

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

Ngô Quốc Trinh

**NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CỦA CỌC
CHỊU TẢI TRỌNG NGANG VÀ TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2014

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

Ngô Quốc Trinh

**NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CỦA CỌC
CHỊU TẢI TRỌNG NGANG VÀ TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT**

Chuyên ngành : Kỹ thuật xây dựng dân dụng và công nghiệp

Mã số : 62 58 02 08

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. PGS.TS VƯƠNG VĂN THÀNH

2. TS. TRẦN HỮU HÀ

HÀ NỘI – 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.
Các số liệu, và kết quả trong luận án là trung thực và chưa từng
được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả

Ngô Quốc Trinh

LỜI CẢM ƠN

Tác giả luận án xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành đối với PGS.TS Vương Văn Thành và TS Trần Hữu Hà đã tận tình hướng dẫn, cho nhiều chỉ dẫn khoa học có giá trị và thường xuyên động viên, tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu hoàn thành luận án và nâng cao năng lực khoa học của tác giả.

Tác giả xin chân thành cảm ơn các Giáo sư, Phó giáo sư, Tiến sỹ, các chuyên gia, các nhà khoa học trong và ngoài Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, đặc biệt GS.TSKH Hà Huy Cương đã tận tình giúp đỡ, chỉ dẫn và đóng góp ý kiến để luận án được hoàn thiện.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn các cán bộ, giảng viên Bộ môn Công trình ngầm- Địa kỹ thuật, Khoa Xây dựng, Khoa sau đại học Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; các phòng, ban, khoa, các bạn đồng nghiệp và lãnh đạo Trường Đại học Công nghệ GTVT đã tạo điều kiện thuận lợi, động viên, giúp đỡ và hợp tác trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Cuối cùng tác giả bày tỏ lòng biết ơn đối với người thân trong gia đình đã động viên khích lệ và chia sẻ những khó khăn với tác giả trong suốt thời gian thực hiện luận án.

Tác giả

Ngô Quốc Trinh

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN

LỜI CẢM ƠN

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU CƠ BẢN SỬ DỤNG TRONG LUẬN ÁN

DANH MỤC CÁC HÌNH, ĐỒ THỊ TRONG LUẬN ÁN

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU TRONG LUẬN ÁN

MỞ ĐẦU

1 Lý do lựa chọn đề tài	1
2 Mục tiêu nghiên cứu	3
3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	4
4. Nội dung nghiên cứu.....	4
5 Phương pháp nghiên cứu.....	4
6 Bố cục của luận án.....	4
7 Những đóng góp mới của luận án.....	6

Chương 1: TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU TƯƠNG TÁC GIỮA CỌC VỚI NỀN ĐẤT CHỊU TẢI TRỌNG NGANG

1.1 Tổng quan về động đất.....	9
1.1.1 Động đất	9
1.1.2 Nguồn gốc động đất	10
1.1.3 Sóng động đất	13
1.1.4 Các thang đánh giá cường độ động đất.....	15
1.1.5 Nhiệm vụ thiết kế kháng chấn cho công trình và các thông số chuyên động nền đất	16
1.2 Tổng quan các phương pháp nghiên cứu tương tác giữa cọc với nền đất chịu tải trọng ngang.....	18
1.2.1 Nhóm các phương pháp dựa trên mô hình nền Winkler.....	18
1.2.2 Nhóm các phương pháp dựa trên mô hình đàn hồi liên tục	28

1.3 Tóm tắt và nhận xét chương 1.....	34
Chương 2: NGHIÊN CỨU TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT BIẾN DẠNG CỦA NỀN ĐẤT CHỊU TẢI TRỌNG TĨNH NẪM NGANG	
2.1 Các phương trình cơ bản và phương trình truyền sóng của môi trường đàn hồi	36
2.1.1 Các liên hệ cơ bản của môi trường đàn hồi.....	36
2.1.2 Xây dựng các phương trình vi phân cân bằng và phương trình truyền sóng theo PPNLCT Gauss.....	38
2.1.2.1 Phương pháp Nguyên lý cực trị Gauss.....	38
2.1.2.2 Xây dựng phương trình vi phân cân bằng	41
2.1.2.3 Xây dựng phương trình truyền sóng	44
2.2 Các lời giải đối với không gian vô hạn đàn hồi và nửa không gian vô hạn đàn hồi	47
2.2.1 Lời giải không gian vô hạn đàn hồi	48
2.2.2 Lời giải nửa không gian vô hạn đàn hồi	49
2.3 Xây dựng bài toán tương tác giữa khối đất với nửa không gian vô hạn đàn hồi.....	50
2.3.1 Hệ so sánh là nửa không gian vô hạn đàn hồi	51
2.3.2 Hệ so sánh là không gian vô hạn đàn hồi	54
2.4 Giải bài toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn	57
2.5 Kiểm tra kết quả và các nhận xét	61
2.5.1 Bài toán hệ so sánh là nửa không gian vô hạn đàn hồi.....	61
2.5.2 Bài toán hệ so sánh là không gian vô hạn đàn hồi.....	66
2.5.3 Bài toán tính khối đất có xét đến trọng lượng bản thân.....	68
2.6 Kết luận chương 2	70
Chương 3 NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN TƯƠNG TÁC GIỮA CỌC VỚI NỀN ĐẤT CHỊU TẢI TRỌNG TĨNH NẪM NGANG	
3.1 Lý thuyết dầm Timoshenko	71
3.2 Xây dựng bài toán dầm chịu uốn có xét biến dạng trượt ngang theo	

Phương pháp nguyên lý cực trị Gauss.....	73
3.2.1 Phương pháp thứ nhất.....	73
3.2.2 Phương pháp thứ hai.....	75
3.3 Phương pháp phần tử hữu hạn đối với dầm có xét đến biến dạng trượt ngang.....	78
3.4 Xây dựng bài toán tương tác giữa cọc đơn với nền đất chịu tải trọng tĩnh nằm ngang.....	82
3.4.1 Trường hợp dùng hệ số sánh là nửa không gian vô hạn đàn hồi.	82
3.4.2 Trường hợp dùng hệ số sánh là không gian vô hạn đàn hồi.....	85
3.5 Khảo sát một số trường hợp kiểm tra độ tin cậy của chương trình tính.....	88
3.5.1 So sánh kết quả theo lời giải của chương trình MstaticP1 khi cho mô đun đàn hồi của hệ số sánh khác nhau.....	88
3.5.2 So sánh kết quả của hai lời giải theo hai chương trình tính MstaticP1 và KstaticP1 khi lực ngang đặt tại chân cọc.....	89
3.5.3 Khảo sát bài toán so sánh với phương pháp của Zavriev(1962) dựa trên mô hình nền biến dạng cục bộ.....	90
3.5.4 Khảo sát bài toán so sánh với phương pháp của Poulos (1971) dựa trên mô hình nền đàn hồi liên tục.....	92
3.5.5 Khảo sát bài toán so sánh với kết quả nghiên cứu của Kim, O'Neill, Matlock dựa trên phương pháp dùng đường cong p-y.....	93
3.6 Khảo sát các thông số ảnh hưởng đến sự làm việc của cọc đơn chịu tải trọng tĩnh nằm ngang.....	96
3.6.1 Khảo sát cọc ngắn và cọc dài trong nền đàn hồi đồng nhất.....	96
3.6.2 Khảo sát cọc đơn tựa trên lớp đá cứng.....	98
3.6.3 Khảo sát ảnh hưởng của độ cứng đất đối với sự làm việc của cọc	100
3.7 Khảo sát sự ảnh hưởng của cọc tới chuyển vị nền đất.....	101
3.8 Kết luận chương 3.....	102

Chương 4: NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN TƯƠNG TÁC GIỮA CỌC VỚI NỀN ĐẤT CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG NẪM NGANG VÀ TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

4.1	Lời giải xung đơn vị của không gian vô hạn đàn hồi.....	104
4.1.1	Lời giải xung đơn vị trong miền thời gian	105
4.1.2	Lời giải theo biến đổi tích phân Laplace	106
4.1.3	Lời giải theo biến đổi tích phân Fourier	106
4.2	Hệ số giảm chấn vật liệu của đất	107
4.3	Lời giải số của bài toán động lực học.....	109
4.3.1	Số liệu trận động đất El Centro, 1940 và biến đổi Fourier rời rạc DFT(Discrete Fourier Transform).	109
4.3.2	Tích phân Duhamel trong miền thời gian và miền tần số.....	111
4.4	Xây dựng bài toán tương tác động lực học của cọc khi chịu tải trọng động nằm ngang.....	113
4.5	Khảo sát dao động của khối đất và của cọc chịu tải trọng động nằm ngang. 115	
4.5.1	Khảo sát dao động khối đất.....	115
4.5.2	Khảo sát truyền sóng cắt (sóng Love) trong nền đất	119
4.5.3	Khảo sát dao động của cọc đơn.....	123
4.6	Khảo sát dao động của cọc chịu tải trọng động đất	125
4.7	Kết luận chương 4	131
	KẾT LUẬN- KIẾN NGHỊ	132
	DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	CT1
	TÀI LIỆU THAM KHẢO	TK1
	PHỤ LỤC (Quyển 2)	
Phụ lục 1:	Giá trị chuyển vị ngang của điểm nằm gần tâm khối đất khi lực nằm ngang P tác dụng ở bề mặt và tại chân khối đất trong trường hợp mô đun đàn hồi, hệ số Poisson của hệ so sánh bằng mô đun đàn hồi, hệ số Poisson của hệ cần tính	
Phụ lục 2:	Giá trị chuyển vị ngang của điểm nằm gần tâm khối đất khi lực nằm ngang P tác dụng ở bề mặt và tại chân khối đất trong	

trường hợp giữ nguyên E1 như trường hợp 1, thay đổi E0 của hệ so sánh

- Phụ lục 3: Giá trị chuyển vị ngang của điểm nằm gần tâm khối đất khi lực nằm ngang P tác dụng ở bề mặt và tại chân khối đất trong trường hợp giữ nguyên E0 của hệ so sánh như trường hợp 1, tăng E1 của hệ cần tính lên gấp hai lần so với trường hợp 1
- Phụ lục 4: Giá trị chuyển vị ngang của điểm nằm gần tâm khối đất khi lực nằm ngang P tác dụng ở bề mặt, giữa và tại chân khối đất trong trường hợp tính theo 2 chương trình Mstatic1 và Kstatic1.
- Phụ lục 5: Giá trị chuyển vị ngang, chuyển vị đứng của điểm nằm gần tâm khối đất khi lực nằm ngang P tác dụng ở bề mặt khi xét và không xét trọng lượng bản thân
- Phụ lục 6: Chương trình tính khối đất chịu tải trọng tĩnh nằm ngang Mstatic1
- Phụ lục 7: Chương trình tính khối đất chịu tải trọng tĩnh nằm ngang Kstatic1
- Phụ lục 8: Chương trình tính cọc chịu tải trọng tĩnh nằm ngang MstaticP1
- Phụ lục 9: Chương trình tính cọc chịu tải trọng tĩnh nằm ngang KstaticP1
- Phụ lục 10: Chương trình tính cọc nằm trong nền đàn hồi nhiều lớp chịu tải trọng tĩnh nằm ngang KstaticPLs
- Phụ lục 11: Chương trình tính khối đất chịu tải trọng động nằm ngang KdynaS
- Phụ lục 12: Chương trình khảo sát truyền sóng Love trong nền đất KdynaL
- Phụ lục 13: Chương trình tính cọc chịu tải trọng động nằm ngang KdynaP
- Phụ lục 14: Chương trình tính cọc chịu tải trọng động đất KdynaPE.

CÁC KÝ HIỆU CƠ BẢN SỬ DỤNG TRONG LUẬN ÁN

A	Hằng số phụ thuộc vào tải trọng tĩnh hoặc chu kỳ chậm
b	Chiều rộng tiết diện cọc
c	Hệ số cản nhớt
$C_y(f)$, $C_x(f)$, $C_h(f)$	Biến đổi Fourier của hàm $y(t)$; $x(t)$ và $h(t)$
DFT	Biến đổi Fourier rời rạc
E	Mô đun đàn hồi của đất
E_c	Mô đun đàn hồi của cọc
F	Diện tích tiết diện cọc
FFT	Biến đổi Fourier nhanh
f	Tần số
f_N	Tần số Nyquist
$f_D(t)$	Lực cản nhớt
$f_l(t)$	Lực quán tính
$f_s(t)$	Lực đàn hồi
G	Mô đun trượt của đất
G_c	Mô đun trượt của cọc
g	Gia tốc trọng trường
h	Chiều cao tiết diện cọc
IFFT	Biến đổi Fourier nhanh, ngược
J	Mô men quán tính của cọc
k	Độ cứng lò xo
k_h	Hệ số nền Winkler (mô đun phản lực nền theo phương ngang)
K_x , K_y	Độ cứng phức đối với chuyển vị ngang
K_{ry} , K_{rx}	Độ cứng phức đối với góc xoay
K_{x-ry} hoặc K_{y-rx}	Độ cứng phức hỗn hợp chuyển vị ngang- góc xoay
l	Chiều dài cọc
m	Khối lượng