

14212

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİLERİN İKİ BOYUTLU HİDROELASTİSİTE TEORİSİ İÇİN

GENEL HESAPLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh.Hakan AKYILDIZ

T. C.

Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Ocak 1990

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 1990

Tez Danışmanı

: Doç.Dr.Ömer BELİK

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof.Mesut SAVCI

Doç.Dr.L.Macit SÜKAN

OCAK, 1990

Ö N S Ö Z

Bana bu konuda çalışma olanağı sağlayan ve her zaman beni destekleyen değerli hocam Sayın Doç.Dr. Ömer BELİK'e teşekkürü bir borç bilirim.

İSTANBUL
OCAK, 1990

HAKAN AKYILDIZ



İ Ç İ N D E K İ L E R

NOTASYON LİSTESİ	-----	iv
ÖZET	-----	vi
SUMMARY	-----	vii
BÖLÜM - 1 - GİRİŞ	-----	1
BÖLÜM 2 - GEMİ KİRİŞİNİN YAPISAL DİNAMİĞİ	----	4
2.1. GİRİŞ	-----	4
2.2. KURU GEMİ YAPISININ GENELLEŞTİRİLMİŞ ATALET YAPISAL SÖNÜM VE KATILIK MATRİSLERİNİN ELDE EDİLiŞİ	-----	4
BÖLÜM 3 - SİMETRİK HAREKETLERDE HİDRODİNAMİK YÜKLERİN HESABI	-----	11
3.1. GİRİŞ	-----	11
3.2. KONFORM DÖNÜŞÜM METODU	-----	11
3.2.1. NÜMERİK ÇÖZÜM	-----	15
BÖLÜM 4 - NÜMERİK HESAPLAMALAR HAKKINDA GENEL AÇIKLAMALAR	-----	17
BÖLÜM 5 - SONUÇLAR	-----	39
KAYNAKLAR	-----	41
EKLER	-----	43
ÖZGEÇMİŞ	-----	65

NOTASYON LİSTESİ

- a : Kuru gemi yapısının genelleştirilmiş kütle matrisi,
 b : Kuru gemi yapısının genelleştirilmiş sönüm matrisi,
 c : Kuru gemi yapısının genelleştirilmiş katılık matrisi,
 A : Hidrodinamik kütle matrisi,
 B : Hidrodinamik sönüm matrisi,
 C : Hidrodinamik katılık matrisi,
 $P(t)$: Temel koordinatlar,
 $Z(t)$: Genelleştirilmiş dalga zorlaması,
 $W_r(x)$: Doğal titreşim şekilleri,
 $V_r(x)$: Kesme kuvveti,
 $M_r(x)$: Eğilme momenti,
 $m(x)$: Birim boya gelen kütle,
 $I_y(x)$: Birim boya gelen dönme atalet momenti,
 $\Theta(x,t)$: Eğilmeden dolayı oluşan dönme,
 $\gamma(x,t)$: Kayma yerdeğiştirmesi.
 $kAG(x)$: Kesme rijitliği,
 $EI(x)$: Eğilme rijitliği,
 δ_{rs} : Kroneker delta fonksiyonu,
 δ : Boyutsuz frekans parametresi ($=\omega^2 B/2g$)
 ρ : Akışkan yoğunluğu,
 ω : Dalga frekansı,
 a_n : Dönüşüm katsayıları,
 g : Yerçekimi ivmesi,
 m_∞ : Eksu kütlelerinin asimtotik değeri,
 $m(\delta)$: Birim boya gelen eksu kütlesi,
 b : Gelen dalganın genliği,
 $P_{2m} q_{2m}$: Açılım katsayıları,
 W : Kompleks potansiyel,
 $\bar{A}$: Gelen dalganın genliğinin hareketin genliğine oranı,

B : Kesit genişliği,
C_n : Kompleks dönüşüm katsayıları,
K : Dalga sayısı ($=\omega^2/g$)
M : Açılım katsayılarının sayısı,
N(δ) : Sönüm katsayıları,
P : Data noktaları sayısı,
N : Dönüşüm katsayılarının sayısı,
S : Kesit alanı,
T : Kesit draftı,
 γ : Euler sabiti,
 ϕ : Hız potansiyeli,
 ψ : Akım fonksiyonu,
 σ : Kesit alanı katsayısı.

Ö Z E T

Dalgalardan dolayı oluşan zorlanmalar, dövünme gibi geçici dinamik yüklerin etkisi ile büyük boyutlara ulaşır. Bu zorlanmalar, deniz sürekli olarak değişen, ancak olasılık hesapları ile tanımlanabilen bir ortam olduğundan çoğu hallerde hassas olarak tahmin edilemez. Bu tahminin iyi yapılabilmesi de geminin hidrodinamik kuvvetlerini ve yükleme durumunu iyi bilmeyi gerektirir.

Bu çalışmada, ağırlık dağılımı belli olan bir geminin "kuru gemi yapısı analizi" yapılmış ve geminin dinamik yük hesaplarının yapılmasında gerekli olan iki boyutlu eksü kütlesi ve sönüm katsayılarının hesaplanmasına çalışılmıştır. Kuru analiz için gemi yapısı bir "Timoshenko Kiriş" olarak düşünülmüştür. İki boyutlu eksü kütlesi ve sönüm katsayılarının hesaplanmasında ise, Lewis-formu ve konform dönüşüm teknikleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Nümerik hesaplamalar sonucunda çok parametrelili konform dönüşüm metodunun özellikle bulb kesitlerinde ve çene hattına haiz kesitlerde daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Lewis formu metodu ise başlangıç aşamasında iyi bir yaklaşım sağlamaktadır.

THE FUNDAMENTAL CALCULATIONS OF THE 2-D HYDROELASTICITY THEORY FOR SHIPS

S U M M A R Y

It will be helpful to discuss the motions and the effects of waves on ships. When the stresses and strains of the hull is considered in a confused sea, the profound consequences of these effects cannot be ignored. These stresses and strains can split the hull and cause loss of human life. Therefore, it is generally assumed that a ship is a flexible structure due to the stresses and strains of the hull. The ship hull which is a flexible structure might be treated as an elastic beam. The estimation of hydrodynamic actions on a hull depend on the assumption that the hull is beamlike. This suggests the Timoshenko beam theory which is a more precise analysis [8], [9].

We have firstly to extract the principal modes and natural frequencies of such a beam. Timoshenko beam is free-free at the ends. Since the slices of the hull rotate about axes that lay in the planes of the cross-section, rotatory motions associated with inertia effects cannot be ignored. There are many ways of extracting the principal modes and natural frequencies of a non-uniform beam vibrating in flexure. The most usefull is the Prohl-Myklestad method [6], [7] which is familiar in vibration theory and which can be made to cater for a Timoshenko beam. Thus, using the Prohl-Myklestad method, we can obtain the bending moment and shearing force distributions corresponding to the natural mode shapes of the beam.

The hull is imagined to be cut into a number of slices. It is convinient to make all the slices of the same thickness. The number of slices to be employed depends on the degree of accuracy that is required and on what use is subsequently to be made of the derived modes and frequencies. Generally, speaking, the greater the number of slices used the greater will be the accuracy of subsequent calculations. In practice, twenty slices at least should be used for most ships.

We shall first discuss symmetric deflections. That is to say, we shall discuss bodily motions of heaving and pitching and distortions in which motions are confined to a vertical plane, preserving symmetry. The distortions

will be assumed to conform to the Timoshenko theory of beam analysis. We shall write the equation of motion of such a beam in matrix form,

$$(a + A) \ddot{p}(t) + (b+B) \dot{p}(t) + (c+C) p(t) = Z(t)$$

Here, a, b and c are the inertia, damping and stiffness matrices of the dryhull. A, B and C are also inertia damping and stiffness matrices due to fluid actions, respectively. The values of A, B and C depend upon which of the Strip theory is used. The nature of the coefficients A, B, C is of the utmost importance. They appear in the equation of motion along with the coefficients a, b, c of the dryhull, but they are nothing like as straight forward. Unlike the inertia and stiffness coefficients, the A and C do not form a symmetric array, let alone a diagonal one. Further, the B do not form a symmetric or positive definite matrix and they do not even remotely produce a diagonal one.

P and Z are column vectors representing the principal coordinates of the response and the input loading, respectively. The upward force $Z(x, t)$ per unit length applied to the slice includes contributions from weight, buoyancy and all other fluid forces. The equations of motion contain constant coefficients which specify the hull's dynamical characteristics. These quantities are the generalised masses a , the generalised stiffnesses C and the generalised damping coefficients b . They can be deduced for a given hull. The inertia coefficients a is given by

$$\int_0^L (mW_r W_s + I_y \theta_r \theta_s) dx = a_{rs} \delta_{rs}$$

If no allowance is to be made for rotatory inertia, I_y must be taken as zero. The generalised stiffnesses C_y are related to the generalised masses and C is given by

$$C_{rs} = \omega_r^2 a_{rs}$$

This is obviously a more economical approach than computing the quantities

$$C_{rs} = \int_0^L (EI \theta_r' \theta_s' + kAG \gamma_r \gamma_s) dx$$

The generalised damping is represented by the coefficients

$$b_{rs} = \int_0^L (\alpha k A \gamma_r \gamma_s + \beta E I \theta'_r \theta'_s) dx$$

This expression is impossible to evaluate theoretically, hence the below relationship may be used

$$b_{rr} = 2 a_{rr} \omega_r v_r$$

according to elementary vibration theory [10], [1].

The values of the elements A, B and C are partially determined by the added mass $M(x)$ and damping factors $N(x)$. The estimation of hydrodynamic loading applied to the hull by a sinusoidal wave has been made in recent years by means of 'Strip Theory'. While this approach appears to offer as good a chance as any of success in determining generalised forces, it is unlikely to provide much accuracy with any but the lowest modes. If, however, strip theory can cope adequately with the $r = 0, 1, 2$ and 3 modes of symmetric motion it could well suffice for practical strength analysis. Strip theory is not uniquely defined, generally accepted formulation of hydrodynamics action and alternative forms have been proposed [11].

The hydrodynamic actions are initially found from potential flow theory in which the fluid is assumed irrotational in compressible and inviscid. The term involving the fluid damping function $N(x)$ is different in the alternative strip theory. The difference apparently originates in the interpretation of the momentum of the fluid in the underlying hydrodynamic theories. In this theory, the effect of the outgoing waves has been included in the expression for the momentum.

THE REPRESENTATION OF SHIP HULLS BY CONFORMAL MAPPING AND CALCULATION OF THE HYDRODYNAMIC COEFFICIENTS.

The cross-sections of the ship are represented by conformal mapping functions whose coefficients are polynomial functions of the longitudinal coordinate of the ship. Such a representation of a ship hull is desirable for two reasons: Firstly, it is convenient for calculating the hydrodynamic and hydrostatic properties of the ship, secondly, it may be used in the design and construction process of the ship. The method consists of fitting

each cross-section of the ship by a mapping function in the least square sense. Then the set of coefficients corresponding to a given term in the mapping function is fitted with a lengthwise polynomial.

Mapping techniques are extensively used in problems of fluid mechanics. The method can be applied to arbitrary hull surface and describes the added mass of an infinitely long cylinder of ship shaped cross-section, oscillating in a fluid of infinite depth which could be obtained from that of a semi-circle of unit radius by means of the conformal transformation [5], [12].

$$Z = x + iy = a \left| \zeta + \sum_{n=1}^N a_{2n-1} \zeta^{-(2n-1)} \right|$$

The foregoing expression, $\zeta = ie^{-i\theta}$ represents the semi-circle which is mapped into the ship section. The coefficients $a_1, a_2, \dots, a_n$ are constants which must be determined for a given section. By restricting the number of parameters N to 2, the 'Lewis form' approximation is obtained such that,

$$Z = x + iy = a \left(\zeta + a_1 \zeta^{-1} + a_3 \zeta^{-3} \right)$$

With this assumption the oscillatory velocity potential is found in terms of an unknown Green's function, the existence of which is also assumed. This potential is then used to show the symmetry properties of the damping and added mass coefficients. The transformation equation may be written in a parametric form,

$$x_p = a \left| \sin \theta_p + \sum_{n=1}^N (-1)^{n+1} a_{2n-1} \sin(2n-1) \theta_p \right|$$

$$p = 2, \dots, P$$

$$y_p = a \left| \cos \theta_p + \sum_{n=1}^N (-1)^n a_{2n-1} \cos(2n-1) \theta_p \right|$$

$$p = 1, \dots, P-1$$

By a suitable choice of the parameters P , N and M the hydrodynamic coefficients for a variety of shapes may be determined to any required accuracy, using conformal mapping techniques. Better accuracy is generally obtained in the lower frequency region and with larger

values of M . It is found that the Lewis form approximation and the multiparameter fit may, under certain circumstances, give significantly different hydrodynamics coefficient values over the entire frequency range [5].

COMPUTATIONS

A destroyer hull was assumed to be divided into 20 slices in computing the modal properties of the dryhulls. These divisions were also used in the computation of the fluid actions. For each section, the added mass $m(x, \omega)$ and fluid damping $N(x, \omega)$ were calculated for a range of frequency using conformal mapping technique and a Lewis form fit. The calculations have been made by using computer programs. These programs consist of the dry hull analysis, Lewis form fit and conformal mapping technique calculations.

CONCLUSIONS

The principal modes and natural frequencies might be deduced by estimating that the hull is beamlike. This suggests the Timoshenko beam theory. The Prohl-Myklestad finite difference method is the most useful method which is familiar in vibration theory and which can be made to cater for a Timoshenko beam. The curves of the principal modes which were obtained using Timoshenko beam estimation are adequate if they are compared to others. Further The inertia, damping and stiffness matrices of the dry hull were deduced.

The values of the elements A , B and C can also be determined by using the added mass and damping factors calculations. The estimation of hydrodynamic loading applied to the hull can be made by means of 'Strip theory'. Thus, the equation of motion can be solved.

Two general approaches have been mentioned by means of which added masses and damping coefficients may be estimated. First, the Lewis form fit employs a conformal transformation with two coefficients. Secondly, a more comprehensive use may be made of conformal mapping. The added mass and damping coefficients for ship-shaped sections are obtained over a range of non-dimensional frequency $\omega^2 \beta / 2g$ for a number of sections. Where conformal transformations of higher order than those of Lewis's method were used, the transformation coefficients were determined in a least square sense. The multi-parameter fit reproduces the sectional shape with reasonable accuracy whereas the Lewis form fit give poor representations for chine sections, fine sections and bulbous sections. Close agreement is found for triangular and rectangular ship sections if we compare the two methods.

BÖLÜM I - GİRİŞ

Gemilerin dizaynında, gemi hareketlerinin incelenmesi bütün gemiler için önem taşımaktadır.

Gemi hareketlerinin etkilerinin azaltılması, ivmelere karşı duyarlı olan elektronik araç ve gereçlerin çalışmasında önemlidir. Bu, geminin ve personelin güvenliği için gereklidir. Çünkü dalgalı denizlerde çeşitli şiddette yüklemelere maruz kalan bir geminin yapısında zamana bağlı uzamalar ve gerilmeler oluşur. Gemi kabuğunda oluşan bu uzamalar ve gerilmeler yapıda ani, katosrofik hasara sebep olabilir.

Bir geminin dizaynında, dalgalardan dolayı oluşacak yüklerin bilinmesi ve gemi hareketlerinin etkilerinin azaltılması istenir. O halde, bir geminin bütün ömrü boyunca karşılayacağı en büyük zorlamaların iyi tahmin edilip kullanılan emniyet değerinin altında kalması sağlanmalıdır. Sonuç olarak, amaç, maliyeti azaltma, hızı arttırma ve yüksek hızlarda gemi hareketlerinin etkilerini minimize etme olacaktır. Hızı arttırma ve maliyeti azaltma problemi gemiye gelen hidrodinamik kuvvetleri ve yükleme durumunu iyi bilmeyi gerektirir. Ayrıca, daha az çelik ağırlığı ve daha pahalı bir yapıyı da gerektirir.

Gemi inşaatında kullanılan çelik kalitesindeki gelişmeler ve gemi boyutlarının büyümesi, gemiler için rijit gemi kabulünün yanı sıra elastik yapılar olduğu gerçeğini de ortaya çıkarmıştır.

Gemi kabuğunda oluşan uzamalar ve gerilmeler bunun bir kanıtıdır. Dolayısıyla gemi hem rijit hem de elastik hareketler yapmaktadır. Düzensiz sürekli dalga zorlamaları rijit hareketlere yolaçmakta, bu hareketlere bileşik olarak dalga frekansı ile değişen elastik hareketler yani şekil değiştirmeler ve gerilmeler oluşmaktadır.

Dalgalardan dolayı oluşan basınç ve yüklerin hassas bir şekilde tahmin edilebilmesi çoğu hallerde mümkün olmamaktadır. Çünkü, deniz sürekli olarak değişen, ancak olasılık hesapları ile tanımlanabilen bir ortamdır. Dalgalardan dolayı oluşan zorlanmalar, dövünme gibi geçici dinamik yüklerin etkisi ile büyük boyutlara ulaşırlar.

Gemi yapısının şekil değiştirmesini bulmak için kiriş teorisi kullanıldığından elde edilen zorlanmaların tarafsız eksen üzerine etki ettiği düşünülmüştür. Buradan hareketle ağırlık dağılımı belli olan bir gemi yapısının doğal titreşim şekillerini ve bunlara karşı gelen kesme kuvveti ve eğilme momenti eğrilerini bulmak mümkündür. Akışkan kuvvetlerinin böyle bir kirişe uygulanan dış kuvvetler olduğu düşünülürse gemi yapısının serbest hareket analizi yapılabilir. Genelleştirilmiş matris formundaki hareket denklemi,

$$(a + A) \ddot{p}(t) + (b + B) \dot{p}(t) + (c + C) p(t) = Z(t)$$

şeklindedir.

Bu denklemin genelleştirilmesi, doğal titreşim şekillerinin ortogonallik özellikleri kullanılarak oluşturulmuştur ve hareketler $P_r(t)$ temel koordinatları cinsinden ifade edilmiştir. Hareket denkleminde, a, b ve c kuru gemi yapısının genelleştirilmiş atalet, yapısal sönüm ve katılık matrisleridir.

A, B ve C de genelleştirilmiş akışkan kuvvetlerinin bileşenlerini ifade ederler. Bunlar sırasıyla, genelleştirilmiş hidrodinamik kütle, sönüm ve katılık matrisleridir.

$Z(t)$ ise genelleştirilmiş sürekli veya geçici dalga zorlamalarıdır.[1]

Bu tezde, boş ağırlığı ve yük ağırlıkları verilen bir geminin vakumda doğal titreşim şekillerine düşey eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri dağılımları bulunmaya çalışılmış, ayrıca yukarıda bahsedilen hareket denkleminin çözümü için gerekli kuru gemi yapısının genelleştirilmiş atalet, sönüm ve katılık matrisleri hesaplanmıştır . Yani "kuru analiz" denilen serbest salınım hareketi analizi yapılmıştır. Bunun yanı sıra, daha sonraki aşama olan ve geminin dinamik yük hesaplarının yapılmasında gerekli olan iki boyutlu eksu kütlesi ve sönüm katsayıları hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan yararlanarak gemi dövünme zorlanmaları hesapları da yapılabilir. Böylece, stokastik bir yaklaşımla incelenebilen dalgalı deniz ortamında, gemi tasarımcısına, geminin yapısal özelliklerini belirlerken kullanabileceği istatistiksel kriterler sağlanmış olur.

BÖLÜM 2 - GEMİ KIRIŞININ YAPISAL DİNAMİĞİ

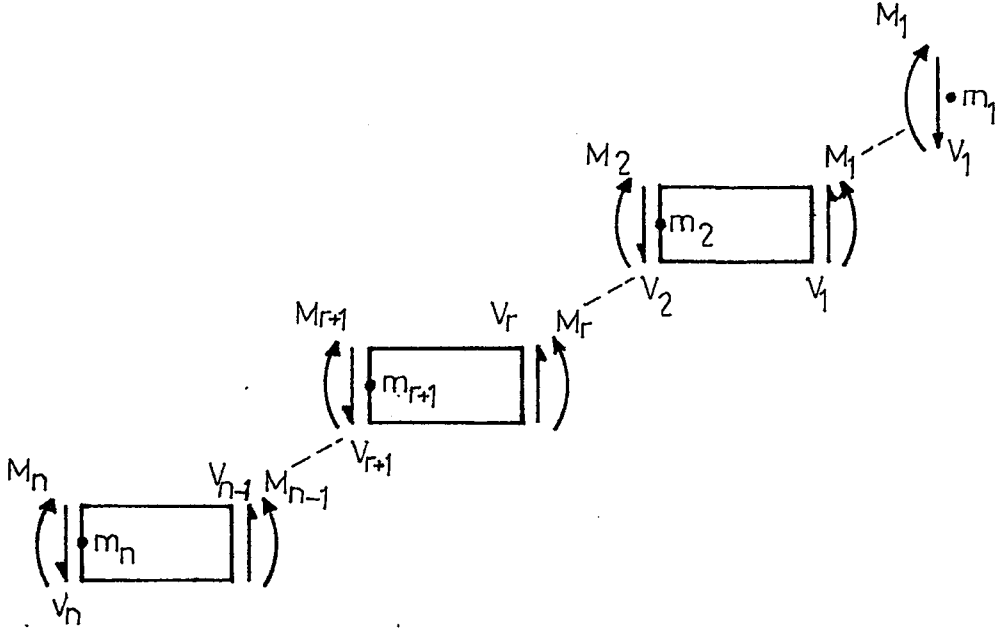
2.1. GİRİŞ

Gemi hidroelastisitesi teorisinde, gemi iki ucunda da serbest sınır şartları bulunan ve uniform olmayan bir Timoshenko kirişi olarak ele alınır. Kiriş uniform olmadığı için analitik frekans denklemleri ve doğal titreşim şekli ifadelerini bulmak mümkün değildir. Bu analiz için sonlu elemanlar veya sonlu farklar metodlarından birini kullanmak gerekir. Prohl-Myklestad sonlu farklar yöntemi, bu alanda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem (EK.A)'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Ağırlık dağılımı belli olan bir gemi yapısının doğal titreşim şekillerini $W_r(x)$ ve bunlara karşı gelen kesme kuvveti $V_r(x)$ ve eğilme momenti $M_r(x)$ eğrilerini bu yöntem ile ifade etmek mümkündür.

2.2. KURU GEMİ YAPISININ GENELLEŞTİRİLMİŞ ATALET, YAPISAL SÖNÜM VE KATILIK MATRİSLERİNİN ELDE EDİLiŞİ:

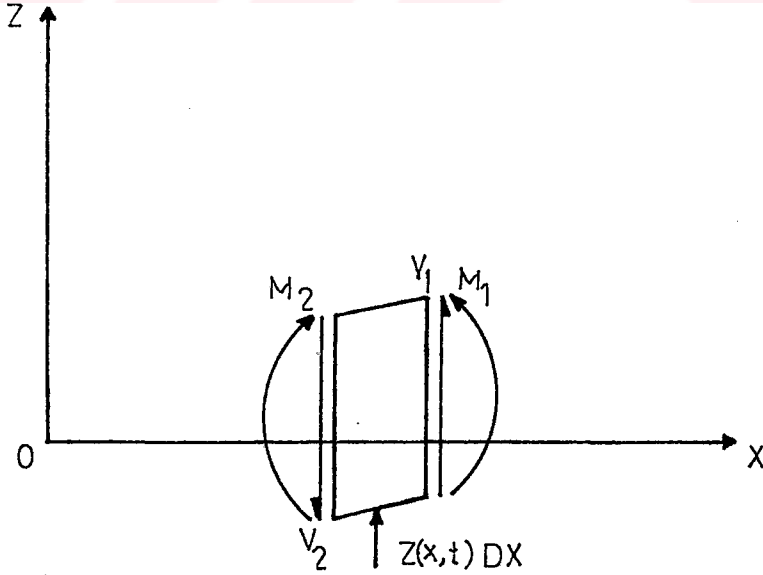
Simetrik hareketlerde, gemi yapısının dinamik analizi için ilk adım doğal frekanslar ve doğal titreşim şekillerinin bulunmasıdır.

Bunun için, uniform olmayan gemi kirişi çeşitli bölümlere ayrılır. Belirli frekanslarla titreşen iki ucunda da serbest sınır şartları bulunan ve uniform olmayan bir kiriş için Şekil 2.1'deki gibi bir bölümlendirme yapılabiliriz.



Şekil 2.1. Gemi kirişi kesitlerinin şematik gösterimi.

Yukarıdaki gösterimde, bölümlerden birini ayrıntılı olarak inceleyelim :



Şekil 2.2. Kuru gemi yapısında bir bölüme etkiyen kesme kuvveti, Eğilme momenti ve dış kuvvetler.

Şekil 2.2'de görülen parçanın düşey hareket denklemi ;

$$m(x) \ddot{W}(x,t) = V'(x,t) + Z(x,t) \quad (2.1)$$

Burada $m(x)$ birim boya düşen kütle, $W(x,t)$ düşey yerdeğiştirme, $V(x,t)$ kesme kuvveti ve $Z(x,t)$ birim boya düşen dış kuvveti göstermektedir. Parçanın moment etkisiyle dönme hareket denklemi ise ;

$$I_y(x) \ddot{\theta}(x,t) = M'(x,t) + V(x,t) \quad (2.2)$$

$I_y(x)$ birim boya gelen eylemsizlik momenti, $\theta(x,t)$ eğilmeden dolayı oluşan dönme ve $M(x,t)$ eğilme momentidir. Parçanın düşey yerdeğiştirmesi şu denklemle belirlidir;

$$W'(x,t) = \theta(x,t) + \gamma(x,t) \quad (2.3)$$

$\gamma(x,t)$ kayma yerdeğiştirmesini göstermektedir. Kiriş teorisinden ;

$$V(x,t) = kAG(x) [\gamma(x,t) + \alpha(x) \dot{\gamma}(x,t)] \quad (2.4)$$

$$M(x,t) = EI(x) [\theta'(x,t) + \beta(x) \dot{\theta}'(x,t)] \quad (2.5)$$

Burada $\alpha(x)$ kesmeden dolayı sönüm, $\beta(x)$ eğilmeden dolayı sönümdür. (2.4) ve (2.5) denklemleri (2.1) ve (2.2) denklemlerinde yerine konursa şu denklemler elde edilir.

$$m\ddot{W} - [kAG(\gamma + \alpha\dot{\gamma})]' = Z \quad (2.6)$$

$$I_y\ddot{\theta} - [EI(\theta' + \beta\dot{\theta}')] - kAG(\gamma + \alpha\dot{\gamma}) = 0 \quad (2.7)$$

Doğal titreşim şekillerini elde etmek için $Z = \alpha = \beta = 0$ alınır ve

$$W(x,t) = W_r(x) \sin \omega_r t,$$

$$\theta(x,t) = \theta_r(x) \sin \omega_r t,$$

$$\gamma(x,t) = \gamma_r(x) \sin \omega_r t$$

kabülünden,

$$-\omega_r^2 m W_r - (k A G \gamma_r)' = 0$$

$$-\omega_r^2 I_y \theta_r - (E I \theta_r') - k A G \gamma_r = 0 \quad (2.8)$$

$$W_r' = \theta_r + \gamma_r$$

denklemleri elde edilir. Bu denklemlere ortogonalite özelliği uygulandığı takdirde, örneğin birinci denklem $W_s(x)$ ile çarpılıp gemi boyunca integre edilirse,

$$-\omega_r^2 \int_0^l m W_r W_s dx - \int_0^l (k A G \gamma_r)' W_s dx = 0 \quad (2.9)$$

Yukarıdaki denklemin ikinci tarafı, iki ucuda serbest sınır koşullarına sahip olan kirişte $x = 0$ ve $x = l$ de kesme kuvveti olmadığından sadeleşir. O halde,

$$-\omega_r^2 \int_0^l m W_r W_s dx + \int_0^l k A G \gamma_r W_s' dx = 0 \quad (2.10)$$

r ve s indisleri yer değiştirilirse

$$-\omega_s^2 \int_0^l m W_r W_s dx + \int_0^l k A G \gamma_s W_r' dx = 0 \quad (2.11)$$

(2.10) ve (2.11) denklemleri taraf tarafa çıkarılırsa,

$$(\omega_r^2 - \omega_s^2) \int_0^l m W_r W_s dx - \int_0^l k A G (\gamma_r W_s' - \gamma_s W_r') dx = 0 \quad (2.12)$$

denklemini elde edilir. Benzer tarzda, (2.8) ifadesinin ikinci denklemini θ_s ile çarpılırsa,

$$(\omega_r^2 - \omega_s^2) \int_0^L I_Y \theta_r \theta_s dx + \int_0^L kAG (\gamma_r \theta_s - \gamma_s \theta_r) dx = 0 \quad (2.13)$$

denklemini elde edilir. (2.12) ve (2.13) denklemlerinden, ortogonallik özelliği kullanılarak,

$$(\omega_r^2 - \omega_s^2) \int_0^L (mW_r W_s + I_Y \theta_r \theta_s) dx = 0 \quad (2.14)$$

ve

$$\int_0^L (mW_r W_s + I_Y \theta_r \theta_s) dx = a_{rs} \delta_{rs} \quad (2.15)$$

denklemini elde edilir. δ_{rs} kroneker delta fonksiyonudur.

$$\delta_{rs} = \begin{cases} 0 & r \neq s, \\ 1 & r = s \end{cases}$$

$$(r = s) \text{ için, } a_{ss} = \int_0^L (mW_s^2 + I_Y \theta_s^2) dx \quad \text{ve} \quad (2.16)$$

ve

$$C_{ss} = \omega_s^2 a_{ss} = \int_0^L (EI \theta_s'^2 + kAG \gamma_s^2) dx \quad (2.17)$$

elde edilir. ν_s sönüm katsayısı olmak üzere yapısal sönüm ifadesi de şu şekilde verilmektedir ;

$$b_{ss} = 2 \nu_s \omega_s a_{ss} \quad (2.18)$$

$$\text{ya da } b_{rs} = \int_0^L (\alpha kAG \gamma_r \gamma_s + \beta EI \theta_r' \theta_s') dx \quad (2.19)$$

(2.19) denklemini teorik olarak hesaplanamadığı için (2.18) denkleminin kullanılması tavsiye edilir. Böylece elde edilen atalet, yapısal sönüm ve katılık matrisleri Tablo 2.1.a,b 'de gösterilmiştir. Ayrıca, gemi yapısının doğal titreşim şekilleri $W_r(x)$ ve bunlara karşı

gelen kesme kuvveti $V_r(x)$ ve eğilme momenti $M_r(x)$ eğrileri de Bölüm 4'ün sonunda verilmiştir.[1]



Tablo 2.1.a. Örnek gemi destroyer için a_{rs} değerleri
(ton m²)

MODE	0	1	2	3	4
0	2559.3	0.3	-0.06	0.04	-0.0003
1	0.3	521.7	3.4	-8.6	-0.44
2	-0.06	3.4	331.3	1.08	-7.9
3	0.04	-8.6	1.08	242.1	-0.94
4	-0.0003	-0.44	-7.9	-0.94	252.1

Tablo 2.1.b. Örnek gemi destroyer için sönüm faktörü
(ν_r), frekans, (ω_r), atalet matrisi (a_{rr}),
sönüm matrisi (b_{rr}) ve katılık matrisi (C_{rr})
(C_{rr}) değerleri.

MODAL INDEX r	ν_r	ω_r (rad/s)	a_{rr} ton m ²	b_{rr} tonm ² /s	C_{rr} MNm
0	-	-	2559.3	0	0
1	-	-	521.8	0	0
2	0.006	13.23	331.3	52.6	58
3	0.009	26.36	241.1	114.9	168.2
4	0.014	38.94	252.1	274.8	382.3
5	0.020	56.54	519.2	1174.4	1660.1
6	0.025	71.89	585.5	2104.8	3026.3
7	0.030	83.67	695.1	3490	4867.1

BÖLÜM 3 - SİMETRİK HAREKETLERDE HİDRODİNAMİK YÜKLERİN HESABI

3.1. GİRİŞ

Dalgalı denizlerde gemi yapısında oluşan hidrodinamik kesit tesirleri büyük boyutlara ulaşırlar. Gemi yapısının şekil değiştirmesini hesaplamak için giriş teorisi kullanıldığından, oluşan hidrodinamik kesit tesirlerinin tarafsız eksen üzerine etki ettiği varsayımı kabul edilmiştir. Üç boyutlu olarak hesaplanması gereken geminin hidrodinamik özellikleri, lineer dilim teorisi kullanılarak iki boyutlu hale indirgenebilir. Burada gemi hareketlerinden kaynaklanan akışkan etkileri ve gemi girişinin eksenini doğrultusunda ki normal kuvvet etkileri gemi boyuna ekseninde ihmal edilmektedir.

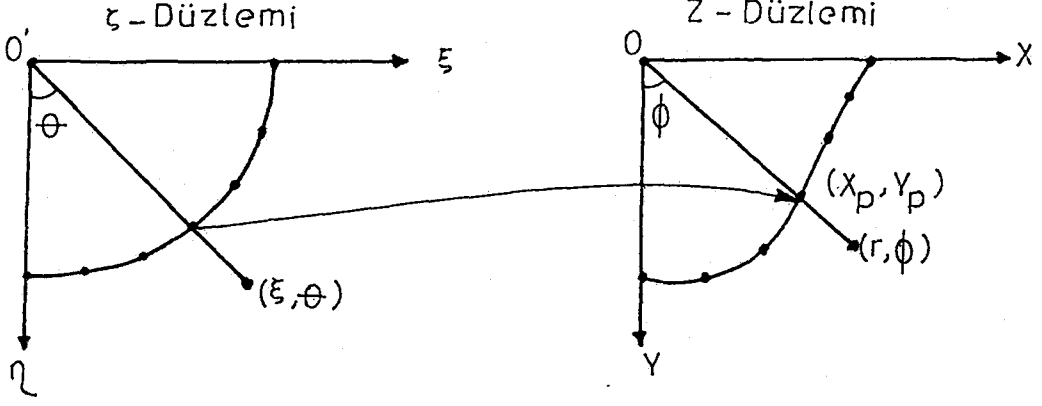
Lineer dilim teorisinin uygulanabilmesi için her kesite gelen ek su kütlesi ve akışkan sönüm katsayılarının bulunması gerekmektedir. Bu katsayıların bulunmasında konform dönüşüm tekniği ve Lewis formu metodu yaygın olarak kullanılmaktadır. Şimdi bu metodları inceleyelim.

3.2. KONFORM DÖNÜŞÜM METODU

Ek su kütlesi ve sönüm katsayıları, çeşitli şekillerdeki cisimler için hesaplanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta hız potansiyeli fonksiyonu tanımlanabilen bir şeklin seçilmesidir. Bunun içinde daire sel kesitli silindir bizim problemimiz için oldukça uygundur. [2], [3].

Konform dönüşüm metodu, ek su kütlesinin, sonsuz derinlikteki ideal bir akışkan ortamında salınım hareketi

yapan bir gemi kesitinin birim çaplı bir daireye dönüştürülmesiyle hesaplanabileceğini göstermektedir [4].



Şekil 3.1. Konform dönüşüm metodunun şematik gösterimi.

ζ-düzleminin $z = f(\zeta)$ kompleks fonksiyonuyla verilen z -düzlemine dönüştürüldüğünü düşünelim.

$$z = f(\zeta) \quad \text{ve} \quad \begin{aligned} z &= x+iy = ir(\phi) e^{-i\phi} \\ \zeta &= \xi+i\eta = i\bar{\zeta}(\theta) e^{-i\theta} \end{aligned} \quad (3.1)$$

$W(\zeta) = \phi + i\psi$ ζ -düzlemindeki akışkan hareketinin kompleks potansiyeli olsun. Benzer sınır koşullarında W fonksiyonu iki düzlemde de aynı değere sahiptir. Yani ζ -düzleminde kolayca elde edilebilen akışkan hareketinin potansiyel çözümü, konform dönüşüm tekniği yardımıyla z -düzleminde de elde edilmiş olur.

Dönüşüm formülü için, aerofil kesitler etrafındaki akışkan hareketlerinde yaygın olarak kullanılan "Theodorsen dönüşüm formülü" kullanılmıştır.

$$z = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \zeta^{-n} \quad (3.2)$$

Bu dönüşüm formülünde C_n sabitleri kompleks değerlere sahiptir. Simetrik kesitler için bu ifade,

$$Z = a \left| \zeta + \sum_{n=1}^N a_{2n-1} \zeta^{-(2n-1)} \right| \quad (3.3)$$

şeklinde yazılabilir. Burada a_n katsayıları gerçel sayılardır. N açılım sayısını iki ile sınırlandırırsak "Lewis formu" yaklaşımını elde etmiş oluruz. O halde,

$$Z = x + iy = a(\zeta + a_1 \zeta^{-1} + a_3 \zeta^{-3}) \quad (3.4)$$

denklemini yazabiliriz. Bu denklemde $\zeta = ie^{-i\theta}$ birim daireyi ifade etmektedir. Gemi kesitinin tanımlandığı eksen takımı da (x,y) dik kartezyen koordinatlarıdır. a , a_1 ve a_3 katsayıları, verilen kesit için bulunacak sabitlerdir. Bu şekildeki bir dönüşümle ifade edilecek olan formlar Lewis-formu yaklaşımını gösterir. Dönüşüm formülünü açarsak, [4]

$$\begin{aligned} x &= a \left| (1+a_1) \sin\theta + a_3 \sin 3\theta \right| \\ y &= a \left| (1-a_1) \cos\theta - a_3 \cos 3\theta \right| \end{aligned} \quad (3.5)$$

Verilen bir kesitin alanı S , genişliği B ve su çekimi T için a , a_1 ve a_3 katsayıları şu şekilde verilmektedir. σ_s kesit alanı katsayısı, Λ genişlik-draft oranı olmak üzere,

$$\sigma_s = \frac{S}{BT}, \quad \Lambda = \frac{B}{2T}$$

$$a = \frac{B}{2(1+a_1+a_3)}, \quad a_1 = \frac{(1+a_3)(\Lambda-2)}{\Lambda+2}$$

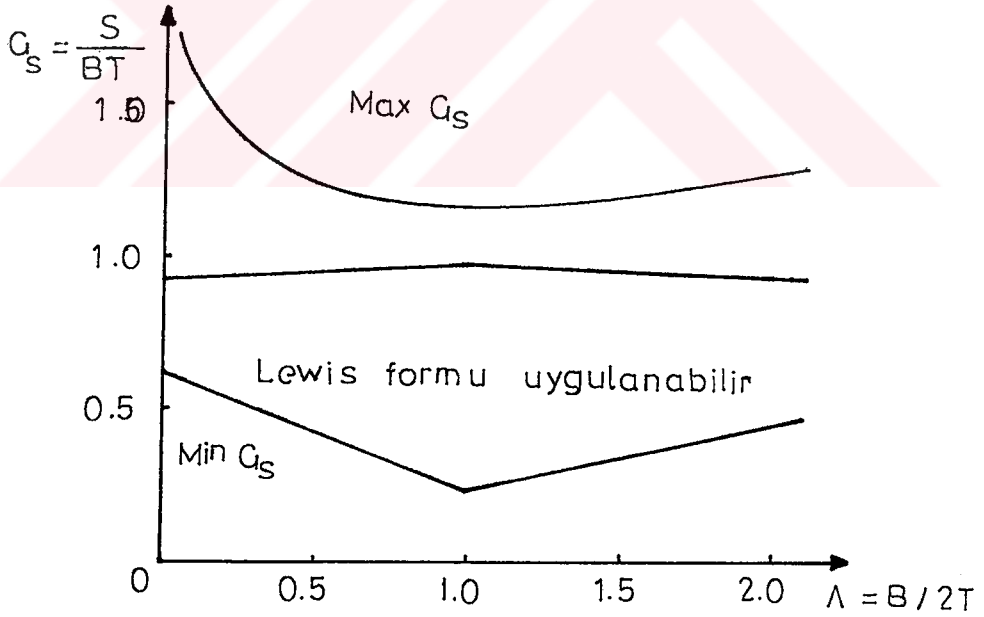
$$a_3 = \frac{-C_0 + 3 + (9 - 2 C_0)^{1/2}}{C_0} \quad (3.6)$$

$$C_0 = 3 + \frac{4\sigma_s}{\pi} + \left(\frac{\Lambda - 2}{\Lambda + 2} \right)^2 \left(1 - \frac{4\sigma_s}{\pi} \right)$$

formun kesit alanı katsayısı ise,

$$S = 2 \int_0^{\pi^2} x \, dy = a^2 \frac{\pi}{2} (1 - a_1^2 - 3a_3^2) \quad (3.7)$$

olarak verilmektedir. Görüldüğü gibi, Lewis formu yaklaşımı alanı, genişliği ve draftı belli olan bir kesit için tanımlanmıştır. Lewis formu yaklaşımının sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi kesit alanı tayininde çeşitli sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. Bunu bir şekil üzerinde kolayca görmek mümkündür.



Şekil 3.2. Lewis formu yaklaşımının geçerli olduğu alanların gösterimi [1].

$$\begin{aligned} \text{minumum } \sigma_s \text{ için ; } \left\{ \begin{aligned} &= \frac{3\pi}{32} \left(2 - \frac{B}{2T} \right) , \quad \frac{B}{2T} \leq 1 \\ &= \frac{3\pi}{32} \left(2 - \frac{2T}{B} \right) , \quad \frac{B}{2T} \geq 1 \end{aligned} \right. \end{aligned} \quad (3.8)$$

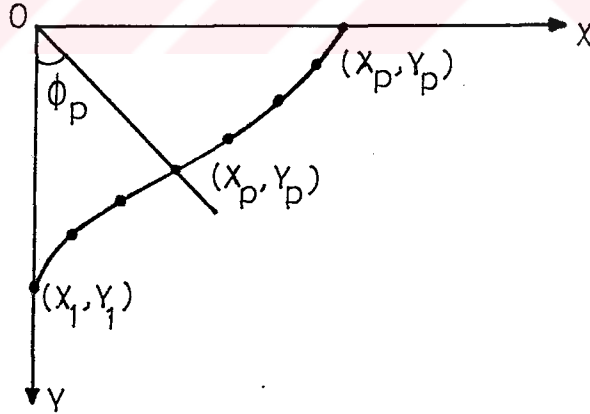
$$\text{maximum } \sigma_s \text{ için ; } \sigma_s = \frac{\pi}{2} \left(\frac{B}{2T} + \frac{2T}{B} + 10 \right)$$

Her kesit için Lewis formu katsayıları bulunduğundan sonra ek su kütlelerini ve sönüm katsayılarını hesaplayabiliriz. Düşey hareketteki ek su kütlesi şu ifadeyle tanımlanmaktadır.

$$m = \frac{a^2 \pi \rho}{2} \left| 1 + 2a_1 \sum_{n=1}^N (2_{n-1}) a_{2n-1}^2 \right| \quad (3.9)$$

3.2.1. Nümerik Çözüm :

Konform dönüşüm formülünü açıp parametrik formda yeniden düzenlersek ;



Şekil 3.3. Bir gemi kesitinin şematik gösterimi.

$$x_p = a \left| \sin \theta_p + \sum_{n=1}^N (-1)^{n+1} a_{2n-1} \sin(2n-1)\theta_p \right|,$$

$$p = 2, \dots, P$$

$$y_p = a \left| \cos \theta_p + \sum_{n=1}^N (-1)^n a_{2n-1} \cos(2n-1)\theta_p \right|,$$

$$p = 1, \dots, P-1$$

(3.10)

Şekil (3.3)'de görüldüğü gibi, ofset değerleri verilen gemi kesiti p adet noktayla tanımlanmıştır. (3.10) denklem takımı simultane olarak çözülürse $2P-2$ adet denklem olacağı görülmektedir. Bu denklem takımında (x_p, y_p) noktaları ofset değerleriyle belirlidir. Dolayısıyla a_n ve θ_p bilinmeyenlerdir. Çözümde P data noktalarının N açılım sayısından büyük tutulması, eğride oluşacak süreksizlikleri ortadan kaldıracak gibi daha iyi bir yaklaşımda sağlayacaktır. O halde $P > N+1$ için $2P-2$ tane denklem en küçük kareler yöntemiyle çözülebilir [5].

Lewis formu ve konform dönüşüm teknikleri kullanılarak elde edilen eğriler Bölüm 4'ün sonunda ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

BÖLÜM 4 - NÜMERİK HESAPLAMALAR HAKKINDA GENEL AÇIKLAMALAR

Nümerik hesaplar için iki ayrı bilgisayar programı yapılmıştır. Birinci program ; gemi boş ağırlığı ve yük ağırlıkları kullanılarak gemi boyunca kuru gemi kirişinin doğal titreşim şekillerine karşı gelen düşey eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri dağılımlarının bulunmasında, ikinci program ; geminin hidrodinamik hesaplarının yapılmasında gerekli olan iki boyutlu eksu kütlesi ve sönüm katsayılarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Düşey eğilme momentleri ve kesme kuvvetlerinin bulunmasında Prohl-Myklestad sonlu farklar metodu [6] kullanılmıştır. İkinci programda; Lewis-formu yaklaşımı ve konform dönüşüm teknikleri [4] karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Nümerik hesaplar için bir destroyer örnek gemi olarak alınmıştır. Gemi kesiti 20 eşit parçaya bölünmüş ve her kesite gelen, hesaplamalar için gerekli tüm değerler data olarak girilmiştir. Birinci program için gerekli olan data değerleri ve gemi kirişinin şematik gösterimi Tablo 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

İkinci program için seçilen örnek kesitler ve bunlara ait dönüşüm katsayıları her iki metod için de şöyledir.

ÖRNEK KESİT 1. Çene hattına haiz kesit

OFSET DEĞERLERİ

X (m)	Y (m)
0.00	-10.000
1.00	- 9.778
4.00	- 9.111
7.00	- 8.444
10.00	- 7.778
13.00	- 7.111
15.00	- 6.667
17.00	- 6.222
18.00	- 6.000
18.33	- 5.000
18.67	- 4.000
19.00	- 3.000
19.33	- 2.000
19.67	- 1.000
20.00	0.000

$$\sigma_s = 0.7522$$

N	LEWIS	KONFOR DÖNÜŞÜM
a_0	14.7234	14.891
a_1	0.3396	3.57×10^{-1}
a_3	0.0188	5.18×10^{-3}
a_5		-2.67×10^{-2}
a_7		1.08×10^{-3}
a_9		1.02×10^{-2}
a_{11}		6.10×10^{-3}
a_{13}		-2.05×10^{-3}
a_{15}		-4.61×10^{-3}
a_{17}		-8.01×10^{-4}
a_{19}		4.53×10^{-3}
$C_v(\infty)$	0.9731	1.0238

ÖRNEK KESİT 2 : Dikdörtgen forma haiz kesit.

OFSET DEĞERLERİ

X (m)	Y (m)
0.00	-10.0
3.75	-10.0
7.50	-10.0
11.25	-10.0
14.25	-10.0
15.00	-10.0
15.00	- 9.5
15.00	- 7.5
15.00	- 5.0
15.00	- 2.5
15.00	0.0

$$\sigma_s = 1.0$$

N	LEWIS	KONFORM DÖNÜŞÜM
a_0	14.375	14.534
a_1	0.1739	0.1805
a_3	-0.1304	-0.1416
a_5		-1.4479×10^{-2}
a_7		9.6439×10^{-3}
a_9		1.2453×10^{-2}
a_{11}		-5.6749×10^{-3}
a_{13}		-9.8472×10^{-3}
a_{15}		2.8746×10^{-3}
$C_v (\infty)$	1.3125	1.3694

ÖRNEK KESİT 3 : Üçgen forma haiz kesit

OFSET DEĞERLERİ

X (m)	Y (m)
0.0	-10.0
0.5	- 9.0
1.0	- 8.0
1.5	- 7.0
2.0	- 6.0
2.5	- 5.0
3.0	- 4.0
3.5	- 3.0
4.0	- 2.0
4.5	- 1.0
5.0	0.0

$$\sigma_s = 0.5$$

N	LEWIS	KONFORM DÖNÜŞÜM
a_0	6.4358	6.489
a_1	-0.3884	-0.4034
a_3	0.1654	0.1559
a_5		1.3488×10^{-2}
a_7		-1.2676×10^{-3}
a_9		4.2953×10^{-3}
a_{11}		1.2327×10^{-3}
a_{13}		3.3415×10^{-3}
a_{15}		3.3415×10^{-3}
$C_v(\infty)$	0.7555	0.7246

ÖRNEK KESİT 4 : Bulb Kesiti.

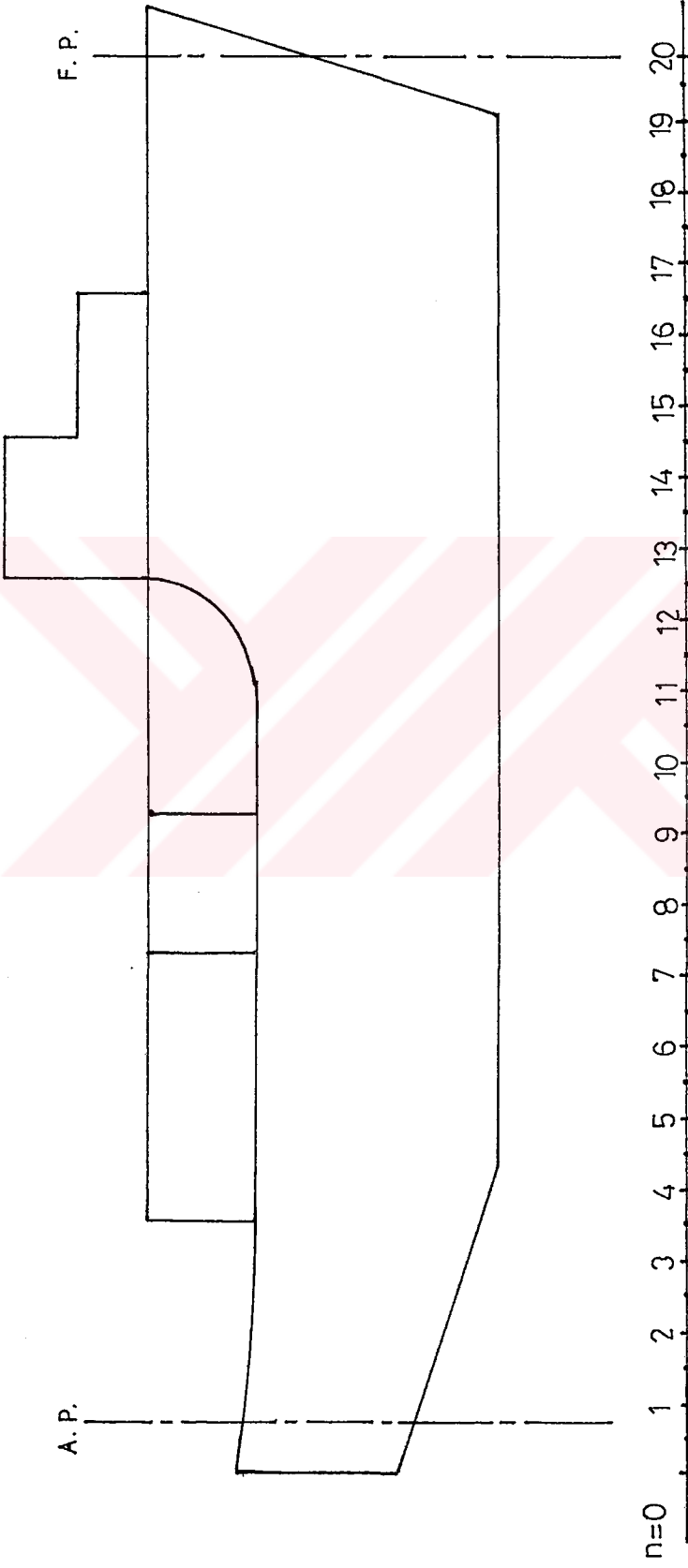
OFSET DEĞERLERİ

X (m)	Y (m)
0.0	-10.0
1.5	- 9.7
2.3	- 8.4
3.0	- 6.1
3.3	- 4.3
4.3	- 2.1
7.4	0.0

$$\sigma_s = 0.477$$

N	LEWIS	KONFORM DÖNÜŞÜM
a_0	7.266	7.4654
a_1	-0.1789	-0.2227
a_3	0.1973	0.1938
a_5		7.2488×10^{-2}
$C_v(\infty)$	0.7626	0.7296

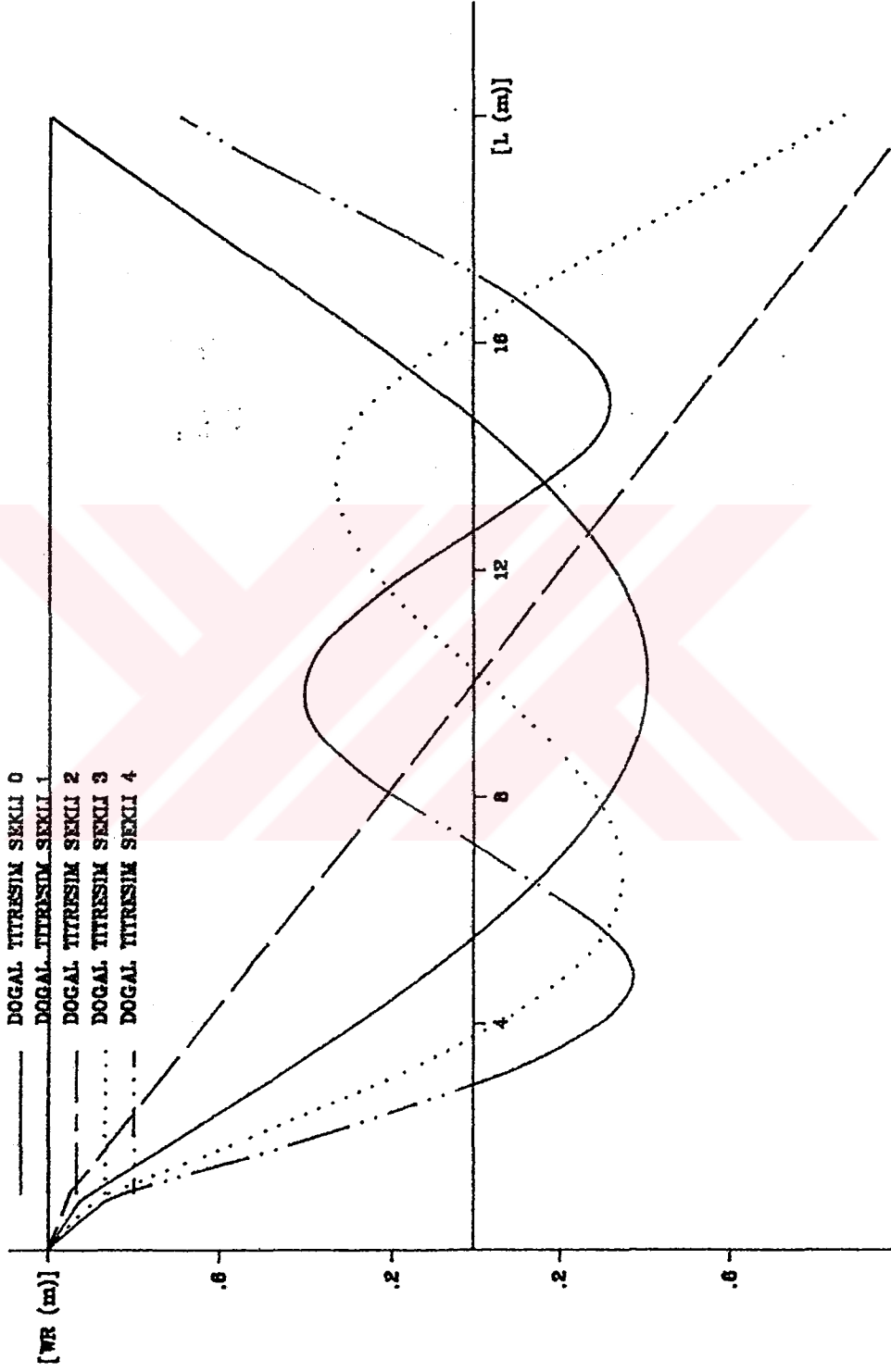
Bu örnek kesitler kullanılarak elde edilen sonuçlar eğriler halinde bu bölümün sonunda verilmiştir. Bu eğriler boyutsuz frekans parametresi ($\delta = \omega^2 B / 2g$) ne göre oluşturulan eksu kütlesi ve sönüm oranı eğrileridir. Ayrıca her kesitin formuda her iki metod kullanılarak elde edilen sonuçlara göre oluşturulmuştur. Bu eğrilerin elde edilmesinde kullanılan programlar EK.D'de verilmiştir.



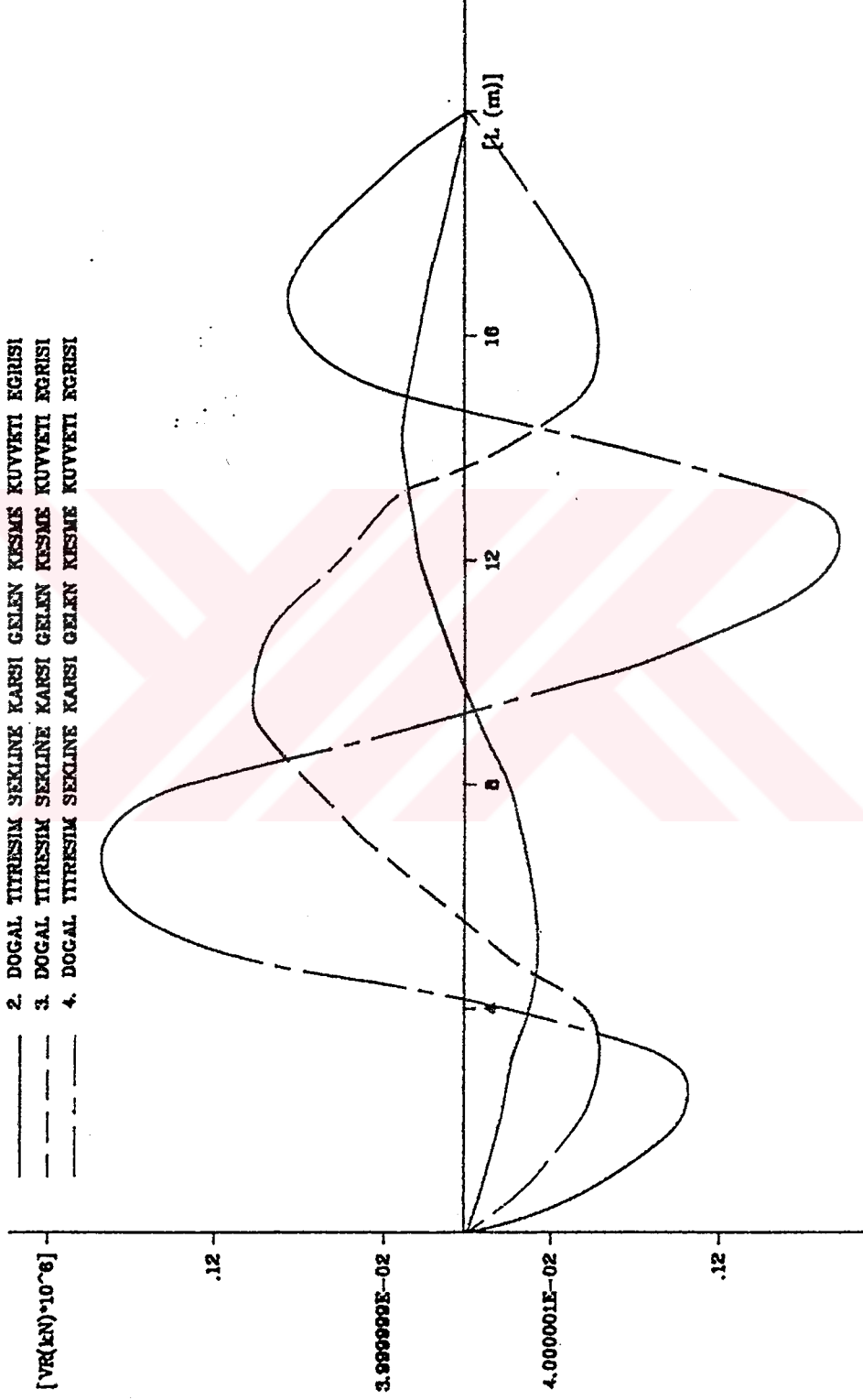
Şekil 4.1.1. Gemi Kirişinin Şematik Gösterimi.

Tablo 4.1. Kuru Gemi Yapısı analizi için gerekli datalar.

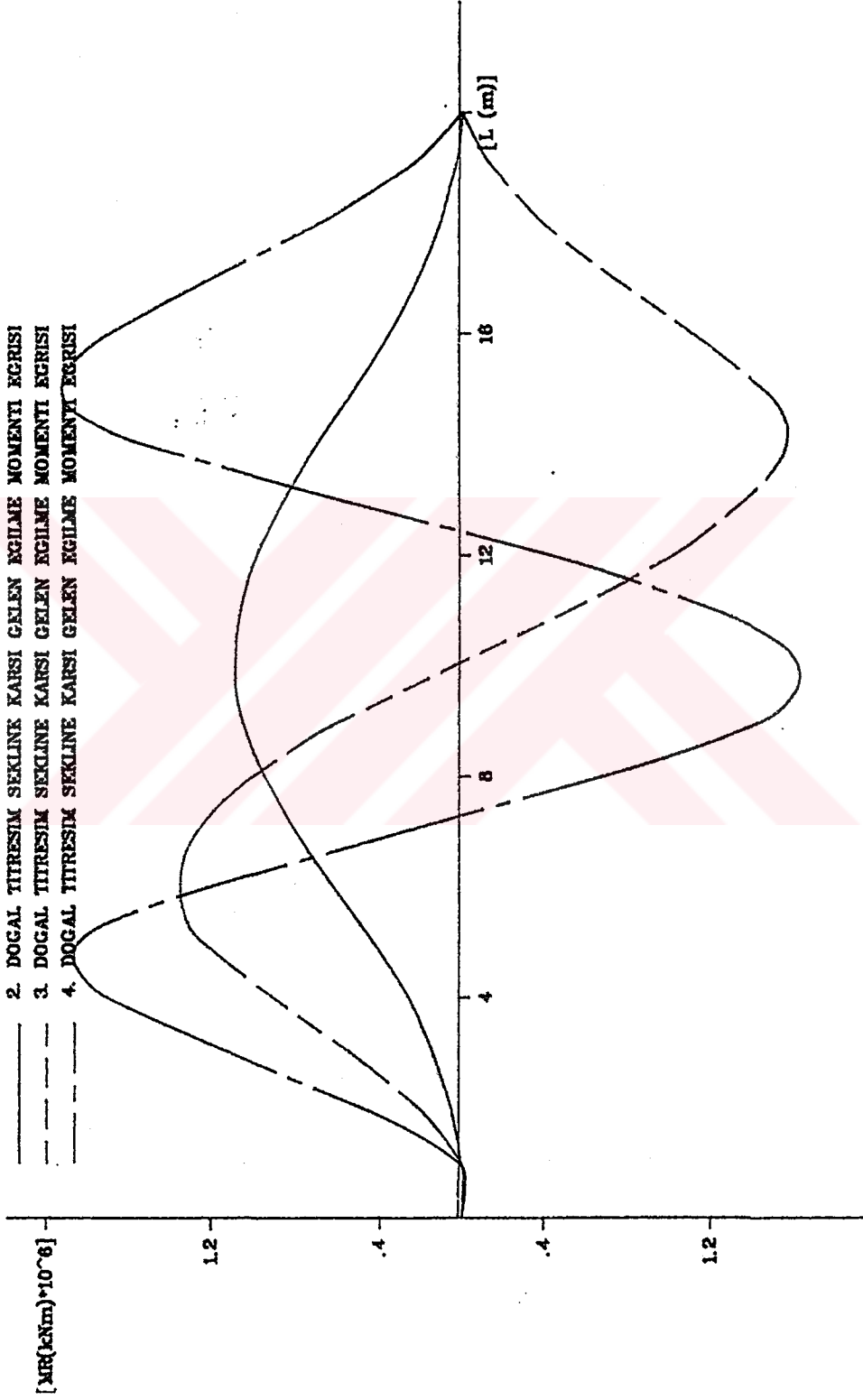
KESİT	A (m ²)	I _y (tonm ²)	S (m ²)	B (m)	T (m)	m (ton)	I _x (m ⁴)
0	0.000	58.5	2.3	4.4	0.91	-	-
1	0.043	196.3	5.2	6.65	1.30	54.8	0.48
2	0.053	200.6	14.3	8.93	2.58	57.9	0.95
3	0.063	235.0	23.7	10.45	3.60	61.0	1.45
4	0.070	387.0	24.5	10.62	3.58	180.0	2.10
5	0.077	323.3	26.9	10.75	3.57	241.8	2.88
6	0.083	249.2	29.9	11.00	3.56	141.2	3.47
7	0.088	325.6	32.5	11.27	3.55	139.40	3.93
8	0.089	407.3	34.2	11.45	3.52	129.0	4.19
9	0.089	378.0	35.0	11.56	3.51	194.1	4.32
10	0.088	441.7	34.8	11.58	3.50	166.5	4.37
11	0.087	524.3	34.2	11.36	3.47	138.2	4.33
12	0.087	615.4	32.6	11.09	3.46	157.5	4.22
13	0.086	601.3	30.3	10.66	3.44	104.7	4.18
14	0.079	446.0	27.4	9.95	3.42	244.9	4.27
15	0.070	430.0	23.9	8.98	3.40	228.6	4.16
16	0.068	380.9	20.0	7.77	3.37	121.9	3.85
17	0.069	309.6	15.6	6.28	3.35	65.0	3.43
18	0.070	237.0	10.7	4.43	3.33	63.0	2.88
19	0.072	244.0	5.5	2.28	3.32	41.7	2.41
20	0.000	144.0	0.0	0.00	0.00	34.5	2.04



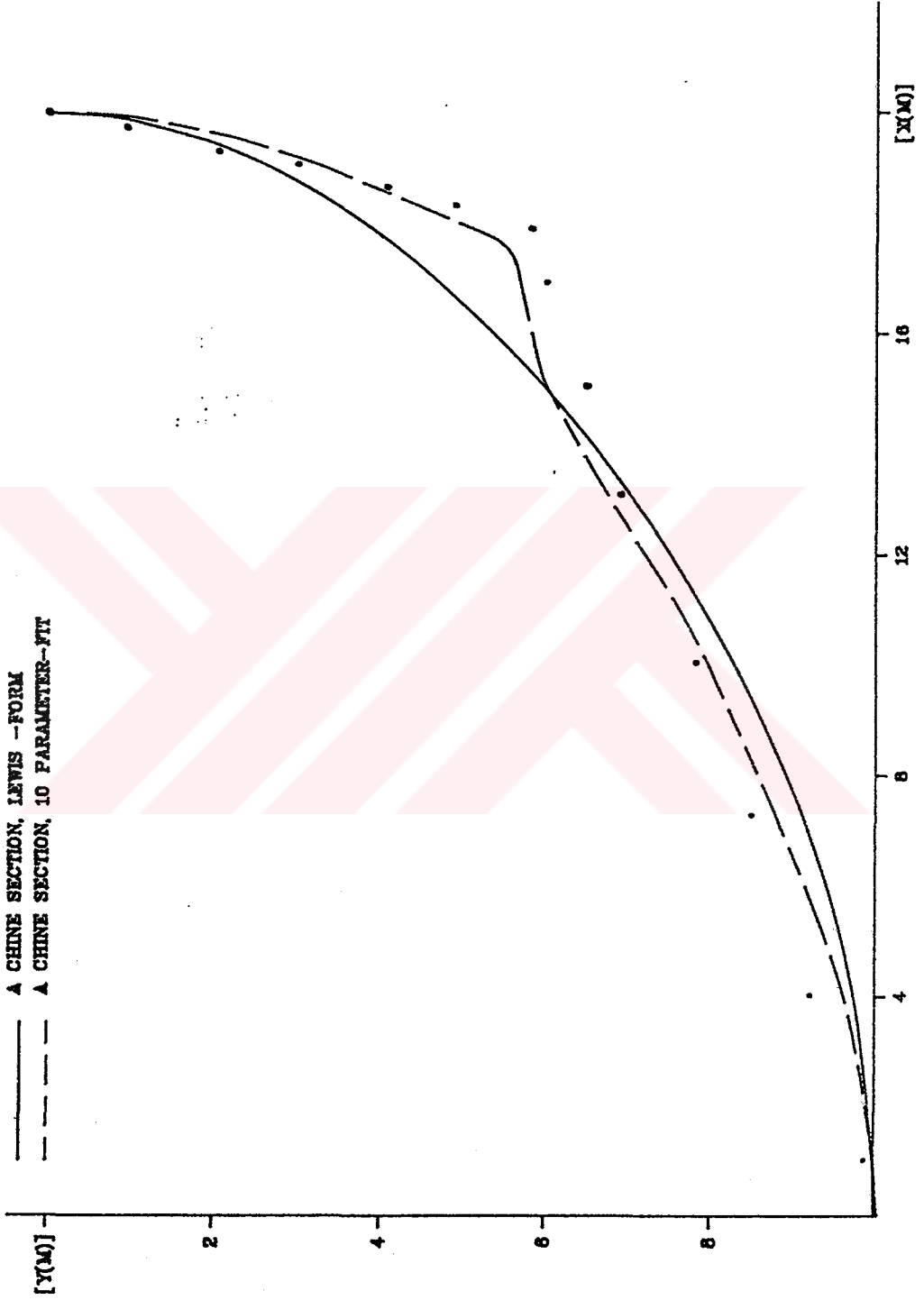
Şekil 4.2. Elastik ve rijit hareketler için doğal titreşim şekilleri.



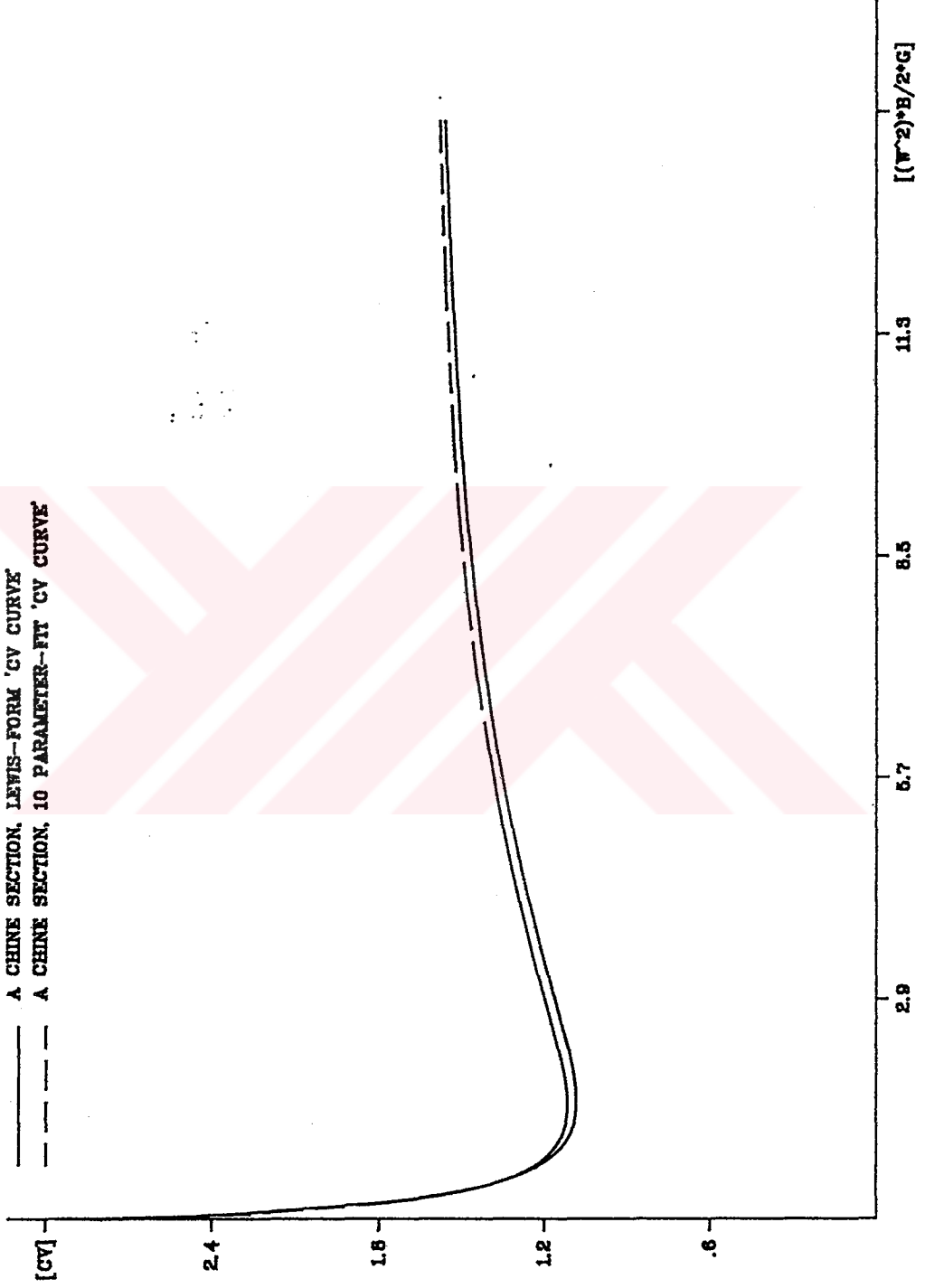
Şekil 4.3. Elastik hareketler için doğal titreşim şekillerine karşı gelen kesme kuvvetleri.



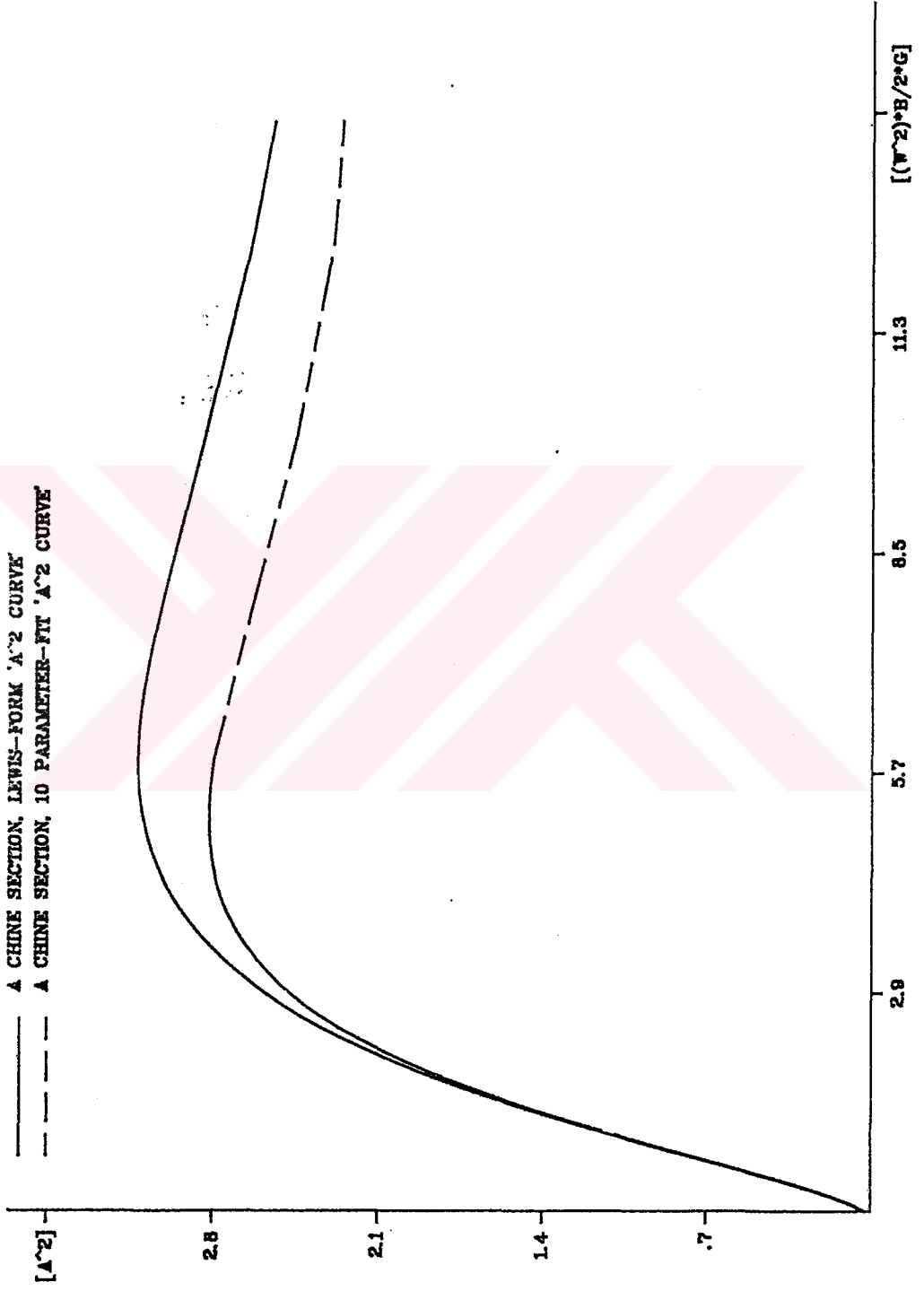
Şekil 4.4. Elastik hareketler için doğal titreşim şekillerine karşı gelen Eğilme Momentleri.



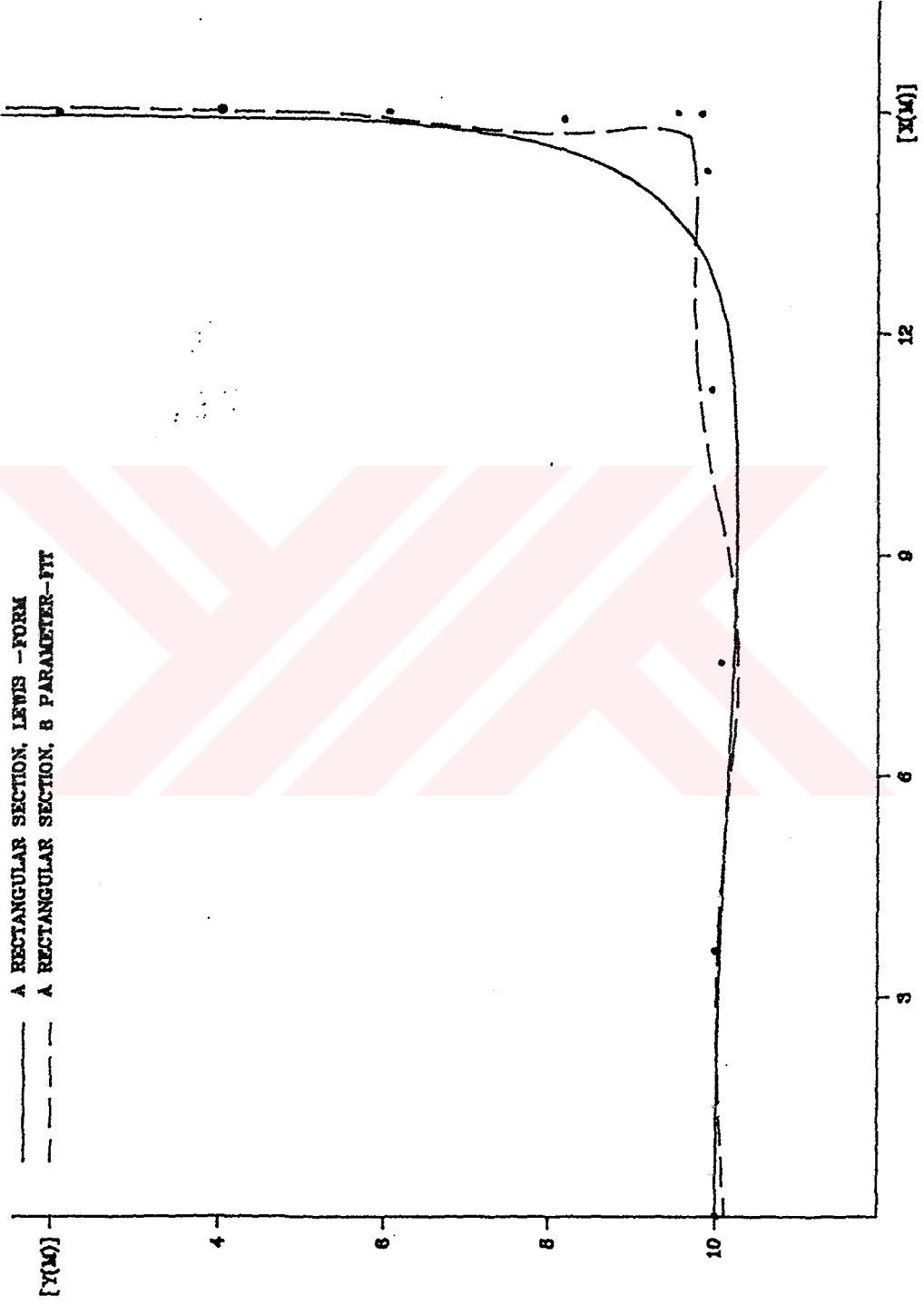
Şekil 4.5. Çene hattına haiz kesit.



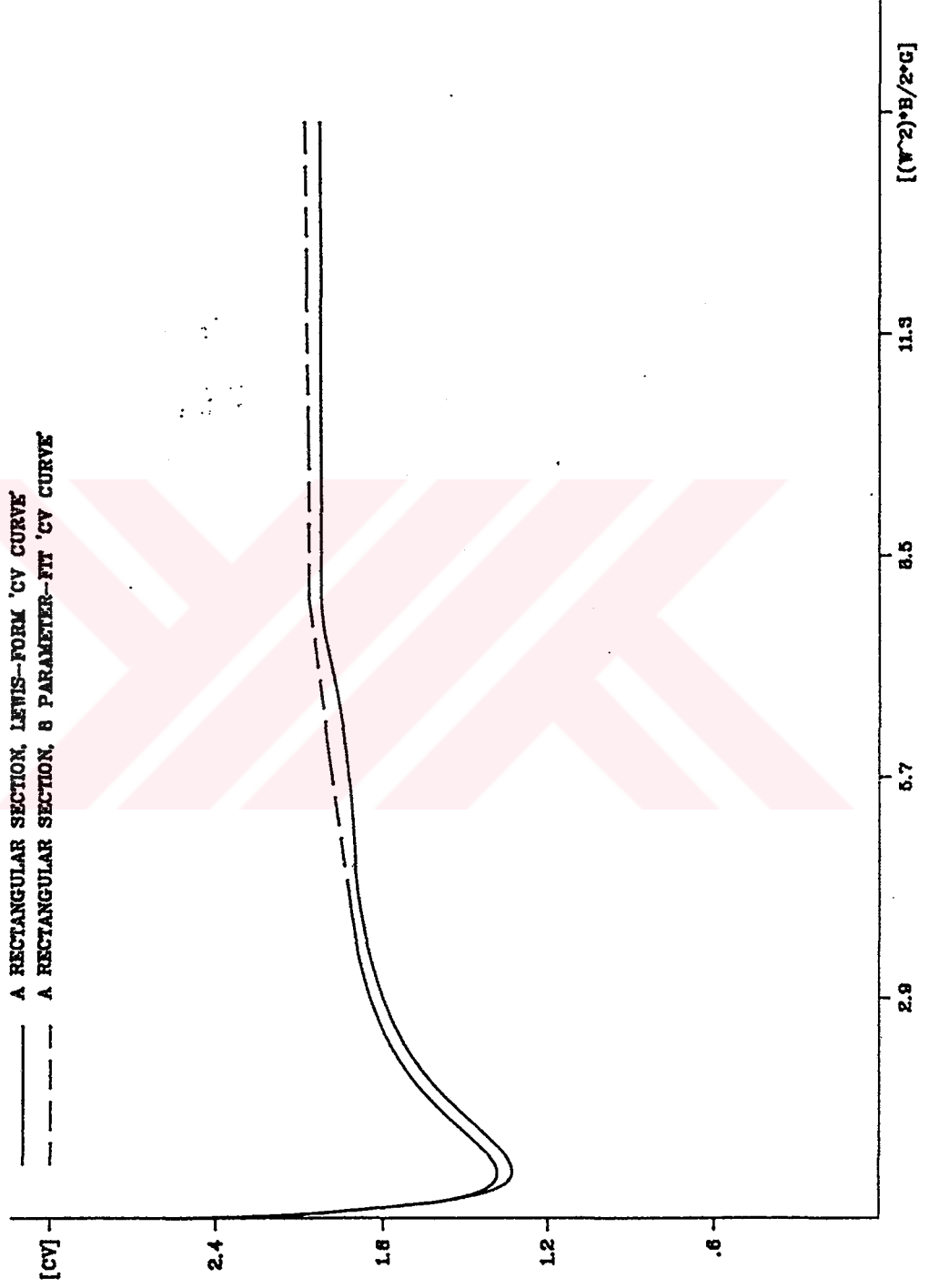
Şekil 4.6. Çene hattına haiz kesitteki ek-su kütlesi katsayısı eğrileri.



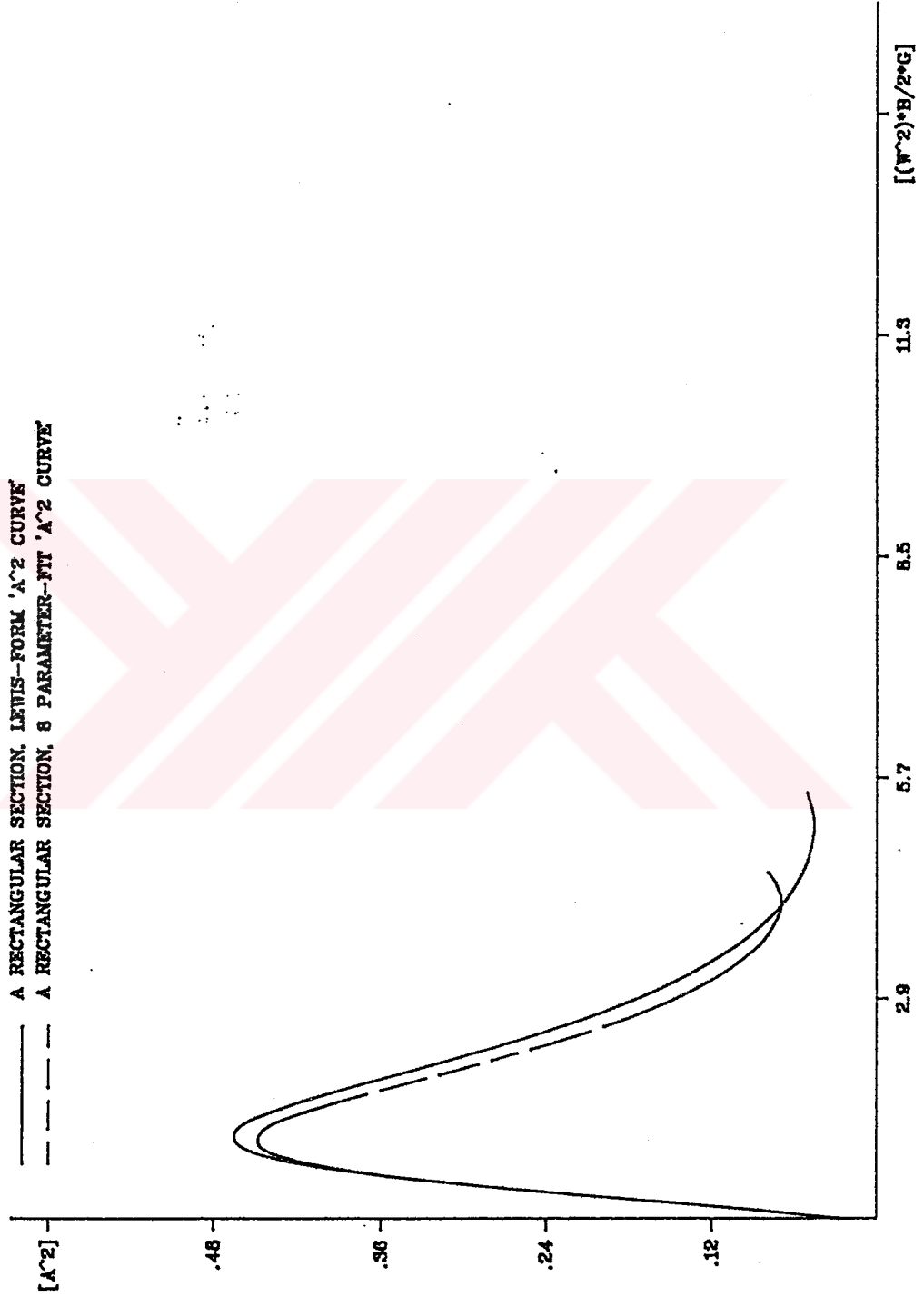
Şekil 4.7. Çene hattına haiz kesitteki sönüm oranı değerleri.



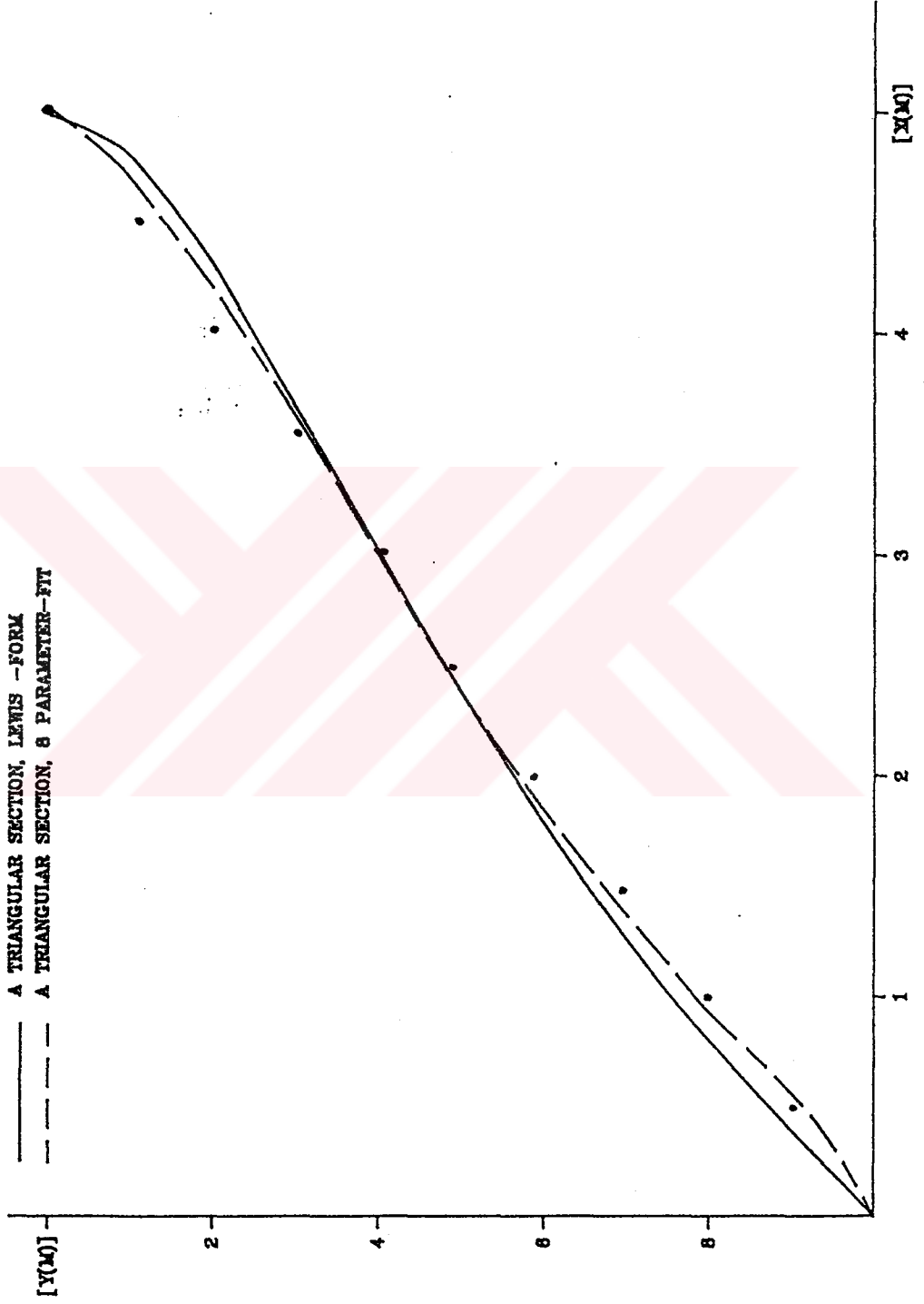
Şekil 4.8. Dikdörtgen forma haiz bir kesit.



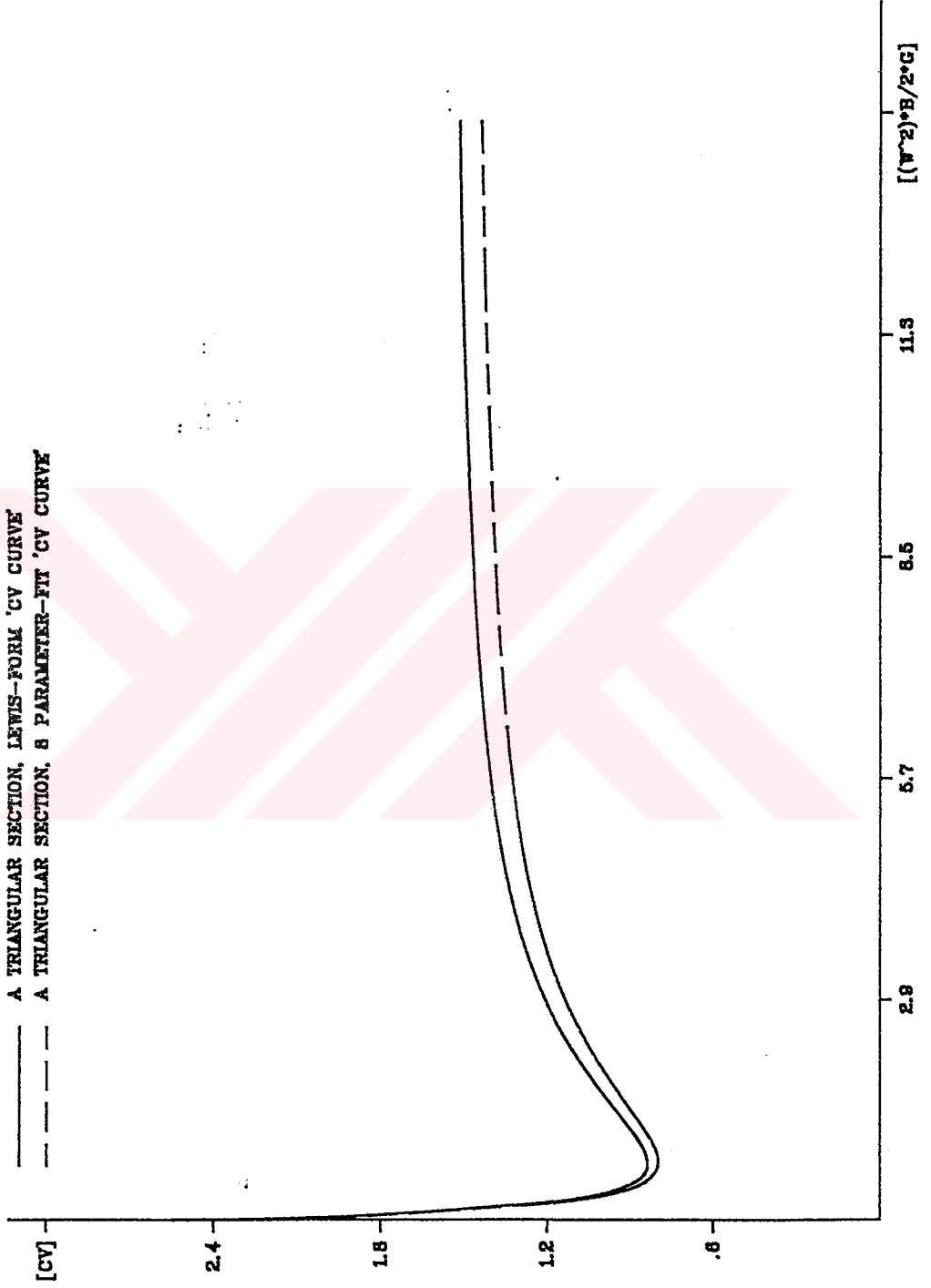
Şekil 4.9. Dikdörtgen forma haiz bir kesitteki ek-su kütlesi katsayısı eğrileri.



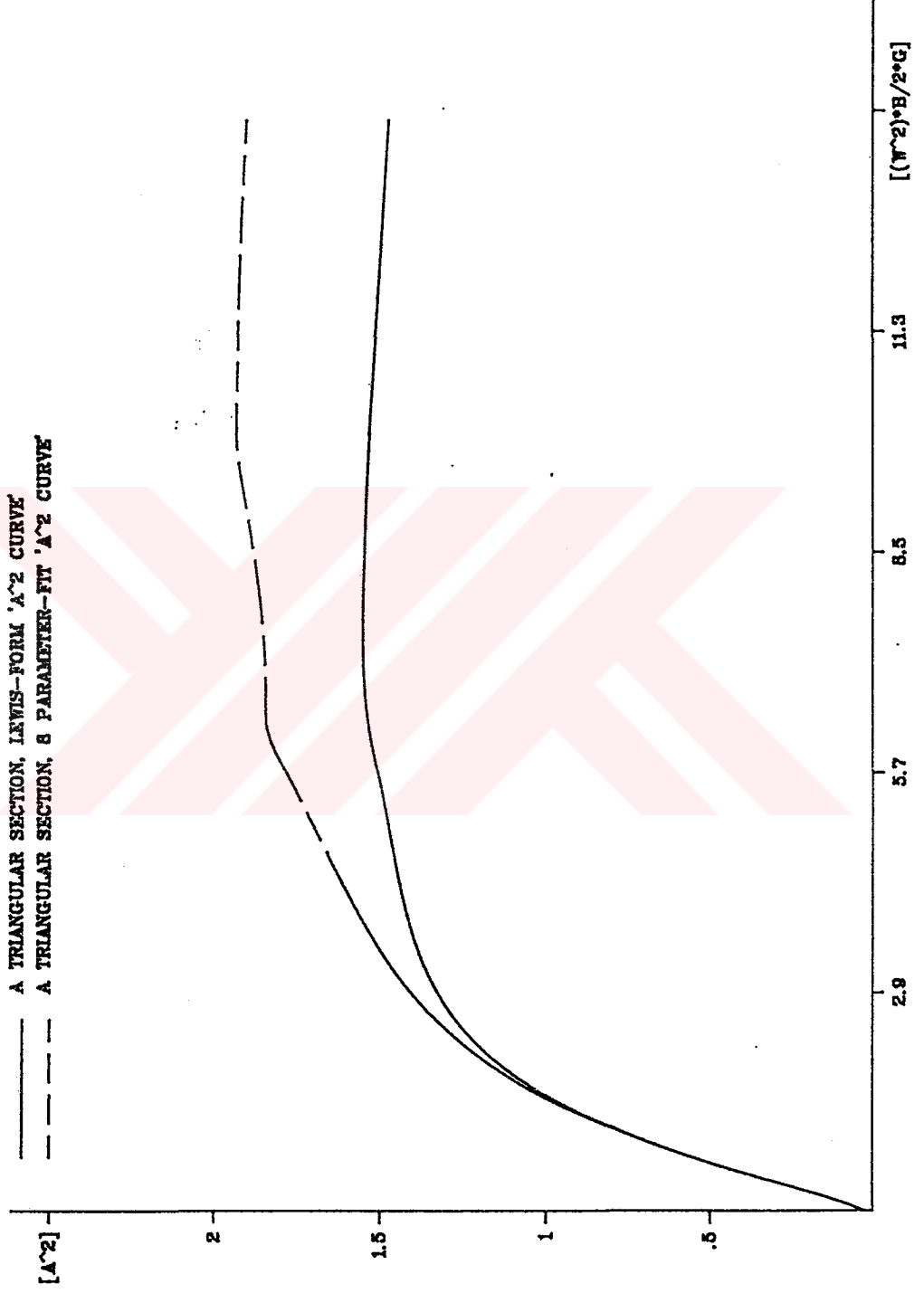
Şekil 4.10. Dikdörtgen forma haız bir kesitteki sönüm oranı eğrileri.



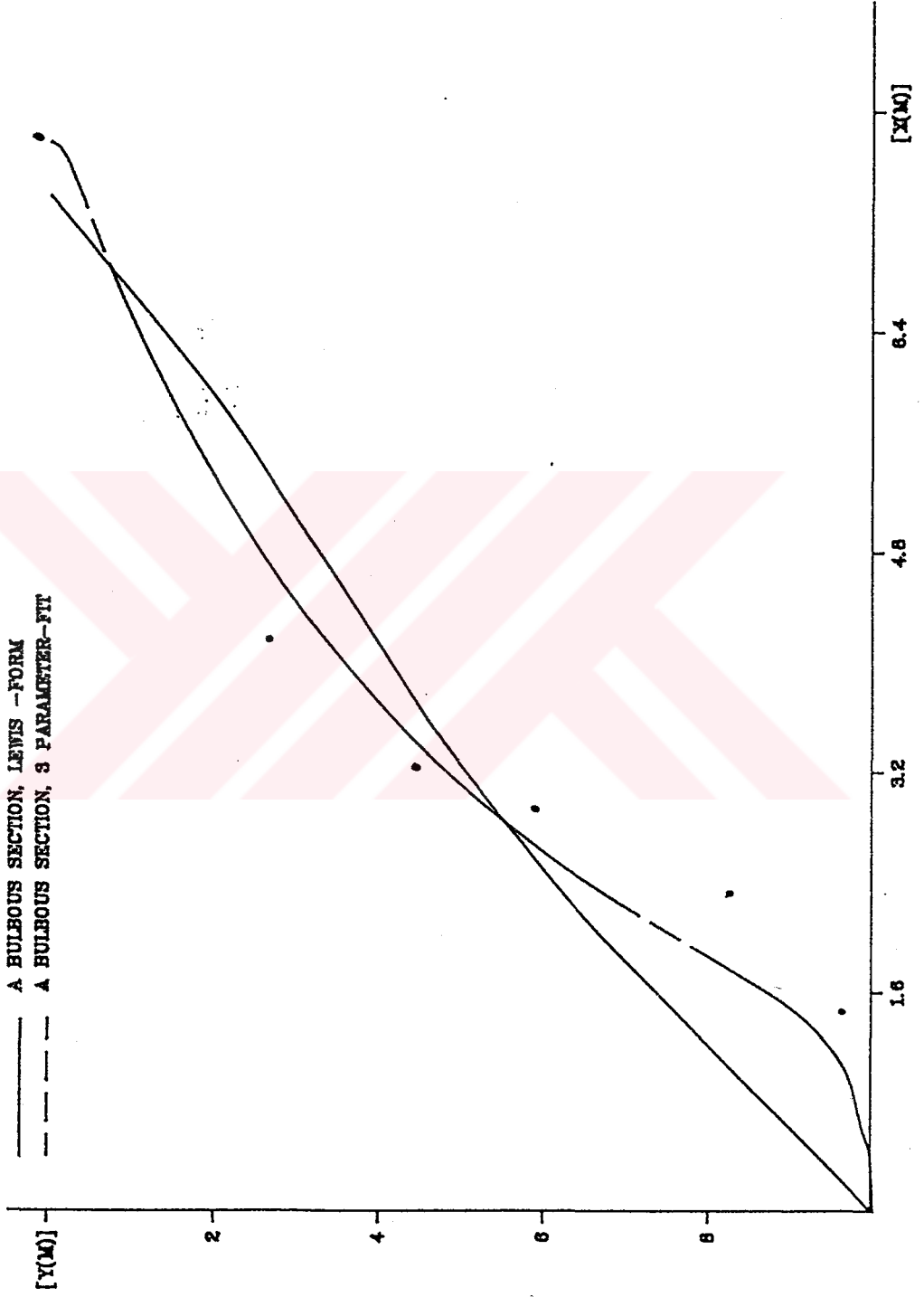
Şekil 4.11. Üçgen forma haiz bir kesit.



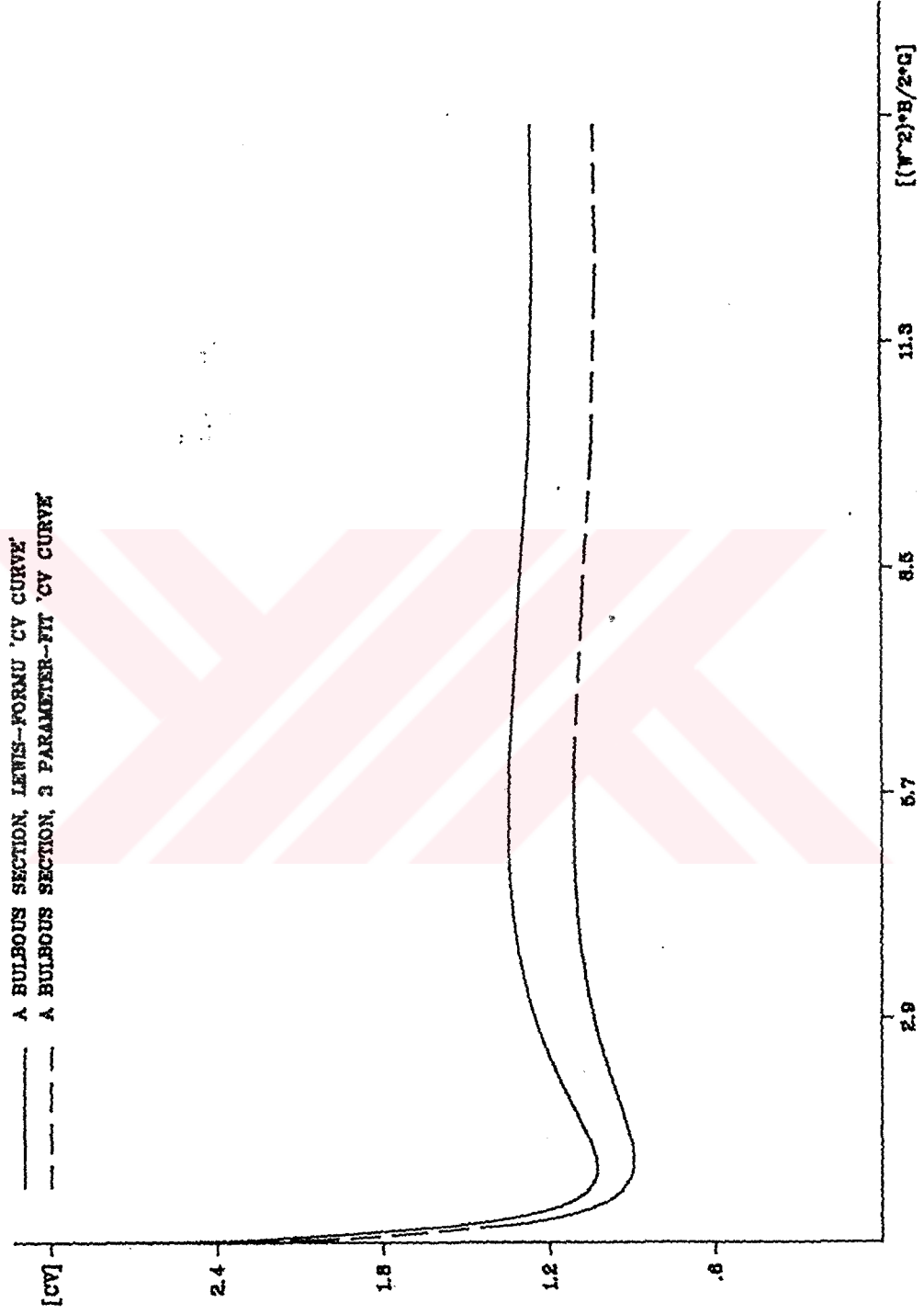
Şekil 4.12. Üçgen forma haiz bir kesitteki ek-su kütlesi katsayısı eğrileri.



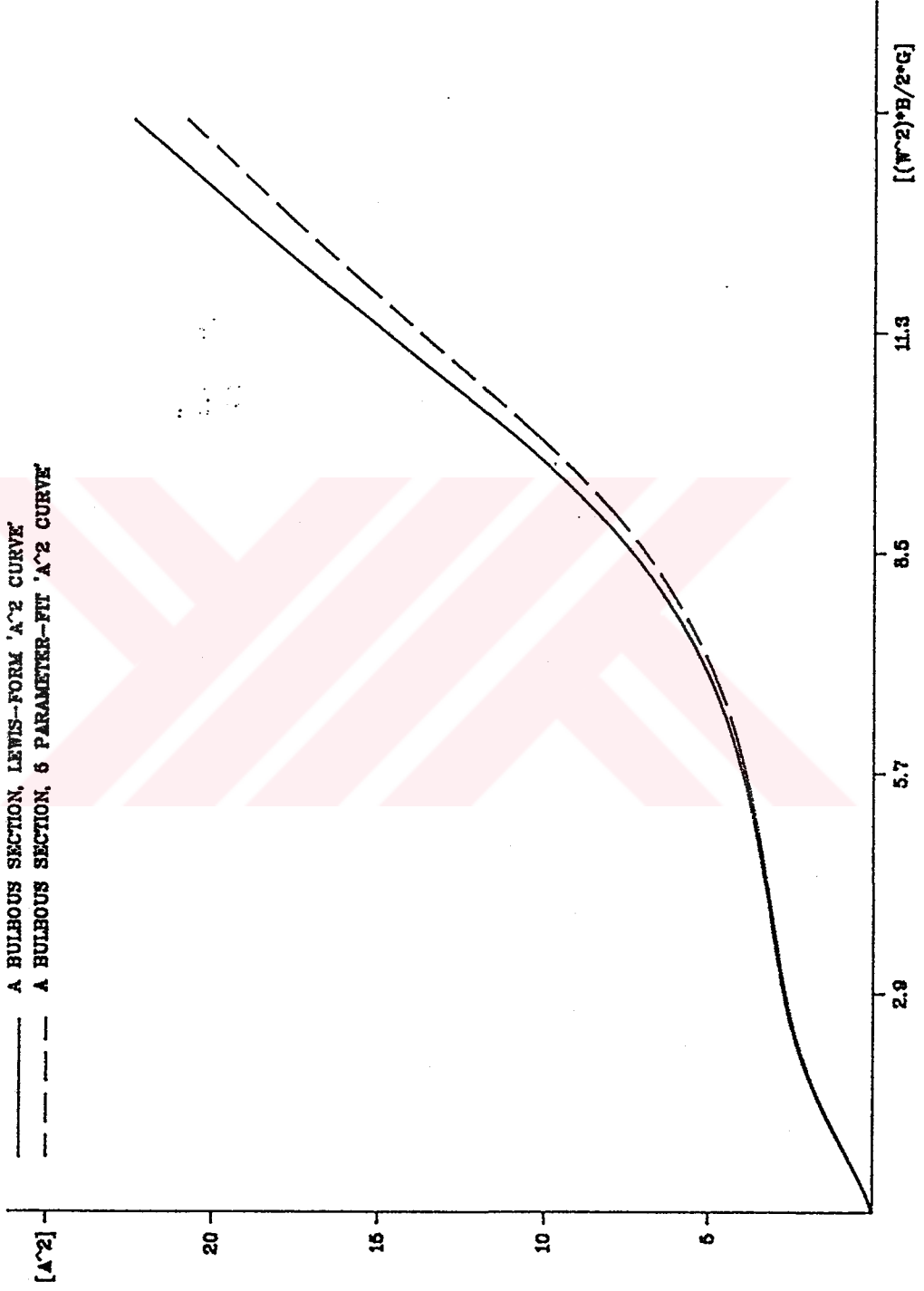
Şekil 4.13. Üçgen forma haiz bir kesitteki sönüm oranı eğrileri.



Şekil 4.14. Bir bulb kesiti.



Şekil 4.15. Bir bulb kesitindeki ek-su kütlesi katsayısı eğrileri.



Şekil 4.16. Bir bulb kesitindeki sönüm oranı eğrileri.

BÖLÜM 5 - SONUÇLAR

Gemi yapısı bir Timoshenko kiriş olarak düşünülmüş ve Prohl-Myklestad sonlu farklar yöntemi bu kirişteki doğal titreşim şekilleri ve doğal frekansların bulunmasında kullanılmıştır. Elde edilen doğal titreşim şekilleri ve bunlara karşı gelen eğilme momenti ve kesme kuvveti dağılımları diğer yöntemlerle saptanan titreşim şekillerine büyük benzerlik göstermektedir. Gemi yapısına etkiyen hidrodinamik yüklerin saptanmasında, Prohl-Myklestad sonlu farklar yönteminin uygulanmasına büyük benzerlik gösteren dilim teorisi (strip-theory) kullanılır. Bilindiği gibi her iki yöntemde de gemi yapısı dilimler olarak incelenir.[7][8][9][10]

Böyle bir kiriş için kurulan genelleştirilmiş hareket denklemindeki kuru gemi yapısının atalet matrisi a , sönüm matrisi b ve katılık matrisi c elde edilen doğal titreşim şekilleri ve doğal frekanslar kullanılarak örnek bir gemi için saptanmıştır. Akışkan etkilerinden kaynaklanan atalet matrisi A , sönüm matrisi B ve katılık matrisi C ise bu tezin kapsamında verilememiştir. Çünkü bu ifadelerin nümerik olarak elde edilmesi daha geniş bir çalışmayı gerektirmektedir. Ancak bu ifadelerin saptanmasında gerekli olan iki boyutlu ek-su kütlesi ve sönüm katsayıları nümerik olarak hesaplanmış ve elde edilen değerler grafik olarak sunulmuştur.[11]

Genelleştirilmiş hareket denkleminin çözümü ile elde edilen temel koordinatlar kullanılarak herhangi bir noktadaki yerdeğiştirme, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri bulunabilir. Böylece iki boyutlu hidroelastisite analizi yapılmış olur. Bu hesaplamalara dövünme olarak bilinen geçici dalga zorlamaları da eklenebilir. Bu

tezin içeriğinde bulunan hesaplamalar dövünme etkileri - nin saptanmasına bir temel oluşturmaktadır.

Akışkan etkilerinden kaynaklanan atalet, sönüm ve katılık matrislerinin saptanmasında gerekli olan iki boyutlu ek-su kütlesi ve sönüm katsayılarının elde edilmesinde Lewis formu ve çok parametrelili konform dönüşüm teknikleri kullanılmıştır. Örnek olarak alınan gemi kesitleri için belirli bir frekans aralığında, bu iki yöntem karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Elde edilen eğriler bölüm sonunda verilmektedir. Bu eğrilerden yararlanarak, örnek olarak seçilen gemi kesitleri için sonuçları sırasıyla irdeleyelim :[12] [13] [14] [15]

Örnek olarak seçilen kesitler için çok parametrelili konform dönüşüm tekniği Lewis formu yaklaşımına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Kesit formunun yeniden oluşturulmasında istenen hassasiyetin sağlanması, çok parametrelili konform dönüşüm tekniğinde kullanılan P, N ve M parametrelerinin uygun seçilmesiyle mümkün olmaktadır. Ayrıca eksu kütlesi ve sönüm katsayılarının en iyi sonuçları düşük frekans bölgesinde elde edilmiştir. Örnek olarak alınan dikdörtgen forma ve üçgen forma haiz kesitlerde Lewis formu ve çok parametrelili konform dönüşüm tekniği oldukça yakın sonuçlar vermiştir. Her iki kesitte de yüksek eksu kütlesi ve düşük sönüm oranı değerleri elde edilmiştir. Fakat, çene hattına haiz kesitte ince kesitte ve bulb kesitinde çok parametrelili konform dönüşüm tekniği daha iyi sonuçlar vermiştir. [16] [17] [18]

K A Y N A K L A R

- [1] BISHOP, R.E.D. and PRICE, W.G., Hydroelasticity of Ships, Cambridge University Press, 1979.
- [2] URSELL, F., On the heaving motion of a circular cylinder in the surface of a fluid, Quart. J.Mech.Appl.Math., 2, 218-231, 1949.
- [3] URSELL, F., On the rolling motion of cylinders in the surface of a fluid, Quart.J.Mech.Appl. Math, 2, 335-353, 1949.
- [4] VON KERCZEK, C. and TUCK, E.O., The Representation of Ship Hulls by Conformal Mapping Functions, J.Ship Res., 13, 284-298, 1969.
- [5] BISHOP, R.E.D., PRICE, W.G. and TAM, P.K.Y., Hydrodynamic Coefficients of some heaving cylinders of arbitrary shape, International J. for Numerical Methods in Engineering, Vol.13, 17-33, 1978.
- [6] MYKLESTAD, N.O., A new method for calculating natural modes of uncoupled bending vibrations of airplane wings and other types of beams, J.Aero. Sci., 11, 153-162, 1944.
- [7] BISHOP, R.E.D., Myklestad's method for non-uniform vibrating beams, Engineer, 202, 838-840 and 874-875, 1956.
- [8] BISHOP, R.E.D., and PRICE, W.G., Coupled bending and twisting of a Timoshenko beam, J.Sand Vib.50, 469-477, 1977.
- [9] COWPER, G.R., The Shear coefficients in Timoshenko's beam Theory, J.Appl.Mech. 33, 335, 1966.
- [10] BISHOP, R.E.D. and JOHNSON, D.C., The mechanics of vibration, Cambridge University Press, 1960.
- [11] SALVESEN, N., TUCK, E.O. and FALTINSEN, O., Ship motions and sea loads, Trans SNAME, 78, 250-287, 1970.

- [12] LANDWEBER, L. and MACOGNO, M.C., Added Masses of Two Dimensional Forms by Conformal Mapping, J. Ship Res., 1967.
- [13] BELİK, Ö., Symmetric Response of Ship in Regular and Irregular Waves, Ph.D. Thesis University College London, 1982.
- [14] L.M.MILNE - THOMSON, Theoretical Hydrodynamics, 4th edn. Macmillan, London, 1962.
- [15] LANDWIEBER, L. and MACOGNO, M.C., Added Mass of Two Dimensional Forms Oscillating in a free Surface, J.Ship Res, 1, 20-29, 1957.
- [16] PECKHAM, S.G., A new method for minimizing a sum of Squares without calculating gradients, Computer J., 13, 418-420, 1970.
- [17] POWELL, M.I.D., A method for minimizing a sum of squares of non-linear functions without calculating derivatives, The Computer J., Vol.7, 303-307, 1965.
- [18] TIMMAN, R. and NEWMAN, J.N., The Coupled Damping Coefficients of a Symmetric Ship, J.Ship Res. 1962.

EK.A. PROHL-MYKLESTAD SONLU FARKLAR YÖNTEMİ

Uniform olmayan titreşen bir kirişin doğal frekanslarının ve doğal titreşim şekillerinin bulunmasında kullanılan bir sonlu farklar yöntemidir. İki tarafından da serbest sınır koşullarına sahip uniform olmayan bir kiriş düşünelim.

(2.1), (2.2), (2.3), (2.4) ve (2.5) denklemlerinde r-inci titreşim şekli için ;

$$dV_r(x) = -\omega_r^2 m(x) W_r(x) dx,$$

$$dM_r(x) = \{-\omega_r^2 I_y(x) \Theta_r(x) - V_r(x)\} dx,$$

$$dW_r(x) = \{\Theta_r(x) + \gamma_r(x)\} dx,$$

$$d\Theta_r(x) = \frac{M_r(x)}{EI(x)} dx, \quad (EK.A.1)$$

$$\gamma_r(x) = \frac{V_r(x)}{kAG(x)}$$

Kirişi N adet kesite bölersek, (EK.A.1) denklemleri

$$V_{n+1/2} - V_n = -\omega^2 m_{n+1/2} W_{n+1/2} \Delta x,$$

$$M_{n+1/2} - M_{n-1/2} = (-\omega^2 I_{y_n} \Theta_n - V_n) \Delta x,$$

$$W_{n+1/2} - W_{n-1/2} = (\Theta_n + \gamma_n) \Delta x, \quad (EK.A.2)$$

$$\Theta_{n+1} - \Theta_n = \frac{M_{n+1/2}}{EI_{n+1/2}} \Delta x,$$

$$\gamma_{n+1} = \frac{V_{n+1}}{kAG_{n+1}}$$

olarak düzenlenebilir.

Bir sonlu farklar rekürans denklem sistemi olan bu denklemlerde $n = 0$ kış tarafı, $n = N$ baş tarafı ifade eder ve n indisi kesit başlarını, $n \mp 1/2$ indisi de kesit ortalarını gösterir. Δx kesit uzunluğudur.

Sınır koşullarından, $n = 0$ ve $n = N$ de çökme ve eğilme momenti ifadeleri şu hali alır;

$$\begin{aligned} W_{1/2} - W_0 &= \frac{1}{2} (\theta_0 + \gamma_0) \Delta x, \\ n = 0 \text{ için } \{ \\ M_{1/2} - M_0 &= \frac{1}{2} (-\omega^2 I_{Y_0} \theta_0 - V_0) \Delta x, \end{aligned} \quad (\text{EK.A.3})$$

$$\begin{aligned} n = N \text{ için } \{ \\ W_N - W_{N-1/2} &= \frac{1}{2} (\theta_N + \gamma_N) \Delta x, \\ M_N - M_{N-1/2} &= \frac{1}{2} (-\omega^2 I_{Y_N} \theta_N - V_N) \Delta x, \end{aligned} \quad (\text{EK.A.4})$$

Kirişin her iki ucuda serbest sınır koşullarına sahip olduğundan,

$M_0 = M_N = V_0 = V_N = \gamma_0 = \gamma_N = 0$ olacaktır. O halde $n = 0$ için çökme ve eğilme momenti,

$$\begin{aligned} W_{1/2} &= W_0 + 1/2 \theta_0 \Delta x, \\ M_{1/2} &= -1/2 \omega^2 I_{Y_0} \theta_0 \Delta x \end{aligned} \quad (\text{EK.A.5})$$

şeklinde yazılabilir.

EK.A.1. DOĞAL FREKANSLAR :

Doğal frekansların elde edilmesinde, birinci titreşim şekline ait frekansdan küçük bir ω değeri seçilir

ve iki adım uygulanarak doğal frekans bulunabilir.

Adım 1. $W_o = 1$ ve $\theta_o = 0$ alınır. Bu durumda $V_N^1 \neq 0$, $M_N^1 \neq 0$ olarak hesaplanır.

Adım 2. $W_o = 0$ ve $\theta_o = 1$ alınır. $V_N^2 \neq V_N^1 \neq 0$ ve $M_N^2 \neq M_N^1 \neq 0$ olarak hesaplanır.

İki adım sonucunda elde edilen değerler bir sabitle çarpılarak oluşturulacak toplam da bir çözüm oluşturur. O halde,

$$\begin{aligned} M_N &= 0 = A M_N^1 + B M_N^2 \\ V_N &= 0 = A V_N^1 + B V_N^2 \end{aligned} \quad (\text{EK.A.6})$$

Yukarıdaki denklemde A ve B sabitlerinin varolması için katsayılar determinantının sıfır olması gerekir.

$$\begin{vmatrix} M_N^1 & M_N^2 \\ V_N^1 & V_N^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (\text{EK.A.7})$$

Elde edilen bu ifade frekans denklemidir. Bu denklemlerin çözümünde, determinantın işaret değiştirdiği noktalar bize doğal titreşim şekillerinin frekansını verir. O halde determinantın işaret değiştirdiği noktalar iterasyon ile aranmalıdır.

Çökmeler ve dönmeler için de şu ifade yazılabilir.

$$\begin{aligned} W(x) &= W^1(x) + \alpha W^2(x) \\ \theta(x) &= \theta^1(x) + \alpha \theta^2(x) \end{aligned} \quad (\text{EK.A.8})$$

1. ve 2. adımlar uygulanırsa,

$$W_O = W_O^1 = 1$$

$$\Theta_O = \alpha \Theta_O^2 = \alpha \quad (\text{EK.A.9})$$

elde edilir. α parametresi

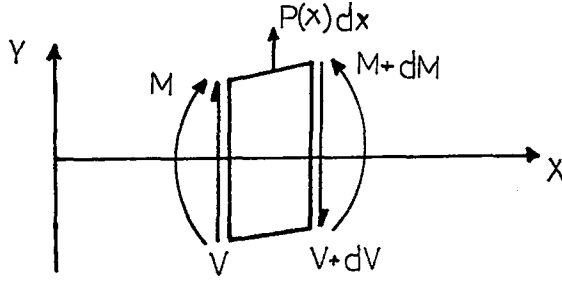
$$M_N = 0 = M_N^1 + \alpha M_N^2 \quad \text{ya da}$$

$$V_N = 0 = V_N^1 + \alpha V_N^2 \quad (\text{EK.A.10})$$

ifadelerinden biriyle bulunabilir. Böylece normalize edilmiş titreşim şekilleri ve buna bağlı olarak kesme kuvveti, eğilme momenti dağılımları bulunabilir. Bunun için de $W_O = 1$ ve $\Theta_O = \alpha$ alınarak (EK.A.2) ifadeleri tekrar uygulanır.[6]

EK.B. BERNOULLİ-EULER KİRİŞ TEORİSİ

Titreşen bir kiriş parçası üzerine etkiyen kesme kuvveti ve eğilme momenti şematik olarak şöyle gösterilebilir.



Şekil EK.B.1. Kiriş parçası üzerine etkiyen kesme kuvveti ve eğilme momenti.

Burada kesme kuvveti V , eğilme momenti M ve dış yük P olarak gösterilmektedir.

y -ekseni yönündeki kuvvetleri toplarsak,

$$dV - p(x) dx = 0 \quad (\text{EK.B.1})$$

Kiriş parçasının herhangi bir noktasına göre moment etkisi ise,

$$dM - Vdx - \frac{1}{2} p(x) (dx)^2 = 0 \quad (\text{EK.B.2})$$

(EK.B.1) ve (EK.B.2) ifadelerini düzenlersek,

$$\frac{dV}{dx} = p(x) \quad \text{ve} \quad \frac{dM}{dx} = V \quad (\text{EK.B.3})$$

şeklinde iki önemli bağıntı elde etmiş oluruz. Buradan,

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = \frac{dV}{dx} = p(x) \quad (\text{EK.B.4})$$

denklemini elde etmiş oluruz.

Böyle bir kirişte moment ifadesi,

$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (\text{EK.B.5})$$

olarak verilir. (EK.B.5), (EK.B.4) de yerine yazılırsa,

$$\frac{d^2}{dx^2} (EI \frac{d^2 y}{dx^2}) = p(x) \quad (\text{EK.B.6})$$

elde edilir. Titreşen böyle bir kiriş için, birim boya düşen yük,

$$p(x) = \frac{W}{g} \omega^2 y \quad (\text{EK.B.7})$$

olarak verilir. Bu denklemde W/g bir boya düşen küttedir. (EK.B.7) ifadesi (EK.B.6) da yerine yazılırsa,

$$\frac{d^2}{dx^2} (EI \frac{d^2 y}{dx^2}) - \frac{W}{g} \omega^2 y = 0 \quad (\text{EK.B.8})$$

Bu denklemde eğilme rijitliği EI değeri sabit olarak alınır, (EK.B.8) denklemi şöyle yazılabilir.

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - \frac{W}{g} \omega^2 y = 0 \quad (\text{EK.B.9})$$

(EK.B.9) denklemi yeniden düzenlenirse ve $B^4 = \frac{W}{g} \frac{\omega^2}{EI}$ için

$$\frac{d^4 y}{dx^4} - B^4 y = 0 \quad (\text{EK.B.10})$$

olarak dördüncü dereceden bir diferansiyel denklem elde edilir.

EK.C. POTANSİYEL AKIM ANALİZİ

Dalıp-çıkma hareketi yapan bir silindirin toplam hız potansiyeli seri açılımları formunda şu şekilde verilir ;

$$\phi_T = \frac{gb}{\pi\omega} \left\{ \phi_c + \sum_{m=1}^{\infty} p_{2m} \left| \frac{\phi}{2m} \right| \cos \omega t + \left| \phi_s + \sum_{m=1}^{\infty} q_{2m} \left| \frac{\phi}{2m} \right| \sin \omega t \right\} \quad (\text{EK.C.1})$$

Bu ifadede b oluşan dalganın genliğidir. Potansiyeller ϕ_{2m} ve merkeze yerleştirilmiş kaynak ϕ_{source} Porter ve Tasai tarafından tanımlanmıştır.

$$\phi_{2m} = \frac{\cos 2m\theta}{\bar{\zeta}} + k a \left\{ \frac{\cos (2m-1)\theta}{(2m-1)\bar{\zeta}^{2m-1}} + \sum_{n=1}^N (-1)^{n+1} \frac{2(n-1)a_{2n-1} \cos (2m+2n-1)\theta}{(2m+2n-1)\bar{\zeta}^{2m+2n-1}} \right\}$$

$$\phi_{\text{source}} = \phi_c \cos \omega t + \phi_s \sin \omega t \quad (\text{EK.C.2})$$

$$\phi_c = \pi e^{-ky} \cos kx$$

$$\phi_s = \pi e^{-ky} \sin kx - \int_0^{\infty} \frac{e^{-vy} x}{k^2 + v^2} (v \cos vy - k \sin vy) dv$$

Yukardaki denklemleri akım fonksiyonlarını da gözönüne alarak düzenlersek,

$$\psi_{2m}(\theta_r) = \frac{\cos 2m\theta_r}{\sin} + k a \left\{ \frac{\sin (2m-1)\theta_r}{2m-1} + \sum_{n=1}^N (-1)^{n+1} \frac{(2n-1)a_{2n-1} \sin (2m+2n-1)\theta_r}{(2m+2n-1)} \right\}$$

$$\psi_c(\theta_r) = \pi e^{-ky} \frac{\cos kx}{\sin} \quad (\text{EK.C.3})$$

$$\phi_s(\theta_r) = \pm e^{-ky} \sin kx \mp \int_0^\infty e^{-vx} \frac{(v \cos vy + k \sin vy)}{k^2 + v^2} dv$$

(EK.C.4)

Bu ifadelerde $k = \omega^2/g$ dalga sayısını göstermektedir. Hız potansiyeli ϕ şu sınır koşullarını sağlamalıdır.

(a) Lineerleştirilmiş serbest yüzey koşulu;

$$\omega^2 \phi = g \frac{\partial \phi}{\partial y}$$

(b) Tabanda herhangi bir akım etkisinin olmadığı koşulu;

$$\left. \frac{\partial \phi}{\partial n} \right|_{\text{taban}} = 0$$

(c) Radyasyon şartını sağlamalıdır.

ϕ_s ve ψ_s ifadelerinin nümerik çözümü için şu denklem geçerlidir.

$$\phi_s(\theta_r) = e^{-ky} \left\{ \theta \frac{\cos kx}{\sin kx} \pm U \frac{\sin kx}{\cos kx} \right\} \quad (\text{EK.C.5})$$

$$\theta = \gamma + \log_e |kr| + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(kr)^n}{n! n} \cos(nx) \quad (\text{EK.C.5.1})$$

$$U = \chi + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(kr)^n}{n! n} \sin(nx) \quad (\text{EK.C.5.2})$$

Bu denklemlerde $\gamma = 0.577215664901$ Euler sabitidir.

$$\chi = \tan^{-1} \frac{x}{y} \quad \text{ve} \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

olarak ifade edilir.

(EK.C.5.1) ve (EK.C.5.2) deki seriler bir M sayısı ile sınırlandırılırsa ve sınır koşulları $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_R$ noktalarında gerçekleşirse şu lineer denklem takımı elde edilir.

$$\sum_{m=1}^M P_{2m} f_{2m}(\theta_r) = \psi_c(\theta_r) - \frac{x(\theta_r)}{B_0} \psi_c\left(\frac{\pi}{2}\right) \quad (\text{EK.C.6})$$

$$\sum_{m=1}^M q_{2m} f_{2m}(\theta)_r = \psi_s(\theta_r) - \frac{x(\theta_r)}{B_0} \psi_s\left(\frac{\pi}{2}\right)$$

Burada $B_0 = x(\theta = \pi/2) = 0.5 B$ ve

$$f_{2m}(\theta_r) = \frac{x(\theta_r)}{B_0} \psi_{2m}\left(\frac{\pi}{2}\right) - \psi_{2m}(\theta_r) \quad (\text{EK.C.6.1})$$

(EK.C.6) denklem takımı $0 < \theta_r < \pi/2$ ve $r = 1, 2, \dots, R$ için $R > M$ alınarak en küçük kareler yöntemiyle çözülebilir. Çözüm sonucunda P ve q değerleri elde edilecektir. Böylece toplam hız potansiyeli ve uygulanan akışkan kuvvetleri hesaplanabilir. [5]

Ek su kütlesi ve sönüm katsayıları ifadeleri frekans bağımlı olarak şöyle verilir ;

$$\begin{aligned} m(\delta) &= \frac{M_0 \beta + N_0 \alpha}{\alpha^2 + \beta^2} 2 \rho B_0^2 \\ N(\delta) &= \frac{M_0 \alpha + N_0 \beta}{\alpha^2 + \beta^2} 2 \rho B_0^2 \omega \end{aligned} \quad (\text{EK.C.7})$$

oluşan dalga genliğinin hareketin genliğine oranı $\bar{A}$,

$$\bar{A} = \frac{K B_0 \pi}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} \quad (\text{EK.C.8})$$

(EK.C.7) denklemlerinde M_O ve N_O ifadeleri ;

$$M_O = \int_0^{\pi/2} \frac{a M(\theta_r) W(\theta_r)}{B_O} d\theta_r$$

$$N_O = \int_0^{\pi/2} \frac{aN(\theta_r) W(\theta_r)}{B_O} d\theta_r \quad (\text{EK.C.9})$$

$$W(\theta_r) = \cos\theta_r + \sum_{n=1}^N (-1)^{n+1} (2n-1) a_{2n-1} \cos(2n-1)\theta_r \quad (\text{EK.C.9.1})$$

$$M(\theta_r) = \phi_s(\theta_r) + \sum_{m=1}^M q_{2m} \phi_{2m}(\theta_r) \quad (\text{EK.C.9.2})$$

$$N(\theta_r) = \phi_c(\theta_r) + \sum_{m=1}^M P_{2m} \phi_{2m}(\theta_r) \quad (\text{EK.C.9.3})$$

$$\alpha = \psi_c(\pi/2) + \sum_{m=1}^M P_{2m} \psi_{2m}(\pi/2) \quad (\text{EK.C.9.4})$$

$$\beta = \psi_s(\pi/2) + \sum_{m=1}^M q_{2m} \psi_{2m}(\pi/2) \quad (\text{EK.C.9.5})$$

Boyutsuz ek su kütlesi katsayısı C_v ve frekans parametresi δ

$$C_v = \frac{m(\delta)}{\pi \rho B^2 / 8} \quad (\text{EK.C.10})$$

$$\delta = \frac{\omega^2 B}{2g} = \frac{kB}{2} \quad (\text{EK.C.11})$$

Sönüm katsayısı ise,

$$N(\delta) = \frac{\rho_B^2 \omega \pi^2}{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{\rho B^2}{\omega^3} \bar{A}^2 \quad (\text{EK.C.12})$$

EK D. BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

```

PROGRAM 1 :
#####
' BU PROGRAM DATA DEGERLERI BELLI OLAN ORNEK BIR GENI ICIN DOGAL FREKANSLARI
' VE DOGAL TITRESIN SEKILLERINI HESAPLAR. AYRICA GENELLESTIRILMIS KUTLE,
' SONUN VE KATILIK MATRISLERINI SAPTAR.
#####
DECLARE SUB REC (OMEGA#, IV(), IX(), V(), H(), W(), TETA(), GAMMA(), IDELX, N, E, G, MASS(), ALAN())
DECLARE FUNCTION INTEGRAL (X(), Y(), N)
DECLARE SUB PEACE (A(), V(), N)
-----
DEFBRL D
N2 = 20; N = 2 * N2
DIM W(N), H(N), TETA(N), V(N), GAMMA(N), ALAN(N), IX(N), WW(40, 9), KATNOM(N2 + 2), TN(40, 9), Z(85)
DIM MASS(40), IV(40), MUS(N2 + 2), XX(N2), YY(N2), V(N2), NATFRE(9), XDON(N2 + 2), X(N2 + 2), OMEGA#(9)
DIM TNS(N2 + 2, 9), F1(40), F(40), A(9, 9), ASS(9), CSS(9), R(N), B(20, 20), BR(N)
-----
E = 2.0707 * 10 ^ 8      'KN/SN*H ELASTISITE MODULU
G = 8.28269 * 10 ^ 7     'KN/SN*H KESME MODULU
OMEGA# = -3              'DOGAL FREKANS 1/SN
L = 107.29               'GENI BOYU M
IDELX = L / N2           'DILIN BOYU M
GAG = 25093              'GENI AGIRLIGI KN
EPS = 10 ^ -3           'DETERMINANT TOLERANSI
-----
RESTORE 1
FOR I = 1 TO N STEP 2
  READ MASS(I)           'KESIT AGIRLIGI TON
1  DATA 54.864,57.912,60.96,179.83,241.81,141.22,139.19,129.03,194.06,160.530,138.18,157.48
  ' 104.65,244.86,228.6,121.92,65.024,62.992,41.656,34.544
NEXT I
-----
RESTORE 2
FOR I = 1 TO N STEP 2
  READ IX(I)             'KESIT ATALET MOMENTI M^4
2  DATA 0.4795,0.9471,1.4505,2.1039,2.8831,3.4765,3.9321,4.1958,4.3157,4.3756,4.3277,4.2258
  ' 4.1838,4.2737,4.1658,3.8481,3.4286,2.8831,2.4096,2.038
NEXT I
-----
RESTORE 3
FOR I = 0 TO N STEP 2
  READ IV(I)             'TON*M^2
3  DATA 58.521,196.33,200.58,235.03,387,323.28,249.19,325.64,407.29,378.03,441.74,524.33
  ' 615.42,601.26,445.99,429.94,380.86,309.6,236.92,244.00,143.94
NEXT I
-----

```

```

RESTORE 15
FOR I = 0 TO N STEP 2
  READ ALAN(I) 'KESIT ALANI M^2
15 DATA 0,0.0432,0.0529,0.0632,0.0679,0.0774,0.0832,0.0877,0.089,0.089,0.0884,0.0877
  0.0877,0.0858,0.0787,0.0697,0.0684,0.0690,0.0703,0.0716,0
NEXT I

-----
OPEN "0", 1, "A:OMERSON.DAT"
PRINT : PRINT
PRINT "***** VERILER *****"

PRINT
PRINT "KESIT KESIT AG.(TON) AT.NOM(M^4) DON.AT.NOM(TONM^2) ALAN(M^2) "
PRINT "===== "
FOR I = 1 TO N STEP 2
  K = I - 1
  J = .5 + I / 2
  MUS(J) = MASS(I)
  KATNOM(J) = IX(I)
  IF K = 39 THEN K = K + 2
  PRINT USING "99 ###.### #.### ###.### #.###"; J; MASS(I); IX(I); IV(K); ALAN(K)
NEXT I
FOR I = 0 TO N STEP 2
  J = I / 2 + 1: R(J) = IV(I)
NEXT I
PRINT
I = 1: XC = -IDELX / 2
6 XC = XC + IDELY
  X(I) = XC
  IF XC > L THEN 17
  I = I + 1: GOTO 6
17 -----
I = 1: XC = -IDELX
8 XC = XC + IDELX
  XDON(I) = XC
  IF XC > L THEN 7
  I = I + 1: GOTO 8
7 -----
CLS : LOCATE 5, 5:
INPUT "MODE SHAPE SAYISI (MSA)"; MSA
A = 0: H = 0
FOR I = 1 TO M2
  H = H + MASS(I) * X(I)
  A = A + MASS(I)
NEXT I
LCB = H / A
FOR I = 1 TO N STEP 2
  J = .5 + I / 2
  WW(J, 1) = 1: NEXT I
FOR I = 0 TO N STEP 2
  J = I / 2 + 1
  TW(J, 1) = 0
NEXT I
FOR I = 1 TO N STEP 2
  J = .5 + I / 2
  WW(J, 2) = 1 - X(J) / LCB: NEXT I
FOR I = 0 TO N STEP 2
  J = I / 2 + 1
  TW(J, 2) = ATN(I) / LCB
NEXT I

```

```

FOR III = 1 TO 2
PRINT USING "NODE SHAPE=##"; III
PRINT
PRINT "KESIT      COKME (N)      DOWNE ="
PRINT "===== "
FOR I = 1 TO N2
PRINT USING "  ##"; I;
PRINT USING "      ###.###  ###.###"; WW(I, III); TW(I, III)
NEXT I
NEXT III

-----
FOR II = 3 TO NSA 'NODE SHAPE CEVRINI
DOWNEGA = 4
OMEGA# = INT(OMEGA# + DOWNEGA)
GOSUB 13
PRINT USING "OMEGA=##.##### 1/SN"; OMEGA#;
PRINT USING "  DET=##.#####^"; DET
DETE = DET
10 OMEGA# = OMEGA# + DOWNEGA
GOSUB 13
PRINT USING "OMEGA=##.##### 1/SN"; OMEGA#;
PRINT USING "  DET=##.#####^"; DET
DETE = DET
IF ABS(DET) <= EPS OR ABS(DOWNEGA) <= EPS THEN 9
IF DETE * DET > 0 THEN DETE = DET: GOTO 10
DOWNEGA = DOWNEGA / 4: OMEGA# = OMEGA# - 4 * DOWNEGA
GOTO 10
9 ALFA = -MNI / MNI
NATFRE(II) = OMEGA#
FOR I = 0 TO N 'SON ADIM ICIN DEGISKEN SIFIRLANMASI
V(I) = 0: W(I) = 0: M(I) = 0: TETA(I) = 0: GAMMA(I) = 0
NEXT I
W(0) = 1: TETA(0) = ALFA
CALL REC(OMEGA#, JV(I), IX(I), V(I), W(I), W(I), TETA(I), GAMMA(I), IDELX, N, E, G, MASS(), ALAN())
FOR I = 0 TO N STEP 2
J = I / 2 + 1
TW(J, II) = TETA(I)
NEXT I
FOR I = 1 TO N STEP 2
J = .5 + I / 2
WW(J, II) = W(I)
NEXT I
PRINT "===== "
PRINT "*****          CIKTILAR          *****"
PRINT "===== "
PRINT
PRINT USING "NODE SHAPE=##"; II;
PRINT USING "  OMEGA=##.##### RADYAN/SN"; OMEGA#
PRINT
PRINT "KESIT      COKME(N)      IST.KESME KUV.(kN)      MOMENT(kNm)      DOWNE(RAD)      KES.UYA."
PRINT "===== "
TETA(0) = 0: GAMMA(0) = 0: GAMMA(N) = 0
FOR I = 1 TO N STEP 2
K = I - 1
J = (I - 1) / 2
PRINT USING "  ##  ###.###          #####.##          #####          ###.###  ###.### "
; J; W(I); V(K); M(I); TETA(K); GAMMA(K)
NEXT I

```

```

OMEGA#(II) = OMEGA#; LPRINT OMEGA#(II); LPRINT : LPRINT
NEXT II 'MODE SHAPE CEVRIMI SONU
'CLOSE I
NZZ = N2 + 1
FOR I = 1 TO NZZ
  DR(I) = R(I) / IDELX; NEXT I
  DR(I) = DR(I) * 2; DR(NZZ) = DR(NZZ) * 2
  LL = 0; OMEGA#(1) = 0; OMEGA#(2) = 0
  VR(2) = .006; VR(3) = .009; VR(4) = .014; VR(5) = .02; VR(6) = .025; VR(7) = .03
  FOR I = 1 TO MSA
    FOR J = 1 TO MSA
      F = 0
      FOR K = 1 TO N2
        F = F + WW(K, I) * WW(K, J) * MUS(K)
      NEXT K
      A = INTEGRAL(X(I), F(I), N2)
      F1 = 0
      FOR K = 0 TO N STEP 2
        N = K / 2 + 1
        F1 = F1 + TN(N, J) * TN(N, I) * DR(N)
      NEXT K
      B = INTEGRAL(XBDN(I), F1(I), NZZ)
      LL = LL + 1; ZILL = F + F1
    NEXT J, I
    CALL PEACE(ID(), Z(I), MSA)
    FOR I = 1 TO MSA
      FOR J = 1 TO MSA
        IF I = J THEN
          ASS(I) = D(I, I); CSS(I) = ASS(I) * OMEGA#(I) ^ 2
          BSS(I) = 2 * VR(I) * OMEGA#(I) * ASS(I)
          PRINT ASS(I), BSS(I), CSS(I) / 1000
        ELSE
          PRINT D(I, J)
        END IF
      NEXT J, I
    END
  END
'=====
13  FOR ADIM = 1 TO 2
    IF ADIM = 1 THEN 11 ELSE 12
11  W(0) = 1; TETA(0) = 0
    CALL REC(OMEGA#, IV(), IX(), V(), W(), W(), TETA(), GAMMA(), IDELX, N, E, G, MASS(), ALAN())
    VNI = V(N); NNI = N(N)
    FOR I = 0 TO N
      V(I) = 0; W(I) = 0; N(I) = 0; TETA(I) = 0; GAMMA(I) = 0
    NEXT I
12  W(0) = 0; TETA(0) = 1
    CALL REC(OMEGA#, IV(), IX(), V(), W(), W(), TETA(), GAMMA(), IDELX, N, E, G, MASS(), ALAN())
    VNII = V(N); NNII = N(N)
  NEXT ADIM
  DET = NNI * VNII - NNII * VNI
  RETURN
'=====

```

```

FUNCTION INTEGRAL (X(), Y(), NN)
  N = NN - 1: DA = X(2) - X(1): DB = X(3) - X(2): DC = DA + DB
  S = DA * (Y(1) * (DB / DC + 2) + Y(2) * (DC / DB + 2) - Y(3) * DA * DB / (DC * DB)) / 6
  FOR I = 2 TO N
    DA = X(I) - X(I - 1): DB = X(I + 1) - X(I): DC = DA + DB
    S = S + DB * (1 - Y(I - 1) * DB * DB / (DA * DC) + Y(I) * (DC / DA + 2) + Y(I + 1) * (DA / DC + 2)) / 6
  NEXT I
  INTEGRAL = S
END FUNCTION

```

```

SUB PEACE (A(), V(), N)
  N = 0
  FOR J = 1 TO N
    FOR I = 3 TO N
      N = N + 1: A(I, J) = V(N)
    NEXT I, J
  FOR J = 2 TO N
    IT = J - 1
    FOR I = 1 TO IT
      A(I, J) = A(I, J)
    NEXT I, J
  END SUB

```

```

SUB REC (OMEGA#, IV(), IX(), V(), W(), W(), TETA(), GAMMA(), IDELX, N, E, G, MASS(), ALAN())
  FOR I = 0 TO N - 2 STEP 2
    IF I = 0 THEN W(1) = W(0) + .5 * TETA(0) * IDELX: GOTO 4
    W(I + 1) = W(I - 1) + (TETA(I) + GAMMA(I)) * IDELX
  4  V(I + 2) = V(I) - OMEGA# ^ 2 * MASS(I + 1) * W(I + 1)
    IF I = 0 THEN W(1) = -.5 * OMEGA# ^ 2 * IV(0) * TETA(0) * IDELX: GOTO 5
    W(I + 1) = W(I - 1) + (-OMEGA# ^ 2 * IV(I) * TETA(I) - V(I)) * IDELX
  5  TETA(I + 2) = TETA(I) + (W(I + 1) / (E * IX(I + 1))) * IDELX
    IF I + 2 = N GOTO 16
    GAMMA(I + 2) = V(I + 2) / (ALAN(I + 2) * G)
  16  -----
    NEXT I
    W(N) = W(N - 1) + .5 * TETA(N) * IDELX
    W(N) = W(N - 1) - .5 * (OMEGA# ^ 2 * IX(N) * TETA(N)) * IDELX
  END SUB

```

PROGRAM 2 :

 'BU PROGRAM ORNEK OLARAK ALINAN GENİ KESİTLERİ İÇİN LEWIS-FORMU YAKLASINI
 'VE KONFORM DÖNÜŞÜM TEKNİKLERİNİ KULLANARAK HER KESİTE GELEN EK SU KÜTLESİ
 'VE SONUN KATSAYILARINI HESAPLAR.

```

  DECLARE SUB LSTSOR (M, N, A(), B(), AZ#())
  DECLARE FUNCTION INTEGRAL (X(), Y(), NN)
  DECLARE SUB GEN (SX#(), B(), X, AA())
  DECLARE FUNCTION WT (B#(), N, THETA)
  DECLARE FUNCTION SSON (Y(), DX, N)
  DECLARE SUB LEWIS (I, SECA, SECB, SECD, P1, G, RD, A#(), FAM, P, ASMASS, N3, CV)
  DECLARE FUNCTION CAL (B#(), N)
  DECLARE SUB KESIT (X, Y, B#(), N, THETA)

```

 INPUT "NOKTA SAYISINI GIRINIZ"; NPOINT
 INPUT "KATSAYI SAYISINI GIRINIZ"; NNN
 INPUT "ACILIM SAYISINI GIRINIZ"; NEXPAN
 READ NDELTA, N2, P1, RD, N3, NTHE, EULER, DCDEF, G, NDATA
 DATA 30,20,3.1415,1.025,3,31,0.577216,3,9.80665,30
 N = 2 * N2: P = P1 * 3 / 32: RTD = 180 / P1: NFIT = 2 * NPOINT - 2
 DT = P1 / 60: PIS = P1 * P1 / 2: N4 = NPOINT - 2: NFIT = NNN + 1
 DIM SECA(21), SECB(21), SECD(21), THE(31), A#(15), ASMASS(21)
 DIM ANPARN(3), PHI(31), RS(31), THETA(31), US(31), PC(31), PS(31)
 DIM XX(31), YY(31), R(31), AG(31), WTA(31), BD(31), SD(31), UC(31)
 DIM TNN(31), ND(30), ND(30), AL(30), BL(30), NN1(30), NN2(30)
 DIM ADL(30), SWU(31, 15), TM(31), I(60), LISTA(30), TNN(31)
 DIM CNI(31, 15), UZN(31, 15), PZN(31, 15), ARN(31, 15), BR(31), TM(31)
 DIM ABINDELTA, BR1(31), DMASS(14), PZ1#(16), PZ2#(16), KQVAR(30, 16)
 DIM AMASL(30), ABARL(30), DCDEF(30), OMEGA(30), AMASS(30), ABARS(30)
 DIM PP(NFIT), KATINFIT, NFIT, AZ#(NFIT), DCDEFF(30), DELTA(30)

```

  DTHE = P1 / 60
  FOR I = 1 TO NTHE
    THE(I) = (I - 1) * DTHE
  NEXT I
  -----

```

```

  PRINT "OFSET DEGERLERI="
  FOR I = 1 TO NPOINT
    INPUT XCORD(I), YCORD(I)
    IF YCORD(I) = 0 THEN
      PHI(I) = P1 / 2
      RS(I) = XCORD(I) ^ 2 + YCORD(I) ^ 2
    ELSE
      PHI(I) = ATN(XCORD(I) / YCORD(I))
      RS(I) = XCORD(I) ^ 2 + YCORD(I) ^ 2
    END IF
  NEXT I
  SECA = INTEGRAL(PHI(), RS(), NPOINT)
  SECB = 2 * XCORD(NPOINT)
  SECD = YCORD(1)
  RMEAN = SQR(2 * SECA / P1)
  CALL LEWIS(I, SECA, SECB, SECD, P1, G, RD, A#(), FAM, P, ASMASS, N3, CV)
  PRINT "LEWIS FORM PARAMETRELERI"
  PRINT "=====
  PRINT USING " ###.#### ###.#### ###.#### ##.#### ###.####"; A#(1); A#(2); A#(3); CV; ASMASS
  THETA(1) = 0
  THETA(NPOINT) = P1 / 2
  N1 = NPOINT - 1

```

```

FOR I = 1 TO NTHE
CALL KESIT(XI, YV, A#(), N3, THE(I))
Z(I) = ATN(XI / YV)
NEXT I
FOR I = 2 TO N1
PP = PHI(I)
IZ = 0
27 IZ = IZ + 1
IF PP > Z(IZ) THEN 27
THETA(I) = THE(IZ - 1) + (PP - Z(IZ - 1)) * (THE(IZ) - THE(IZ - 1)) / (Z(IZ) - Z(IZ - 1))
NEXT I
FOR P = 1 TO NPOINT - 1
PP(P) = YCORD(P): NEXT P
FOR P = 2 TO NPOINT
PP(P + N4) = XCORD(P): NEXT P
FOR IT = 1 TO NPOINT - 1
NN = -1: T = -THETA(IT): T2 = 2 * THETA(IT)
KAT(IT, 1) = COS(THETA(IT))
FOR IN = 2 TO NFIT
T = T + T2: NN = -NN
KAT(IT, IN) = -NN * COS(T)
NEXT IN, IT
FOR IT = 2 TO NPOINT
NN = -1: T = -THETA(IT): T2 = 2 * THETA(IT)
KAT(IT + N4, 1) = SIN(THETA(IT))
FOR IN = 2 TO NFIT
T = T + T2: NN = -NN
KAT(IT + N4, IN) = NN * SIN(T)
NEXT IN, IT
CALL LSTSOR(NFIT, NFIT, KAT(), PP(), A2#())
FOR I = 1 TO NFIT
PRINT A2#(I): NEXT I
PRINT : PRINT
C3 = (1 + A2#(2)) * (1 + A2#(2)): C4 = .5 * RD * P1 * (A2#(1) ^ 2)
C = 1: C2 = 2: TOP = 0
FOR I = 3 TO NNN
C = C + C2: TOP = TOP + C * A2#(1) * A2#(I)
NEXT I
NSON = C4 * (C3 + TOP)
CVV = NSON / FAN: PRINT CVV: PRINT

```

```

BO = SECR / 2
FOR IT = 1 TO NTHE
CALL KESIT(XI(IT), YV(IT), A2#(), NFIT, THE(IT))
PRINT XI(IT), YV(IT)
R(I) = SQR(XI(IT) ^ 2 + YV(IT) ^ 2)
IF YV(IT) = 0 THEN
AG(IT) = P1 / 2
ELSE
AG(IT) = ATN(XI(IT) / YV(IT))
END IF
WTA(IT) = WT(A2#(), NFIT, THE(IT))
FOR IN = 1 TO NEXPAN
NPARM = NFIT - 1: NN = -1: T = (2 * IN - 1) * THE(IT): T2 = 2 * THE(IT)
S = SIN(T) / (2 * IN - 1)
FOR I = 1 TO NPARM
NN = -NN: T = T + T2: FI = 2 * I

```

```

S = S + NN * (FI - 1) * A2#(I + 1) * SIN(T) / (FI + 2 * IN - 1)
NEXT I
PE = S: SMD(IT, IN) = PE
NNN = -1: TT = (2 * IN - 1) * THE(IT): TT2 = 2 * THE(IT)
SS = COS(TT) / (2 * IN - 1)
FOR J = 1 TO NPARN
  NNN = -NNN: TT = TT + TT2: FI = 2 * J
  SS = SS + NNN * (FI - 1) * A2#(I + 1) * COS(TT) / (FI + 2 * IN - 1)
NEXT I
PPOLE = SS: CXP(IT, IN) = PPOLE
NEXT IN: NEXT IT
ID = 0
99 ID = ID + .1
98 DELTA(ID) = ID
IF ID > 14 THEN 97
OMEGA(ID) = SQR(2 * G * DELTA(ID) / SECD)
DALGAS = DELTA(ID) / BD
AK = DALGAS * A2#(I)
FOR IT = 1 TO NTHE
  XK = DALGAS * XX(IT): YK = DALGAS * YY(IT)
  EKY = EXP(-YK): SKX = SIN(XK): CKX = COS(XK)
  DD = DALGAS * R(IT)
  T = AG(IT): DEL = DD
  SUM = DEL * COS(T)
  IF DEL = 0 THEN 51
  IF SUM = 0 AND T = 0 THEN 51
  IC = 0
52 IC = IC + 1
  T = T + AG(IT): FC = (IC + 1) ^ 2
  DEL = IC * DEL * DD / FC
  SUM = SUM + DEL * COS(T)
  IF ABS(DEL / SUM) > 1E-08 THEN 52
51 SER1 = SUM
  QDD = SER1: QD(IT) = EULER + LOG(QD) + QDD
  TT = AG(IT): DELL = DD
  SUM = DELL * SIN(TT)
  IF DELL = 0 THEN 53
  IF SUM = 0 AND TT = 0 THEN 53
  IC = 0
54 IC = IC + 1
  TT = TT + AG(IT): FC = (IC + 1) ^ 2
  DELL = IC * DELL * DD / FC
  SUM = SUM + DELL * SIN(TT)
  IF ABS(DELL / SUM) > 1E-08 THEN 54
53 SER1S = SUM
  SD(IT) = AG(IT) + SER1S
  UC(IT) = PI * EKY * SKX
  US(IT) = EKY * (QD(IT) * SKX - SD(IT) * CKX)
  PC(IT) = PI * EKY * CKX
  PS(IT) = EKY * (QD(IT) * CKX + SD(IT) * SKX)
  FOR IN = 1 TO NEXPAN
    TTT = 2 * IN * THE(IT)
    UZM(IT, IN) = SIN(TTT) + AK * SMD(IT, IN)
    PZM(IT, IN) = COS(TTT) + AK * CXP(IT, IN)
  NEXT IN: NEXT IT
  FOR IT = 1 TO NTHE
    XB = XX(IT) / BD

```

```

BR(IT) = UC(IT) - XB * UC(NTHE)
BR1(IT) = US(IT) - XB * US(NTHE)
FOR IN = 1 TO NEXPAN
  ARM(IT, IN) = XB * UZN(NTHE, IN) - UZW(IT, IN)
NEXT IN: NEXT IT
CALL LSTSOR(NEXPAN, NTHE, ARM(), BR(), P21#())
CALL LSTSOR(NEXPAN, NTHE, ARM(), BR1(), P22#())
AL(ID) = UC(NTHE): BL(ID) = US(NTHE)
FOR IN = 1 TO NEXPAN
  AL(ID) = AL(ID) + P21#(IN) * UZN(NTHE, IN)
  BL(ID) = BL(ID) + P22#(IN) * UZN(NTHE, IN)
NEXT IN
ADL(ID) = AL(ID) ^ 2 + BL(ID) ^ 2
FOR IT = 1 TO NTHE
  TN(IT) = PS(IT): TW(IT) = PC(IT)
  FOR IN = 1 TO NEXPAN
    TN(IT) = TN(IT) + P22#(IN) * P2M(IT, IN)
    TW(IT) = TW(IT) + P21#(IN) * P2N(IT, IN)
  NEXT IN
  TNW(IT) = TN(IT) * WTA(IT): TNW(IT) = TW(IT) * WTA(IT)
NEXT IT
ND(ID) = SSON(TNM(), DT, NTHE) / BO
ND(ID) = SSON(TNW(), DT, NTHE) / BO
ROB = 2 * RO * BO ^ 2
NN1(ID) = ND(ID) * BL(ID) + ND(ID) * AL(ID)
NN2(ID) = ND(ID) * AL(ID) - ND(ID) * BL(ID)
DHASS(ID) = NN1(ID) * ROB / ADL(ID)
FANH = PI * RO * BO * BO / 2
CV1 = DHASS(ID) / FANH
AB(ID) = (DELTA(ID) * PI) ^ 2 / ADL(ID)
DCDEF(ID) = (RO * G * G) * AB(ID) / (ONEGA(ID) ^ 3)
ANASL(ID) = CV1: ABARL(ID) = AB(ID)
FAN = RO * PI * SECB * SECB / 8
ANASS(ID) = ANASL(ID) * FAN
ABARS(ID) = ABARL(ID)
DCDEFF(ID) = DCDEF(ID)
PRINT USING "##.### ##.### ###.### #####.##### #####.#####";
DELTA(ID); ANASL(ID); ANASS(ID); ABARS(ID); DCDEFF(ID)
IF ID >= 1 AND ID < 2 THEN
  ID = ID + .2: GOTO 98
END IF
IF ID >= 2 AND ID < 3.5 THEN
  ID = ID + .3: GOTO 98
END IF
IF ID >= 3.5 AND ID < 6 THEN
  ID = ID + .5: GOTO 98
END IF
IF ID >= 6 THEN
  ID = ID + 2: GOTO 98
END IF
GOTO 99
END

```

```

FUNCTION CAL (B#(I), N)
  N = N - 1; S = 1; SS = 1 + 2 * B#(2)
  FOR I = 1 TO N
    S = S + B#(I + 1); SS = SS + (2 * I - 1) * B#(I + 1) * B#(I + 1)
  NEXT I
  CAL = SS / (S * S)
END FUNCTION

```

```

SUB REM (SX#(I), R(I), K, AA(I))
  FOR J = 1 TO K - 1
    pivot = AA(J, J)
    FOR I = J + 1 TO K
      F = AA(I, J) / pivot
      FOR S = J + 1 TO K
        AA(I, S) = AA(I, S) - F * AA(J, S)
      NEXT S
      R(I) = R(I) - F * R(J)
    NEXT I; NEXT J
  SX#(K) = R(K) / AA(K, K)
  FOR I = K - 1 TO 1 STEP -1
    F = R(I)
    FOR S = 1 + 1 TO K
      F = F - AA(I, S) * SX#(S)
    NEXT S; NEXT I
  SX#(I) = F / AA(I, I); NEXT I
END SUB

```

```

FUNCTION INTEGRAL (X(I), Y(I), NN)
  N = NN - 1; DA = X(2) - X(1); DB = X(3) - X(2); DC = DA + DB
  S = DA * (Y(1) * (DB / DC + 2) + Y(2) * (DC / DB + 2) - Y(3) * DA * DA / (DC * DB)) / 6
  FOR I = 2 TO N
    DA = X(I) - X(I - 1); DB = X(I + 1) - X(I); DC = DA + DB
    S = S + DB * (-Y(I - 1) * DB * DB / (DA * DC) + Y(I) * (DC / DA + 2) + Y(I + 1) * (DA / DC + 2)) / 6
  NEXT I
  INTEGRAL = S
END FUNCTION

```

```

SUB KESIT (X, Y, B#(I), N, THETA)
  NN = -1
  X = SIN(THETA); Y = COS(THETA)
  T = -THETA; T2 = 2 * THETA
  FOR I = 2 TO N
    T = T + T2; NN = -NN
    X = X + NN * B#(I) * SIN(T)
    Y = Y - NN * B#(I) * COS(T)
  NEXT I
  X = B#(1) * X; Y = B#(1) * Y
END SUB

```

SUB LEWIS (I, SECA, SECB, SECD, PI, B, RD, A#(1), FAN, P, ASMASS, W3, CV)

 'Check validity of Lewis Form.

```

    FAN = RD * PI * SECB * SECD / B
    IF SECD = 0 THEN
      SBN = 0: GOTO 6
    END IF
    AC = SECA / (SECB * SECD)
    SBN = SECB / (2 * SECD)
    IF SBN >= 1 THEN 5
    S2 = P * (2 - SBN)
    S22 = P * (3 + .25 / SBN)
    IF AC < S2 THEN AC = S2
    IF AC > S22 THEN AC = S22
    GOTO 6
5    S2 = P * (2 - 1 / SBN)
    S22 = P * (3 + .25 * SBN)
    IF AC < S2 THEN AC = S2
    IF AC > S22 THEN AC = S22
    'CALCULATE ASYMPTOTIC VALUE OF ADDED MASS
6    HH = (SBN - 1) / (SBN + 1)
    SIG = 4 * AC / PI: C1 = 3 + SIG + (1 - SIG) * HH * HH
    DIS = SBN(9 - 2 * C1)
    A#(3) = (3 + DIS - C1) / C1
    A#(2) = (1 + A#(3)) * HH
    IF (A#(2) + A#(3)) = -1 THEN
      A#(1) = 0: GOTO 9
    END IF
    A#(1) = .5 * SECD / (1 + A#(2) + A#(3))
9    CV = CAL(A#(1), W3)
    CNL = CV * FAN
    ASMASS = CNL
  END SUB

```

```

SUB LSTSOR (M, N, A(), B(), A2#(1))
  DIM AA(N, N), BB(N)
  FOR I = 1 TO N
    FOR J = 1 TO N
      AA(I, J) = 0
      FOR K = 1 TO N
        AA(I, J) = AA(I, J) + A(K, I) * A(K, J)
      NEXT K
      AA(I, I) = AA(I, J)
    NEXT J: NEXT I
    FOR I = 1 TO N
      BB(I) = 0
      FOR J = 1 TO N
        BB(I) = BB(I) + A(I, I) * B(J)
      NEXT J: NEXT I
      CALL GEN(A2#(1), BB(I), N, AA(I))
    END SUB

```

```

FUNCTION SSON (Y(), DX, N)
  N = N - 1: S = Y(1) - Y(N)
  FOR I = 2 TO N STEP 2
    S = S + 4 * Y(I) + 2 * Y(I + 1)
  NEXT I
  SSON = DX * S / 3
END FUNCTION

```

```

FUNCTION WT (B#(), N, THETA)
  NPARM = N - 1: NN = -1: T = -THETA: T2 = 2 * THETA: S = COS(THETA)
  FOR I = 1 TO NPARM
    T = T + T2: NN = -NN
    S = S + NN * (2 * I - 1) * B#(I + 1) * COS(T)
  NEXT I
  WT = B#(1) * S
END FUNCTION

```



Ö Z G E Ç M İ Ş

Hakan AKYILDIZ, 15 Temmuz 1965 yılında İstanbul'da doğdu. 1982 yılında İstanbul Yedikule Lisesi'ni iyi derece ile bitirdi. 1983 yılında İ.T.Ü.Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi'ne kayıt yaptırarak 1987 yılında iyi derece ile mezun oldu ve Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisi ünvanını aldı. Eylül 1987 yılında İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Bölümü'nde Yüksek Lisans çalışmalarına başladı. 1989 yılından itibaren Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olup, halen İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde kayıtlı öğrenci olarak öğrenimine devam etmektedir.