

# BÜTÜN KENARLARI MAFSALLI MESNETLİ LEVHALARIN TAŞIMA YÜKLERİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

Ahmet Necati YELGİN\* Hüseyin YELGİN\*\*

\* Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi - SAKARYA

\*\* Sakarya Üniversitesi Sapanca M.Y.O - SAKARYA

**ÖZET :** Bir çok mühendislik yapısında dört tarafından mafsallı mesnetlenmiş dikdörtgen levhalar taşıyıcı sistemlerin önemli elemanları olarak karşımıza çok sıklıkla çıkmaktadır. Bu tür levhalar genellikle kutu kesitli yapma kolonlarda, yapma I kirişlerin gövdelerinde, gemi ve uçak endüstrisinde gemi ve uçağın gövdesini örtmede kullanılmaktadır. Bu levhalar karşılıklı iki kenarından düzgün yayılı basınç yükü ile zorlanırsa, malzeme mukavemetine erişmeden önce narin olmalarından dolayı erken buruşabilmektedirler.

Bu amaçla,  $\alpha \geq 1$  kenar oranlı levhaların taşıma (buruşma) yükleri deneysel olarak araştırılacak ve sonuçlar öneri olarak verilecektir.

**ABSTRACT :** Rectangular plates with hinged supports on four edges often constitute an important part of structural systems. Such plates find application in shipbuilding and aircraft industries in the form of box - section columns and I - beams. If those plates are forced on two opposite edges with uniform load, they tend to crease before the material fails.

The bearing loads of plates with side ratio of  $\alpha \geq 1$  will be experimentally investigated and results presented to form.

## I. GİRİŞ

Dört tarafından mafsallı mesnetli dikdörtgen çelik levhalar, çelik yapıda taşıyıcı sistemlerin önemli elemanları olarak çok kullanılmaktadır.

Bu tür levhalar basınç yükü altında belirli bir değere ulaştıkları anda birden lokal burkulma (buruşma) yaparlar.

Bu nedenle böyle elemanların taşıma davranışlarının ve taşıma yüklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu tür levhaların buruşma yükleri ilk defa 1891 yılında İngiltere' de G. H. BRYAN tarafından teorik olarak hesaplanmıştır. Bu konuda teorik çalışmalar günümüze dek yapılagelmektedir. Ancak bu tür levhalar üzerinde deneysel çalışma pek bulunmamaktadır.

Bu amaçla,  $\alpha$  levha kenar oranlı levhaların taşıma yükleri ve ayrıca bu yükler altında yaptığı şekil değiştirme davranışları deneysel olarak incelenecektir.

Çalışmada,  $t = 3$  mm ve  $t = 4$  mm kalınlıklı levhalardan deney epruvetleri hazırlanmıştır. Söz konusu deney epruvetleri, farklı kalınlıklı, aynı malzeme özellikli ( St 37 ) ve yekpare levhalardan 400 x 400, 400 x 350, 400 x 300, 400 x 250 ve 400 x 200 ebatlarında kesilerek elde edilmiştir.

## II. LEVHALARIN BURUŞMASI

Levhalar, narin yapıda bir malzeme olduğundan dolayı basınç yükü ile yüklendiği zaman belirli bir yük altında kendi yükleme düzlemine dik olarak burkulurlar.

Levhaların buruşma davranışı, çeşitli parametrelere bağlıdır. Bu parametreler sayesinde ancak güvenli ve ekonomik bir taşıyıcı sistem oluşturmak mümkün olabilmektedir. Bu konu başlığı altında lineer ve lineer olmayan buruşma teorilerinden bilinen yedi adet parametre tanıtılacaktır.

- Levha narinliği, levha genişliği  $b$  ve levha kalınlığı  $t$  arasındaki oran olarak tanımlanır (Şekil - 2.1). Levha genişliği  $b$ , basınç yükü ile yüklenmiş levha kenarının boyutudur.

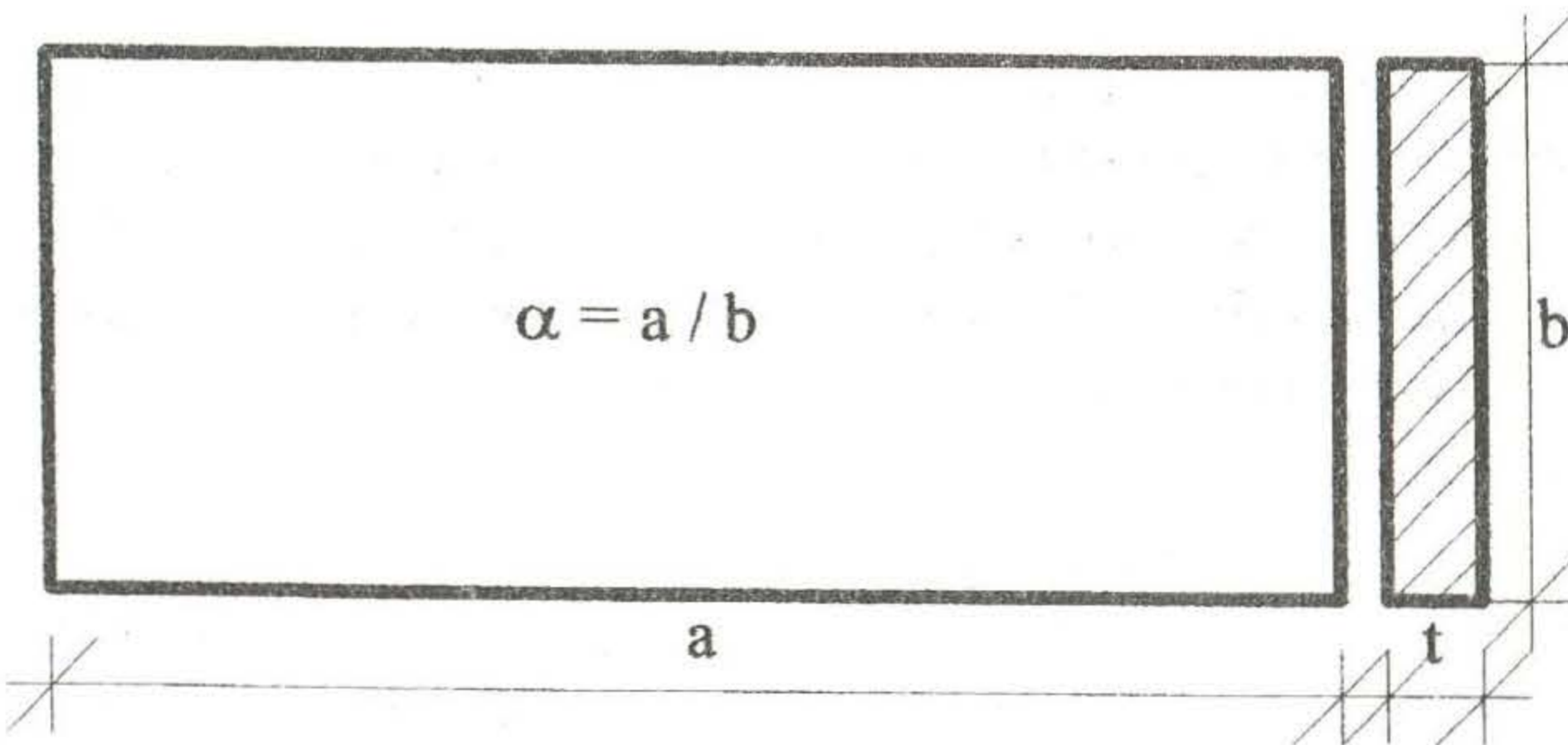
Çalışmada,  $b / t$  oranı,  $t = 3$  mm kalınlıklı levhalarda 66.67 ile 133.33 arasında,  $t = 4$  mm kalınlıklı levhalarda ise 50 ile 100 arasında değişmektedir.

- Levha kenar oranı, levha uzunluğu  $a$  ve levha genişliği  $b$  arasındaki oran olarak tanımlanır ve  $\alpha$  ile gösterilir. Çalışmada levha kenar oranı  $\alpha$  farklı seçilmiş ve bu farklı orana bağlı olarak deney epruvetleri imal edilmiştir.
- Levha kenarlarının mesnetlenmesi, levha kenarlarının mesnetlenmesinin incelenmesinde, konstrüksiyon ve diferansiyel denklemlerin çözümü için gerekli olan matematiksel sınır şartları ve levhanın mesnet davranışı arasında farklılıklar olabilir. Hiçbir zaman teorik hesaplarda kullanılan gerçek mesnet şartlarını elde etmek mümkün olmaz. Bu nedenle hesaplamalar bazı ön kabuller yapılarak gerçekleştirilir. Matematiksel sınır şartları olarak genel anlamda üç sınır şartından bahsetmek mümkündür.
- ◆ Boşta (serbest) Kenarlar
- ◆ Mafsallı Mesnetlenmiş Kenarlar
- ◆ Ankastre Kenarlar
- Enine kenar mesnetlenmesinin  $k$  buruşma katsayısına etkisi, dört tarafından mafsallı mesnetlenmiş levhalarda buruşma katsayısı,

$$k = \left( \frac{m}{\alpha} + \frac{n^2}{m} \alpha \right)^2 \quad (2.1)$$

formülüyle hesaplanmaktadır.

Diğer tür mesnetlenmiş levhalarda  $k$  buruşma katsayısı mesnetlenme şekline bağlı olarak farklı formüllerle hesap edilmektedir. Bu formülde  $m$  ve  $n$  her iki doğrultudaki dalga sayısını,  $\alpha$  ise levha kenar oranını göstermektedir.  $k$  buruşma katsayısının alacağı minimum değer ise 4 dür.



Şekil 2.1 : Dört Kenarı Mafsallı Levha

- Malzeme akma sınırı, levhanın malzeme özelliklerinin taşıma yükü üzerine etkisi büyüktür. Dolayısıyla kullanılacak malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Şayet malzeme özelliklerinin tespiti hakkında gerekli özen gösterilmez ise yapılacak hesaplamalar sonucu çıkacak değerler yanıltıcı olacaktır.
- Levha kenarının yüklenmesi, levhaların hesaplanmasında levha kenarlarının yüklenme şeklinin önemi büyüktür. Daha doğrusu levhaya ne tür bir yük etki ediyorsa hesaplar ona göre yapılmalıdır. Genelde üç tür yüklenmeden bahsetmek mümkündür. Düzgün yayılı yük, trapez yayılı yük ve üçgen yayılı yük.
- Ön şekil değiştirme ( ön deformasyon ), lineerleştirilmiş buruşma teorisi matematiksel anlamda düzlem olan levhaları incelemektedir. Rijitleştirilen veya kaynaklanan dolu gövdeli konstrüksiyonların imali esnasında, levhalarda ve rijitleştiricilerde istenmeyen çarpılmalar veya deformasyonlar oluşabilir. Bu ön deformasyonlar yönetmeliklerin verdiği sınırlar içinde kalır ise hesapları şekil değiştirmemiş gibi yapılır. Şayet bu ölçülen ön deformasyon değerleri yönetmeliklerde belirtilen sınırları aşıyor ise bu ön deformasyonlar dikkate alınarak hesap gerçekleştirilir. Aksi takdirde gerçeğe yakın olmayan sonuçlar elde edilmiş olur.

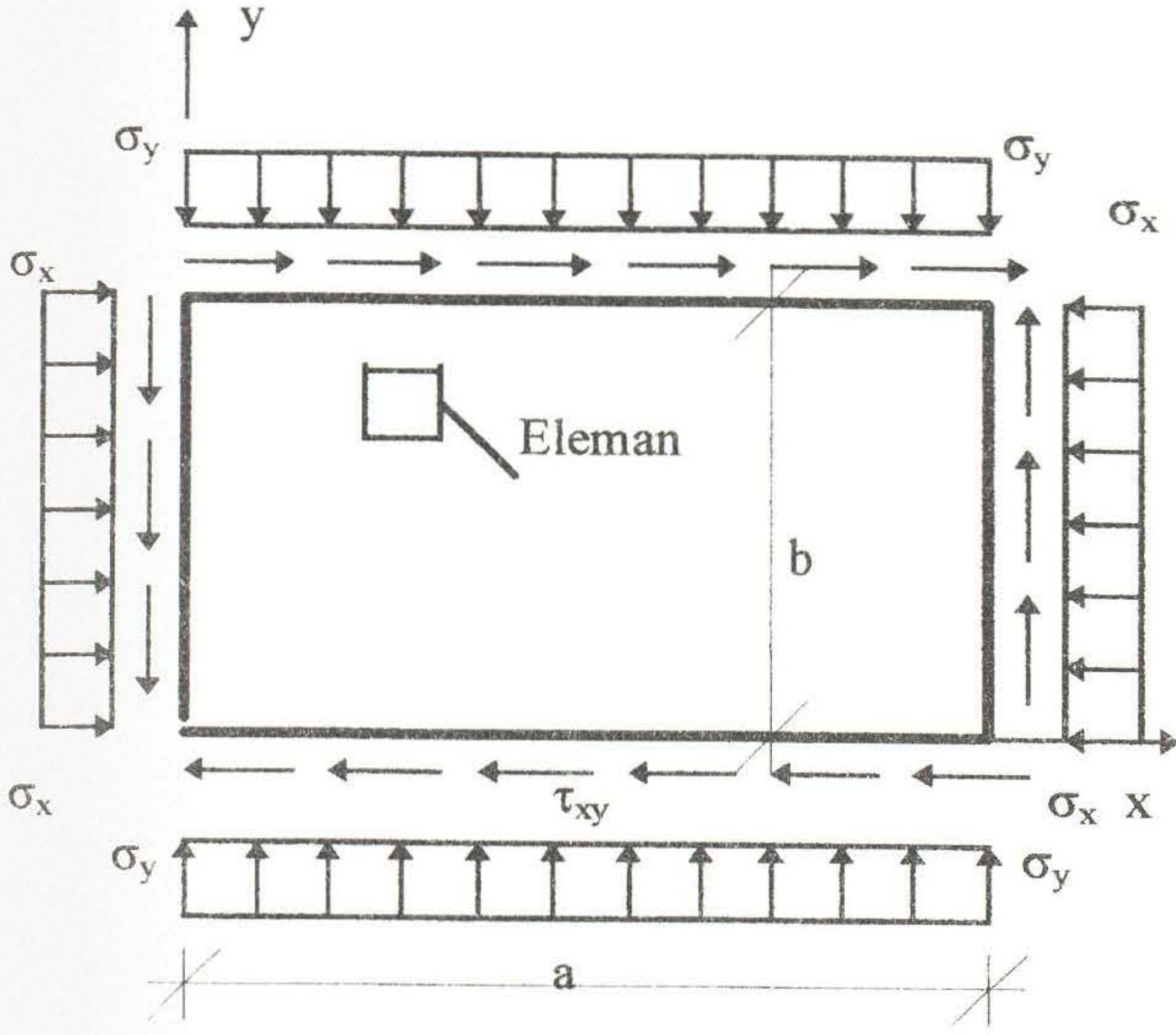
### III. LEVHALARDA TAŞIMA YÜKÜ HESABI

Basınç veya kayma kuvvetiyle yüklenmiş ideal düzlem levhalar malzeme mukavemetine erişmeden önce burkulabilirler. Burkulma çubuğunda olduğu gibi levhalarda da levha ince ise (yani narin ise) buruşmanında erken olacağı konumu geçerlidir. Şekil 3.1' de dört kenarından mafsallı mesnetlenmiş bir levhanın genel yüklenme şekli görülmektedir.

Enine yüklenmiş levhalar için aşağıdaki Kirschhoff plak denklemi geçerlidir.

$$\frac{E.t^3}{12(1-\mu^2)} \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = P \quad (3.1)$$

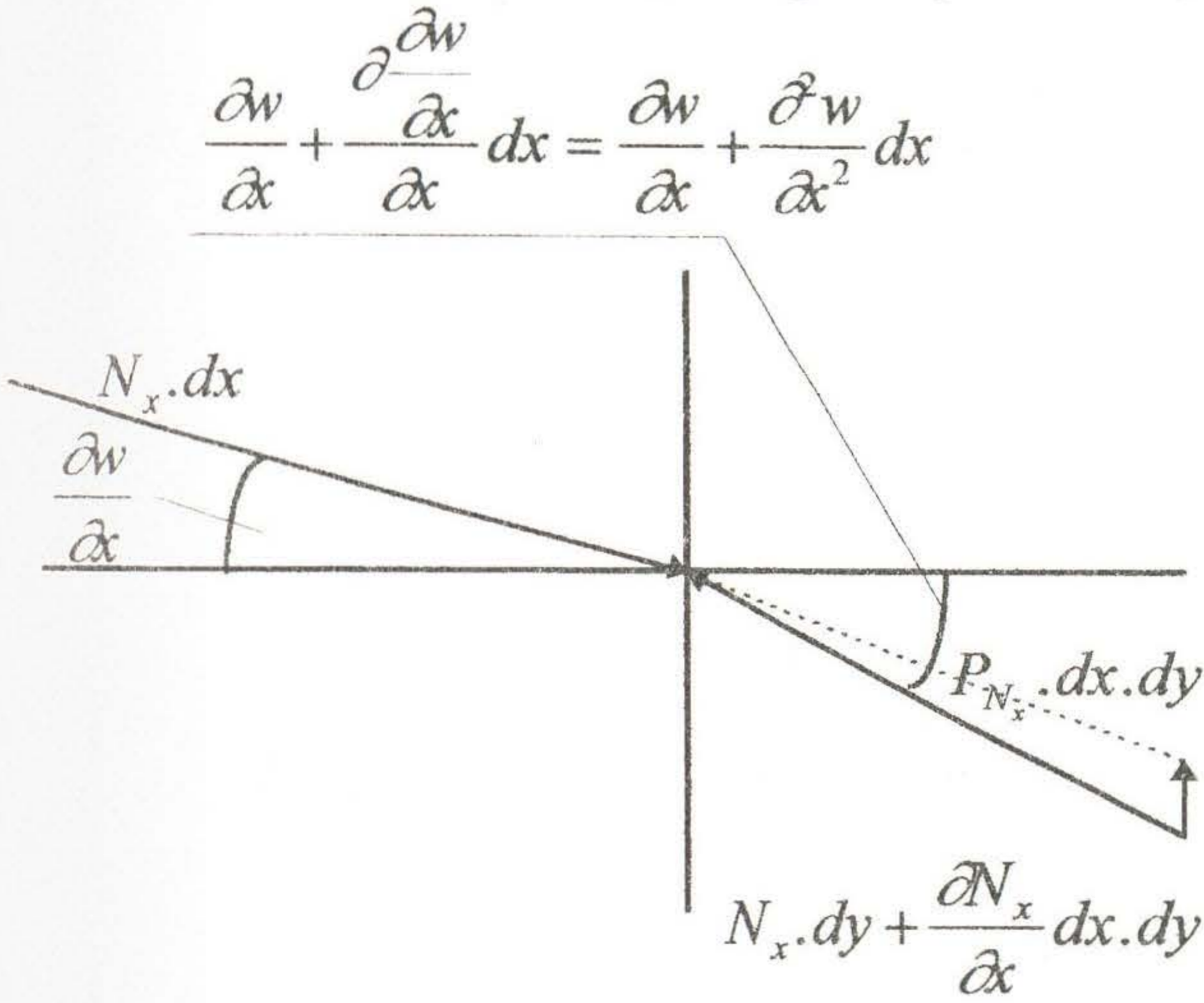
Denge şartından, plak üzerindeki bütün düşey kuvvetlerin toplamı sıfırdır. Enine yüklenme durumu  $P$ , levha durumunda mevcut değildir (Şekil -3.2).



Şekil 3.1 : Levhanın Genel Yüklenme Şekli

Burada,  $\sigma_x \cdot t = N_x$  ,  $\sigma_y \cdot t = N_y$  ,  $\tau_{xy} \cdot t = N_{xy}$ , olarak alınmaktadır.

x doğrultusundaki kesitte meydana gelen iç kuvvetler,



Şekil - 3.2 : x Doğrultusunda Kesitte Oluşan İç Kuvvetler

Küçük açılar kabulü yapılarak,

$$P_{N_x} \cdot dx \cdot dy = N_x \frac{\partial w}{\partial x} dy - \left( N_x \cdot dy + \frac{\partial N_x}{\partial x} dx \cdot dy \right) \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} dx \right) \quad (3.2)$$

$$P_{N_x} \cong -N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \frac{\partial N_x}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial x} \quad (3.3)$$

elde edilir.

Benzer olarak,

$$P_{N_y} \cong -N_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \frac{\partial N_y}{\partial y} \frac{\partial w}{\partial y} \quad (3.4)$$

$$P_{N_{xy}} \cong -N_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - \frac{\partial N_{xy}}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \quad (3.5)$$

$$P_{N_{yx}} \cong -N_{yx} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - \frac{\partial N_{yx}}{\partial y} \frac{\partial w}{\partial x} \quad (3.6)$$

$$P = P_{N_x} + P_{N_y} + P_{N_{xy}} + P_{N_{yx}} \quad (3.7)$$

elde edilir.

$\Sigma x = 0$  denge şartından ve  $\cos\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right) \cong 1$  alınarak,

$$\frac{\partial N_x}{\partial x} + \frac{\partial N_y}{\partial y} = 0 \quad (3.8)$$

$\Sigma y = 0$  denge şartından,

$$\frac{\partial N_y}{\partial y} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial x} = 0 \quad (3.9)$$

$$P = -\left( N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2N_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + N_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.10)$$

$$P = -t \cdot \left( \sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2\tau_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \sigma_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.11)$$

(3.11) denklemi (3.1) denkleminde yerine konur ise,

$$\frac{E \cdot t^3}{12(1-\mu^2)} \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = -t \cdot \left( \sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2\tau_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \sigma_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (3.12)$$

elde edilir.

Plak rijitliği D ile gösterilirse,

$$D = \frac{E.t^3}{12(1-\mu^2)} \quad (3.13)$$

yazılabilir.

Sözkonusu levha denkleminde çubuk denklemine geçilmek istenirse,

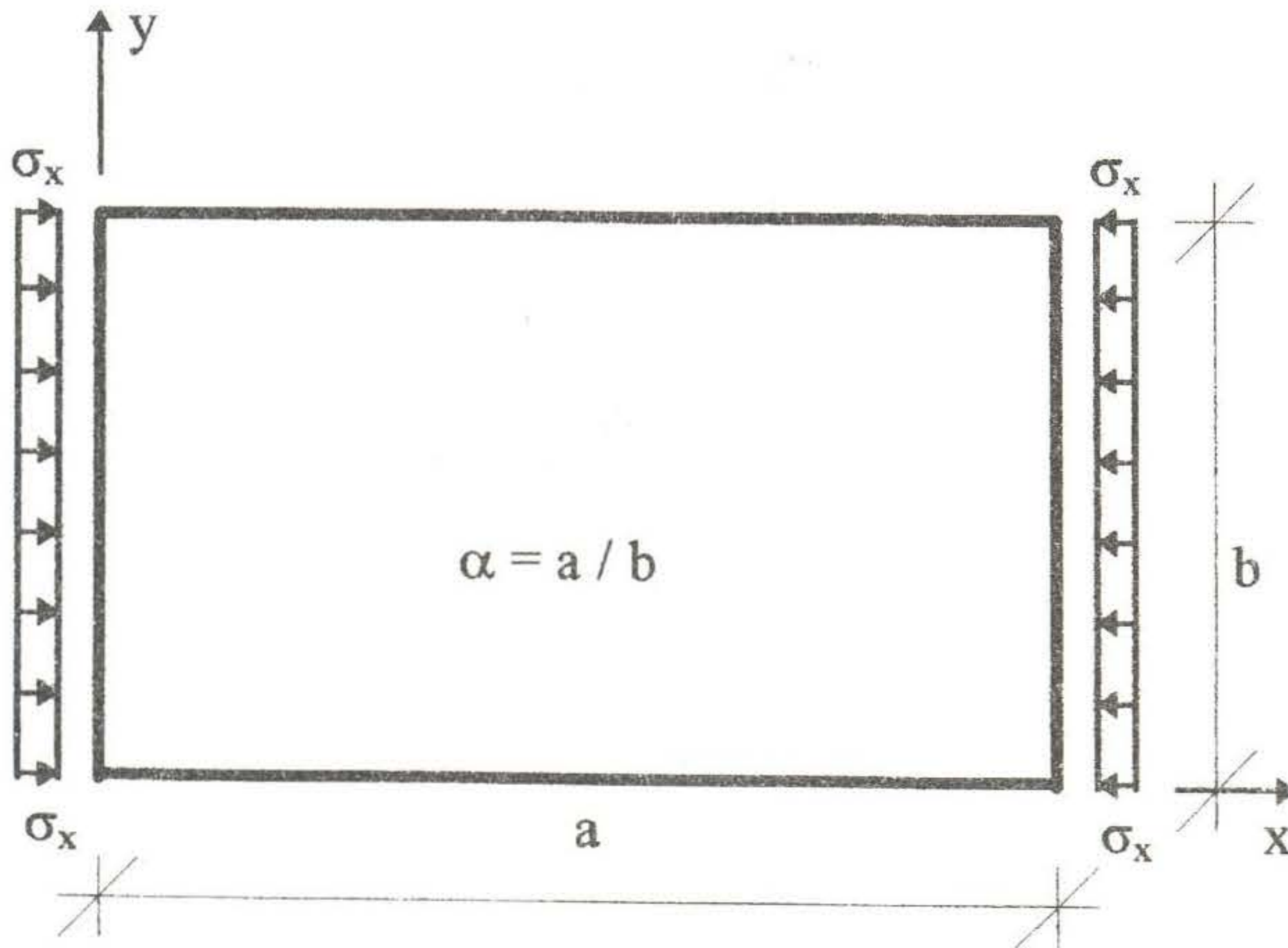
$$\frac{E.t^3}{12} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2} = -t.\sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad (3.14)$$

olarak yazılabilir veya,

$$E.I.w'''' + P.w'' = 0 \quad (3.15)$$

olarak elde edilir.

İki tarafından düzgün yayılı basınç yükü ile yüklenmiş dört kenarı mafsallı dikdörtgen levha için çözüm yapılırsa:



Şekil 3.3 : Düzgün Yayılı Yükle Yüklenmiş Levha

Levha çözümünde kullanılacak dalga (buruşma) denklemi,

$$w(x,y) = A_{mn} \cdot \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (3.16)$$

olarak tahmin edilir.

Bu denklemde,

m , x doğrultusundaki dalga sayısını  
n , y doğrultusundaki dalga sayısını

göstermektedir.

Tahmini yapılan dalga denklemi, dört kenarından mafsallı dikdörtgen levhanın diferansiyel denklemini

(3.1) ve bu levhanın sınır şartlarını sağlaması gerekmektedir.

Sınır şartları,

$$w = 0 \quad \text{için} \quad x = 0, \quad x = a, \quad y = 0, \quad y = b$$

$$w' \neq 0 \quad \text{için} \quad x = 0, \quad x = a, \quad y = 0, \quad y = b$$

$$w'' = 0 \quad \text{için} \quad x = 0, \quad x = a, \quad y = 0, \quad y = b$$

olarak yazılabilir.

Dalga denklemi, levha diferansiyel denkleminde türevleri alınarak yerine konursa,

$$A_{mn} \left[ \left( \frac{m\pi}{a} \right)^4 + 2 \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 \left( \frac{n\pi}{b} \right)^2 + \left( \frac{n\pi}{b} \right)^4 \right] x \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} = - \sigma_x \frac{t}{D} A_{mn} \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (3.17)$$

elde edilir.

Bu denklemde gerekli kısaltmalar yapılırsa,

$$A_{mn} \left\{ \left[ \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left( \frac{n\pi}{b} \right)^2 \right]^2 - \sigma_x \frac{t}{D} \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 \right\} = 0 \dots$$

olarak elde edilir.

Bu denklemin çarpanları sıfıra eşitlenirse ;

İlk çözüm,  $A_{mn} = 0$  olur. Bu sehim oluşmamış (buruşmamış) levha demektir. Dolayısıyla bu bir çözüm değildir.

İkinci çözüm, parantez içindeki ifade sıfıra eşitlenir. Bu ise sonuç verebilecek bir çözümdür.

O halde,

$$\sigma_{Ki} = \frac{D}{t} \frac{\pi^2 \left[ \left( \frac{m}{a} \right)^2 + \left( \frac{n}{b} \right)^2 \right]^2}{\left( \frac{m}{a} \right)^2} \quad (3.18)$$

olur.

Bu denklemde  $\alpha = a / b$  yazılırsa,

$$\sigma_{ki} = \left( \frac{m}{\alpha} + \frac{n^2}{m} \alpha \right)^2 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12(1 - \mu^2) \cdot b^2} \quad (3.19)$$

olarak bulunur. Bu denklemde parantez içindeki terim  $k$  buruşma katsayısını, diğer terim ise  $\sigma_e$  Euler burkulma gerilmesini ifade etmektedir.  $k$  buruşma katsayısı,

$$k = \left( \frac{m}{\alpha} + \frac{n^2}{m} \alpha \right)^2 \quad (3.20)$$

söz konusu levhanın  $x$  ve  $y$  doğrultularındaki dalga sayısı olan  $m$  ve  $n$ ' in değişimine bağlıdır.

$n = 1$  alınır ve  $k$  buruşma katsayısını  $m$ ' e göre türevi alınıp sifira eşitlenirse ( $\frac{\partial k}{\partial m} = 0$ ),

$$2 \left( \frac{m}{\alpha} + \frac{\alpha}{m} \right) \left( \frac{1}{\alpha} - \frac{\alpha}{m^2} \right) = 0 \quad (3.21)$$

ifadesi elde edilir.

Bu denklemde  $m = \alpha$  yazılırsa,

$$k_{\min} = \left( \frac{m}{\alpha} + \frac{\alpha}{m} \right)^2 = 4 \quad (3.22)$$

olarak minimum buruşma katsayısının değeri elde edilir.

$\sigma_e$ , 1 cm genişliğinde ve  $b$  uzunluğunda bir çubuğun basınç yükü altında burkulma gerilmesini ifade etmektedir.

O halde dört kenarından mafsallı mesnetli dikdörtgen bir levhanın kritik buruşma gerilmesi,

$$\sigma_{ki} = 4 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12b^2(1 - \mu^2)} = k \cdot \sigma_e \quad (3.23)$$

olarak elde edilir.

#### IV. DENEY DÜZENİ VE DENEYİN YAPILIŞI

Deneyler Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerin gerçekleştirilmesi için düşey olarak duran TREBEL marka universal basınç deney makinası

kullanılmaktadır. Bu makina hidrolik presle donatılmış ve 600 kN basınç yükü verebilme kapasitesine sahip bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Şekil 3.3 'de verilen levhanın karşılıklı iki kenarından üniform basınç yükü altında bulunduğu durum için levha narinlik oranlarına bağlı olarak kullanılabilir buruşma yükü diyagramlarının deneysel olarak tesbiti amaçlanmaktadır. Söz konusu deney epruvetlerinin kenarları dönmeye karşı serbest mesnetli olarak oturtulmuştur.

Karşılıklı iki kenarından üniform yayılı basınç yükü ile yüklenmiş levhalardan elde edilecek deneysel sonuçlarla, teorik olarak elde edilmiş kritik buruşma yükü değerleri arasında bir karşılaştırma yapmak amacıyla çeşitli boy ve kalınlıktaki levhalar yüklemeye tabi tutulmuştur.

Bunun için iki tür levha kullanılmış ( $t = 3$  mm kalınlıklı ve  $t = 4$  mm kalınlıklı levha) ve deneyler her bir tür numune için iki defa tekrarlanmıştır. Deneylerde kullanılan epruvetler 400x400, 400x350, 400x300, 400x250 ve 400x200 boyutlarındadır. Dolayısıyla  $t = 3$  mm kalınlıklı levhadan 10 adet ve  $t = 4$  mm kalınlıklı levhadan 10 adet olmak üzere toplam 20 adet deney epruveti hazırlanmış ve deneye tabi tutulmuştur. Tablo 4.1'de epruvet kesit değerleri görülmektedir.

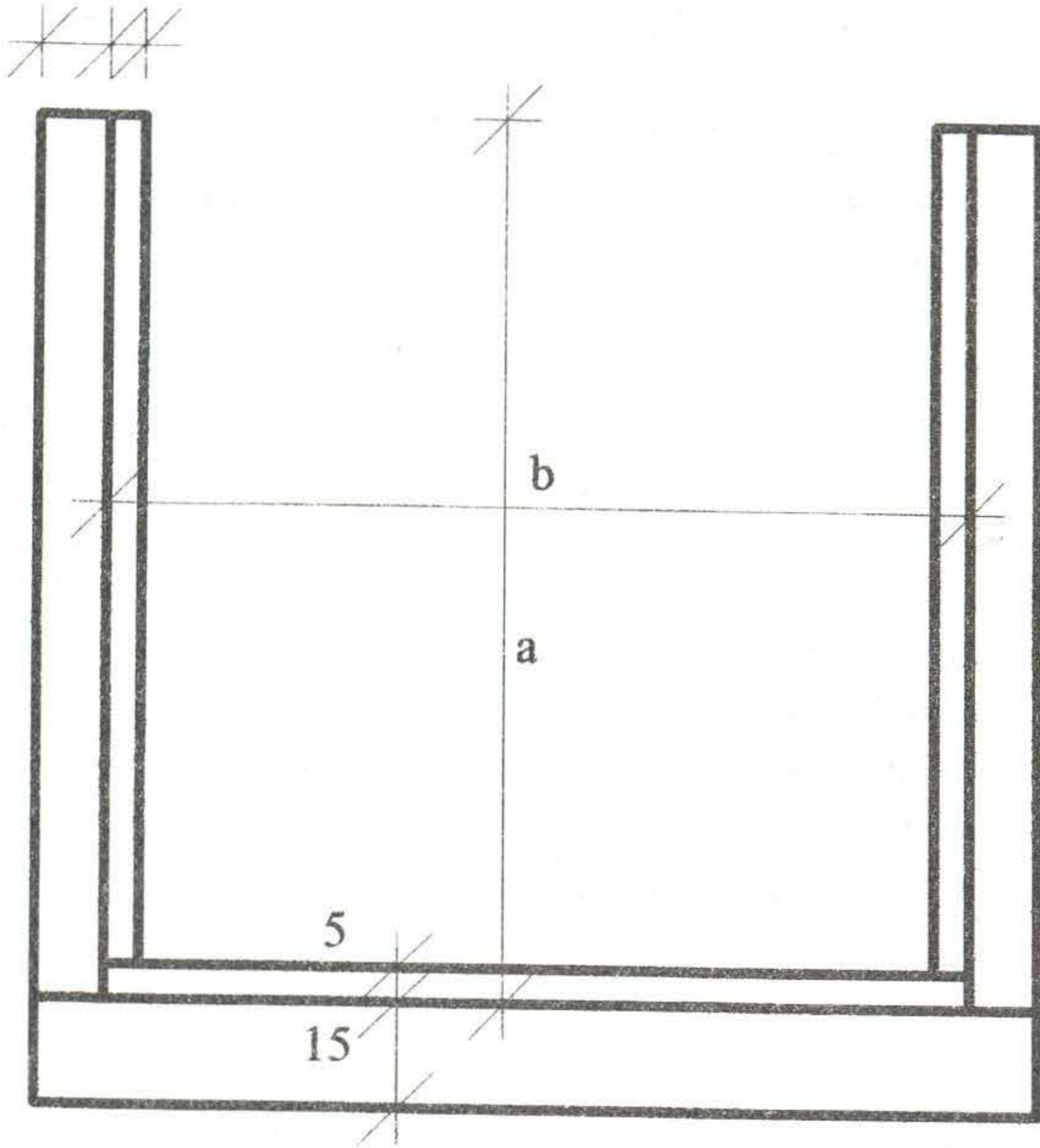
Tablo 4.1 : Epruvet Kesit Değerleri

Epr. No	Levha Yük. (mm)	Levha Gen. (mm)	Levha Kal. (mm)	$\alpha$ Ken. Or.	$b / t$
E1	400	400	3	1.00	133.33
E2	400	400	3	1.00	133.33
E3	400	350	3	1.14	116.67
E4	400	350	3	1.14	116.67
E5	400	300	3	1.33	100.00
E6	400	300	3	1.33	100.00
E7	400	250	3	1.60	83.33
E8	400	250	3	1.60	83.33
E9	400	200	3	2.00	66.67
E10	400	200	3	2.00	66.67
E11	400	400	4	1.00	100.00
E12	400	400	4	1.00	100.00
E13	400	350	4	1.14	87.50
E14	400	350	4	1.14	87.50
E15	400	300	4	1.33	75.00
E16	400	300	4	1.33	75.00
E17	400	250	4	1.60	62.50
E18	400	250	4	1.60	62.50
E19	400	200	4	2.00	50.00
E20	400	200	4	2.00	50.00

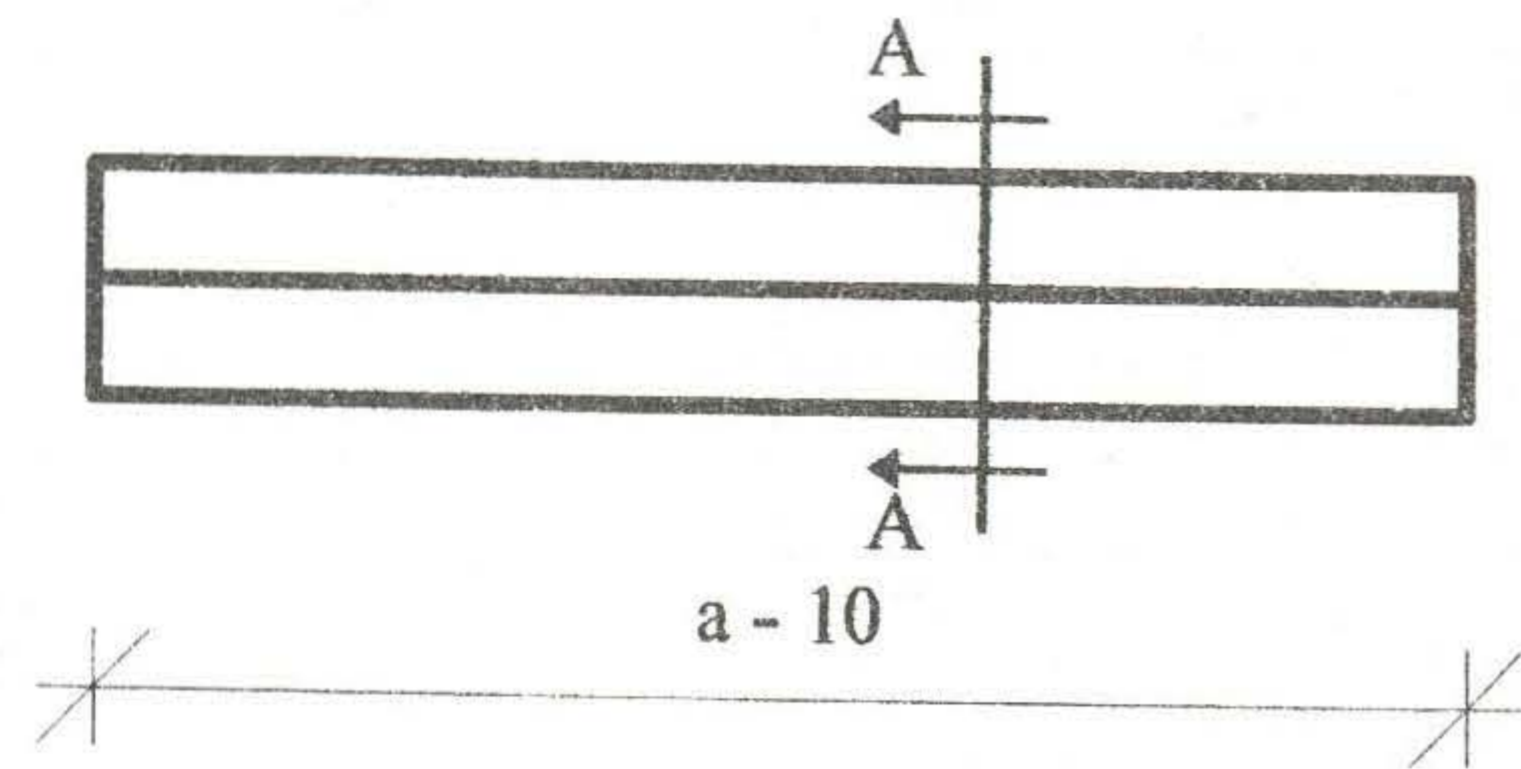
Deneylerde kullanılan malzeme St 37 çeliğidir. Çeliğin deneylerde kullanılacak akma gerilmesi  $\sigma_F = 24,87 \text{ kN / cm}^2$  olarak alınacaktır.

Levhaların buruşma yükleri, levha alanına bölünerek kritik gerilmeler elde edilmiştir. Levhanın dört bir kenarının mafsallı olarak mesnetlenmesi için 3 mm ve 4 mm derinliğinde bir oluk içinde serbestce hareketi sağlanmış olup, bu kısımlar levha alanına dahil edilmiştir. Şekil 4.1'de deneylerde kullanılan epruvetlerin deneneceği deney düzeneği görülmektedir.

10 5

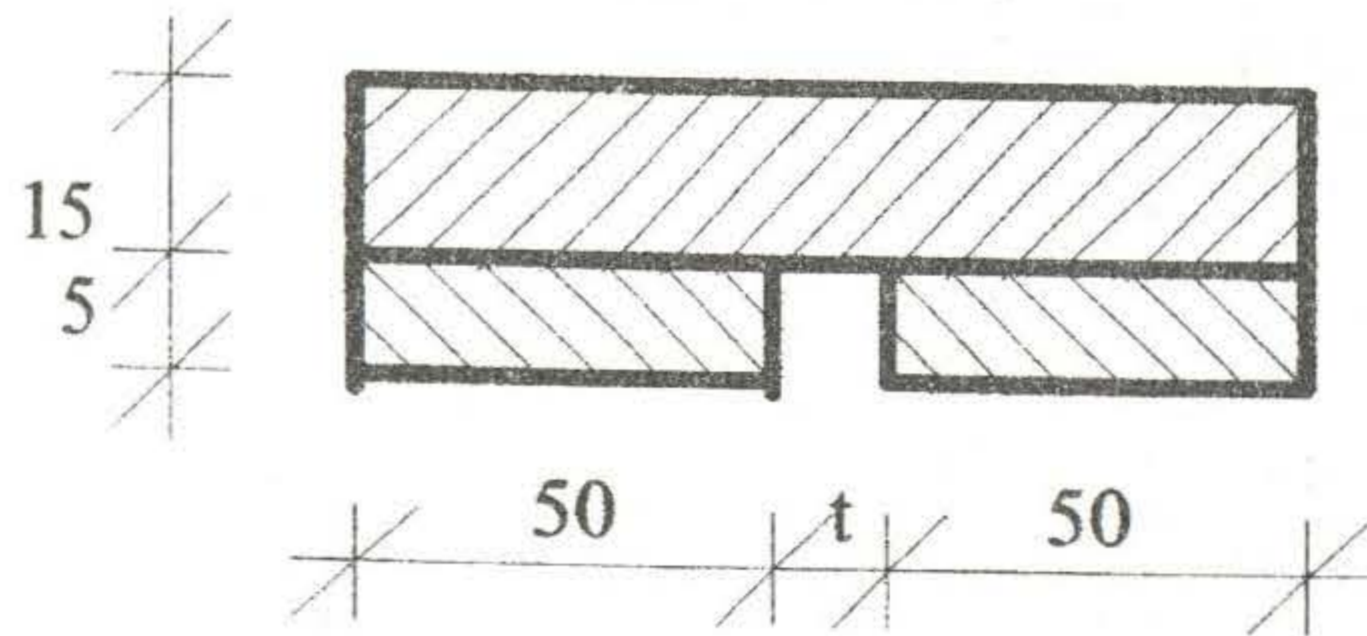


Şekil 4.1 : Deney Çerçevesi



Yükün Verildiği Üst Plaka

A - A Kesiti



Şekil - 4.2 : Deney Epruvetlerinin Mafsallı Mesnetlenmesini ve Yük Verilmesini Sağlayan İlave Parça

## V. TEORİK HESAPLAMA VE DENEYSEL SONUÇLAR

Dört kenarında mafsallı mesnetlenmiş levhaların kritik buruşma gerilmesi,  $\sigma_{ki} = k \cdot \sigma_e$  formülüyle hesaplanabilmektedir. Daha evvelde bahsedildiği gibi bu formülde k levhanın buruşma katsayısı,  $\sigma_e$  ise 1 cm genişlikli bir levhanın Euler burkulma gerilmesidir. k buruşma katsayısı,

$$k = \left( \frac{m}{\alpha} + \frac{n^2}{m} \alpha \right)^2 \quad (5.1)$$

formülüyle hesaplanmaktadır. Euler burkulma gerilmesi,

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12b^2(1 - \mu^2)} \quad (5.2)$$

formülüyle hesaplanmaktadır.

Deneylerde kullanılan malzeme çelik olduğu için formülde  $E = 21000 \text{ kN / cm}^2$  ve Poisson oranı olan  $\mu = 0.30$  olarak alınır,

$$\sigma_{ki} = k \cdot \sigma_e = 7,592 \cdot 10^4 \left( \frac{t}{b} \right)^2 \quad (5.3)$$

olarak kritik buruşma gerilmesi elde edilir.

Formül incelendiğinde görülecektir ki, levhanın buruşma gerilmesi b / t narinliğine bağlı olmaktadır.

Ayrıca,

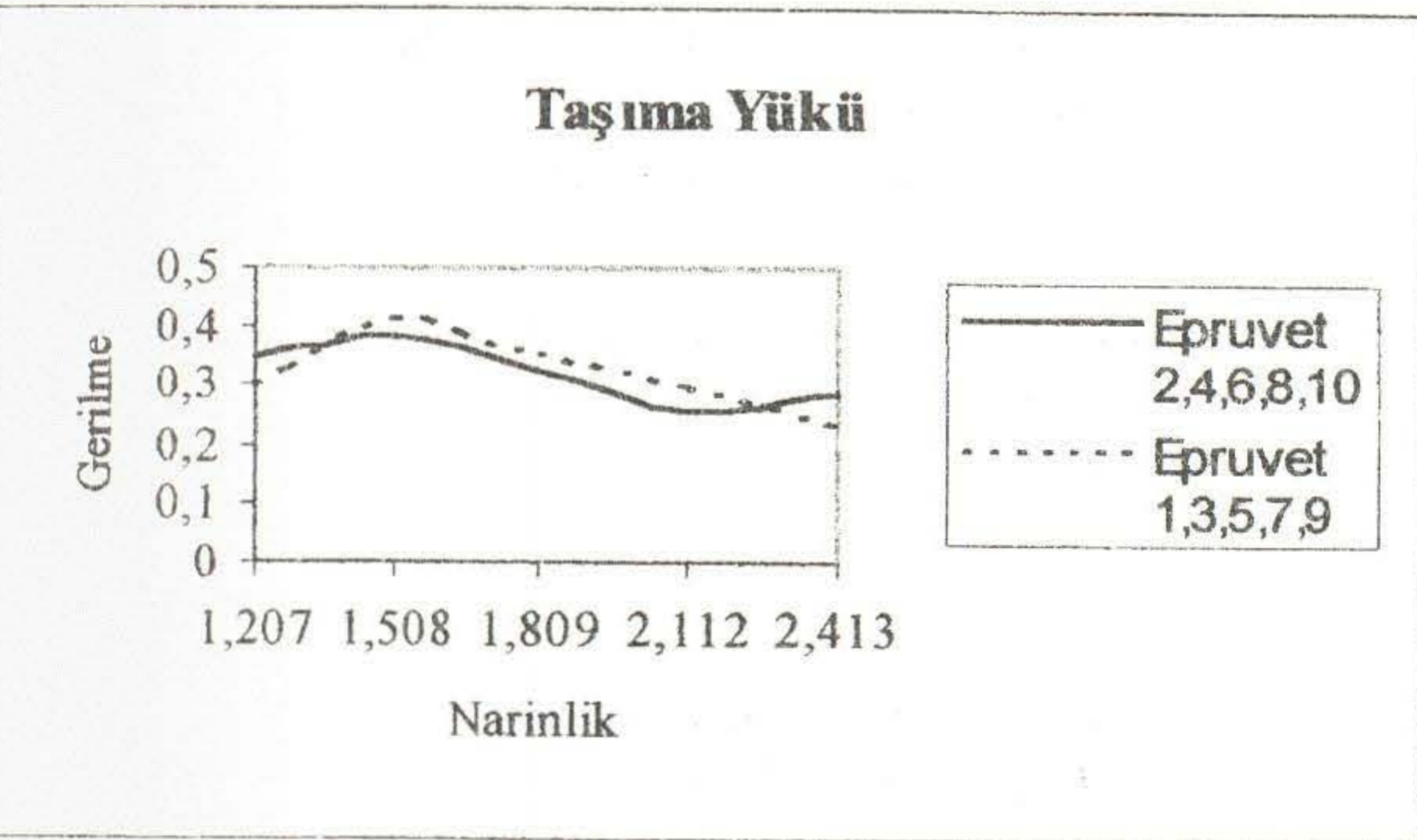
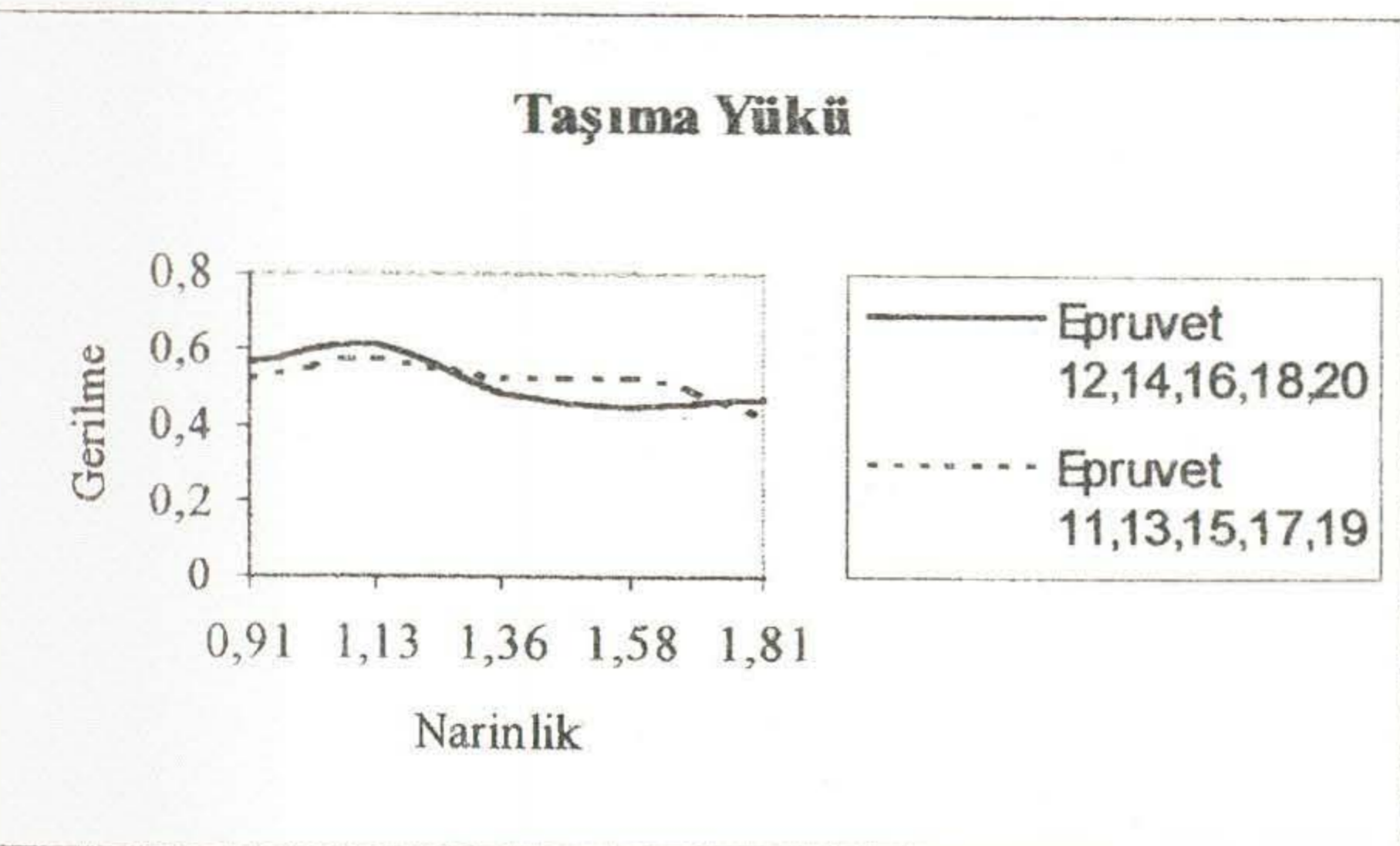
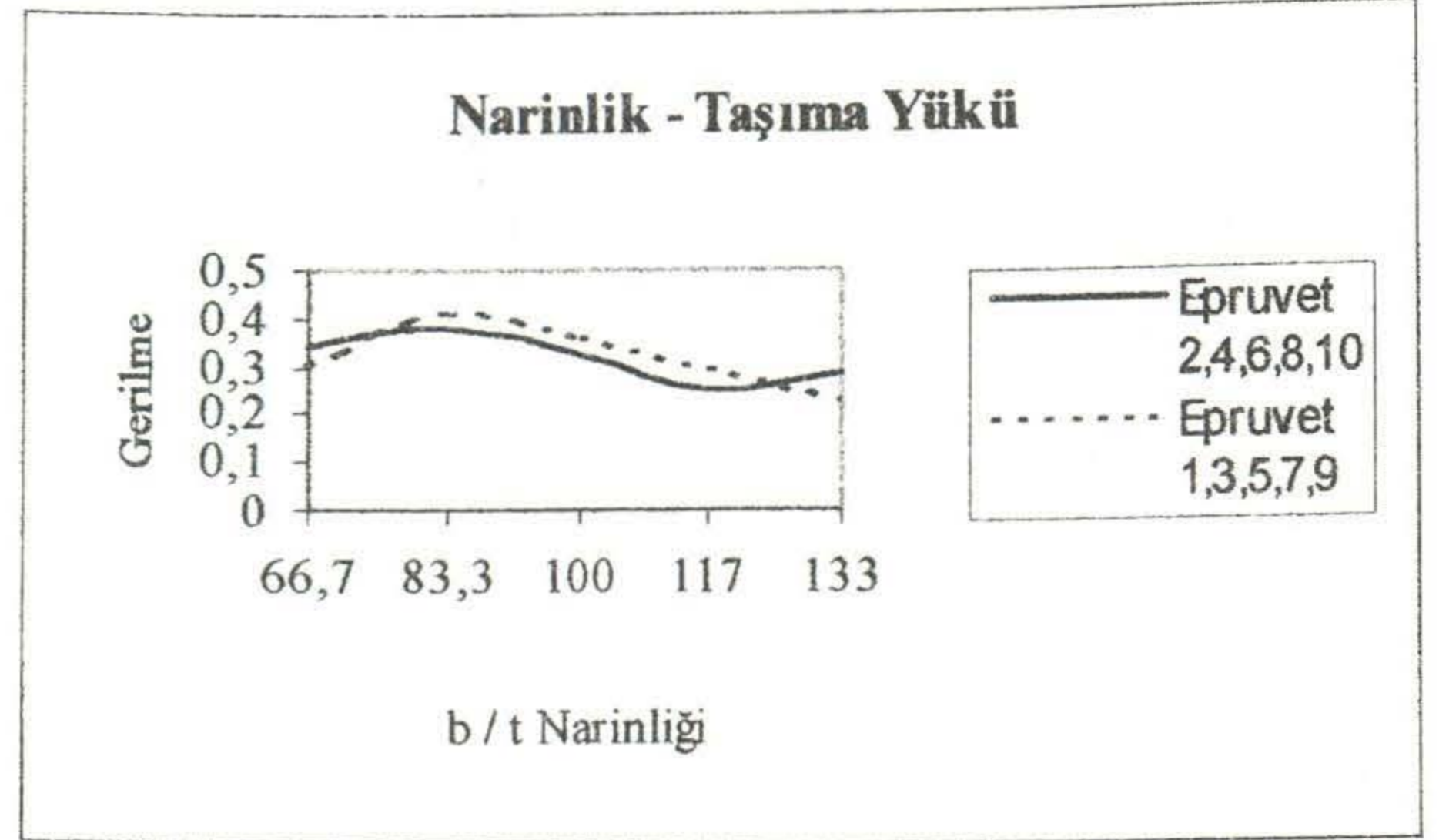
$$\lambda_v = \sqrt{\frac{\sigma_F}{\sigma_{ki}}} \quad (5.4)$$

levha narinliğine göre hesap yapılabilir.

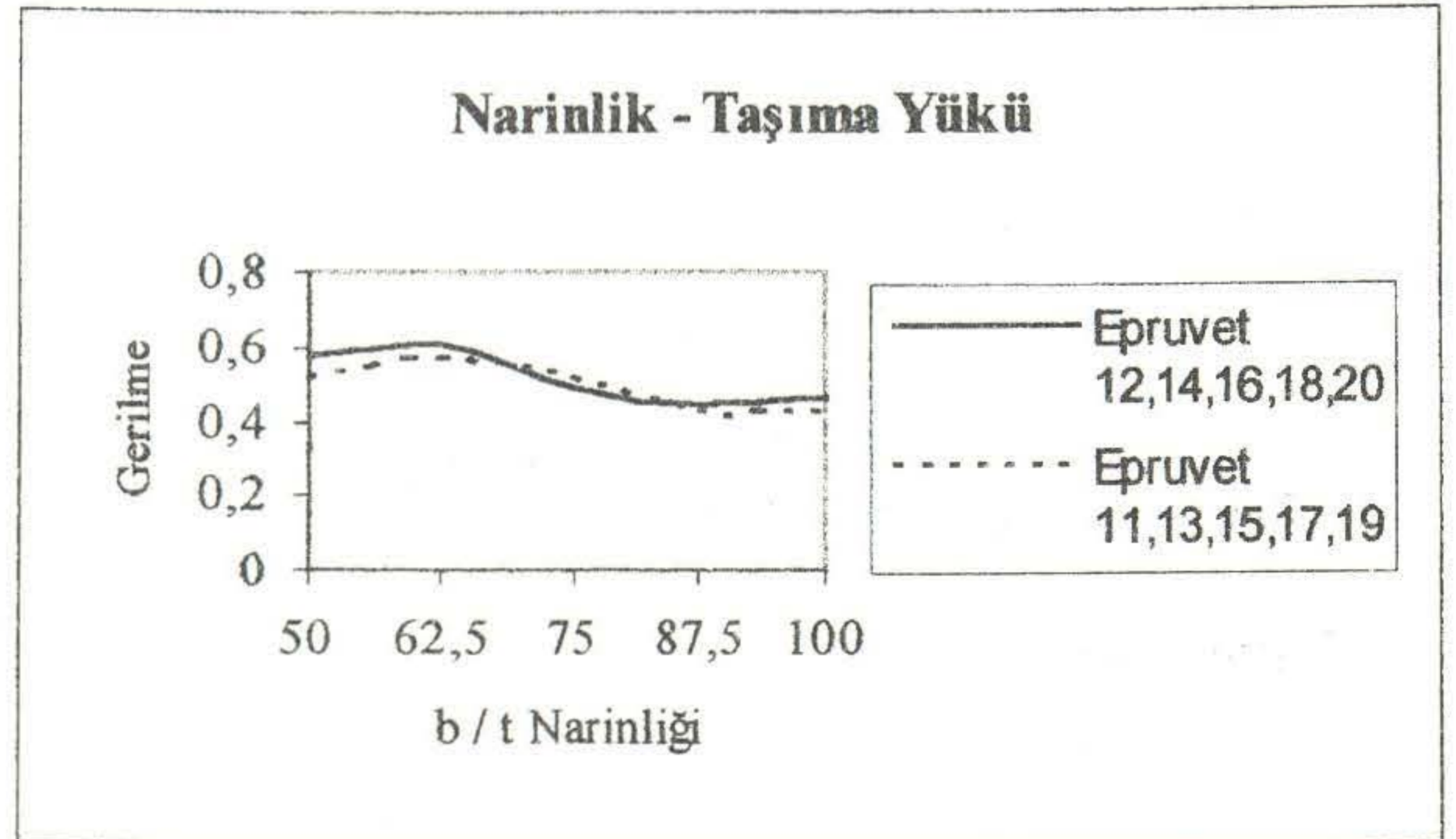
Tablo 5.1 : Deney sonuçları

Epr No	$\alpha$ Ken Or.	b / t	$\lambda_v$ Levha Narinliği	$\sigma_D / \sigma_F$	$\sigma_T / \sigma_F$
E1	1.00	133.33	2.413	0.236	0,172
E2	1.00	133.33	2.413	0.288	0,172
E3	1.14	116.67	2.112	0.300	0,225
E4	1.14	116.67	2.112	0.254	0,225
E5	1.33	100.00	1.809	0.358	0,306
E6	1.33	100.00	1.809	0.323	0,306
E7	1.60	83.33	1.508	0.417	0,441
E8	1.60	83.33	1.508	0.384	0,441
E9	2.00	66.67	1.207	0.306	0,689
E10	2.00	66.67	1.207	0.346	0,689
E11	1.00	100.00	1.809	0.430	0,305
E12	1.00	100.00	1.809	0.471	0,305
E13	1.14	87.50	1.584	0.432	0,399
E14	1.14	87.50	1.584	0.442	0,399
E15	1.33	75.00	1.357	0.530	0,543
E16	1.33	75.00	1.357	0.485	0,543
E17	1.60	62.50	1.131	0.571	0,782
E18	1.60	62.50	1.131	0.609	0,782
E19	2.00	50.00	0.905	0.525	1,221
E20	2.00	50.00	0.905	0.568	1,221

Aşağıdaki diyagramlarda levhaların taşıma yükleri  $\lambda_v$  ve b / t levha narinliğine bağlı olarak verilmektedir.

Şekil 5.1 : Taşıma Yüğü -  $\lambda_v$  Diyagramı ( t = 3 mm Kalınlıklı Levha)Şekil 5.2 : Taşıma Yüğü -  $\lambda_v$  Diyagramı ( t = 4 mm Kalınlıklı Levha)

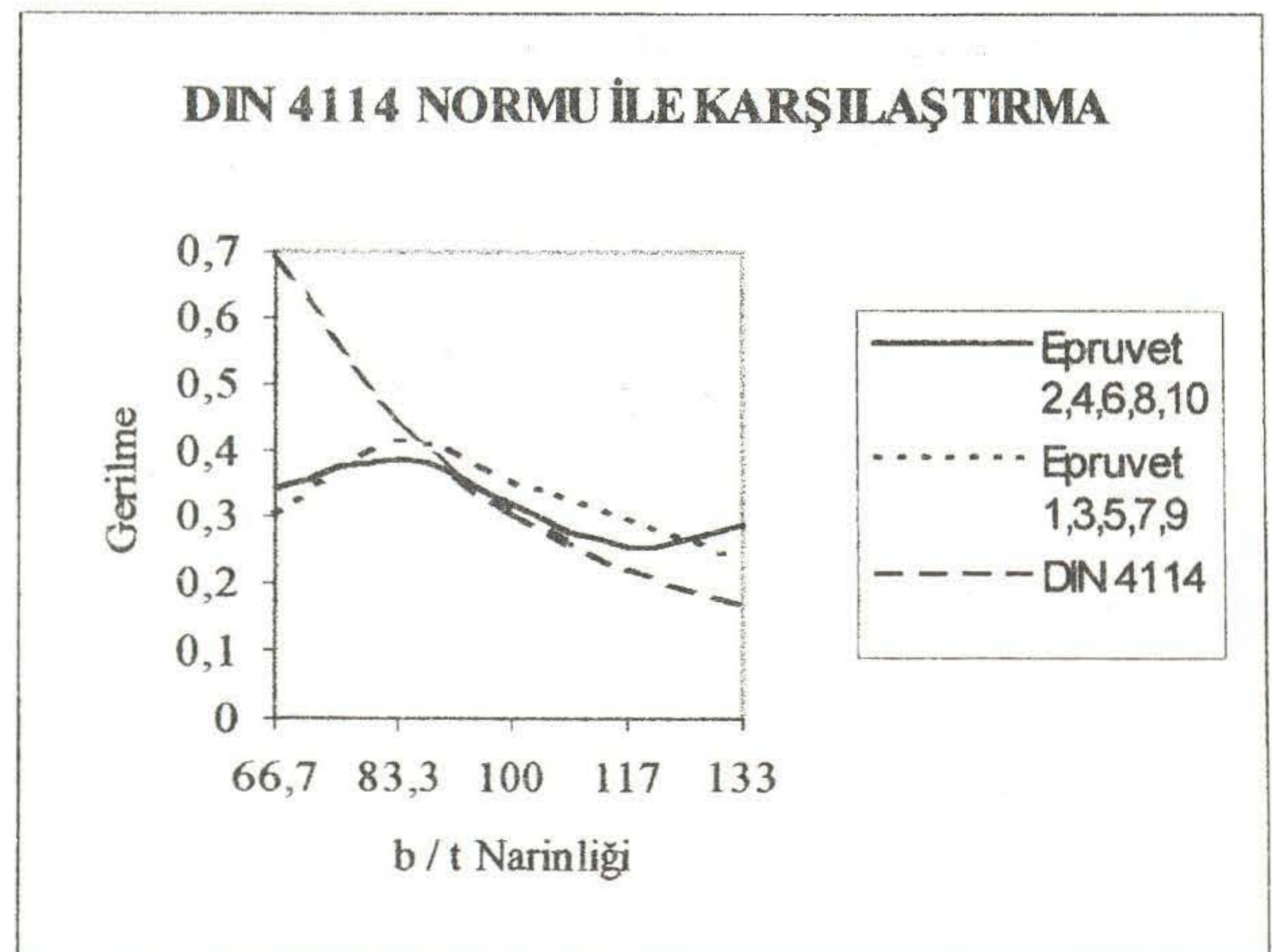
Şekil 5.3 : Taşıma Yüğü - b / t Narinliği ( t = 3 mm Kalınlıklı Levha)



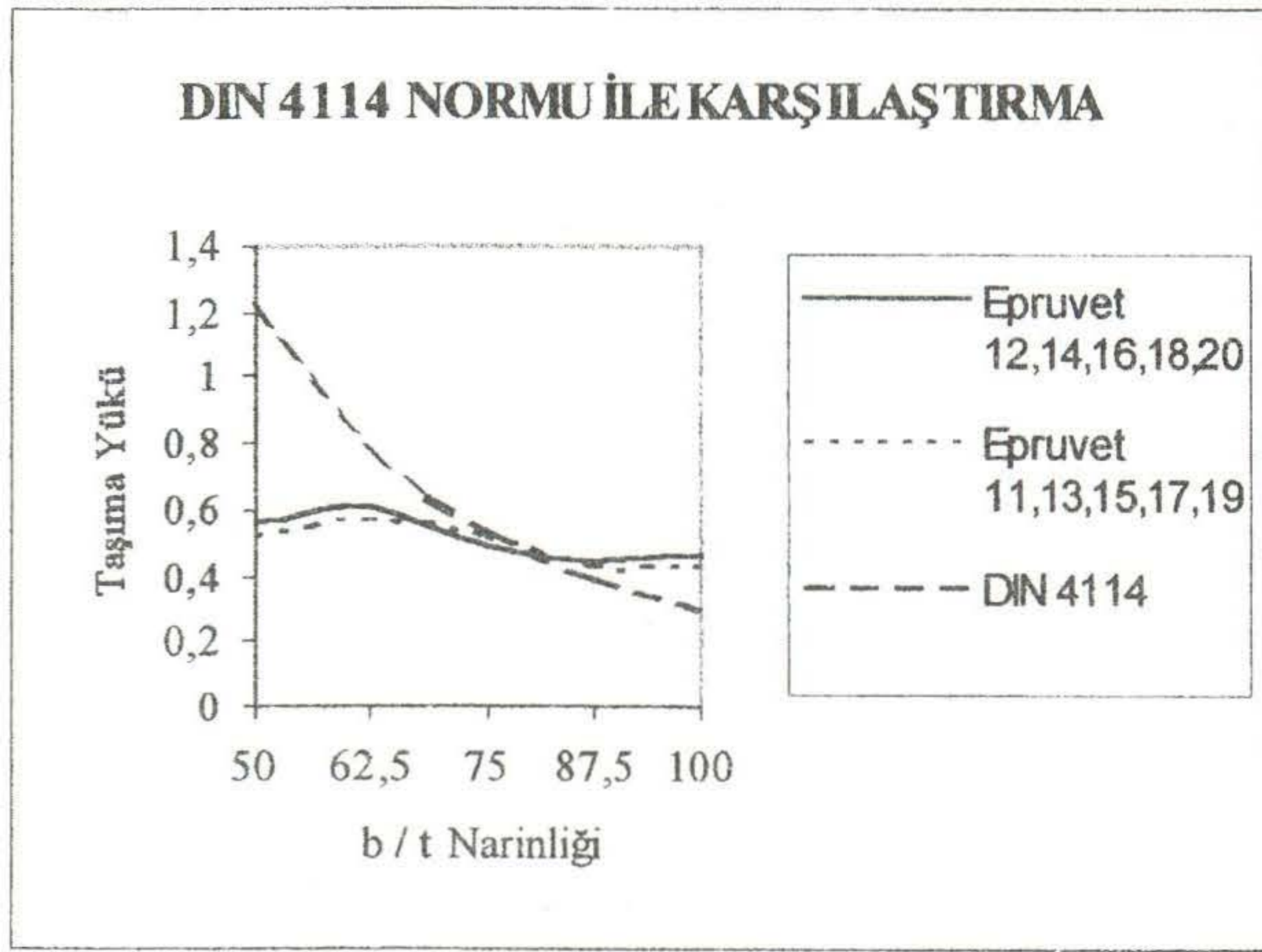
Şekil 5.4 : Taşıma Yüğü - b / t Narinliği ( t = 4 mm Kalınlıklı Levha)

## VI. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan deneylerde sonuçlar birbirine yakın çıkmaktadır. b / t levha narinliğinin yüksek değerlerinde Almanların DIN 4114 standardının verdiği değerlerden daha düşük bir taşıma yükü, b / t 'nin düşük değerlerinde ise daha yüksek taşıma yükü değeri elde edilmektedir ( Şekil 6.1 ve 6.2 ).



Şekil 6.1 : Deney Sonuçlarının DIN 4114 Standardı ile Karşılaştırılması



Şekil 6.2 : Deneysel Sonuçlarının DIN 4114 Standardı ile Karşılaştırılması

Yapılan deney sonuçlarının değerlendirilmesi sonucu aşağıdaki bağıntılar bütün kenarları mafsallı mesnetli dikdörtgen levhalar için önerilmektedir.

Dört kenarlı mafsallı mesnetli dikdörtgen levhalarda  $b/t$  levha narinliği dikkate alınarak,

$t = 3$  mm kalınlıklı levhalarda :

$$\frac{\sigma}{\sigma_F} = 3,375 \cdot 10^{-4} \left( \frac{b}{t} \right)^2 - 0,105 \left( \frac{b}{t} \right) - \frac{327,81}{\left( \frac{b}{t} \right)} + 10,731$$

$t = 4$  mm kalınlıklı levhalarda :

$$\frac{\sigma}{\sigma_F} = 6,437 \cdot 10^{-4} \left( \frac{b}{t} \right)^2 - 0,198 \left( \frac{b}{t} \right) - \frac{247,84}{\left( \frac{b}{t} \right)} + 11,277$$

Dört kenarlı mafsallı mesnetli dikdörtgen levhalarda  $\lambda_v$  levha narinliği dikkate alınarak,

$t = 3$  mm kalınlıklı levhalarda :

$$\frac{\sigma}{\sigma_F} = 1,018 \cdot \lambda_v^2 - 5,124 \cdot \lambda_v - \frac{5,842}{\lambda_v} + 10,59$$

$t = 4$  mm kalınlıklı levhalarda :

$$\frac{\sigma}{\sigma_F} = -8,113 \cdot \lambda_v^2 - \frac{4,433}{\lambda_v} + 11,19$$

## VII. KAYNAKLAR

- [ 1 ] Deren, H., " Çelik Yapılar ", Teknik Kitaplar Yayınevi, Ocak 1984, İstanbul.
- [ 2 ] Yelgin, A.N., " Üç Kenarlı Mafsallı Diğer Kenarlı Boşta Dikdörtgen Levhalarda Narinlik-Taşıma Yüğü İlişkisi ", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 1990, İstanbul
- [ 3 ] DIN 1079, " Stahlerne Strassenbrücken " Grundsätze für die Bauliche Durchbiegung.
- [ 4 ] BS 5950 Part 5, " Code of practice for The Design of Cold Formed Section ", Draft British Standard, 1987
- [ 5 ] DIN 4114, Blatt I., " Stabilitätsfalle ( Knicken, Kippung, Beulen ) Berechnungsgrundlagen " Juli 1952.
- [ 6 ] TS 138, " Çekme Deneyleri (Metelik Malzeme İçin ) ", Türk Standardları Enstitüsü, 1978, Ankara.
- [ 7 ] DASt Ri.012, " Beulsicherheitsnachweise für Platten ", Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Oktober 1978.
- [ 8 ] Arda, T.S., " Çelik Yapılarda Yangın ve Yangın Mukavemeti - ÇEYSE ", İTÜ Vakfı, İnşaat Fakültesi, 1987, İstanbul.
- [ 9 ] Stufen, C.C., Raymond, P.C., " Numerical Methods for Engineers ", McGraww - Hill, 1989.
- [ 10 ] Yelgin, A. N., Sümer, M., " Boyuna Doğrultuda Rijitleştiricili Dört Kenarından Mafsallı Dikdörtgen Çelik Levhaların Karşılıklı İki Kenarından Düzgün Yayılı Yükle Yüklenmesi Durumunda Taşıma Yükünün Belirlenmesi ", VII. Ulusal Mekanik Kongresi, 1993, Antalya.
- [ 11 ] Pflüger, A., Elastostatikğin Stabilité Problemleri, Çeviri: Prof.Dr.Sacit Tameroğlu Doç.Dr.Vural Cinemre, Ass.Dr. Tekin Özbk, 1970, İstanbul.
- [ 12 ] Girkmann, K., Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler, Çeviren : Doç.Dr.Sacit Tameroğlu, Cilt I, 1984, İstanbul.