

การสั้นในแนวคิ่งของทรงกระบอกลมแฉิ่งในตัวกลางชนิดโพโรอิลาสติก



นายสีกานต์ มณี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5282-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VERTICAL VIBRATIONS OF A RIGID CIRCULAR CYLINDER EMBEDDED  
IN A POROELASTIC MEDIUM



Mr.Sikarn Mani

ศูนย์วิทยุโทรทัศน์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2003

ISBN 974-17-5282-2

Thesis Title                 Vertical Vibrations of a Rigid Circular Cylinder Embedded in a  
  Poroelastic Medium  
By                                 Mr.Sikarn Mani  
Field of Study                Civil Engineering  
Thesis Advisor               Assistant Professor Teerapong Senjuntichai, Ph.D.

---

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



.....

Dean of the Faculty of Engineering

(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

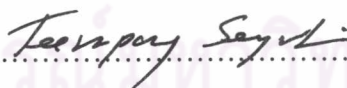
THESIS COMMITTEE



.....

Chairman

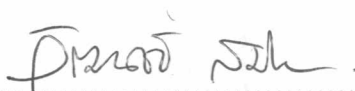
(Associate Professor Suthum Suriyamongkol, D.Eng.)



.....

Thesis Advisor

(Assistant Professor Teerapong Senjuntichai, Ph.D.)



.....

Member

(Watanachai Smittakorn, Ph.D.)

สิกานต์ มณี : การสั่นในแนวตั้งของทรงกระบอกกลมแข็งในตัวกลางชนิดโพโรอีลาสติก.

(VERTICAL VIBRATIONS OF A RIGID CIRCULAR CYLINDER EMBEDDED IN A

POROELASTIC MEDIUM) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ชีรพงศ์ เสนจันทร์มิไชย, 56 หน้า.

ISBN 974-17-5282-2.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ศึกษาการสั่นในแนวตั้งของทรงกระบอกกลมแข็งในตัวกลางชนิดโพโรอีลาสติก ทั้งในกรณีของเหลวไหลซึมผ่านผิวของทรงกระบอกได้อย่างสมบูรณ์และกรณีที่ซึมผ่านไม่ได้เลย โดยสมมุติให้ผิวทรงกระบอกยึดติดกันอย่างสมบูรณ์กับตัวกลางโพโรอีลาสติกตามทฤษฎีของ Biot สำหรับโพโรอีลาสติกพลศาสตร์ ปัญหานี้ถูกจัดรูปโดยการแยกระบบของทรงกระบอกในตัวกลางโพโรอีลาสติก (poroelastic) ออกเป็นทรงกระบอก และตัวกลางโพโรอีลาสติกที่มีช่องว่างเท่ากับทรงกระบอก สภาวะขอบเขตที่เหมาะสมถูกกำหนดที่บริเวณผิวของทรงกระบอก ต่อมาชุดของสมการอินทิกรัลถูกสร้างขึ้นเพื่อหาขนาดของแรงและแหล่งกำเนิดของเหลวที่กระทำบนพื้นผิวสมมุติซึ่งอยู่ภายในพื้นผิวของทรงกระบอก สมการอินทิกรัลนี้ถูกแก้ด้วยวิธีการทางตัวเลขในโดเมนความถี่ ฟังก์ชันส่วนกลาง (kernel function) ของสมการอินทิกรัลจะสอดคล้องกับกรีนฟังก์ชัน (Green's function) ที่เหมาะสมสำหรับตัวกลางโพโรอีลาสติก มีการพิจารณาผลของอัตราส่วนความสูงต่อรัศมีที่ต่างกัน, คุณสมบัติของวัสดุโพโรอีลาสติก และสภาวะการไหลซึมผ่านได้ของของเหลวที่ผิวสัมผัสต่อค่าอิมพีแดนซ์ในแนวตั้งของทรงกระบอก ผลที่ได้นี้มีประโยชน์ในการศึกษาผลตอบสนองทางพลศาสตร์ของฐานรากในดินโพโรอีลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา.....

ลายมือชื่อนิสิต..... วิทนต์ มณี .....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  .....

ปีการศึกษา.....2546.....

## 4370556521 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: DYNAMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION / VIBRATIONS / POROELASTICITY / FOUNDATION / IMPEDANCE

SIKARN MANI: VERTICAL VIBRATIONS OF A RIGID CYLINDER EMBEDDED IN A POROELASTIC MEDIUM THESIS

ADVISOR: ASST. PROF. DR. TEERAPONG SENJUNTICHAI, Ph.D., 56 pp.

ISBN 974-17-5282-2.

This thesis studies the steady-state vertical vibrations of a rigid circular cylinder embedded in a homogeneous poroelastic medium. The cylinder surface is assumed to be either impermeable or fully permeable, and perfectly bonded with the surrounding half-space. The poroelastic half-space is governed by Biot's theory for poroelastodynamic. The problem is formulated by decomposing the cylinder-poroelastic medium system into a real cylinder and poroelastic medium with a cylindrical cavity identical to the embedded cylinder. The appropriate boundary conditions are specified on contact surface. A coupled set of integral equations is established to determine the intensities of forces and fluid sources applied on the auxiliary surface defined interior to the surface on which boundary conditions are specified. The integral equations are solved numerically in the frequency domain. The kernel functions of the integral equations correspond to appropriate Green's functions for a poroelastic half-space. The vertical impedance of a rigid cylinder are examined for different length/radius ratio, poroelastic material properties and hydraulic boundary conditions. The present results are useful in the study of dynamic response of embedded foundations in poroelastic soils.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

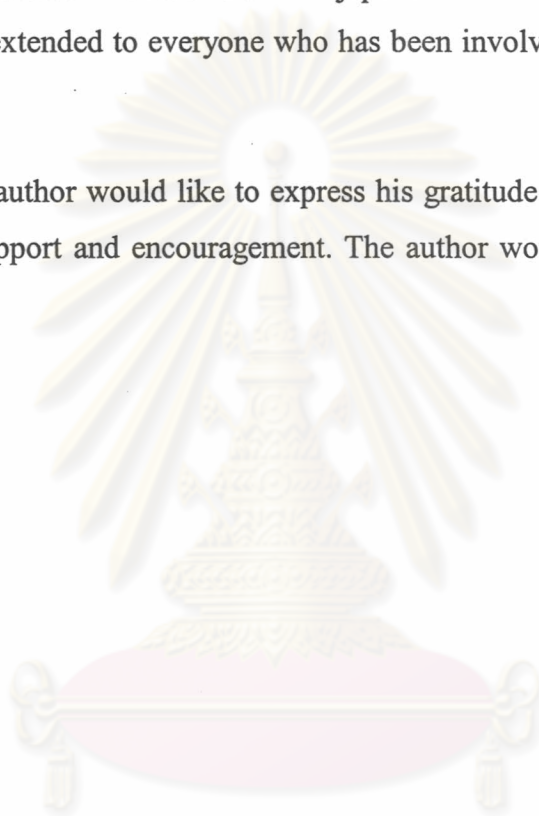
Department.....Civil Engineering.....  
Field of study.....Civil Engineering.....  
Academic year.....2003.....

Student's signature.....  
Advisor's signature.....

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to take this opportunity to express his deepest profound gratitude to his advisor, Assistant Professor Dr. Teerapong Senjuntichai, for his kindness, helpful suggestions and encouragement throughout this study. Grateful acknowledgements are due to Associate Professor Dr.Suthum Suriyamongkol and Dr. Watanachai Smittakorn for their comments and serving in the thesis committee. Sincere thanks to Professor Dr. R. K. N. D. Rajapakse for his comments on this thesis. Special thanks are extended to everyone who has been involved in the preparation of this thesis

Finally, the author would like to express his gratitude and indebtedness to his parents for their support and encouragement. The author would like to dedicate this thesis to them.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# CONTENTS

	Page
Abstract (Thai).....	iv
Abstract (English).....	v
Acknowledgements.....	vi
Contents.....	vii
List of Tables.....	ix
List of Figures.....	x
List of Symbols.....	xii
Chapter I Introduction.....	1
1.1 General.....	1
1.2 Objectives of Present Study.....	2
1.3 Scopes of Present Study.....	2
Chapter II Literature Reviews.....	4
Chapter III Theoretical Consideration.....	6
3.1 Basic Equations and General Solutions of Poroelastic Material.....	6
3.2 Indirect boundary integral equation method.....	12
3.3 Green's functions.....	16
3.4 Formulation of interaction problem.....	18

## CONTENTS (Cont.)

	Page
Chapter IV Numerical Solutions.....	22
4.1 Numerical Solutions Scheme.....	22
4.2 Convergence and Numerical Stability.....	24
4.3 Comparison with Existing Solutions.....	25
4.4 Numerical Results and Discussion.....	26
Chapter V Concluding Remark.....	46
5.1 Conclusion.....	46
5.2 Suggestions for Future Work.....	47
References.....	48
Appendix.....	51
Biography.....	56

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## LIST OF TABLES

Table	page
Table 4.1 Convergence of vertical impedance of rigid cylinder in a poroelastic medium with $N$ , $N'$ and $\Delta\alpha$ ( $h/a = 0.5, \delta = 5, b = 30$ ) .....	27
Table 4.2 Convergence of vertical impedance of rigid cylinder in a poroelastic medium with $N$ , $N'$ and $\Delta\alpha$ ( $h/a = 2, \delta = 5, b = 30$ ) .....	27
Table 4.3 Convergence of vertical impedance of rigid cylinder in a poroelastic medium with $N$ , $N'$ and $\Delta\alpha$ ( $h/a = 10, \delta = 5, b = 30$ ) .....	28
Table 4.4 Convergence of vertical impedance of rigid cylinder in a poroelastic medium with $N$ , $N'$ and $\Delta\alpha$ ( $h/a = 20, \delta = 5, b = 30$ ) .....	28



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## LIST OF FIGURES

Figure	page
Figure 1.1 Geometry of rigid cylinder embedded in poroelastic half-space.....	3
Figure 3.1 System considered in the indirect boundary integral equation .....	20
Figure 3.2 Discretization of real surface and auxiliary surface .....	20
Figure 3.3 Two domain boundary value problem.....	21
Figure 4.1 Convergence of influence functions subjected to vertical ring load, radial ring load and ring fluid source with respect to $\xi_L$ ( $ z - z'  = 0.5$ )	31
Figure 4.2 Convergence of influence functions subjected to vertical ring load, radial ring load and ring fluid source with respect to $\xi_L$ ( $ z - z'  = 0.05$ )	32
Figure 4.3 Convergence of influence functions subjected to vertical ring load, radial ring load and ring fluid source with respect to $\xi_L$ ( $ z - z'  = 0.005$ )	33
Figure 4.4 Comparison of vertical impedance of a rigid cylinder in elastic half- space with existing solution.....	34
Figure 4.5 (a) extended half space and (b) fictitious bar.....	35
Figure 4.6 Geometry of (a) toroidal element and (b) base element.....	35
Figure 4.7 Comparison of vertical impedance of a rigid cylinder in elastic half- space for different computation method.....	36
Figure 4.8 Vertical impedance of rigid cylinders for length/radius ratio ( $b^* = 2.3$ )	37

### LIST OF FIGURES (Cont.)

Figure	page
Figure 4.9 Vertical impedance of rigid cylinders for length/radius ratio ( $b^* = 30$ )	38
Figure 4.10 Vertical impedance of cylinders for different poroelastic material ( $h/a = 2$ ) .....	39
Figure 4.11 Vertical impedance of cylinders for different material poroelastic ( $h/a = 20$ ) .....	40
Figure 4.12 Vertical impedance of cylinders for different material ( $h/a = 2$ ) .....	41
Figure 4.13 Vertical impedance of cylinders for different material ( $h/a = 20$ ) ...	42
Figure 4.14. The shape of the axisymmetric foundations (a) cylinder, (b) hemisphere , (c) taper and (d) step.....	43
Figure 4.15 Vertical impedance of different shape of the foundation ( $b^* = 2.3$ )...	44
Figure 4.16 Vertical impedance of different shape of the foundation ( $b^* = 10$ ) ...	45

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## LIST OF SYMBOLS

$a$	radius of circular cylinder
$b$	parameter accounting for the internal friction of the medium
$e$	dilatation of the solid matrix
$G_{rj}$	influence functions for radial displacement
$G_{zj}$	influence functions for vertical displacement
$G_{qj}$	influence functions for relative fluid discharge in the direction normal to the surface
$H_{rj}$	influence function for radial traction
$H_{zj}$	influence function for vertical traction
$H_{pj}$	influence function for excess pore pressure
$J_n$	Bessel function of the first kind of order $n$
$M$	Biot's parameters accounting for compressibility of the medium
$m$	density-like parameter
$N$	number of observation point
$N'$	number of source point
$p$	excess pore pressure
$q_i$	fluid discharge in the $i$ -direction

### LIST OF SYMBOLS (Cont.)

$r$	radial coordinate
$u_i$	displacement of the solid matrix in the $i$ -direction
$w_i$	fluid displacement relative to the solid matrix in the $i$ -direction
$z$	vertical coordinate
$\alpha$	Biot's parameters accounting for compressibility of the Medium
$\delta$	non-dimensional frequency
$\zeta$	variation of fluid volume
$\lambda$	constant of the bulk material
$\mu$	shear modulus of the bulk material
$\xi$	Hankel transform parameter
$\rho$	mass density of bulk material
$\rho_f$	mass density of pore fluid
$\rho_{ij}$	total stress component of the bulk material
$\omega$	angular frequency