การสั่นในแนวดิ่งของแผ่นพื้นวงกลมในตัวกลางชนิดโพโรอิลาสติกหลายชั้น

นายยโสธร ทรัพย์เสถียร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1398-1

VERTICAL VIBRATIONS OF CIRCULAR PLATE IN MULTI-LAYERED POROELASTIC MEDIA

Mr.Yasothorn Sapsathiarn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2001
ISBN 974-03-1398-1

Thesis Title	Vertical Vibrations of Circular Plate in Multi-Layered Poroelastic Media
By	Mr.Yasothorn Sapsathiarn
Field of Study	Civil Engineering
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Teerapong Senjuntichai

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master 's Degree

.... Dean of Faculty of Engineering

(Professor Somsak Panyakeow, D.Eng.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman

(Associate Professor Suthum Suriyamongkol, D.Eng.)

.... Thesis Advisor

(Assistant Professor Teerapong Senjuntichai, Ph.D.)

.... Member

(Assistant Professor Boonchai Ukritchon, Sc.D.)

ยโสธร ทรัพย์เสถียร : การสั่นในแนวดิ่งของแผ่นพื้นวงกลมในตัวกลางชนิดโพโรอิลาสติกหลายชั้น (VERTICAL VIBRATIONS OF CIRCULAR PLATE IN MULTI-LAYERED POROELASTIC MEDIA) อ. ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธีรพงศ์ เสนจันทร์ฒิไชย, จำนวน 80 หน้า, ISBN 974-03-1398-1

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกี่ยวข้องกับ การศึกษาพฤติกรรมการสั่นในแนวดิ่งของแผ่นพื้นยืดหยุ่นวงกลมกับตัวกลางชนิดโพโรอิลาสติก ตัวกลางที่พิจารณามีพฤติกรรมตามทฤษฎีพลวัตของ Biot สำหรับตัวกลางชนิดโพโรอิลาสติกและพิจารณาทั้งกรณีตัวกลางชนิดโพโร-อิลาสติกเนื้อเดียวและตัวกลางชนิดโพโรอิลาสติกหลายชั้น แผ่นพื้นวงกลมมีพฤติกรรมตามทฤษฎีแผ่นพื้นบางและรับแรงกระทำแบบสมมาตรกับแนวแกน ผิวสัมผัสระหว่างแผ่นพื้นกับตัวกลางที่รองรับถูกสมมติว่าเรียบและพิจารณาทั้งในกรณีที่ของเหลวสามารถซึมผ่านได้และไม่สามารถซึมผ่านผิวสัมผัสได้ การทรุดตัวในแนวดิ่งของแผ่นพื้นถูกแสดงในรูปอนุกรมกำลังของพิกัดในแนวรัศมีโดยมีตัวพิกัดอิสระเป็นตัวแปรไม่รู้ค่า หน่วยแรงสัมผัสและแรงดันน้ำใต้แผ่นพื้นจะถูกจัดให้อยู่ในรูปของตัวพิกัดอิสระในสมการแสดงการทรุดตัวของแผ่นพื้น พิกัด-อิสระจะสามารถหาค่าได้โดยสร้างสมการการเคลื่อนที่ของแผ่นพื้นซึ่งประยุกต์จากสมการการเคลื่อนที่ของ Lagrange พฤติกรรมของแผ่นพื้นสามารถทราบได้โดยการแทนค่าตัวพิกัดอิสระกลับเข้าไปในสมการแสดงการทรุดตัวของแผ่นพื้น โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาตามขั้นตอนดังกล่าวได้ถูกพัฒนาขึ้น จากผลที่เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พบว่า ระดับความลึกของแผ่นพื้น ความถี่ของแรงกระทำและความยืดหยุ่นของแผ่นพื้นมีผลต่อพฤติกรรมการสั่นของแผ่นพื้นอย่างมาก นอกจากนี้ คุณสมบัติของวัสดุชนิดโพโรอิลาสติกและความทึบน้ำของแผ่นพื้นจะมีผลต่อการสั่นของแผ่นพื้นเมื่อความถี่ของแรงกระทำสูง ถ้าความถี่ของแรงกระทำต่ำ แรงกระทำส่วนใหญ่จะถูกรับโดยส่วนเนื้อดิน แต่ที่ความถี่สูง แรงกระทำจะถูกรับโดยทั้งดินและน้ำ

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต ยโสธร ทรัพย์เสถียร
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ______
ปีการศึกษา 2544

4270500221 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: DYNAMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION / POROELASTICITY / VERTICAL VIBRATIONS / CIRCULAR PLATE / MULTI-LAYERED HALF-SPACE

YASOTHORN SAPSATHIARN : VERTICAL VIBRATIONS OF CIRCULAR PLATE IN MULTI-LAYERED POROELASTIC MEDIA. THESIS ADVISOR : TEERAPONG SENJUNTICHAI, Ph.D., 80 pp. ISBN 974-03-1398-1.

This thesis is concerned with vertical vibrations of an elastic circular plate resting on or buried in a poroelastic medium. The poroelastic medium is governed by Biot 's poroelastodynamic theory and considered as a homogeneous half-space and a multi-layered half-space. The plate is subjected to axisymmetric time-harmonic vertical loading and its response is governed by the classical thin-plate theory. The contact surface between the plate and the half-space is assumed to be smooth and either fully permeable or impermeable. The vertical displacement of the plate is represented by an admissible function containing a set of generalized coordinates. Contact stresses and pore pressure jumps are established in terms of generalized coordinates through the solution of flexibility equations based on the influence functions corresponding to vertical and pore pressure loads. The generalized coordinates are obtained by establishing the equations of motion of the plate through the application of Lagrange 's equations of motion. Finally, the response of the plate can be obtained by back substituting the generalized coordinates into the assumed displacement function. A computer program based on the above method is developed. The accuracy and numerical stability of the present solution scheme are verified by comparing with the existing studies. Numerical results indicate that the plate response is significantly influenced by the depth of embedment, the frequency of excitation and the flexibility of the plate. In addition, the poroelastic material properties and the hydraulic boundary condition of the plate influence the plate response at high frequencies. The applied load is mainly carried through the solid skeleton at low frequencies and through both solid and fluid phases at higher frequencies.

Department CIVIL ENGINEERING Student 's signature ____________

Field of study CIVIL ENGINEERING Advisor 's signature ____________

Academic year 2001

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his deep appreciation and sincere thanks to his thesis advisor, Assistant Professor Dr.Teerapong Senjuntichai, for his kindness, invaluable advice and constant encouragement throughout his study in Chulalongkorn University. Grateful acknowledgements are due to Associate Professor Dr.Suthum Suriyamongkol and Assistant Professor Dr.Boonchai Ukritchon for their comments and serving in the thesis committee. He is greatly indebted to Professor Dr. R.K.N.D. Rajapakse at University of British Columbia, Canada, for providing helpful suggestions on this thesis.

The author would like to acknowledge the financial support given to him in the form of research assistantship from Ratchadaphisek Somphot Endowment Research Grant. Special thanks are also due to everyone who has helped directly and indirectly in the preparation of this thesis. Finally, the author would like to express his gratitude to his parents for their love and encouragement.

Yasothorn Sapsathiarn

CONTENTS

page

CONTENTS (Cont.)

Chapter page

LIST OF TABLES

Table page

LIST OF FIGURES

Figure page

Figure page

LIST OF SYMBOLS

a	radius of circular plate;
b	parameter accounting for the internal friction of the medium;
E_p	Young 's modulus of plate;
e	dilatation of the solid matrix;
$\mathbf{F}^{(n)}$	generalized force vector for the nth layer;
$f(r)$	externally applied loading;
G^{zj}	influence functions for vertical displacement;
G^{pj}	influence functions for relative fluid displacement in the z-direction;
h_p	thickness of plate;
J_n	Bessel function of the first kind of order n;
$\mathbf{K}^{(n)}$	stiffness matrix of the nth layer;
L_p	Lagrangian function;
M	Biot 's parameters accounting for compressibility of the medium;
m	density-like parameter;
N	number of terms of generalized coordinates;
Ne	number of ring elements;
p	excess pore pressure;

q_i	fluid discharge in the i-direction;
r	radial coordinate;
$\mathbf{T}^{(n)}$	external force vector at the nth interface;
T_p	kinetic energy of plate;
$\overline{T}_p$	pore pressure jump at the contact surface;
$\overline{T}_z$	contact stress at the contact surface;
t	time variable;
$\mathbf{U}^{(n)}$	generalized displacement vector for the nth layer;
U_p	strain energy of plate;
u_i	displacement of the solid matrix in the i direction;
w_i	fluid displacement relative to the solid matrix in the i direction;
w_p	vertical displacement of elastic circular plate;
z	vertical coordinate;
α	Biot 's parameters accounting for compressibility of the medium;
α_n	generalized coordinates;
δ	non-dimensional frequency;
δ_{ij}	Kronecker delta;
ε_{ij}	strain component of the solid matrix;

γ	non-dimensional relative flexibility parameter;
ζ	variation of fluid volume;
λ	constant of the bulk material;
μ	shear modulus of the bulk material;
v_p	Poisson 's ratio of plate;
ξ	Hankel transform parameter;
ρ	mass density of the bulk material;
ρ_f	mass density of the pore fluid;
ρ_p	mass density of plate;
σ_{ij}	total stress component of the bulk material;
ω	circular frequency