

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ZEMİNLE ETKİLEŞİM İÇİNDEKİ AYRIK PLAKLARDA VLASOV
PARAMETRELERİNİN SONLU ELEMANLARLA BELİRLENMESİ**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Yapı Mühendisliği**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Abdullah FETTAHOĞLU**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet H. OMURTAG

TEMMUZ 2003

ÖNSÖZ

Bu çalışma esnasında bana her yönden destek olan, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet Hakkı OMURTAG' a, yönlendirmelerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Reha Artan ve Sayın Doç. Dr. Mecit Çelik' e teşekkür ederim..

Her zaman yanımda olan babam Murat FETTAHOĞLU, annem Nurşen FETTAHOĞLU, kardeşim İlknur FETTAHOĞLU ve manevi babam Dursun Ali Ayan' a da teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Temmuz 2003

Abdullah FETTAHOĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Elastik Zemine Oturan Plaklarda Analitik ve Sayısal Çalışmalar	1
1.2. Kapsam	6
2. KIRCHHOFF PLAK KURAMI	7
2.1. Giriş	7
2.2. Kirchhoff Plak Teorisinde Yapılan Kabuller	7
2.3. Bünye Bağlılıkları	9
2.4. Düşey Denge Denkleminin Bulunması	13
2.5. Plak Alan Denklemleri	14
2.4. Plak Ortamı İçin Fonksiyonel	14
3. İKİ PARAMETRELİ ZEMİN MODELİ	15
3.1. Zemin Alan Denklemleri	15
3.2. Zemin Ortamı İçin Fonksiyonel	19
4. SAYISAL ÖRNEKLER	20
4.1. Zemin Elastisite Modülünün Farklı Fonksiyonları İçin Vlasov Parametrelerinin Karşılaştırılması	20
4.2. Vlasov Parametrelerinin Yükün Şiddetine Değil, Yükleme Durumuna Bağlı Olduğunun İspatı	24
4.3. Vlasov Parametreleri Kullanılarak Birbirine yakın İki Plak Arasındaki Etkileşimin İncelenmesi	27
4.4. Plakta Boşluk Oranının Artmasının Parametreler Üzerindeki Etkisi	30
4.5. Bazı Zemin Türleri İçin Vlasov Parametreleri	31
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	33
KAYNAKLAR	35
EKLER	39
ÖZGEÇMİŞ	52

KISALTMALAR

SEM	:Sonlu Elemanlar Metodu
SFM	:Sonlu Farklar Metodu
KSEM	:Karışık Sonlu Elemanlar Metodu

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 4.1. Tüm plakta q yayılı yükü olduğunda zemin parametrelerinin aldıkları değerler	21
Tablo 4.2. Tüm plakta tekil P yükü olduğunda zemin parametrelerinin aldıkları değerler	21
Tablo 4.3. Parametrelerin plaktaki boşluk oranına bağlı olarak değişimi	31
Tablo 4.4. Kil ve kum zemin için parametre değerleri	31
Tablo 4.5. Kum, çakıl ve kaya zemin için parametre değerleri	32
Tablo E.1. Birbirine yakın iki plak, $H = 3$ m, parametrelerin E_2/E_1 oranına bağlı olarak değişimi.....	47
Tablo E.2. Birbirine yakın iki plak, $H = 5$ m, parametrelerin E_2/E_1 oranına bağlı olarak değişimi.....	48
Tablo E.3. Birbirine yakın iki plak, $H = 10$ m, parametrelerin E_2/E_1 oranına bağlı olarak değişimi.....	49
Tablo E.4. Birbirine yakın iki plak, $H = 15$ m, parametrelerin E_2/E_1 oranına bağlı olarak değişimi.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1	: Winkler Zemin Modeli 2
Şekil 1.2	: Gerçek zemin davranışı 3
Şekil 1.3	: Filonenko-Borodich zemin modeli 3
Şekil 1.4	: Pasternak zemin modeli 4
Şekil 1.5	: Vlasov zemin modeli 4
Şekil 2.1	: Plakta pozitif yer değiştirme bileşenleri 8
Şekil 2.2	: Kirchhoff plağında şekil değiştirmeden önceki ve sonraki hal 10
Şekil 2.3	: Plak kesitinde gerilme dağılımı 11
Şekil 2.4	: Plak eğilme ve burulma momentleri 12
Şekil 2.6	: Plakta elemanter bir parçada dış yük ve kesit tesirleri 13
Şekil 3.1	: Vlasov zemin modeli 15
Şekil 3.2	: Homojen zemin kolonu 16
Şekil 4.1	: ¼ lük plak-zemin bölgesi 20
Şekil 4.2	: q yükü altında γ değişimi 21
Şekil 4.3	: P yükü altında γ değişimi 22
Şekil 4.4	: q yükü altında c_1 değişimi 22
Şekil 4.5	: P yükü altında c_1 değişimi 22
Şekil 4.6	: q yükü altında c_2 değişimi 23
Şekil 4.7	: P yükü altında c_2 değişimi 23
Şekil 4.8	: $E(z)$ sabit, yayılı yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor 24
Şekil 4.9	: $E(z)$ sabit, tekil yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor 24
Şekil 4.10	: $E(z)$ doğrusal, yayılı yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor . 25
Şekil 4.11	: $E(z)$ doğrusal, tekil yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor ... 25
Şekil 4.12	: $E(z)$ kuadratik, yayılı yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor 25
Şekil 4.13	: $E(z)$ kuadratik, tekil yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor .. 26
Şekil 4.14	: $E(z)$ eksponansiyel, yayılı yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor 26
Şekil 4.15	: $E(z)$ eksponansiyel, tekil yükün şiddeti ile parametreler değişmiyor..... 26
Şekil 4.16	: Elastik zemin üzerinde birbirine yakın iki plak 27
Şekil 4.17	: γ parametresinin H a bağlı olarak değişimi 28
Şekil 4.18	: C_2 parametresinin H a bağlı olarak değişimi 28
Şekil 4.19	: $E(z)$ kuadratik, γ parametresinin E_2/E_1 oranına göre değişimi..... 29
Şekil 4.20	: $E(z)$ eksponansiyel, γ parametresinin E_2/E_1 oranına göre değişimi 29
Şekil 4.21	: ¼ lük boşluklu plak-zemin bölgesi 30
Şekil A.1	: $E(z)$, zemin elastisite modülü fonksiyonlarının derinlikle değişimi 40
Şekil C.1	: Örnek 1 deki ¼ lük plak-zemin bölgesinde ağ sıklaştırması..... 45
Şekil D.1	Birbine yakın iki plak, $E(z)$ eksponansiyel, $H=10m$, $E_2/E_1=3$, $\alpha=0,1$ için ½ lik çökme yüzeyi..... 46
Şekil D.2	Birbine yakın iki plak, $E(z)$ eksponansiyel, $H=10m$, $E_2/E_1=3$, $\alpha=0,5$ için ½ lik çökme yüzeyi..... 46
Şekil D.3	Birbine yakın iki plak, $E(z)$ eksponansiyel, $H=10m$, $E_2/E_1=3$, $\alpha=1$ için ½ lik çökme yüzeyi..... 46
Şekil F.1	Plakta boşluk yokken ¼ lük çökme yüzeyi..... 51

Şekil F.2	$\frac{1}{4}$ lük boşluklu plak-zemin bölgesi.....	51
Şekil F.3	Plakta %50 boşluk varken $\frac{1}{4}$ lük çökme yüzeyi.....	51

SEMBOL LİSTESİ

i, j, \dots	: Latin indisleri 1, 2, 3 değerlerini alır
α, β, \dots	: Grek indisleri 1,2 değerlerini alır
ε_{ij}	: Birim şekil değiştirme bileşenleri
u_i	: Yer değiştirmeler
$\gamma_{\alpha\beta}$: Birim kayma açısı
ν_s	: Zemin poison oranı
E_s	: Zemin elastisite modülü
G_s	: Zemin kayma modülü
E_1	: Zemin sıfır kodu elastisite modülü
E_2	: Sert zemin elastisite modülü
H	: Sıkışabilir zemin tabakası kalınlığı
C_1	: Zemin yataklanma katsayısı olarak düşünülen Vlasov parametresi
C_2	: Zemin kayma katsayısı olarak düşünülen Vlasov parametresi
γ	: Düşeyde azalmayı gözetten Vlasov parametresi
σ	: Gerilme tansörü
ε	: Genleme tansörü
E	: Elastisite matrisi
C	: Kompliyans matrisi
U	: Çökme vektörü
E^*	: Dönüştürülmüş elastisite matrisi, eğilme rijitliği
C^*	: Dönüştürülmüş elastisite matrisinin tersi
Q_x, Q_y	: Plakta kesme kuvvetleri
M_{11}, M_{22}, M_{12}	: Plakta eğilme momentleri ve burulma momenti
ϕ	: Zeminde çökmelerdeki azalmayı gözetten şekil fonksiyonu
τ_{zx}, τ_{zy}	: Zemin kolonundaki kayma gerilmeleri
σ_z	: Elastik zemin ortamında düşey normal gerilme
f_3	: Yük vektörü
σ_f	: Moment vektörü
D_f	: Denge alt operatörü
D_x, D_y	: Kısmi türev operatörleri
I_p, I_f	: Plak ve zemin için fonksiyoneller

ZEMİNLE ETKİLEŞİM İÇİNDEKİ AYRIK PLAKLARDA VLASOV PARAMETRELERİNİN SONLU ELEMANLARLA BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada iki parametrelili Vlasov zemini parametreleri bir sonlu eleman programı ile incelenmiştir. Plak ve zemin bölgeleri dört düğüm noktalı elemanlardan oluşmaktadır. Dörtgen plak elemanlarda her bir düğüm noktasında bir çökme, iki eğilme momenti ve bir burulma momenti olmak üzere 16 serbestlik derecesi, zemin elemanlarda ise her düğüm noktasında sadece çökme olmak üzere 4 serbestlik derecesi tanımlanmıştır.

Beş bölümden oluşan bu çalışmanın ilk bölümünde elastik zemin üzerine oturan homojen izotrop plaklar hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Çeşitli zemin modelleri tanıtılmış ve zemin ile plak arasındaki etkileşimi en gerçekçi olarak ifade eden Vlasov zemini hakkında ön bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde literatürdeki plak kuramları tanıtılıp Kirchhoff plak kuramı açıklanmıştır. İzotrop ve homojen Kirchhoff plağı için denge denklemi çıkarılmış, bünye bağıntıları da kullanılarak alan denklemleri açık halde yazılmıştır.

Üçüncü bölümde zemin ortamı bünye bağıntılarında Vlasov zemini özellikleri kullanılarak zemin karakteristik parametreleri, zemin yataklanma ve kayma parametreleri ifadeleri oluşturulması açıklanmıştır. Zemin elastisite modülünün derinlik boyunca eksponansiyel ve derinliğin kareköküne bağılı olarak değişmesi durumları için zemin parametreleri yeniden oluşturulmuştur. Zemin elastisite modülünün sabit, doğrusal ve kuadratik değişmesi hallerindeki zemin parametreleri ifadeleri literatürde bulunmaktadır. Bu çalışmada bu ifadelerden de yararlanılmıştır. Zemine ve plağa ait alan denklemleri verildikten sonra kullanılan bilgisayar programın sonlu eleman formülasyonu için oluşturulmuş fonksiyoneller verilmiştir.

Dördüncü bölümde zemin elastisite modülü fonksiyonunun eksponansiyel ve derinliğin kareköküne bağılı olarak değişimini göze alan program kullanılarak çeşitli mühendislik problemleri çözülmüş, sonuçlar tablolar ve grafiklerle izaha sunulmuştur.

Beşinci bölümde dördüncü bölümde analiz edilmiş problemlerin sonuçları yorumlanmıştır.

ANALYSIS OF VLASOV PARAMETERS FOR SEPERATE PLATES INTERACTING WITH FOUNDATION BY USING FINITE ELEMENTS

SUMMARY

In this study, the two parameters of Vlasov foundation are examined by using a finite element computer program. This program uses four nodes finite elements for soil and plate domains. Quadrangle plate element has 16 degrees of freedom, which are one vertical displacement, two bending moments and one torsion moment at each node. The soil element has 4 degrees of freedom which are vertical displacements at each node.

In the first of this five chapters study, the studies about the plates resting on elastic foundations are briefly explained. Some soil models are introduced and Vlasov soil model that is describing the interaction between plate and soil realistically is told.

In the second part, plate theories in literature are introduced and Kirchhoff plate theory is explained. The equilibrium equation of Homogen Isotropic Kirchhoff plate is derived and domain equations are written in open form for Kirchhoff plates.

The elastic foundation is defined in the third chapter. The soil bending and shear parameters are formed for the Vlasov soil model based on structure equations. The two Vlasov parameters are derived for the elasticity modulus of soil varying exponentially and square root of depth respectively. The analytical expressions of Vlasov parameters for the constant, linear, quadratic varying functions of soil modulus of elasticity are available in the literature. In this study, these expressions are used for comparison of parameters. After giving domain equations of soil and plate, the functionals used by finite element program are given.

In the fourth chapter, the computer program is used and some engineering problems are solved. Results are presented by tables and graphs.

In the fifth chapter, the results of the problems analyzed in the fourth chapter are dealt and some comments are implied.