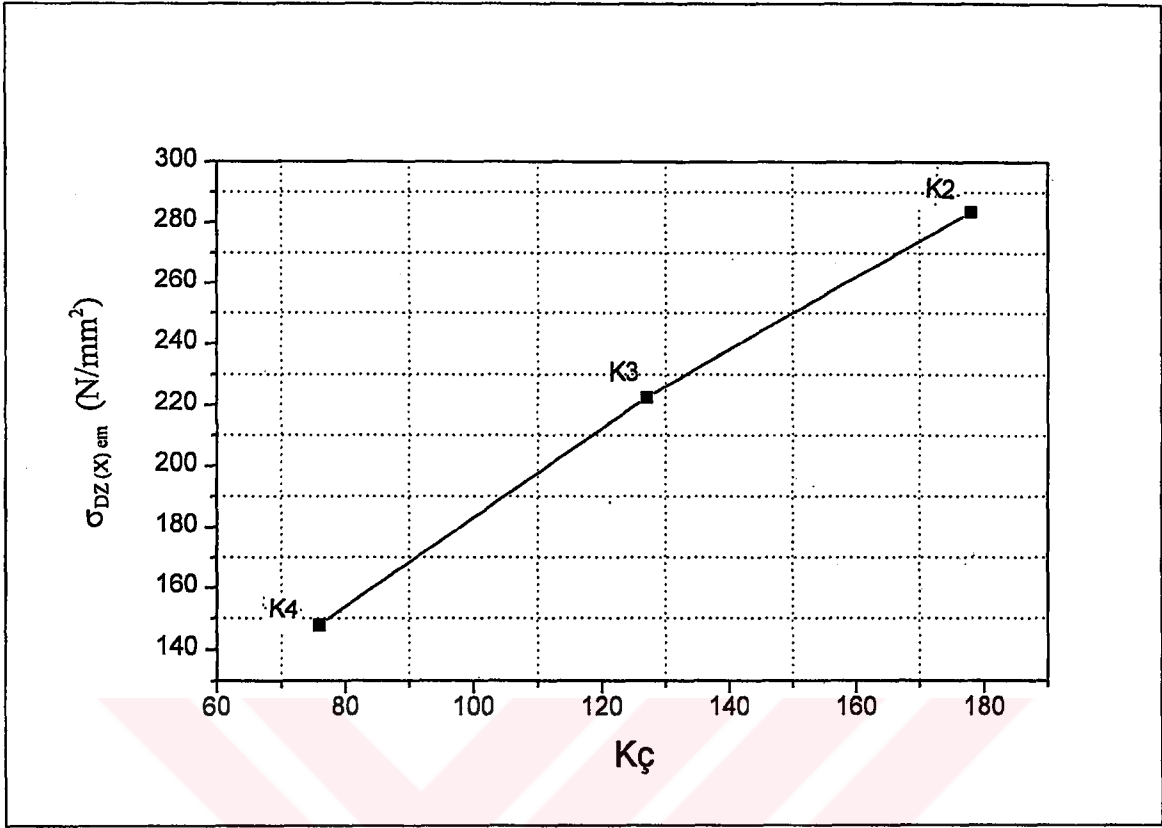
Şekil 6.6 h/B oranına bağlı olarak y eksenine göre atalet momentinin değişimi.



Şekil 6.7 h/B oranına bağlı olarak titreşim frekansının değişimi.



Şekil 6.8 Perde aralıklarına bağlı olarak yan ve üst levhaların ideal flambaj gerilmeleri.



Şekil 6.9 Çentik etkisindeki malzemenin sürekli dinamik emniyetli çekme gerilmesi.

Şekil 6.1de görüldüğü gibi, $B = 290$ mm için ancak $h/B = 2.8$ olduğunda bütün kısıtlar sağlanmıştır. $q = 133.27$ kg/m değeri minimum ağırlıktır.

$B = 490$ mm için ancak $h/B = 1.4$ olduğundan bütün kısıtlar sağlanmıştır. bu grupta da $q = 149.34$ kg/m değeri minimum ağırlıktır.

$B = 690$ mm bu örnek için fazladır. h/B 'nin 1'den küçük değerleri bile kısıtları sağlamaktadır. h/B 'nin bu oranları ise uygun değildir. $h/B \leq 1$ durumundaki geometrik form istenilmemektedir. Ayrıca burada $h/B = 2.2$ den büyük olduğu zaman h değeri 1500 mm'yi geçmektedir. Bu da istenmeyen bir durumdur.

Şekil 6.2 de görüldüğü gibi kesit oranı arttıkça, başka bir deyişle ağırlık fazlalaştıkça bileşik gerilme değerlerinin düştüğü görülmüştür. $B = 290$ mm için σ_v (N/mm^2) olarak 99.468 den 93.619'a, $B = 490$ mm için 76.381 den 38.797'ye $B = 690$ mm için 43.406'dan 29.378'e düşmüştür.

Şekil 6.3'de görüldüğü gibi sehim değeri $B = 290$ mm için 12.867'den 11.059 mm'ye düşmüştür. Sehim oranı $L/f = 1000$ iken 1350 alınabilir duruma gelmiştir. $B = 490$ mm için f değeri 14.258'den 2.827 mm'ye düşmüştür. Sehim oranı 1000 iken rahatlıkla 1500 alınabilir duruma gelmiştir. $B = 690$ mm için f değeri 5.835'den 2.279 mm'ye düşmüştür.

Şekil 6.4'de görüldüğü gibi yan levhalar için yüzey flambajı σ_{vki} (N/mm^2) olarak $B = 290$ mm için 247.540'dan 215.639'a $B = 490$ mm için 346.629'dan 75.529'a $B = 690$ mm için 174.761'den 70.813'e düşmüştür.

Üst levhalar için yüzey flambajı σ_{vpi} (N/mm^2) olarak $B = 290$ mm için 918.577, $B = 490$ mm için 262.825, $B = 690$ mm için 122.450 de sabit kalmıştır. Üst başlık levhaları için kullanılan euler formülünün burada h değerine bağlı olmaması bu sonucu yaratmıştır. Eşitlik (3.96).

Şekil 6.5 ve 6.6'da h/B oranı arttıkça atalet momentleri değerlerinin de yükseldiği

görülmektedir.

Şekil 6.7’de h/B oranı arttıkça yükselen titreşim frekansı değerleri görülmektedir. $B = 290$ mm için $f_0 = 4.929$ Hz’den 5.179 Hz’e yükselmiştir. $B = 490$ mm için $f_0 = 4.693$ Hz’den 6.896 Hz’e yükselmiştir. $B = 690$ mm için $f_0 = 5.987$ Hz’den 6.911 Hz’e yükselmiştir.

Şekil 6.8 de perde aralıkları 0.5 m’den 3 m’ye 0.5 m aralıklarla arttırılmış ve kısıt değerleri üzerinde bir etkisi olmadığı görülmüştür. Perde aralıklarının değişimini σ_{VKi} ve σ_{VPI} değerlerini de pek fazla etkilemediği görülmüştür. Örnek problemlerde perdeler arası mesafe $L_{pe} = 2$ m alınmıştır.

Şekil 6.9’da çentik etkisinin malzemenin sürekli dinamik emniyetli çekme gerilmesine olan etkisi incelenmiştir.

Çentik etkisi katsayısı

$$K2 \text{ için } \sigma_{DZ(x)em} = 283.535 \text{ N/mm}^2$$

$$K3 \text{ için } \sigma_{DZ(x)em} = 222.378 \text{ N/mm}^2$$

$$K4 \text{ için } \sigma_{DZ(x)em} = 147.42 \text{ N/mm}^2$$

değerlerini almıştır.

B3 yükleme grubunda (Çizelge 3.7)

$$\text{Özel kaynak dikişi} \quad K2 \text{ için } \sigma_{D(-)em} = 178 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Normal K dikişi} \quad K3 \text{ için } \sigma_{D(-)em} = 127 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Normal köşe dikişi} \quad K4 \text{ için } \sigma_{D(-)em} = 76 \text{ N/mm}^2$$

Olarak görülmektedir.

Kaynak kalitesi yükseldikçe sürekli dinamik emniyetli çekme gerilmesi değerleri de yükselmiştir.

6.3 Sayısal Örnek II

Dizayn Verileri

Vincin kaldırma kapasitesi	$P_V = 10$ (ton)
Vincin köprü açıklığı	$L = 19.45$ (m)
Arabanın öz ağırlığı	$P_A = 2500$ (kg)
Araba tekerlek aks açıklığı	$R = 1.200$ (m)
Gerekli sehim oranı katsayısı	$L/f = 1350$ (-)
Vincin kaldırma hızı	$V_H = 5$ (m/dak)
Vincin yürüme hızı	$V_f = 40$ (m/dak)
Arabanın yürüme hızı	$V_A = 25$ (m/dak)

Verilen Değerlere Göre Seçilen Değerler

Vincin kaldırma sınıfı	: H2
Vincin yükleme grubu	: B4
Vincin yükleme katsayısı	: $M = 1.06$
Çentik etkisi katsayısı	: $K_ç = K2$
Öz ağırlık katsayısı	: $\varphi = 1,1$

Bu örneğe ait dizayn verileri ile Ek 2'deki programa girilmiştir. Bir önceki örnekten edindiğimiz tecrübeye göre 10 ton'luk bir kaldırma yükü ve 19.45 m'lik bir köprü açıklığı için K07'den sonraki kirişleri incelememiz gerektiğini düşünebiliriz. Bu örnekte, bilgisayar programında K07'den sonraki kirişler sıra ile denenmiş ve bütün kısıtları sağlayan çözüm K13 kirişinin boyutları ile elde edilmiştir. Uygun kiriş K13'e ait bilgisayar çıktısı bir sonraki sayfada görülmektedir.



 UYGUN KİRİŞ : K13

B (mm) = 490
 h (mm) = 990
 t1 (mm) = 10
 t2 (mm) = 8

b (mm) = 414
 H (mm) = 1010
 Aort(mm²) = 422000
 Ao (mm²) = 7920
 A (mm²) = 27240
 q (Kg/m) = 229.69
 G (Kg) = 4467.44

1.KISIT DEĞERİ= -65.152
 2.KISIT DEĞERİ= -0.720
 3.KISIT DEĞERİ= -1.001
 4.KISIT DEĞERİ= -0.725
 5.KISIT DEĞERİ= -3.245

 MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴) =	2.539262E+09
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	4.159124E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	1.019412E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	7761921
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	3696490
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	16.430
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	7.355
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	29.420
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	27.703
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	2.029
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	94.837
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.844
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	94.848
EM.DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	126.000
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.251
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	219.725
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160.000
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000.00
L _{pe} /h	α ₁ (-) =	0.129
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	12.394
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	296.080
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	223.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm) =	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-) =	0.308
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	410.632
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²) =	231.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	12.623
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	4.395

Bu defa da ikinci örnek için kesit oranları değiştirilerek yeni kiriş tipleri aranmıştır. Daha ince bir yapı elde etmek için levha kalınlıkları da 8 mm ve 6 mm olarak alınmıştır. Bu örnekte $B = 290$ mm alındığında kısıtların sağlanmadığı görülmüş ve B değerleri olarak 490 ve 690 mm kullanılmıştır. h/B oranları bilgisayar programı ile denenmiş ve tüm kısıtları sağlayan kesit oranları belirlenmiştir.

Bu örnekte h/B oranları 1,8'den 3'e kadar 0,2 aralıklarla alınmıştır.

Bu örnek için optimum bölge

$B = 490$ mm için $h/B = 2,6 - 3$

$B = 690$ mm için $h/B = 1,8 - 2,2$

olarak tespit edilmiştir.

Kesit oranlarının değiştirilmesi ile kiriş ağırlığının nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu şekilde elde edilen bilgisayar çıktılarından daha pek çok değer değişimini incelemek mümkün olmuştur.

$$h/B=2.6$$

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	1274
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	1290
Aort	(mm ²)	=	543568
Ao	(mm ²)	=	7644
A	(mm ²)	=	24728
q	(Kg/m)	=	212.35
G	(Kg)	=	4130.18

- 1.KISIT DEĞERİ= -72.243
- 2.KISIT DEĞERİ= -1.576
- 3.KISIT DEĞERİ= -0.439
- 4.KISIT DEĞERİ= -0.786
- 5.KISIT DEĞERİ= -1.998

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴) =	2.539262E+09
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴) =	5.951139E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴) =	9.674134E+08
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³) =	8649557
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³) =	3469419
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ1 (N/mm ²) =	13.796
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ2 (N/mm ²) =	6.600
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ3 (N/mm ²) =	26.401
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ4 (N/mm ²) =	27.956
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ5 (N/mm ²) =	2.162
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σmax (N/mm ²) =	87.743
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τmax (N/mm ²) =	0.908
BİLEŞİK GERİLME	σv (N/mm ²) =	87.757
EM.DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σD(-1)EM(N/mm ²) =	126.000
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.232
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σDz(x)em (N/mm ²) =	218.983
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σZem(N/mm ²) =	160.000
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe(mm) =	2000.00
Lpe/h	a1 (-) =	0.129
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σe (N/mm ²) =	4.210
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σvki (N/mm ²) =	100.567
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σvk (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm) =	430.000
Lpe/bt	a2 (-) =	0.308
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σvpi (N/mm ²) =	262.812
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σvp (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	12.831
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz) =	4.488

$$h/B=2.8$$

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	1372
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	1388
Aort	(mm ²)	=	585120
Ao	(mm ²)	=	8232
A	(mm ²)	=	25904
q	(Kg/m)	=	222.85
G	(Kg)	=	4334.45

1.KISIT DEĞERİ=	-77.991
2.KISIT DEĞERİ=	-3.492
3.KISIT DEĞERİ=	-0.564
4.KISIT DEĞERİ=	-0.960
5.KISIT DEĞERİ=	-2.985

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴) =	2.539262E+09
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	7.080802E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	1.017943E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	9593266
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	3670859
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	12.957
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	5.951
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	23.804
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	27.315
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	2.043
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	81.995
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.852
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	82.009
EM.DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	126.000
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.231
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	218.908
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160.000
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000.00
L _{pe} /h	α ₁ (-) =	0.129
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	3.630
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	86.717
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm) =	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-) =	0.308
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	262.812
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	10.916
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	4.678

h/B=3

B	(mm)	=	490
h	(mm)	=	1470
t1	(mm)	=	8
t2	(mm)	=	6

b	(mm)	=	418
H	(mm)	=	1486
Aort	(mm ²)	=	626672
Ao	(mm ²)	=	8820
A	(mm ²)	=	27080
q	(Kg/m)	=	233.35
G	(Kg)	=	4538.72

- 1.KISIT DEĞERİ= -82.952
- 2.KISIT DEĞERİ= -5.022
- 3.KISIT DEĞERİ= -0.688
- 4.KISIT DEĞERİ= -1.132
- 5.KISIT DEĞERİ= -3.761

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴) =	2.539262E+09
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	8.334802E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	1.068675E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	10576069
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	3873401
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	12.222
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	5.398
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	21.592
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	26.733
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	1.936
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	77.035
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.804
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	77.048
EM.DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	126.000
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.229
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	218.833
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160.000
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000.00
L _{pe} /h	α ₁ (-) =	0.129
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	3.162
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	75.543
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm) =	430.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-) =	0.308
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	262.812
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _v (N/mm ²) =	219.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	9.385
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	4.846

$$h/B=1.8$$

B (mm)	=	690
h (mm)	=	1242
t1 (mm)	=	8
t2 (mm)	=	6

b (mm)	=	618
H (mm)	=	1258
Aort (mm ²)	=	780000
Ao (mm ²)	=	7452
A (mm ²)	=	27544
q (Kg/m)	=	240.58
G (Kg)	=	4679.20

- 1.KISIT DEĞERİ= -89.945
- 2.KISIT DEĞERİ= -2.917
- 3.KISIT DEĞERİ= -0.891
- 4.KISIT DEĞERİ= -0.531
- 5.KISIT DEĞERİ= -2.394

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	I _{x0} (mm ⁴) =	2.539262E+09
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	6.863411E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	2.13535E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	10294607
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	5517726
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	12.888
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	5.546
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	22.182
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	19.175
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	1.359
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	70.039
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.877
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	70.055
EM.DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	126.000
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.263
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	220.229
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160.000
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000.00
L _{pe} /h	α ₁ (-) =	0.129
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	4.430
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	105.790
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm) =	630.000
L _{pe} /b _t	α ₂ (-) =	0.308
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	122.440
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²) =	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	11.491
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	4.562

 $h/B=2$

B (mm) = 690
h (mm) = 1380
t1 (mm) = 8
t2 (mm) = 6

b (mm) = 618
H (mm) = 1396
Aort (mm²) = 866112
Ao (mm²) = 8280
A (mm²) = 29200
q (Kg/m) = 256.03
G (Kg) = 4979.86

1.KISIT DEĞERİ= -96.318
2.KISIT DEĞERİ= -5.211
3.KISIT DEĞERİ= -1.115
4.KISIT DEĞERİ= -0.755
5.KISIT DEĞERİ= -3.583

MUKAVEMET HESAPLARI

İLK ATALET MOMENTİ	Ixo (mm ⁴) =	2.539262E+09
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Ix (mm ⁴) =	8.725248E+09
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	Iy (mm ⁴) =	2.291423E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wx (mm ³) =	11833372
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	Wy (mm ³) =	5957685
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_1 (N/mm ²) =	11.830
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ_2 (N/mm ²) =	4.824
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_3 (N/mm ²) =	19.298
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ_4 (N/mm ²) =	18.569
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ_5 (N/mm ²) =	1.259
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ_{max} (N/mm ²) =	63.667
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ_{max} (N/mm ²) =	0.798
BİLEŞİK GERİLME	σ_v (N/mm ²) =	63.682
EM.DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	$\sigma_D(-1)EM$ (N/mm ²) =	126.000
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.262
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	$\sigma_{Dz(x)em}$ (N/mm ²) =	220.163
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ_{Zem} (N/mm ²) =	160.000
PERDELER ARASI MESAFE	Lpe (mm) =	2000.00
Lpe/h	α_1 (-) =	0.129
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ_e (N/mm ²) =	3.588
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vki} (N/mm ²) =	85.698
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	bt (mm) =	630.000
Lpe/bt	α_2 (-) =	0.308
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ_{vpi} (N/mm ²) =	122.440
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ_{vp} (N/mm ²) =	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	9.196
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	fo (Hz) =	4.806

$$h/B=2.2$$

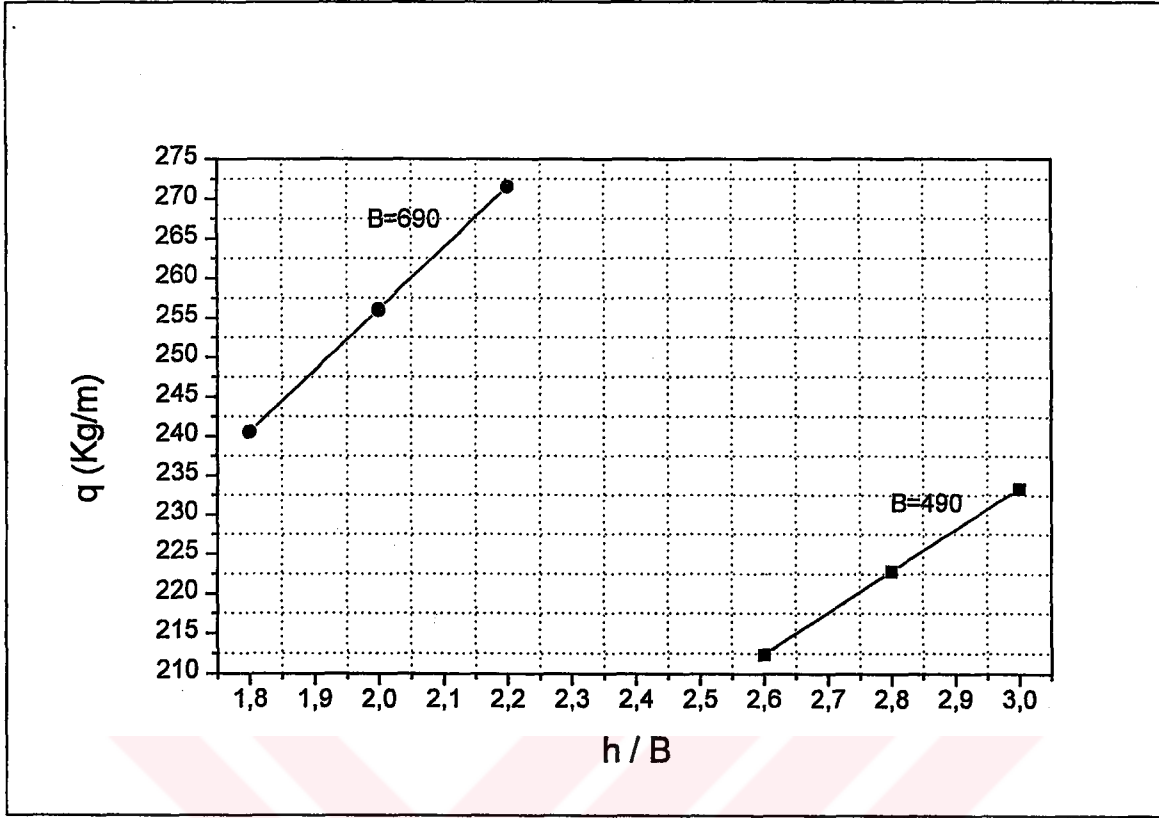
B (mm)	=	690
h (mm)	=	1518
t1 (mm)	=	8
t2 (mm)	=	6

b (mm)	=	618
H (mm)	=	1534
Aort (mm ²)	=	952224
Ao (mm ²)	=	9108
A (mm ²)	=	30856
q (Kg/m)	=	271.49
G (Kg)	=	5280.52

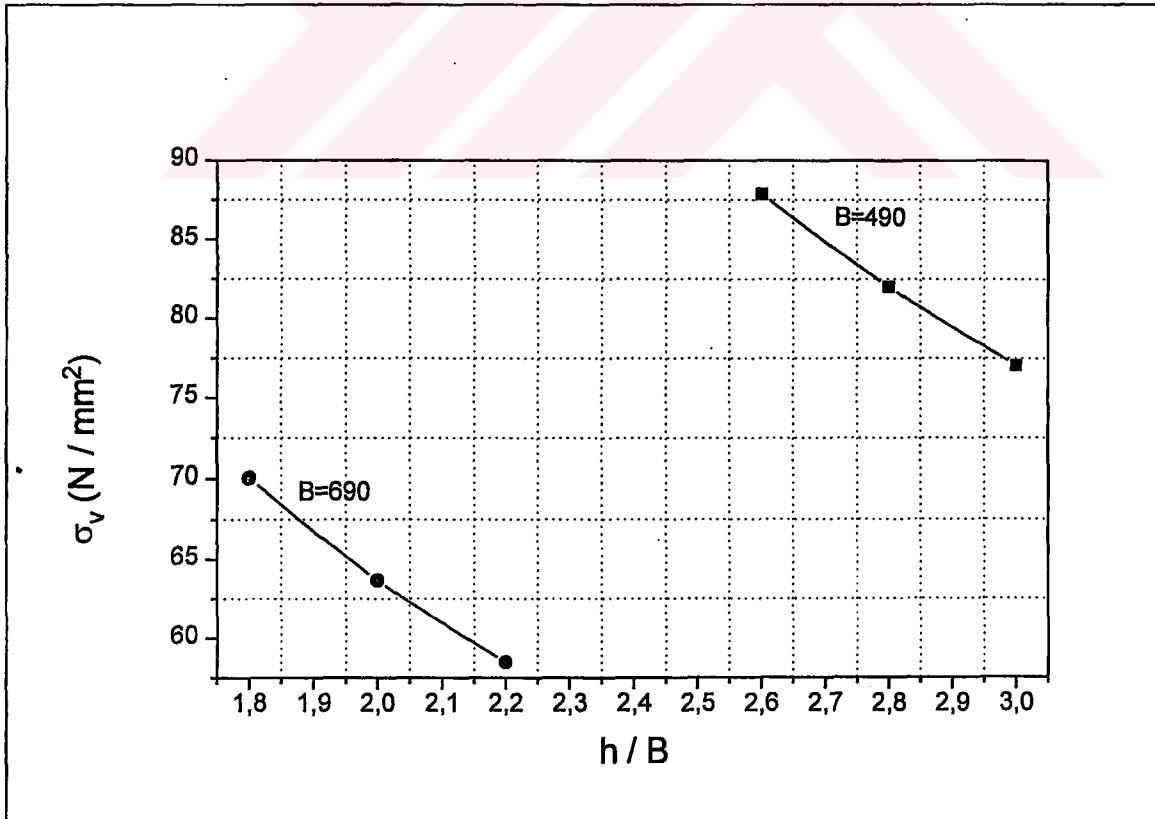
- 1.KISIT DEĞERİ= -101.523
- 2.KISIT DEĞERİ= -6.896
- 3.KISIT DEĞERİ= -1.335
- 4.KISIT DEĞERİ= -0.975
- 5.KISIT DEĞERİ= -4.429

MUKAVEMET HESAPLARI

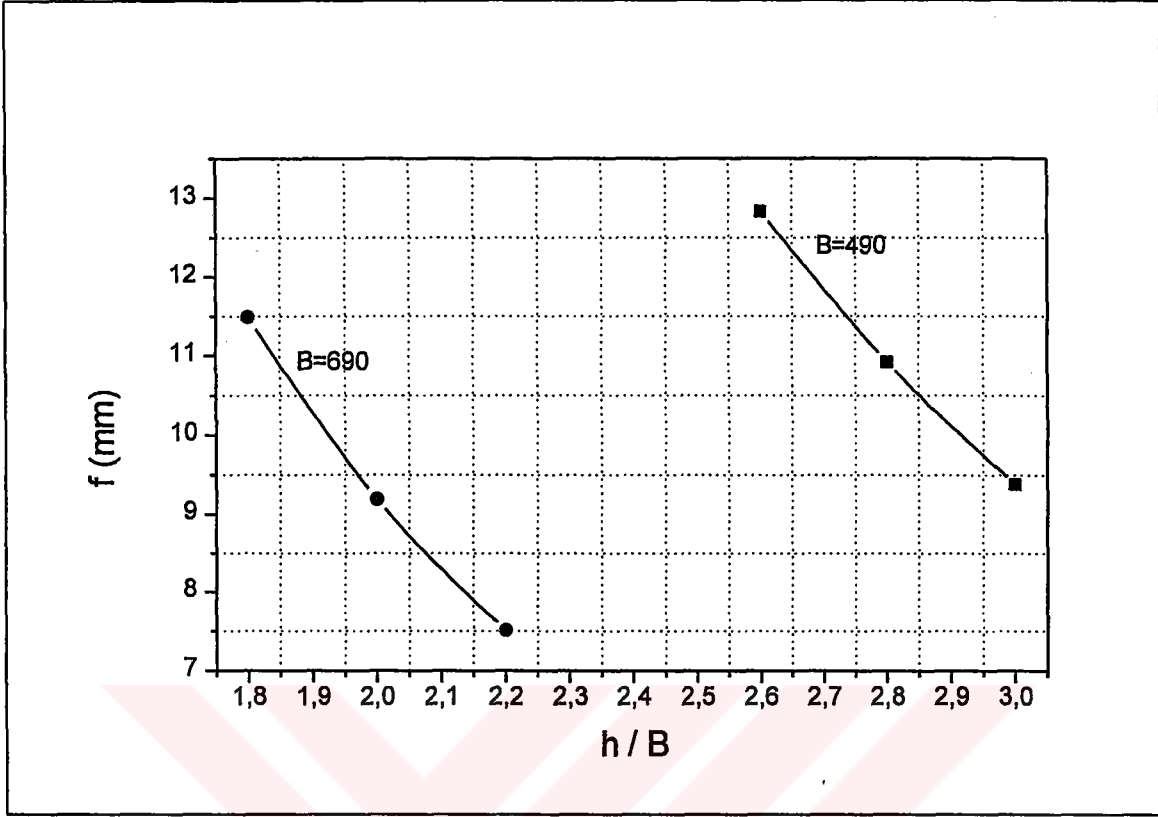
İLK ATALET MOMENTİ	I _{xo} (mm ⁴) =	2.539262E+09
X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _x (mm ⁴) =	1.086499E+10
Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ	I _y (mm ⁴) =	2.448048E+09
X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _x (mm ³) =	13449946
Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ	W _y (mm ³) =	6400288
KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₁ (N/mm ²) =	10.952
ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME	σ ₂ (N/mm ²) =	4.245
KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₃ (N/mm ²) =	16.978
YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME	σ ₄ (N/mm ²) =	18.038
ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME	σ ₅ (N/mm ²) =	1.172
MAKSİMUM NORMAL GERİLME	σ _{max} (N/mm ²) =	58.463
MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ	τ _{max} (N/mm ²) =	0.733
BİLEŞİK GERİLME	σ _v (N/mm ²) =	58.477
EM.DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ	σ _{D(-1)EM} (N/mm ²) =	126.000
SINIR GERİLMELER ORANI	x (-) =	0.260
SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.	σ _{Dz(x)em} (N/mm ²) =	220.096
EMNİYETLİ STATİK GERİLME	σ _{Zem} (N/mm ²) =	160.000
PERDELER ARASI MESAFE	L _{pe} (mm) =	2000.00
L _{pe} /h	a ₁ (-) =	0.129
YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ	σ _e (N/mm ²) =	2.965
YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vki} (N/mm ²) =	70.831
YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vk} (N/mm ²) =	157.000
ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU	b _t (mm) =	630.000
L _{pe} /b _t	a ₂ (-) =	0.308
ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.	σ _{vpi} (N/mm ²) =	122.440
ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.	σ _{vp} (N/mm ²) =	157.000
KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI	f (mm) =	7.511
KİRİŞİN TABİİ FREKANSI	f _o (Hz) =	5.005



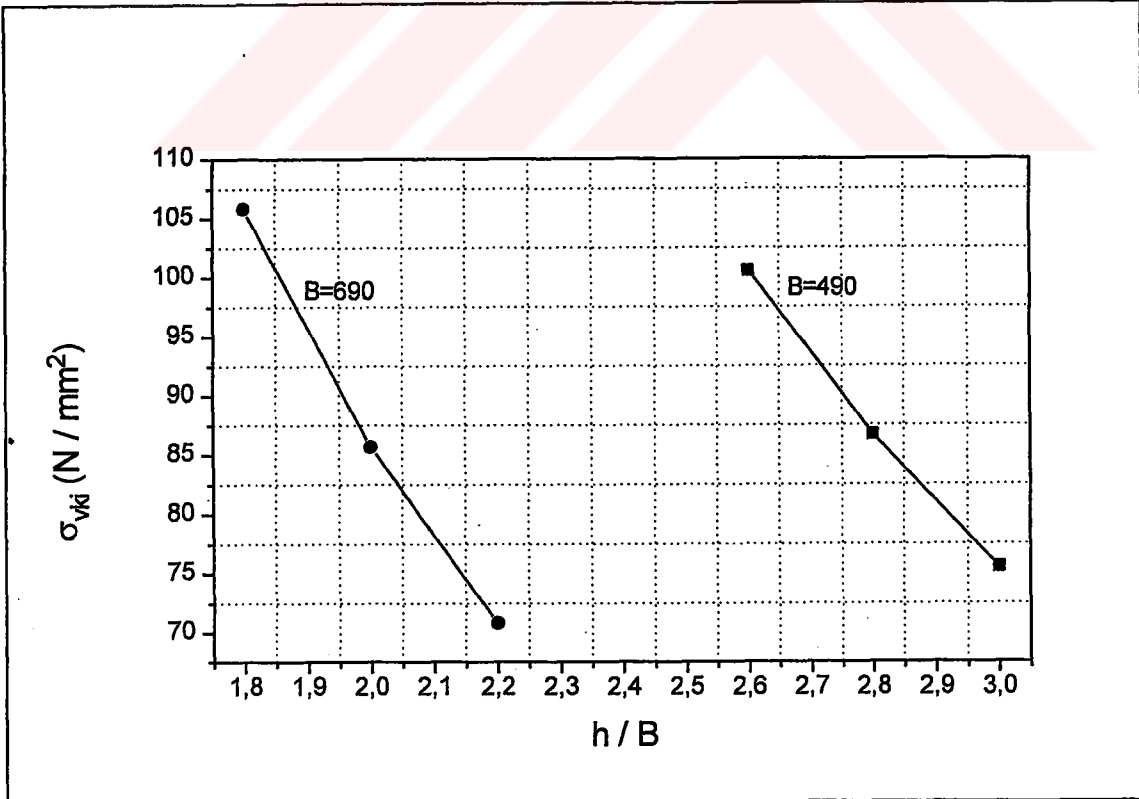
Şekil 6.10 h/B oranına bağlı olarak birim boy ağırlığının değişimi.



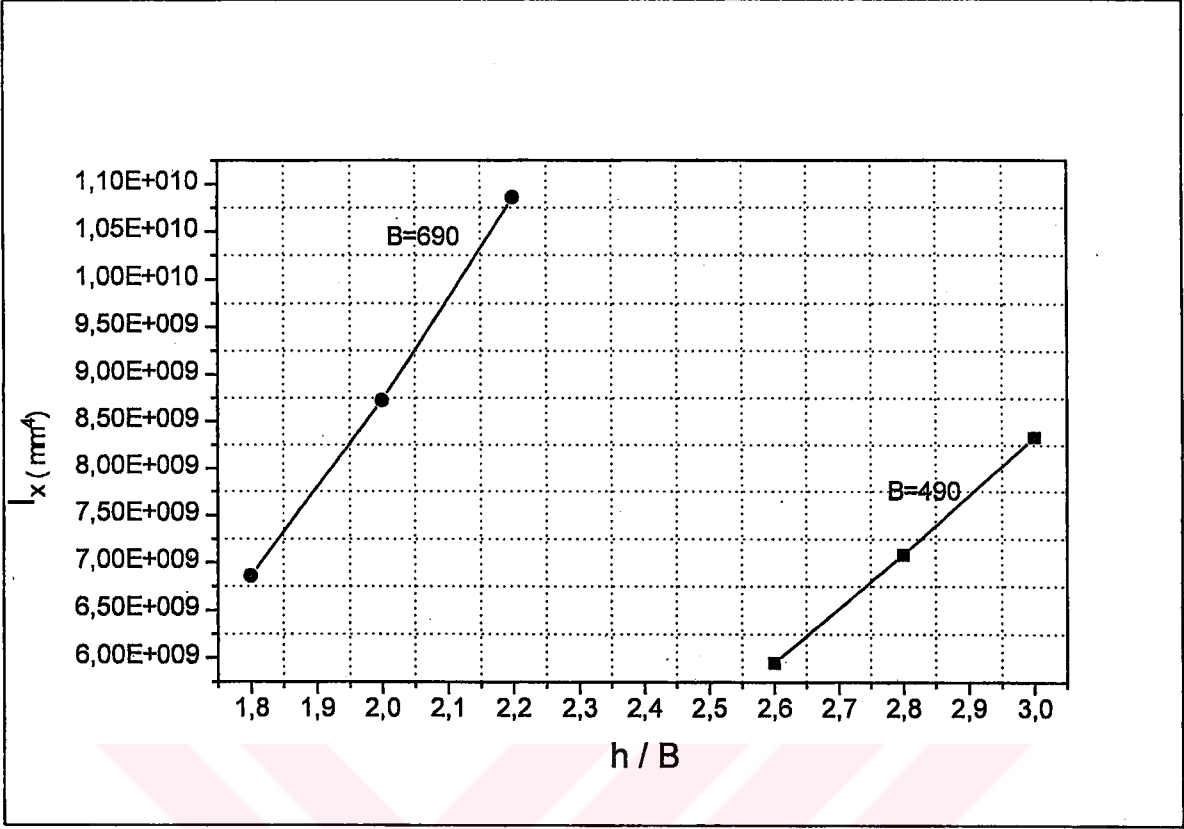
Şekil 6.11 h/B oranına bağlı olarak bileşik gerilme değerlerinin incelenmesi.



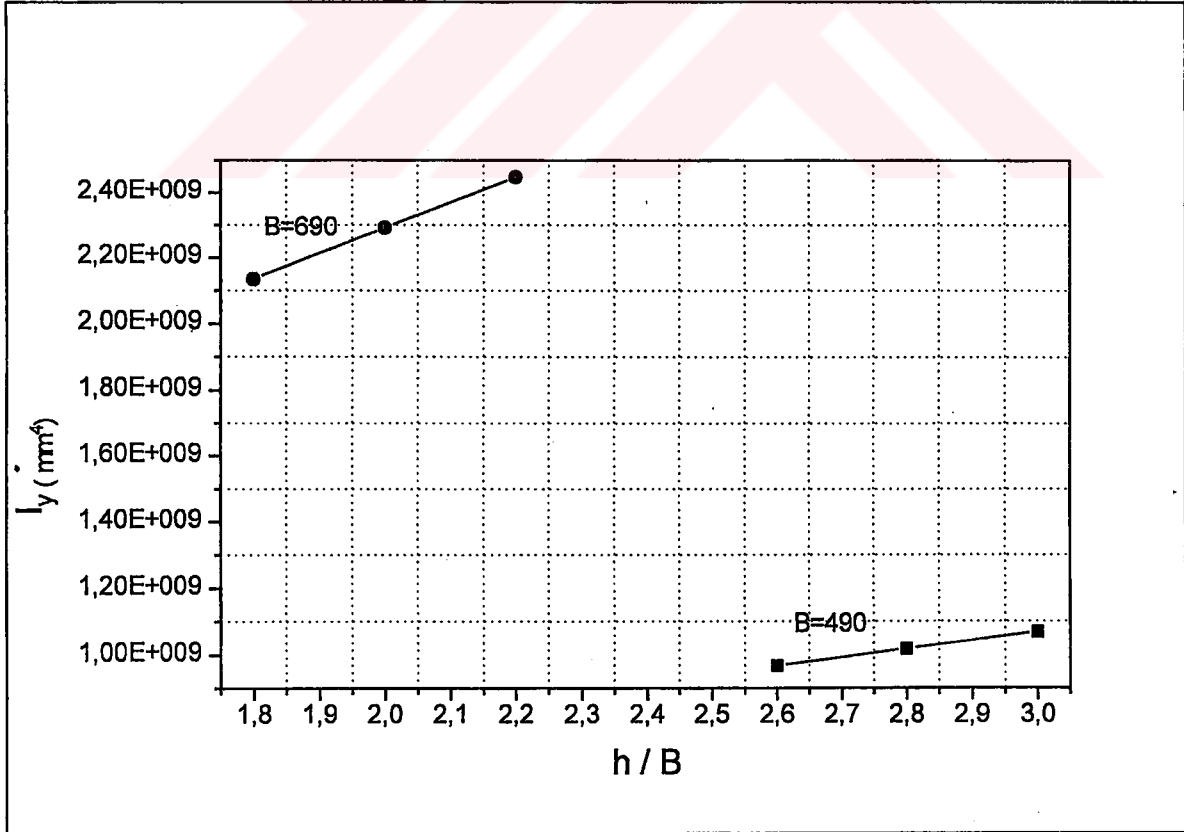
Şekil 6.12 h/B oranına bağlı olarak sehim miktarının değişimi.



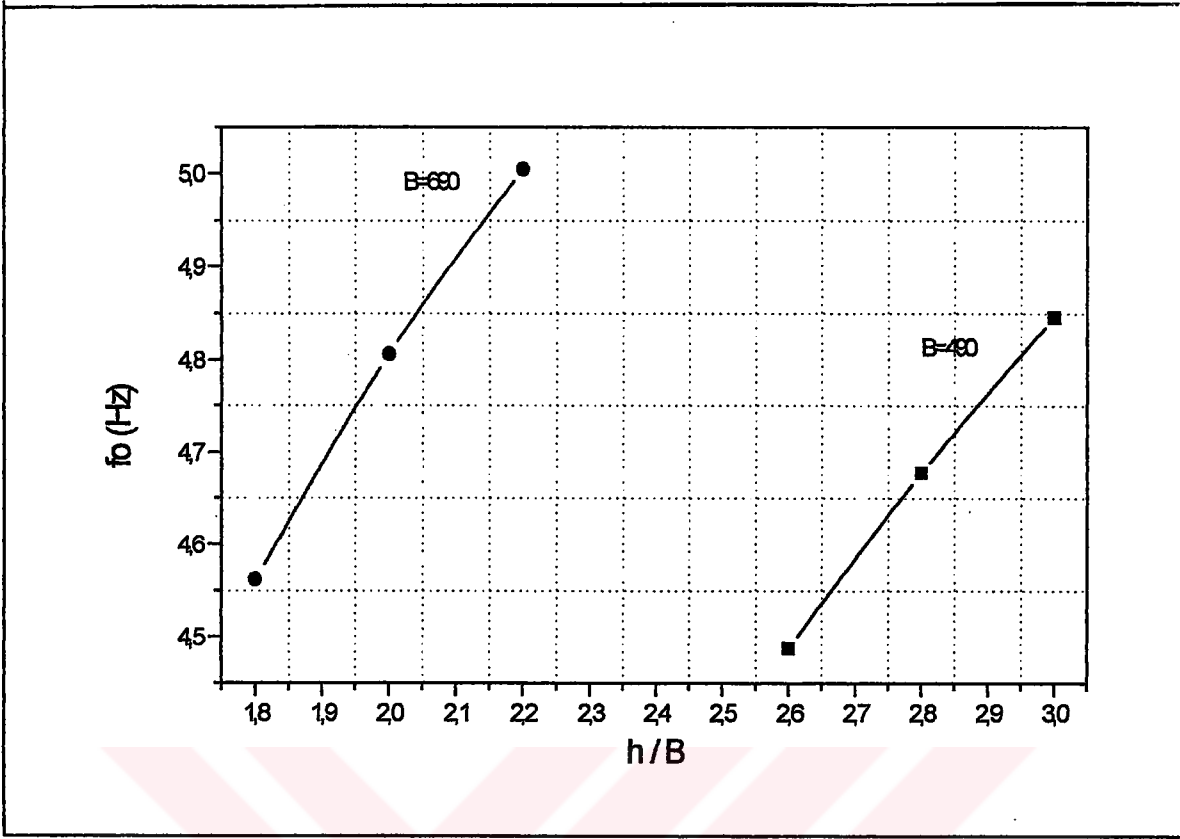
Şekil 6.13 h/B oranına bağlı olarak yan levhalar için ideal flambaj gerilmelerinin değişimi.



Şekil 6.14 h/B oranına bağlı olarak x eksenine göre atalet momentinin değişimi.



Şekil 6.15 h/B oranına bağlı olarak y eksenine göre atalet momentinin değişimi.



Şekil 6.16 h/B oranına bağlı olarak titreşim frekansının değişimi

Şekil 6.10'da görüldüğü gibi $B = 490$ mm için $h/B = 2.6$ olduğunda kısıtlar sağlanmıştır. $q = 212.35$ kg/m değeri minimum ağırlıktır. $B = 690$ mm için h/B ancak 1.8 olduğunda bütün kısıtlar sağlanmıştır. Burada da $q = 240.58$ kg/m değeri minimum ağırlıktır.

Diğer şekillere bakıldığında, bir önceki örnekte olduğu gibi bileşik gerilme, sehim yan levhaların yüzey flambajı değerleri, h/B oranı yükseldikçe düşüş trendindedir. Atalet momentleri ve titreşim frekansları ise yükselme trendindedir.

6.4 Kiriş Uzunluğu, Kaldırma Yüğü ve Araba Ağırlığının Değiştirilmesinin Kiriş Ağırlığı Üzerindeki Etkileri

Kiriş ağırlığı, kiriş uzunluğu ile ani bir şekilde artar. Yayılı yükten dolayı oluşan moment, uzunluğa bağlı bir fonksiyondur. Çünkü yayılı yük kirişin kendi mutlak ağırlığıdır. Momentteki artış uzunluğa göre kiriş ağırlığını artırır. Diğer bir neden de sehimi kısıtlamalarıdır. Benzer bir düşünce ile yayılı yükten oluşan f_1 sehiminin, uzunluğun 4. Dereceden fonksiyonu olduğu görülmektedir. Hareketli yüklerden oluşan f_2 sehimi ise uzunluğun 3. Dereceden fonksiyonudur (Eşitlik 3.102). standartlarda müsaade edilebilir sehimi oranı kiriş uzunluğunun lineer fonksiyonu olarak verilir. Uzunluk kısalduğunda sehimi miktarı düşer bunun nedeni momentin yayılı yüğe daha az bağımlı olmaya başlamasındandır.

Kiriş ağırlığı, kaldırma yüküne göre lineer bir değişim gösterir. Eşitlik 3.43'de hareketli noktasal yükten dolayı oluşan moment ve meydana gelen gerilme kaldırma yükünün lineer fonksiyonudur.

Araba ağırlığı da, kaldırma yükü gibi kiriş ağırlığını lineer olarak değiştirir ancak araba ağırlığı daha küçük olduğundan dolayı, kirişteki ağırlık değişimi de daha küçüktür.

6.4.1 Sayısal uygulama

K01 – K12 arası standart kutu kirişler için kiriş uzunluğu, kaldırma yükü ve araba ağırlığının değiştirilmesi ile bileşik gerilme değerlerinin değişimi incelenmiştir.

Hesaplamalar sırasında aşağıdaki değerler kullanılmıştır.

$$\psi = 1,15 \quad , \quad M = 1 \quad , \quad L/f = 1500$$

$$P_Y \geq 15000 \text{ kg ise } P_A = 2000 \text{ kg}$$

$$5000 < P_Y < 15000 \text{ kg ise } P_A = 1000 \text{ kg}$$

$$P_Y < 5000 \text{ ise } P_A = 750 \text{ kg}$$

Olarak alınmıştır.

Kaldırma yükü olarak en fazla 45 ton, kiriş uzunluğu olarak ta en fazla 30 m alınmıştır. Bileşik gerilme ve diğer kısıtların nonlinear fonksiyonlar olduğu ve grafiklerde parabolik eğriler elde edildiğine dikkat edilecek olursa, K01 ve K12 arası eğriler bileşik gerilme kısıtını ihlal etmeyecek şekilde bilgisayar programı ile kontrol edilerek yerleştirilmişlerdir (Şekil 6.17).

Çizelge 6.2 Standart kutu kirişler için çeşitli kaldırma yükleri ve çeşitli kiriş uzunluklarında bileşik gerilme değerlerinin incelenmesi.

K01		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	3.7	158.573
40	3.8	146.516
35	3.9	133.533
30	4.3	127.818
25	4.6	118.902
20	5.1	110.355
15	5.9	103.099
10	7.1	85.814
8	8.0	84.179
7	8.4	81.614
6	8.9	79.490
5	9.9	81.891
4	11.0	80.405
3	12.0	79.554
2	15.0	96.490
1	20.0	134.071
0,4	30.0	KISIT 1

K02		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	4.2	158.404
40	4.3	145.904
35	4.6	139.072
30	5.0	132.769
25	5.5	125.853
20	6.1	117.181
15	7.0	109.136
10	8.6	94.500
8	9.6	92.820
7	10.3	93.251
6	10.9	91.644
5	12.1	95.680
4	13.8	99.865
3	15.5	106.106
2	19.0	130.379
1	24.0	KISIT 1
0,6	30.0	KISIT 1

K03		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	5.8	KISIT1
40	6.0	159.735
35	6.3	149.586
30	6.7	139.936
25	7.3	131.910
20	8.1	123.870
15	9.5	120.055
10	11.8	109.259
8	13.1	109.294
7	14.0	111.101
6	15.0	113.203
5	16.5	119.841
4	18.0	121.526
3	20.5	136.729
2	24.2	KISIT 1
1	30.0	KISIT 1

K04		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	6.1	159.577
40	6.3	148.706
35	6.6	139.048
30	7.0	129.873
25	7.7	123.965
20	8.6	117.730
15	10.0	113.825
10	12.3	103.838
8	13.8	106.387
7	14.8	109.413
6	15.9	112.831
5	17.3	118.674
4	19.2	125.177
3	22.0	144.387
2	26.0	KISIT 1
1,5	30.0	KISIT 1

K05		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	6.4	150.645
40	6.7	142.491
35	7.0	133.026
30	7.5	125.833
25	8.4	122.890
20	9.5	119.057
15	11.0	115.740
10	13.5	107.558
8	14.9	109.153
7	16.0	113.337
6	16.9	114.969
5	18.5	123.201
4	20.5	131.381
3	23.0	148.189
2	30.0	KISIT1

K06		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	6.7	138.908
40	7.0	131.198
35	7.4	124.053
30	8.0	118.506
25	9.0	116.263
20	10.2	112.389
15	11.9	109.036
10	14.5	99.280
8	15.8	97.423
7	17.0	100.313
6	18.0	100.881
5	20.0	108.895
4	22.0	116.186
3	25.0	131.277
2.5	30.0	KISIT1

K07		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	7.0	123.574
40	7.5	120.112
35	8.2	118.084
30	9.1	116.491
25	10.0	111.778
20	11.4	109.594
15	13.0	104.699
10	15.5	94.815
8	17.4	98.283
7	18.7	102.073
6	19.8	103.753
5	22.0	113.639
4	24.0	122.313
3	30.0	KISIT1

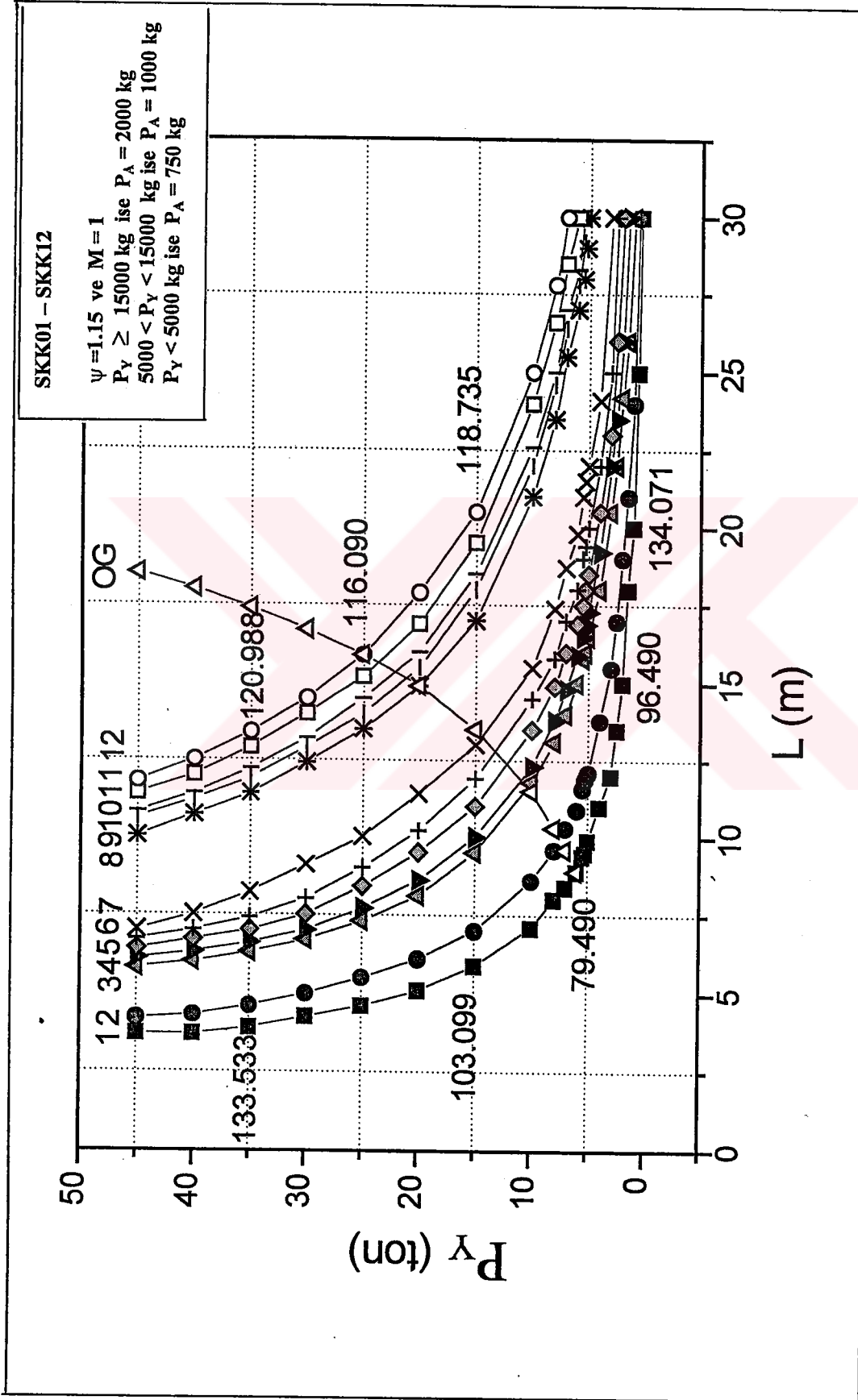
K08		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	10.0	159.322
40	10.7	155.279
35	11.4	149.144
30	12.4	144.960
25	13.5	139.077
20	14.9	133.290
15	17.0	130.438
10	21.0	130.368
8	23.5	138.723
7	25.5	149.053
6	27.0	154.506
5	30.0	KISIT1

K09		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	10.6	157.559
40	11.2	151.674
35	11.9	145.514
30	12.8	141.252
25	14.0	135.446
20	15.5	130.883
15	18.0	131.997
10	22.0	132.326
8	24.6	141.739
7	26.4	150.390
6	27.8	155.133
5.25	30.0	KISIT1

K10		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	10.8	151.001
40	11.4	145.112
35	12.2	140.273
30	13.2	135.767
25	14.5	131.987
20	16.0	126.967
15	18.5	127.229
10	22.6	126.938
8	25.5	137.729
7	27.0	143.045
6	28.3	146.357
5.5	30.0	156.790

K11		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	11.4	139.005
40	12.0	133.483
35	13.0	131.287
30	14.0	126.978
25	15.9	129.428
20	16.9	120.031
15	19.5	121.686
10	24.0	125.979
8	26.6	134.879
7	28.5	143.820
6	30.0	149.340

K12		
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)
45	11.8	128.019
40	12.5	124.107
35	13.4	120.988
30	14.5	118.170
25	15.9	116.090
20	17.9	116.631
15	20.5	118.735
10	25.0	124.241
8	27.8	135.273
7	30.0	146.973



Şekil 6.17 K01-K12 arası standart kutu kirişler için optimum bileşik gerilme değerlerini veren OG eğrisi

Çizelge 6.2’de her bir standart kutu kirişi için bileşik gerilmenin minimum olduğu değerler görülmektedir. Bileşik gerilme kısıtı sağlanmadığı zaman program tarafından KISIT 1 ifadesi yazılmıştır. Şekil 6.17’de ise minimum bileşik gerilme (σ_v) değerlerinin birleştirilmesi ile oluşan optimum OG eğrisi elde edilmiştir. Böylece her bir standart kutu kiriş için minimum gerilme değerini veren kaldırma yükü ve kiriş uzunluğu saptanmıştır. K12’den sonra gelen kirişler de incelenmiş ve $P_v = 45$ ton için K22’de minimum σ_v değeri elde edilmiştir. Bu şekilde OG eğrisinin üst noktası da bulunmuştur.

6.4.2. Sayısal uygulama

Bir önceki örnekte sadece bileşik gerilme kısıtı kontrol edilmişti. Sehim kısıtına bakıldığında $L = 20$ m’den sonra sehim kısıtının sağlanmadığı görülmüştür. 30 m’nin üstündeki köprü açıklıkları için K12-K24 arası kirişlerin daha uygun olduğu görülmüştür.

Bu örnekte kiriş uzunluğu en fazla 20 m alınmıştır. çizelge 6.3’de çeşitli kaldırma yükleri ve çeşitli kiriş uzunluklarında her bir standart kutu kiriş için bileşik gerilme, sehim, yan ve üst levhalar için buruşma değerleri incelenmiş ve kısıtları sağlamayan değerlerin yerine KISIT ifadesi yazılmıştır.

Çizelge 6.3 Standart kutu kirişler için çeşitli kaldırma yükleri ve çeşitli kiriş uzunluklarında bileşik gerilme, sehim ve flambaj değerlerinin incelenmesi.

K01						
B = 290		h=490	$t_1 = 6$	$t_2 = 6$	(mm)	
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)	f (mm)	σ_{vki} (N/mm ²)	σ_{vfi} (N/mm ²)	
45	2.5	106.481	0.697	643.985	520.395	
40	2.5	98.251	0.688	646.122	520.154	
35	2.6	89.438	0.667	648.201	519.922	
30	2.8	85.448	0.778	653.713	519.320	
25	3.1	79.316	0.879	658.175	518.844	
20	3.4	73.327	1.021	662.998	518.343	
15	3.9	68.022	1.286	688.225	517.814	
10	4.7	55.665	1.561	672.547	517.387	
8	5.3	53.847	1.896	674.725	517.175	
7	5.6	51.735	1.987	675.522	517.098	
6	5.9	49.793	2.115	676.343	517.019	
5	6.6	50.389	2.593	677.437	516.915	
4	7.3	48.128	2.997	678.276	516.835	
3	8.0	46.188	3.281	678.900	516.776	
2	10.0	53.089	5.468	679.654	516.705	
1	13.3	68.589	11.236	680.036	516.669	
0.4	20.0	123.182	KISIT2	680.126	516.659	

K02						
B = 290		h=490	$t_1 = 8$	$t_2 = 6$	(mm)	
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)	f (mm)	σ_{vki} (N/mm ²)	σ_{vfi} (N/mm ²)	
45	2.8	107.597	0.942	645.311	924.881	
40	2.9	98.966	0.916	647.182	924.508	
35	3.1	94.111	1.022	651.629	923.636	
30	3.3	89.557	1.177	656.405	922.723	
25	3.7	84.561	1.371	661.067	921.853	
20	4.1	78.250	1.576	665.303	921.081	
15	4.7	72.099	1.912	669.708	920.296	
10	5.7	60.878	2.463	673.898	919.565	
8	6.4	58.714	2.903	675.666	919.261	
7	6.9	58.231	3.264	676.560	919.108	
6	7.3	56.404	3.472	677.235	918.994	
5	8.1	57.601	4.246	678.111	918.845	
4	9.2	58.061	5.398	678.886	918.715	
3	10,3	59.433	6.603	679.409	918.627	
2	12.7	69.277	10.643	679.864	918.551	
1	16.0	86.525	KISIT2	680.080	918.515	
0.6	20.0	120.026	KISIT2	680.129	918.506	

K03						
B = 290		h=690	t ₁ = 6	t ₂ = 6	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	3.9	117.324	1.530	335.423	518.282	
40	4.0	109.165	1.529	336.006	518.152	
35	4.2	101.889	1.581	336.763	517.985	
30	4.5	94.891	1.672	337.618	517.798	
25	4.9	88.853	1.863	338.630	517.579	
20	5.4	82.594	2.122	339.649	517.361	
15	6.3	78.522	2.736	340.804	517.116	
10	7.9	68.826	3.651	341.784	516.911	
8	8.7	67.146	4.248	342.151	516.834	
7	9.3	67.125	4.739	342.332	516.797	
6	10.0	67.080	5.282	342.492	516.763	
5	11.0	69.210	6.343	342.653	516.730	
4	12.0	67.776	7.107	342.774	516.705	
3	13.7	73.330	9.326	342.883	516.683	
2	16.1	84.614	13.727	342.956	516.668	
1	20.0	108.173	KISIT2	342.992	516.660	

K04						
B = 290		h=690	t ₁ = 8	t ₂ = 6	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	4.1	109.952	1.561	334.510	921.753	
40	4.2	102.139	1.551	335.136	921.503	
35	4.4	95.109	1.591	335.943	921.181	
30	4.5	88.345	1.667	336.885	920.816	
25	5.1	83.593	1.912	338.132	920.332	
20	5.7	78.403	2.223	339.330	919.874	
15	6.7	74.257	2.792	340.469	919.406	
10	8.2	64.819	3.623	341.646	919.003	
8	9.2	64.561	4.373	342.092	918.838	
7	9.9	65.192	4.946	342.300	918.761	
6	10.6	65.821	5.577	342.479	918.696	
5	11.5	67.489	6.492	342.640	918.636	
4	12.8	68.565	7.753	342.782	918.584	
3	14.7	76.050	10.492	342.893	918.543	
2	17.3	89.656	15.743	342.962	918.518	
1.5	20.0	108.661	KISIT2	342.985	918.510	

K05						
B = 290		h=690	$t_1 = 10$	$t_2 = 6$	(mm)	
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)	f (mm)	σ_{vKi} (N/mm ²)	σ_{vPi} (N/mm ²)	
45	4.3	104.192	1.607	333.678	144.076	
40	4.5	98.147	1.668	334.591	144.018	
35	4.7	91.181	1.694	335.429	143.966	
30	5.0	85.637	1.831	336.568	143.896	
25	5.6	82.713	2.222	338.080	143.805	
20	6.3	78.893	2.685	339.411	143.725	
15	7.3	74.872	3.328	340.633	143.653	
10	9.0	66.173	4.311	341.714	143.590	
8	9.9	65.220	4.959	342.120	143.566	
7	10.7	66.407	5.650	342.333	143.554	
6	11.3	66.017	6.054	342.487	143.545	
5	12.3	68.873	7.223	342.658	143.535	
4	13.7	70.737	8.652	342.797	143.527	
3	15.3	76.963	11.002	342.896	143.522	
2	20.0	109.045	KISIT2	342.976	143.517	

K06						
B = 490		h=690	$t_1 = 6$	$t_2 = 6$	(mm)	
P_y (ton)	L (m)	σ_v (N/mm ²)	f (mm)	σ_{vKi} (N/mm ²)	σ_{vPi} (N/mm ²)	
45	4.5	92.762	1.868	333.113	148.447	
40	4.7	87.492	1.925	334.102	148.331	
35	4.9	82.549	2.028	335.222	148.307	
30	5.3	78.620	2.254	336.568	148.219	
25	6.0	76.742	2.771	338.181	148.115	
20	6.8	73.510	3.369	339.515	148.031	
15	7.9	70.127	4.277	340.725	147.956	
10	9.7	61.485	5.437	341.744	147.893	
8	10.5	58.917	6.020	342.091	147.872	
7	11.3	59.628	6.915	342.303	147.859	
6	12.0	58.859	7.487	342.456	147.849	
5	13.3	61.877	9.420	342.642	147.838	
4	14.7	62.076	11.083	342.778	147.830	
3	16.7	67.495	14.843	342.886	147.823	
2.5	20.0	85.519	KISIT2	342.949	147.819	

K07						
B = 490		h=690	t ₁ = 8	t ₂ = 6	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	4.7	82.954	1.796	330.937	264.167	
40	5.0	80.440	2.003	332.694	263.955	
35	5.5	78.823	2.349	334.618	263.727	
30	6.1	77.361	2.831	336.458	263.513	
25	6.7	73.666	3.229	337.854	263.353	
20	7.6	71.311	4.001	339.354	263.185	
15	8.7	66.750	4.743	340.528	263.054	
10	10.3	57.870	5.676	341.604	263.936	
8	11.6	58.282	6.960	342.085	262.884	
7	12.5	59.403	8.008	342.308	262.859	
6	13.2	59.189	8.723	342.470	262.842	
5	14.7	63.071	11.078	342.661	262.821	
4	16.1	63.999	12.017	342.794	262.807	
3	20.0	82.341	KISIT2	342.926	262.793	

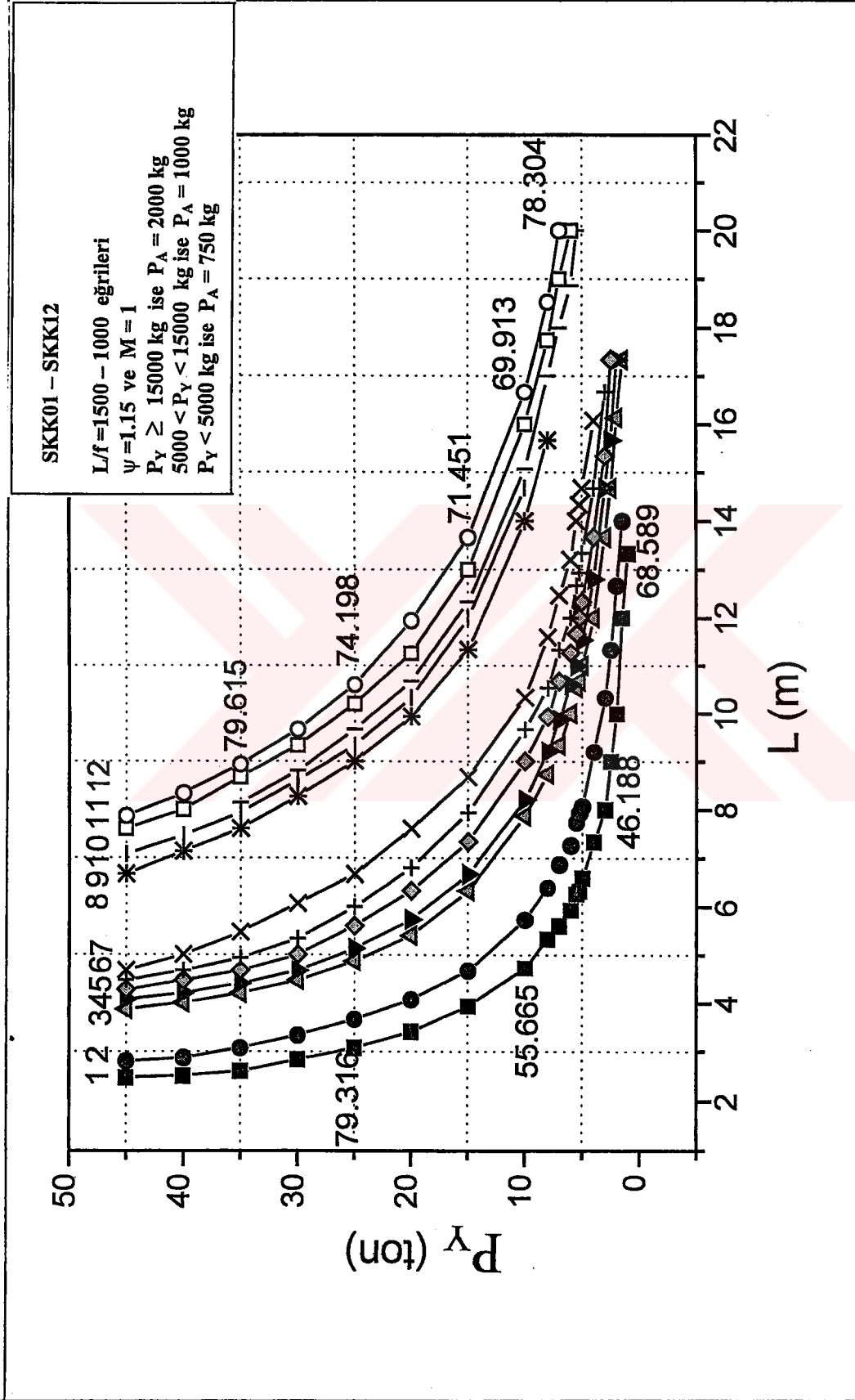
K08						
B = 490		h=690	t ₁ = 10	t ₂ = 6	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	6.7	107.002	4.750	335.684	411.879	
40	7.1	103.809	5.255	336.774	411.682	
35	7.6	99.135	5.662	337.693	411.518	
30	8.3	95.556	6.396	338.722	411.336	
25	9.0	90.620	7.089	339.615	411.180	
20	9.9	85.377	7.963	340.475	411.031	
15	11.3	81.206	9.530	341.348	410.881	
10	14.0	76.685	13.075	342.214	410.734	
8	15.7	78.934	KISIT2	342.508	410.864	
7	17.0	83.026	KISIT2	342.651	410.660	

K09						
B = 490		h=690	t ₁ = 10	t ₂ = 8	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	7.1	105.171	5.370	602.183	411.335	
40	7.5	100.790	5.716	603.171	411.238	
35	7.9	96.107	6.107	604.139	411.143	
30	8.6	92.493	6.836	605.227	411.037	
25	9.3	87.627	7.515	606.176	410.945	
20	10.3	83.160	8.550	607.135	410.853	
15	12.0	81.397	10.879	608.145	410.756	
10	14.7	76.928	14.627	609.006	410.674	
8	16.4	79.702	KISIT2	609.302	410.646	

K10						
B = 490		h=990	t ₁ = 6	t ₂ = 6	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	7.2	101.280	3.707	164.893	KISIT4	
40	7.6	96.879	3.931	165.113	KISIT4	
35	8.1	93.050	4.292	165.352	KISIT4	
30	8.8	89.273	4.770	165.591	147.976	
25	9.7	85.693	5.440	165.826	147.939	
20	10.7	80.948	6.113	166.032	147.907	
15	12.3	78.718	7.645	166.251	147.873	
10	15.1	74.015	10.189	166.443	147.843	
8	17.0	77.591	12.995	166.513	147.832	
7	18.0	79.059	14.456	166.539	147.829	
6	18.9	79.317	15.486	166.559	147.825	
5.5	20.0	83.780	18.011	166.573	147.823	

K11						
B = 490		h=990	t ₁ = 8	t ₂ = 6	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	7.6	93.134	3.735	164.602	263.346	
40	8.0	88.924	3.928	164.851	263.275	
35	8.7	86.745	4.459	165.177	263.183	
30	9.3	83.013	4.888	165.442	263.109	
25	10.6	83.198	6.194	165.786	263.013	
20	11.3	75.725	6.211	165.955	262.967	
15	13.0	74.258	7.757	166.210	262.896	
10	16.0	72.062	10.716	166.435	262.835	
8	17.7	74.626	12.986	166.505	262.815	
7	19.0	77.971	15.100	166.537	262.907	
6	20.0	79.381	16.500	166.559	262.801	

K12						
B = 490		h=990	t ₁ = 10	t ₂ = 6	(mm)	
P _y (ton)	L (m)	σ _v (N/mm ²)	f (mm)	σ _{vKi} (N/mm ²)	σ _{vPi} (N/mm ²)	
45	7.9	85.627	3.621	164.258	411.631	
40	8.3	82.426	3.884	164.582	411.487	
35	8.9	79.615	4.270	164.924	411.335	
30	9.7	76.818	4.758	165.257	411.189	
25	10.6	74.198	5.412	165.581	411.047	
20	11.9	72.723	6.512	165.904	410.907	
15	13.7	71.451	7.986	166.180	410.788	
10	16.7	69.913	10.834	166.425	410.683	
8	18.5	73.586	13.366	166.503	410.650	
7	20.0	78.304	16.000	166.539	410.635	



Şekil 6.18 Standart kutu kirişler için çeşitli kaldırma yükleri ve çeşitli kiriş uzunluklarında bütün kısıt değerlerini sağlayan eğriler ve bileşik gerilme değerleri.

Çizelge 6.3'de bütün kısıt değerlerini sağlayan eğriler görülmektedir. Bu örnekte başlangıçta sehim oranı $L/f = 1500$ olarak alınmıştır. her bir tablonun son birkaç satırında sehim kısıtı sağlanmamış ve bunun üzerine $L/f = 1350$, en son olarak ta $L/f = 1000$ alınarak denenmiştir. Tabloların alt satırlarında görülen kısıt ifadesi $L/f = 1000$ 'i bile sağlayamadığından işlem durdurulmuştur.

K01 kirişi kesit alanı en küçük kiriş olduğu için ancak $P_Y = 1$ ton, $L = 13.3$ m için sehim kısıtını sağlayabilmiştir. Minimum bileşik gerilme değeri ise 46.188 N/mm^2 'dir.

K02 Kirişi $P_Y = 2$ ton, $L = 12.7$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 56.404 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

K03 kirişi $P_Y = 2$ ton, $L = 16.1$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 67.776 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

K04 kirişi $P_Y = 2$ ton, $L = 17.3$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 64.561 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

K05 kirişi $P_Y = 3$ ton, $L = 15.3$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 65.220 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

K06 kirişi $P_Y = 3$ ton, $L = 16.7$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 58.917 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

K07 kirişi $P_Y = 4$ ton, $L = 16.1$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 58.252 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

K08 kirişi $P_Y = 10$ ton, $L = 14$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 76.685 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

K09 kirişi $P_Y = 10$ ton, $L = 14.7$ m'de sehim kısıtını sağlamış ve minimum bileşik gerilme değeri ise 76.298 N/mm² olarak bulunmuştur.

K10 kirişi $P_Y = 5.5$ ton ve $L = 20$ m'de sehim kısıtını sağlamış olmasına rağmen $P_Y = 45$ ton, 40 ton ve 35 ton için üst başlık levhası yüzey flambajı kısıtını (KISIT 4) sağlamamıştır. Burada minimum bileşik gerilme 74.015 M/mm² olarak bulunmuştur.

K11 kirişi $P_Y = 6$ ton, $L = 20$ m'de bütün kısıtlar sağlanmış ve minimum bileşik gerilme değeri 72.062 N/mm² olarak bulunmuştur.

K12 kirişi $P_Y = 7$ ton, $L = 20$ m'de bütün kısıtlar sağlanmış ve minimum bileşik gerilme değeri 69.913 N/mm² olarak bulunmuştur.

Sehim miktarı artan kiriş uzunluğu ile birlikte artış göstermiştir. Bileşik gerilme bir önceki örnekte olduğu gibi gittikçe azalmış belirli bir P_Y ve belirli bir L değerinde minimum değerini aldıktan sonra tekrar artış göstermiştir. Yan levhaların buruşma değerlerinde azalan kaldırma yükü ve artan kiriş uzunluğu karşısında az miktarda artış görülürken, üst levhaların buruşma değerlerinde ise az miktarda düşme görülmüştür.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çift kirişli kutu kesitli köprülü vinçlerin optimum tasarımında kullanılmak üzere ve gerçek tasarım kurallarına uyan bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntemin uygulanması için geliştirilen bilgisayar programı bellek gereksinimi ve işlem süresi bakımından herhangi bir bilgisayarda kullanılabilir niteliktedir.

Elde edilen optimum tasarım sonuçları geçmişte ve yakın zamanlarda ağır sanayi kuruluşları tarafından geliştirilen ve üretilen kirişlerle karşılaştırılmıştır. Optimizasyon kriteri olarak kiriş ağırlığının en aza indirilmesi hedeflenirken, problemin her aşamasında emniyet konusu ön planda tutulmuştur. Bu amaçla geliştirilen optimizasyon yöntemi ile çok daha hassas bir çalışma ortaya çıkmıştır.

Kiriş ağırlığının azaltılmasıyla sağlanan malzeme tasarrufu yanında tekerlek yüklerinin de azalması sonucu taşıyıcı yapının hafifletilmesi olanağı sağlanmaktadır. Aynı boyutlarda olan kirişler arasındaki maliyet farkı kiriş levhalarının hazırlanması ve kaynak işlemleri ile ilgilidir. Uygulamada her iki uçta kısa birer bölüm dışında kiriş kesiti sabit tutulmaktadır. Uçlardaki kesit değişimi ihmal edilerek kiriş kesitinin sabit kaldığı varsayıldığında kesit alanının en aza indirilmesi, kiriş ağırlığının en aza indirilmesi için yeterlidir.

Pratik dizayn optimizasyonu yönteminde, tasarım parametreleri mevcut levha boyutlarını içeren ve daha önceden hazırlanmış olduğumuz listelerden seçilmiş ve bütün kısıtlamaları sağlayan bir çözüm bulununcaya kadar bu işlem tekrarlanmıştır. Kısıtlamaları sağlayan başlık levhası genişliği ve gövde yüksekliği bulundukta sonra, değerler indirilirken öncelik gövde levhası kalınlığına verilmiş ve kısıtlamaları sağlayan en ince gövde levhası belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra alt ve üst başlık levhası kalınlıkları azaltılarak kısıtları sağlayan en düşük değerler bulunmaya çalışılmıştır. Tasarım parametreleri seçilirken sadece bu listelere bağlı kalınmamış h/B kesit oranları değiştirilerek yeni kiriş tipleri aranmıştır. Değerler herhangi bir tasarım parametresinde indirim yapıldığında bir veya daha fazla kısıtlamanın sağlanamayacağı düzeye geldiğinde, yerel bir optimum bulunduğu kabul edilmiştir. İşlemlerin sonunda bulunan yerel optimumlar ile optimum bölge tespit edilmiş ve bu yerel optimumlar karşılaştırılarak, en küçük kesit alanını (veya

en küçük birim boy ağırlığını) veren parametre değerleri optimum çözüm olarak alınmıştır. Yapılan çalışmalar uygulamada optimum çözümün veya optimuma yakın çözümlerin kısa sürede bulunabildiğini göstermiştir. Ayrıca yöntemin, her türlü kısıtlamaların kolayca probleme ilave edilebilmesi ve sonucu etkileyebilecek bir başlangıç noktasının belirlenmesine gereksinim göstermemesi gibi çok önemli ek üstünlükleri de vardır.

Pratikte bir çok dizayn parametrelerine göre optimum hassasiyet bilgisi önemlidir. Bu düşünceyle kiriş uzunluğunun, kaldırma yükünün ve araba ağırlığının değiştirilmesinin kiriş ağırlığı, gerilme, sehim ve flambaj değerleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve kullanıcıya kolaylık sağlayabilecek tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

Sehim kısıtı ve bileşik gerilme kısıtı optimizasyon sırasında en sık aşılacak kısıtlamalar olmuştur. Büyük sehimler için dengelenen uzun kirişlerde kesit oranı limite ulaşmıştır. Kiriş uzunluğunun kiriş ağırlığını birinci derecede etkilediği görülmüştür. Daha sonra yan ve üst levhalara ait yüzey flambajı aktif hale gelmiştir. Titreşim frekansı kısıtı ise sehim kısıtı ile bağlantılıdır. Titreşim analizinde kullanılan Mohrsche metodunda baş kiriş ve vinç hattı da hesaplara dahil edilmiştir. Bu yüzden titreşim konusunun ayrıca incelenmesi önerilir.

Diğer bir öneri ise bilgisayar programı ile ilgilidir. Aynı program I profili veya kaynaklanmış I kesitli bir köprü kirişinin tasarımında kullanılmak istenilirse, I kesitin kutu kesitten farklı olan atalet momentleri ve kayma gerilmeleri gibi formülleri programa yazılır. Dizayn değişkenleri belirlenir. Köprü kirişi tek kiriş olarak düşünülürse bu defa mukavemet formüllerinde bazı değişiklikler yapılır. Örneğin çift kirişli vinçte tekerlek yükleri iki kirişe eşit olarak paylaştırılmıştır. Bu gibi durumlara dikkat etmek gerekir. Programda bu tür değişiklikler yapma serbestliği vardır veya yeni bir program yazılabilir.

Vinç tasarımı bir çok tablo kullanımını gerektirmektedir. Bu tablolardan flambajla ilgili olanı bilgisayar programına yerleştirilmiş ve istenilen değer program tarafından hesaplanmasını sağlayan bir alt program yapılmıştır. Bu tür okuma, her türlü tablo için mümkün olmamaktadır. Ancak ekrandan izleme şeklinde diğer tabloları da program aralarına

yerleştirmek m¼mk¼nd¼r.Bazı Őekilleri de programda g¼stermek m¼mk¼n olabilir.Bu Şekilde b¼y¼k bir k¼t¼phane ve CAD yazılımı ortaya ¼ıkabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Al Garni, A.Z. ve Moustafa, K.A.F. ve Nizami, J., (1955), "Optimal Control of Overhead Cranes", Control Engineering Practice, 3:1277-1284.
- [2] Alışverişçi, M., (1975), "Vinçlerde Emniyet Faktörlerine Etki Yapan Katsayıların İncelenmesi, Yeterlilik Çalışması, İstanbul.
- [3] Alışverişçi, M. ve Arf, D., (1988), "Kiriş Hesapları", Cesan Teknik Yayınları, İstanbul.
- [4] Anon., (1979), "CAD Gives the Crane Makers a Good Lift", Machinery and Production Engineering, 134:58-59.
- [5] Arora, J.S., (1989), "Introduction to Optimum Design", McGraw-Hill, U.S.A.
- [6] Bakioğlu, M. ve Kadioğlu, N. ve Engin, H., (1987), "Mukavemet Problemleri", Cilt 1,2, Beta Yayınları, İstanbul.
- [7] Brainard, C.C., (1978), "The Computer and Its Use in Crane Design", Iron and Steel Engineering Year Book:386-388.
- [8] BS 2573, Part1, (1966), "Specification for Permissible Stresses in Cranes", British Standards Institution.
- [9] Bunday, B.D., (1984), "Basic Optimization Methods", Edward Arnold Publishing Ltd, London.
- [10] Cho, S.W. ve Kwak, B.M., (1984), "Optimal Design of Electric Overhead Crane Girders", Journal of Transmissions ASME, 106:203-208.
- [11] Çalışkan, M.S., (1985), "Computer Aided Design and Optimization of Box Section Crane Girders", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara.
- [12] DIN 4114, Blatt1, (1952), "Stabilitätsfalle (Knickung, Kippung, Beulung)", Stahlbau.
- [13] DIN 4132, (1974), "Kranbahnen, Stahltragwerke, Grundsätze für Berechnung, Bauliche Durchbildung und Ausführung", Beuth-Verlag, Berlin.
- [14] DIN 15018, Teil1, (1984), "Krane Grundsätze für Stahltragwerke Berechnung", Deutsche Norm.
- [15] F.E.M. Section I, (1962), "Rules for the Design of Hoisting Appliances", Federation European de la Manutention.
- [16] Goldberg, D.E., (1989), "Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.

- [17] İnan, M., (1984), "Cisimlerin Mukavemeti", Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [18] Karakuş, S. ve Konuralp, S., (1998), "Köprülü Vinçlerde Kiriş Kesitlerinin Genetik Algoritma Tekniği ile Optimum Tasarımı", 8.Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara.
- [19] Karmakar, R.ve Mukherjee, A., (1990), "Dynamics of Electric Overhead Travelling Cranes", Mechanisms, Machine Theory, 25:29-39.
- [20] Kelly, S.G., (1993), "Fundamentals of Mechanical Vibrations", McGraw-Hill, Singapore.
- [21] Kos, M., (1983), "Kastenträger der Laufbrückenkrane Systematisierung und Typisierung", Der Stahlbau, 7:214-219.
- [22] Kos, M., (1983), "Zweitragerkranbrücke mit Recteckigen Kastentragern", Der Stahlbau, 11:339-343.
- [23] Luenberger, D.G., (1972), "Introduction to Linear and Non-linear Programming", Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.
- [24] Meirovitch, L., (1967), "Analytical Methods in Vibrations", Macmillan Publishing, U.S.A.
- [25] Meirovitch, L., (1986), "Elements of Vibration Analysis", Second Edition, McGraw-Hill, U.S.A.
- [26] Moustafa, K.A.F. ve Ebeid, A., (1988), "Nonlinear Modelling and Control of Overhead Crane Load Sway", Journal of Dynamic Systems and Control, 110:226-227.
- [27] Rao, S.S., (1978), "Optimum Design of Bridge Girders for Electric Overhead Travelling Cranes", Journal of Engineering for Industry, 100:375-382.
- [28] Rao, S.S., (1995), "Mechanical Vibrations", Third Edition, Addison-Wesley, U.S.A.
- [29] Suner, F., (1974), "Vinçler ve Vinç Yolları (DIN 120 ve DIN 4114 Çevirisi)", İDMMA Yayınları, İstanbul.
- [30] Suner, F., (1976), "F.E.M. Vinçler İçin Hesaplama Kuralları (Çeviri)", İDMMA Yayınları, İstanbul.
- [31] Suner, F., (1981), "Kaldırma ve İletme Makinaları", Cilt 1,2,3, İDMMA Yayınları, İstanbul.
- [32] Timoshenko, S. ve Young, D.H., (1968), "Vibration Problems in Engineering", Third Edition, D. Von Nostrand.

[33] Willam, W.S., (1964), "Mechanical Vibrations", Schaum Publishing, U.S.A.

[34] Von Berg, D., (1989), "Krane und Kranbahnen", B.G. Teubner, Stuttgart.



EKLER



EK 1

Önerilen vinç yükleme grubu, ayrıntılı.

NO	VİNCİN TANITIMI		Kaldırma sınıfı	Yükleme Grubu	
1	El ile tahrik edilen vinçler		H1	B1,B2	
2	Montaj Vinçleri		H1,H2	B1,B2	
3	Santralde makine binasındaki vinçler		H1	B2,B3	
4	Depo vinçleri	Aralıklı işletme	H2	B4	
5	Depo, Traversli, Hurdeposu vinçleri	Devamlı işletme	H3,H4	B5,B6	
6	Atölye vinçleri		H2,H3	B3,B4	
7	Köprü vinçleri, Demir hurda depo vinçleri	Kepçe veya magnet	H3,H4	B5,B6	
8	Döküm ve dökümhane vinçleri		H2,H3	B5,B6	
9	Ocak vinçleri		H3,H4	B6	
10	Döküm ve çelik ocak vinçleri		H4	B6	
11	Dövme ve dövme işlerinde kullanılan vinçler		H4	B5,B6	
12	Liman, portal, yarı portal arabalı ve döner vinçler	Kancalı işletme	H2	B4,B5	
13	Liman, portal, yarı portal arabalı ve döner vinçler	Kepçe veya magnet	H3,H4	B5,B6	
14	Hareketli veya sabit bant vinçleri		H1	B3,B4	
15	Dok vinçleri	Kancalı	H2	B3,B4	
16	Liman, Döner, yüzen vinçler	Kancalı	H2	B4,B5	
17	Liman, Döner, yüzen vinçler	Kepçe veya magnet	H3,H4	B5,B6	
18	Ağır yük ve yüzer vinçler		H1	B2,B3	
19	Gemi vinçleri	Kancalı	H2	B3,B4	
20	Gemi vinçleri	Kepçe veya magnet	H3,H4	B4,B5	
21	İnşaat kule vinçleri		H1	B3	
22	Montaj ve dikme vinçleri		H1,H2	B2,B3	
23	Raylı döner vinçler		H2	B3,B4	
24	Raylı döner vinçler		Kepçe veya magnet	H3,H4	B4,B5
25	Demiryolu vinçleri		H2	B4	
26	Mobil ve oto vinçler		H2	B3,B4	
27	Mobil ve oto vinçler		Kepçe veya magnet	H3,H4	B4,B5
28	Ağır yük mobil ve oto vinçleri		H1	B1,B2	

EK 2

DIM q(50), AAX(35), AAY(35)
DIM f11(50), f12(50)

REM SABITLERİN GİRİLMESİ

REM ** ÖRNEK 1' İN VERİLERİ **

PHI = 1.1: GYER = 10: VH = 5: VF = 25: VA = 15: E3 = 210000!
Ry = 40: qus = 40: R = 1200: M = 1: SGMEMN = 160: Lpe = 2000
NBMIN = 1.35: NBMAX = 1.71: KA = 4: KE = 23.9: MALZ = 1
KFF = 1000: SGD1 = 127: SGB = 340
PA = 1700: PY = 6000: L = 15000
BB = 490: h = 690: T1 = 8: T2 = 6

CLS

REM KİRİŞ KESİTİNİN AĞIRLIK MERKEZİ VE ATALET MOMENTİ

REM İLK ATALET MOMENTİ

IXO1 = (PY * (L - R) * (3 * L ^ 2 - (L - R) ^ 2)) / (4000000
* L)
IXOO = KFF * IXO1

REM KİRİŞ KESİTİNİN AĞIRLIK MERKEZİ VE ATALET MOMENTİ

HH = h + 2 * T1: B = BB - 2 * (T2 + 30): A1 = BB * T1: A4 =
A1
A2 = h * T2: A3 = A2: aR = Ry * Ry: BT = B + 2 * T2
ATOP = 2 * A1 + 2 * A2 + aR
YG = (HH * ATOP + 2 * (aR / 2) * (HH + Ry)) / (2 * ATOP)
XG = (BB * ATOP - 2 * aR * ((B + T2 - 3 * BB) / 2)) / (2 *
ATOP)
Y1 = YG - (T1 / 2): Y2 = YG - ((h / 2) + T1): Y4 = HH - (T1 /
2) - YG
Y5 = HH + (Ry / 2) - YG: Y3 = Y2
HT = HH + Ry

X1 = (BB / 2) - XG: X2 = XG - ((T2 / 2) + 30): X3 = 30 + B +
(3 * T2 / 2) - XG
X4 = X1: X5 = X2
Ix1 = (1 / 6) * (BB * T1 ^ 3 + T2 * h ^ 3) + (Ry * Ry ^ 3) /
12
Ix2 = A1 * (Y1 ^ 2 + Y4 ^ 2) + 2 * A2 * Y2 ^ 2 + aR * Y5 ^ 2
IX = Ix1 + Ix2

Iy1 = (1 / 6) * (T1 * BB ^ 3 + h * T2 ^ 3) + (Ry * Ry ^ 3) /
12
Iy2 = 2 * A1 * X4 ^ 2 + A2 * (X2 ^ 2 + X3 ^ 2) + aR * X5 ^ 2

```

IY = Iy1 + Iy2
e1 = YG: e2 = HT - YG
IF e1 > e2 THEN WX = IX / e1 ELSE WX = IX / e2
U1 = BB - XG: U2 = XG
IF U1 > U2 THEN WY = IY / U1 ELSE WY = IY / U2

```

```

qP = (3 * B * (h - 50) * 7.85) / 1000000
qK = (ATOP * 7.85) / 1000
q = (qK + qP) * 1.03
q = q
GKIRIS = q * L / 1000

```

REM HAKIKİ SEHİM ORANI

```

FH1 = PY * (L - R) * (3 * L ^ 2 - (L - R) ^ 2)
FH2 = 4000000 * L * IX
FHH = FH1 / FH2
KFH1 = 1 / FHH

```

REM MOMENTLER

```

M1 = ((q + qus) * GYER * L ^ 2) / (8 * 1000)
M2 = (PA * GYER * (2 * L - R) ^ 2) / (32 * L)
M3 = (PY * GYER * (2 * L - R) ^ 2) / (32 * L)
M4 = .075 * L * ((PHI * (q + qus) * GYER * L) / 1000 + (PA *
GYER / 2))
M5 = .05 * R * (PA + PY) * GYER
FI = 1.2 + .0044 * VH

```

REM GERİLMELER

```

SGM1 = (M1 / WX): SGM2 = (M2 / WX): SGM3 = (M3 / WX)
SGM4 = (M4 / WY): SGM5 = (M5 / WY)
SGMMIN = SGM1 + SGM2
SGMMAX = M * (SGM1 + SGM2 + (FI * SGM3) + SGM4 + SGM5)
Aort = (Y1 + Y4) * (X2 + X3)
Wt = 2 * Aort * T2
Mt = (X2 + .2 * Y5) * (M * PA + FI * PY) / 2
TBUR = Mt / Wt
Fmax = (FI * PY + M * PA) / 2
Ao = T2 * h
Ak = 2 * T2 * h
TKES = Fmax / Ak
TOMAX = TBUR + TKES

```

REM BİLEŞİK GERİLME

```

SGMV = SQR((SGMMAX) ^ 2 + 3 * TOMAX ^ 2)
KISIT1 = SGMV - SGMEMN
IF SGMV < SGMEMN THEN GOTO 10 ELSE LPRINT "KISIT1"
10

```

REM DİNAMİK KONTROL

SGMMIN = SGM1 + SGM2

XX1 = SGMMIN / SGMMAX

FSD1 = 1 - (1 - ((5 * SGD1) / (3 * .75 * SGB))) * XX1

FSDD = SGD1 / FSD1

SGD2 = 5 * FSDD / 3

DEM = 5 * SGD1 / 3

20

REM SEHİM

FEM = L / 1000: Pd = (q + qus) * GYER * L / 1000

f11 = (5 * Pd * L ^ 3) / (384 * E3 * IX): p1 = GYER * (M * PA + FI * PY) / 4

f12 = p1 * (R ^ 3 + 2 * L ^ 3 - 3 * L * R ^ 2) / (48 * E3 * IX)

f = f11 + f12

KISIT2 = f - FEM

IF f < FEM THEN GOTO 30 ELSE LPRINT "KISIT2"

30

9990 REM YAN LEVHALARIN BURUŞMAYA KARŞI KONTROLU

ALFA1 = Lpe / h

SGME1 = 189800 * (T2 / h) ^ 2

KTO1 = (5.34 + (4 / (Lpe / h) ^ 2))

SGMIKI = KE * SGME1: TOKI1 = KTO1 * SGME1

SGMKV1 = SQR((SGMMAX / SGMIKI) ^ 2 + (TOMAX / TOKI1) ^ 2)

SGMKV2 = SGMV / SGMKV1

A2 = SGMKV2

IF MALZ = 2 THEN GOSUB TABLO2

GOSUB TABLO1

SGMVK = AAA

KISIT3 = NBMIN - (SGMVK / SGMV)

IF NBMIN < (SGMVK / SGMV) THEN GOTO 40 ELSE LPRINT "KISIT3"

40

REM UST BASLIK LEVHASININ BURUŞMAYA KARŞI KONTROLU

ALFA2 = Lpe / BT

SGME2 = 189800 * (T1 / BT) ^ 2

KTO2 = (5.34 + (4 / (Lpe / BT) ^ 2))

SGMPI = KA * SGME2: TOPI = KTO2 * SGME2

SMM = SGMMAX / (2 * SGMPI)

MMAK = SQR((SMM ^ 2) + (TOMAX / TOPI) ^ 2)

SGMVP1 = (SGMV / (SMM + MMAK))

A2 = SGMVP1

IF MALZ = 2 THEN GOSUB TABLO2

GOSUB TABLO1

```
SGMVP = AAA
KISIT4 = NBMAX - (SGMVP / SGMV)
IF NBMAX < (SGMVP / SGMV) THEN GOTO 50 ELSE LPRINT "KISIT4"
50 CLS
```

```
REM TİTREŞİM ANALİZİ
```

```
PA = PA * 10: PY = PY * 10
L = L / 1000: IX = IX: q = q * 10: qus = qus * 10
```

```
REM BAŞ KİRİŞ
```

```
IR = 47200000: aR = 2.5: GR = 420
```

```
REM VİNÇ HATTI
```

```
IK = 366600000: LK = 6: GK = 134
P = (PA + PY) / 4
G = (q + qus) * L
GR = 420 * aR
GK = 134 * LK
ALFA = (LK - aR) / (2 * LK)
EPS = 3 * ALFA - 4 * ALFA ^ 3
ALFA1 = aR / L
ALFA2 = LK / L
BETA1 = IR / IX
BETA2 = IK / IX
GBR = G / 2 + GR
GAMA1 = GBR / G
GAMA2 = GK / G
DELTAg = 1 + (2 * ALFA ^ 3 / BETA2) * GAMA2 + (3.2 * ALFA2 ^ 3 / BETA2) * EPS * GAMA1
DELTAp = 1 + (ALFA1 ^ 3 / BETA1) + (ALFA2 ^ 3 / BETA2) * EPS
NU1 = (5 / 8) * (G / P) * DELTAg + DELTAp
U = ((P * (L * 1000) ^ 3) / (48 * E3 * IX)) * NU1
Ug = ((5 * (L * 1000) ^ 3 * G) / (384 * E3 * IX)) * DELTAg
Up = ((P * (L * 1000) ^ 3) / (48 * E3 * IX)) * DELTAp
Umax = Ug + Up : U = U / 10
fo = 5 / SQR(U)
KISIT5 = Umax - FEM
```

```
REM SONUÇLARIN YAZDIRILMASI
```

```
q = q / 10: PA = PA / 10: PY = PY / 10: qus = qus / 10: L = L * 1000
LOCATE 6, 15: PRINT "H/B ="; 2
LOCATE 7, 15: PRINT "B (mm) = "; BB
LOCATE 9, 15: PRINT "h (mm) = "; h
LOCATE 11, 15: PRINT "t1 (mm) ="; T1
LOCATE 12, 15: PRINT "t2 (mm) ="; T2
LOCATE 13, 15: PRINT "b (mm) ="; B
LOCATE 14, 15: PRINT "H (mm) ="; HH
LOCATE 15, 15: PRINT "Aort(mm2) ="; Aort
```

```

LOCATE 16, 15: PRINT "Ao (mm2) ="; Ao
LOCATE 17, 15: PRINT "A (mm2) ="; ATOP
LOCATE 18, 15: PRINT "q (Kg/m) = "; q
LOCATE 19, 15: PRINT "G (Kg) = "; GKIRIS
LOCATE 20, 15: PRINT "1.KISIT DEĞERİ="; KISIT1
LOCATE 21, 15: PRINT "2.KISIT DEĞERİ="; KISIT2
LOCATE 22, 15: PRINT "3.KISIT DEĞERİ="; KISIT3
LOCATE 23, 15: PRINT "4.KISIT DEĞERİ="; KISIT4
LOCATE 24, 15: PRINT "5.KISIT DEĞERİ="; KISIT5
CLS
LOCATE 5, 15: PRINT "VERİLEN DEĞERLER "
LOCATE 7, 15: PRINT "VİNCİN KALDIRMA KAPASİTESİ (Kg) = "; PY
LOCATE 8, 15: PRINT "VİNCİN KÖPRÜ AÇIKLIĞI (m) ="; L
LOCATE 9, 15: PRINT "ARABANIN ÖZ AĞIRLIĞI (Kg) = "; PA
LOCATE 10, 15: PRINT "ARABA TEKERLEK AKS AÇIKLIĞI (m) ="; R
LOCATE 11, 15: PRINT "GEREKLİ SEHİM ORAN KATSAYISI ="; KFF
LOCATE 12, 15: PRINT "VİNCİN KALDIRMA HIZI (m/dak) ="; VH
LOCATE 13, 15: PRINT "VİNCİN YÜRÜME HIZI (m/dak) = "; VF
LOCATE 14, 15: PRINT "ARABANIN YÜRÜME HIZI (m/dak) = "; VA

LOCATE 5, 15: PRINT "VERİLEN DEĞERLERE GÖRE SEÇİLEN DEĞERLER
"
LOCATE 7, 15: PRINT "VİNCİN KALDIRMA SINIFI = H2"
LOCATE 8, 15: PRINT "VİNCİN YÜKLEME GRUBU = B3"
LOCATE 9, 15: PRINT "YÜKLEME GRUBU KATSAYISI (M) = 1"
LOCATE 10, 15: PRINT "ÇENTİK ETKİSİ KATSAYISI = K3"
LOCATE 12, 15: PRINT "YAN LEVHALARDAKİ BURUŞMA İÇİN"
LOCATE 13, 15: PRINT "SINIR GERİLMELER ORANI (X1) = -1"
LOCATE 15, 15: PRINT "ÜST LEVHALARDAKİ BURUŞMA İÇİN"
LOCATE 16, 15: PRINT "SINIR GERİLMELER ORANI (X2) = +1"
LOCATE 18, 15: PRINT "KALDIRMA YÜKÜ KATSAYISI (FI) = 1.222
(-)"
LOCATE 19, 15: PRINT "ÖZ AĞIRLIK KATSAYISI (PHI) = 1.1"
YDŞ = INPUTŞ(1)
SLEEP
LOCATE 4, 15: PRINT " İLK ATALET MOMENTİ Ixo (mm4) ="; IXOO
LOCATE 5, 15: PRINT " X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ Ix
(mm4) ="; IX
LOCATE 6, 15: PRINT " Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ Iy
(mm4) ="; IY
LOCATE 7, 15: PRINT " X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ Wx
(mm3) ="; WX
LOCATE 8, 15: PRINT " Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ Iy
(mm3) ="; WY
LOCATE 9, 15: PRINT " KİRİŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME σ1
(N/mm2) = "; SGM1
LOCATE 10, 15: PRINT " ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME σ2
(N/mm2) = "; SGM2

```

```

LOCATE 11, 15: PRINT " KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME  $\sigma_3$ 
(N/mm2) = "; SGM3
LOCATE 12, 15: PRINT " YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME  $\sigma_4$ 
(N/mm2) = "; SGM4
LOCATE 13, 15: PRINT " ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME  $\sigma_5$ 
(N/mm2) = "; SGM5
LOCATE 14, 15: PRINT " MAKSİMUM NORMAL GERİLME  $\sigma_{max}$  (N/mm2) =
"; SGMMAX
LOCATE 15, 15: PRINT " MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ  $\tau_{max}$  (N/mm2)
= "; TOMAX
LOCATE 16, 15: PRINT " BİLEŞİK GERİLME  $\sigma_v$  (N/mm2) = "; SGMV
LOCATE 17, 15: PRINT " SINIR GERİLMELER ORANI  $\alpha$  (-) ="; XX1
LOCATE 18, 15: PRINT " SÜREKLİ DİN. EM. ÇEKME GERİLMESİ
 $\sigma_{dz}(\alpha)_{em}$  (N/mm2) ="; SGD2

```

SLEEP: CLS

```

LOCATE 4, 15: PRINT " PERDELER ARASI MESAFE  $L_{pe}$  =";  $L_{pe}$ 
LOCATE 5, 15: PRINT " PERDELER ARASI MESAFE/YAN LEVHA
YÜKSEKLİĞİ  $\alpha_1$  (-) ="; ALFA1
LOCATE 6, 15: PRINT " YAN LEVHADA AKİ EULER GERİLMESİ  $\sigma_e$ 
(N/mm2) = "; SGM1
LOCATE 7, 15: PRINT " YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GERİLMESİ  $\sigma_{vki}$ 
(N/mm2) = "; SGMKV2
LOCATE 8, 15: PRINT " YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GERİLMESİ  $\sigma_{vk}$ 
(N/mm2) = "; SGMVK
LOCATE 9, 15: PRINT " ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU  $b_t$  (mm) = ";
BT
LOCATE 10, 15: PRINT "  $L_{pe}/b_t$   $\alpha_2$  (-) = "; ALFA2
LOCATE 11, 15: PRINT " ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GERİLMESİ  $\sigma_{vpi}$ 
(N/mm2) = "; SGMVP1
LOCATE 12, 15: PRINT " ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GERİLMESİ  $\sigma_{vp}$ 
(N/mm2) = "; SGMVP
LOCATE 13, 15: PRINT " KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI
 $f$  (mm) = ";  $f$ 
LOCATE 14, 15: PRINT " KİRİŞİN TABİİ FREKANSI  $f_0$  (Hz) = ";  $f_0$ 

```

LPRINT

LPRINT

LPRINT

LPRINT

LPRINT

LPRINT

LPRINT

LPRINT TAB(12); STRING\$(40, 196)

LPRINT TAB(30); "h/B=2.8"

LPRINT TAB(12); STRING\$(40, 196)

LPRINT TAB(12); "B (mm) = "; BB

```

LPRINT TAB(12); "h (mm) = "; h
LPRINT TAB(12); "t1 (mm) = "; T1
LPRINT TAB(12); "t2 (mm) = "; T2
LPRINT TAB(12); STRING$(40, 196)
LPRINT TAB(12); USING "b (mm) = ### "; B
LPRINT TAB(12); USING "H (mm) = #### "; HH
LPRINT TAB(12); USING "Aort(mm2) = ##### "; Aort
LPRINT TAB(12); USING "Ao (mm2) = ##### "; Ao
LPRINT TAB(12); USING "A (mm2) = #####"; ATOP
LPRINT TAB(12); USING "q (Kg/m) = ####.##"; q
LPRINT TAB(12); USING "G (Kg) = ####.##"; GKIRIS
LPRINT
LPRINT TAB(12); USING "1.KISIT DEĞERİ= ####.##"; KISIT1
LPRINT TAB(12); USING "2.KISIT DEĞERİ= ###.##"; KISIT2
LPRINT TAB(12); USING "3.KISIT DEĞERİ= ###.##"; KISIT3
LPRINT TAB(12); USING "4.KISIT DEĞERİ= ###.##"; KISIT4
LPRINT TAB(12); USING "5.KISIT DEĞERİ= ###.##"; KISIT5
LPRINT
LPRINT TAB(12); " MUKAVEMET HESAPLARI"
LPRINT TAB(12); STRING$(62, 196)
LPRINT TAB(12); " İLK ATALET MOMENTİ Ixo
(mm4) = "; IXOO
LPRINT TAB(12); " X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ Ix
(mm4) = "; IX
LPRINT TAB(12); " Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ Iy
(mm4) = "; IY
LPRINT TAB(12); USING " X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ
Wx (mm3) = #####"; WX
LPRINT TAB(12); USING " Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET MOMENTİ
Wy (mm3) = ##### "; WY
LPRINT TAB(12); USING " KIRIŞ AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME σ1
(N/mm2) = ##.###"; SGM1
LPRINT TAB(12); USING " ARABA AĞIRLIĞINDAN OLUŞAN GERİLME σ2
(N/mm2) = ##.###"; SGM2
LPRINT TAB(12); USING " KALDIRMA YÜKÜNDEN OLUŞAN GERİLME σ3
(N/mm2) = ##.###"; SGM3
LPRINT TAB(12); USING " YATAY ATALET KUV. OLUŞAN GERİLME σ4
(N/mm2) = ##.###"; SGM4
LPRINT TAB(12); USING " ARABA YÜRÜYÜŞÜNDEN OLUŞAN GERİLME σ5
(N/mm2) = ##.### "; SGM5
LPRINT TAB(12); USING " MAKSİMUM NORMAL GERİLME σmax
(N/mm2) = ###.### "; SGMMAX
LPRINT TAB(12); USING " MAKSİMUM KAYMA GERİLMESİ τmax
(N/mm2) = ##.###"; TOMAX
LPRINT TAB(12); USING " BİLEŞİK GERİLME σv
(N/mm2) = ###.### "; SGMV
LPRINT TAB(12); " EMNİYETLİ DİNAMİK MUKAVEMET DEĞERİ σD(-
1)EM = "; SGD1

```

```

LPRINT TAB(12); USING " SINIR GERİLMELER ORANI
x (-) = ###.### "; XX1
LPRINT TAB(12); USING " SÜREKLİ DİN.EM. ÇEKME GER.      σDz(x) em
(N/mm2) = ###.###"; SGD2
LPRINT TAB(12); " STATİK MUKAVEMET DEĞERİ
σZem(N/mm2) = "; SGMEMN
LPRINT TAB(12); " PERDELER ARASI MESAFE
Lpe = "; Lpe
LPRINT TAB(12); USING " Lpe/h
α1 (-) = ###.### "; ALFA1
LPRINT TAB(12); USING " YAN LEVHADAKİ EULER GERİLMESİ      σe
(N/mm2) = ###.###"; SGME1
LPRINT TAB(12); USING " YAN LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.      ovki
(N/mm2) = ###.### "; SGMKV2
LPRINT TAB(12); USING " YAN LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.      ovk
(N/mm2) = ###.###"; SGMVK
LPRINT TAB(12); USING " ÜST LEVHANIN FLAMBAJ BOYU
bt (mm) = ###.### "; BT
LPRINT TAB(12); USING " Lpe/bt
α2 (-) = ###.### "; ALFA2
LPRINT TAB(12); USING " ÜST LEVHA İDEAL FLAMBAJ GER.      ovpi
(N/mm2) = ###.### "; SGMVP1
LPRINT TAB(12); USING " ÜST LEVHA GERÇEK FLAMBAJ GER.      ovp
(N/mm2) = ###.### "; SGMVP
LPRINT TAB(12); USING " KİRİŞTEKİ MAX.SEHİM MİKTARI
f (mm) = ###.###"; f
LPRINT TAB(12); USING " KİRİŞİN TABİİ FREKANSI
fo (Hz) = ###.###"; fo
END
CLS
TABLO1:

```

REM ST 37 İÇİN

```

AAX(1) = 157: AAX(2) = 192: AAX(3) = 200: AAX(4) = 210:
AAX(5) = 220: AAX(6) = 230
AAX(7) = 240: AAX(8) = 250: AAX(9) = 260: AAX(10) = 270:
AAX(11) = 280: AAX(12) = 288
AAX(13) = 290: AAX(14) = 300: AAX(15) = 320: AAX(16) = 340:
AAX(17) = 360: AAX(18) = 380
AAX(19) = 400: AAX(20) = 420: AAX(21) = 440: AAX(22) = 460:
AAX(23) = 480: AAX(24) = 500
AAX(25) = 550: AAX(26) = 600: AAX(27) = 650: AAX(28) = 700:
AAX(29) = 800: AAX(30) = 1000
AAX(31) = 2000: AAX(32) = 2500

```

```

AAY(1) = 157: AAY(2) = 192: AAY(3) = 198: AAY(4) = 204:
AAY(5) = 208: AAY(6) = 211

```

AAY(7) = 214: AAY(8) = 216: AAY(9) = 218: AAY(10) = 219:
 AAY(11) = 221: AAY(12) = 221
 AAY(13) = 222: AAY(14) = 223: AAY(15) = 225: AAY(16) = 227:
 AAY(17) = 228: AAY(18) = 229
 AAY(19) = 230: AAY(20) = 231: AAY(21) = 232: AAY(22) = 232:
 AAY(23) = 233: AAY(24) = 233
 AAY(25) = 234: AAY(26) = 235: AAY(27) = 235: AAY(28) = 236:
 AAY(29) = 237: AAY(30) = 237
 AAY(31) = 239: AAY(32) = 240

FOR I = 1 TO 32
 IF A2 = AAX(I) OR A2 < AAX(I) THEN

GOTO 200

NEXT I

200 AAA = AAY(I)
 RETURN

TABLO2:

REM ST 52 İÇİN

AAX(1) = 157: AAX(2) = 192: AAX(3) = 200: AAX(4) = 210:
 AAX(5) = 220: AAX(6) = 230
 AAX(7) = 240: AAX(8) = 250: AAX(9) = 260: AAX(10) = 270:
 AAX(11) = 280: AAX(12) = 288
 AAX(13) = 290: AAX(14) = 300: AAX(15) = 320: AAX(16) = 340:
 AAX(17) = 360: AAX(18) = 380
 AAX(19) = 400: AAX(20) = 420: AAX(21) = 440: AAX(22) = 460:
 AAX(23) = 480: AAX(24) = 500
 AAX(25) = 550: AAX(26) = 600: AAX(27) = 650: AAX(28) = 700:
 AAX(29) = 800: AAX(30) = 1000
 AAX(31) = 2000: AAX(32) = 2500
 AAY(1) = 157: AAY(2) = 157: AAY(3) = 157: AAY(4) = 157:
 AAY(5) = 157: AAY(6) = 157
 AAY(7) = 157: AAY(8) = 157: AAY(9) = 157: AAY(10) = 157:
 AAY(11) = 157: AAY(12) = 288
 AAY(13) = 290: AAY(14) = 297: AAY(15) = 308: AAY(16) = 315:
 AAY(17) = 320: AAY(18) = 325
 AAY(19) = 328: AAY(20) = 331: AAY(21) = 334: AAY(22) = 336:
 AAY(23) = 338: AAY(24) = 339
 AAY(25) = 343: AAY(26) = 345: AAY(27) = 347: AAY(28) = 348:
 AAY(29) = 251: AAY(30) = 353
 AAY(31) = 357: AAY(32) = 360

FOR I = 1 TO 32
 IF A2 = AAX(I) OR A2 < AAX(I) THEN

GOTO 100

NEXT I

100 AAA = AAY(I)
 RETURN

EK 3

BU PROGRAM STANDART KUTU KİRİŞ LİSTESİNİ HAZIRLAR

BB = ? : h = ? : T1 = ? : T2 = ?

REM KİRİŞ KESİTİNİN AĞIRLIK MERKEZİ VE ATALET MOMENTİ

HH = h + 2 * T1 : B = BB - 2 * (T2 + 30) : A1 = BB * T1 : A4 = A1

A2 = h * T2 : A3 = A2 : aR = Ry * Ry : BT = B + 2 * T2

ATOP = 2 * A1 + 2 * A2 + aR

YG = (HH * ATOP + 2 * (aR / 2) * (HH + Ry)) / (2 * ATOP)

XG = (BB * ATOP - 2 * aR * ((B + T2 - 3 * BB) / 2)) / (2 * ATOP)

Y1 = YG - (T1 / 2) : Y2 = YG - ((h / 2) + T1) : Y4 = HH - (T1 / 2) - YG

Y5 = HH + (Ry / 2) - YG : Y3 = Y2

HT = HH + Ry

X1 = (BB / 2) - XG : X2 = XG - ((T2 / 2) + 30) : X3 = 30 + B + (3 * T2 / 2) - XG

X4 = X1 : X5 = X2

Ix1 = (1 / 6) * (BB * T1 ^ 3 + T2 * h ^ 3) + (Ry * Ry ^ 3) / 12

Ix2 = A1 * (Y1 ^ 2 + Y4 ^ 2) + 2 * A2 * Y2 ^ 2 + aR * Y5 ^ 2

IX = Ix1 + Ix2

Iy1 = (1 / 6) * (T1 * BB ^ 3 + h * T2 ^ 3) + (Ry * Ry ^ 3) / 12

Iy2 = 2 * A1 * X4 ^ 2 + A2 * (X2 ^ 2 + X3 ^ 2) + aR * X5 ^ 2

IY = Iy1 + Iy2

e1 = YG : e2 = HT - YG

IF e1 > e2 THEN WX = IX / e1 ELSE WX = IX / e2

U1 = BB - XG : U2 = XG

IF U1 > U2 THEN WY = IY / U1 ELSE WY = IY / U2

Aort = (Y1 + Y4) * (X2 + X3)

A0 = T2 * h

qP = (3 * B * (h - 50) * 7.85) / 1000000

qK = (ATOP * 7.85) / 1000

q = (qK + qP) * 1.03

q = q

GKIRIS = q * L / 1000

LPRINT

LPRINT

LPRINT TAB(12); "B (mm) = "; BB

LPRINT TAB(12); "h (mm) = "; h

LPRINT TAB(12); "t1 (mm) = "; T1

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

```
LPRINT TAB(12); "t2 (mm) = "; T2
LPRINT TAB(12); USING "b (mm) = ### "; B
LPRINT TAB(12); USING "H (mm) = #### "; HH
LPRINT TAB(12); USING "Aort(mm2) = ##### "; Aort
LPRINT TAB(12); USING "Ao (mm2) = ##### "; Ao
LPRINT TAB(12); USING "A (mm2) = #####"; ATOP
LPRINT TAB(12); USING "q (Kg/m) = ####.##"; q
LPRINT TAB(12); USING "G (Kg) = ####.##"; GKIRIS
LPRINT
LPRINT TAB(12); " X-X EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ IX
(mm4) = "; IX
LPRINT TAB(12); " Y-Y EKSENİNE GÖRE ATALET MOMENTİ Iy
(mm4) = "; IY
LPRINT TAB(12); USING " X-X EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET
MOMENTİ Wx (mm3) = #####"; WX
LPRINT TAB(12); USING " Y-Y EKSENİNE GÖRE MUKAVEMET
MOMENTİ Wy (mm3) = ##### "; WY
END
```

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	2.1.1962	
Doğum yeri	Zonguldak	
Lise	1977 – 1980	Zonguldak M. Çelikel Lisesi.
Lisans	1980 – 1984	Hacettepe üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü.
Yüksek Lisans	1985 – 1987	Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zonguldak Makina Müh. Anabilim Dalı, Konstrüksiyon Programı.
Doktora	1991 – 1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim dalı, Konstrüksiyon Programı.
Çalıştığı Kurum	1985 – Devam ediyor	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi.