

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**BỘ QUỐC PHÒNG**

**HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ**

=====o O o=====

**Nguyễn Xuân Bằng**

**NHẬN DẠNG LIÊN KẾT TRÊN BỀ MẶT TIẾP XÚC  
GIỮA MÓNG CỌC VÀ NỀN ĐÀN HỒI**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**Hà Nội - 2013**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**BỘ QUỐC PHÒNG**

**HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ**

=====o O o=====

**Nguyễn Xuân Bằng**

**NHẬN DẠNG LIÊN KẾT TRÊN BỀ MẶT TIẾP XÚC  
GIỮA MÓNG CỌC VÀ NỀN ĐÀN HỒI**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình đặc biệt**

**Mã số: 62 58 02 06**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

**GS. TSKH. Nguyễn Văn Hợi**

**Hà Nội - 2013**

## **LỜI CAM ĐOAN**

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

**Tác giả luận án**

**Nguyễn Xuân Bằng**

## **LỜI CẢM ƠN**

Tác giả luận án xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành đối với thầy giáo GS.TSKH. Nguyễn Văn Hợi đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ và đề xuất nhiều ý tưởng khoa học có giá trị giúp cho tác giả hoàn thành luận án nghiên cứu này. Tác giả luôn trân trọng sự động viên, khuyến khích và những kiến thức khoa học cũng như chuyên môn mà Giáo sư đã chia sẻ cho tác giả trong nhiều năm qua giúp cho tác giả nâng cao năng lực khoa học và củng cố lòng yêu nghề.

Tác giả trân trọng cảm ơn Trung tâm Kỹ thuật các công trình đặc biệt (trước đây), bộ môn Xây dựng Công trình quốc phòng, Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt, phòng Sau đại học - Học viện Kỹ thuật Quân sự đã tạo điều kiện và giúp đỡ tác giả trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Cuối cùng tác giả muốn bày tỏ lòng biết ơn đối với những người thân trong gia đình đã thông cảm, động viên và chia sẻ khó khăn với tác giả trong suốt thời gian làm luận án.

**Tác giả luận án**

**Nguyễn Xuân Bằng**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN.....	ii
MỤC LỤC .....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT .....	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	xiv
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ.....	xv
MỞ ĐẦU .....	1
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN .....	4
1.1. Ý nghĩa thực tiễn của việc chẩn đoán trạng thái kỹ thuật công trình và nhận dạng liên kết móng - nền .....	4
1.2. Bài toán nhận dạng kết cấu .....	5
1.3. Tổng quan các phương pháp nhận dạng kết cấu.....	7
1.3.1. Các phương pháp cơ bản giải bài toán nhận dạng kết cấu .....	7
1.3.2. Phương pháp giải liên tiếp các bài toán thuận.....	10
1.3.3. Phương pháp quy hoạch phi tuyến.....	11
1.3.4. Ứng dụng trực tiếp phần mềm MATLAB .....	12
1.3.5. Phương pháp hàm phạt (Penalty function methods).....	14
1.4. Tổng quan các công trình nghiên cứu về nhận dạng kết cấu .....	14
1.5. Kết luận .....	17
CHƯƠNG 2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH, THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC KẾT CẤU HỆ THANH - MÓNG CỌC NGUYÊN VẸN.....	19
2.1. Các phương trình và ma trận cơ bản đối với các phần tử thanh trong hệ tọa độ cục bộ [19], [22], [34] .....	20
2.1.1. Hàm xấp xỉ chuyển vị.....	20
2.1.2. Các ma trận cơ bản đối với phần tử thanh không gian.....	22
2.1.3. Phương trình cân bằng động của phần tử thanh không gian .....	28

2.2. Các phương trình và ma trận cơ bản đối với các phần tử cọc tiếp xúc với nền trong hệ tọa độ cục bộ .....	28
2.2.1. Mô hình liên kết giữa cọc và nền.....	28
2.2.2. Các phương trình và ma trận cơ bản đối với các phần tử cọc tiếp xúc với nền trong hệ tọa độ cục bộ [22] .....	29
2.3. Phương trình cân bằng động kết cấu hệ thanh - móng cọc nguyên vẹn và các phương pháp giải [19], [22], [34] .....	31
2.3.1. Biến đổi các véc tơ chuyển vị và lực nút từ hệ tọa độ cục bộ sang hệ tọa độ tổng thể.....	31
2.3.2. Phương trình cân bằng động của kết cấu hệ thanh - móng cọc.....	34
2.3.3. Thuật toán giải bài toán dao động riêng của kết cấu.....	35
2.3.4. Thuật toán giải bài toán dao động cưỡng bức của kết cấu .....	37
2.4. Tính toán số.....	38
CHƯƠNG 3 XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH NHẬN DẠNG LIÊN KẾT GIỮA MÓNG CỌC VÀ NỀN ĐÀN HỒI .....	41
3.1. Bài toán chẩn đoán trạng thái kỹ thuật công trình và nhận dạng liên kết cọc - nền đàn hồi.....	41
3.2. Lựa chọn phương pháp giải bài toán nhận dạng liên kết cọc - nền .....	43
3.3. Giải bài toán nhận dạng liên kết cọc - nền đàn hồi bằng phương pháp hàm phạt (Penalty function method) [26] .....	44
3.4. Các tính toán bằng số .....	52
3.4.1. Bài toán phẳng .....	52
Bài toán 1 .....	52
Bài toán 2.....	54
3.4.2. Bài toán không gian .....	56
CHƯƠNG 4 NHẬN DẠNG LIÊN KẾT MÓNG - NỀN CỦA CÁC CÔNG TRÌNH DKI .....	60
4.1. Tổng quan các giải pháp kết cấu móng công trình biển DKI và bài toán nhận dạng	

liên kết cọc - nền .....	60
4.1.1. Tổng quan các giải pháp kết cấu móng công trình biển DKI .....	60
4.1.2. Bài toán nhận dạng liên kết móng - nền các công trình DKI .....	65
4.2. Các mô hình liên kết giữa móng công trình DKI với nền .....	66
4.3. Thí nghiệm xác định các tần số dao động riêng công trình DKI/2.....	69
4.3.1. Phương pháp và thiết bị thí nghiệm.....	69
4.3.2. Các kết quả thí nghiệm .....	75
4.4. Nhận dạng liên kết móng - nền của công trình DKI/2 .....	80
4.4.1. Sơ đồ tính của công trình DKI/2 và các tham số nhận dạng liên kết móng - nền. .....	80
4.4.2. Rời rạc hoá PTHH đối với kết cấu .....	83
4.4.3. Các số liệu xuất phát .....	85
4.4.4. Kết quả giải bài toán nhận dạng liên kết móng - nền của công trình DKI/2 ..	87
KẾT LUẬN CHUNG .....	89
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ .....	91
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	92
PHỤ LỤC .....	98

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

A	Tham số mô tả cấu trúc, đặc tính của đối tượng bài toán nhận dạng
a	Chiều dài phần tử thanh
b	Chiều rộng (đường kính) cọc
$\bar{C}$	Ma trận cản của kết cấu trong hệ tọa độ chung (chưa xử lý điều kiện biên)
C	Ma trận cản của kết cấu trong hệ tọa độ chung (sau khi xử lý điều kiện biên)
$c_u$	hệ số nền Winkler theo phương chuyển vị dọc của phần tử cọc
$c_v$	hệ số nền Winkler theo phương chuyển vị ngang v của phần tử cọc
$c_w$	hệ số nền Winkler theo phương chuyển vị ngang w của phần tử cọc
$c_\varphi$	hệ số nền Winkler theo phương chuyển vị xoắn của phần tử cọc
$c_{xX}$	Cosin chỉ phương của trục x so với trục X
$c_{xY}$	Cosin chỉ phương của trục x so với trục Y
$c_{xZ}$	Cosin chỉ phương của trục x so với trục Z
$c_{yX}$	Cosin chỉ phương của trục y so với trục X
$c_{yY}$	Cosin chỉ phương của trục y so với trục Y
$c_{yZ}$	Cosin chỉ phương của trục y so với trục Z
$c_{zX}$	Cosin chỉ phương của trục z so với trục X
$c_{zY}$	Cosin chỉ phương của trục z so với trục Y
$c_{zZ}$	Cosin chỉ phương của trục z so với trục Z
$c_z$	Hệ số nén đều và trượt đều (hệ số nền loại 1 và loại 2) của nền dưới đáy trụ theo phương đứng
$c_x$	Hệ số nén đều và trượt đều (hệ số nền loại 1 và loại 2) của nền dưới đáy trụ theo phương ngang



$c_\alpha$	Hệ số nén không đều của nền dưới đáy trụ
$c_\varphi$	Hệ số trượt không đều của nền dưới đáy trụ
$d$	Tham số đầu vào bài toán nhận dạng
$E$	Mô đun đàn hồi kéo nén của vật liệu phần tử
$F$	Diện tích tiết diện ngang của phần tử thanh
$f_i^1$	Tần số dao động thứ $i$ của DKI/2 theo phương pháp thử nghiệm động 1
$f_i^2$	Tần số dao động thứ $i$ của DKI/2 theo phương pháp thử nghiệm động 2
$\bar{f}_i$	Tần số dao động thứ $i$ của DKI/2 (trung bình của 2 phương pháp thử nghiệm động)
$G$	Mô đun đàn hồi trượt của vật liệu phần tử
$\mathbf{I}$	Ma trận đơn vị cấp $p$
$I_y$	Mô men quán tính đối với trục $y$ của tiết diện thanh
$I_z$	Mô men quán tính đối với trục $z$ của tiết diện thanh
$I_p$	Mô men quán tính độc cực của tiết diện thanh
$\mathbf{J}(\boldsymbol{\theta})$	Hàm phạt Penalty
$\mathbf{k}_u$	Ma trận độ cứng trong trạng thái kéo nén của phần tử thanh
$\mathbf{k}_v$	Ma trận độ cứng trong trạng thái uốn thuần túy tương ứng với các véc tơ chuyển vị nút $\mathbf{q}_v(t)$ của phần tử thanh
$\mathbf{k}_w$	Ma trận độ cứng trong trạng thái uốn thuần túy tương ứng với các véc tơ chuyển vị nút $\mathbf{q}_w(t)$ của phần tử thanh
$\mathbf{k}_\varphi$	Ma trận độ cứng trong trạng thái xoắn tương ứng với véc tơ chuyển vị nút $\mathbf{q}_\varphi(t)$ của phần tử thanh
$\mathbf{k}_c$	Ma trận độ cứng của phần tử thanh

$k_u$	Độ cứng liên kết lò xo theo phương chuyển vị dọc trục phân tử cọc
$k_v$	Độ cứng liên kết lò xo theo phương chuyển vị ngang v của phần tử cọc
$k_w$	Độ cứng liên kết lò xo theo phương chuyển vị ngang w của phần tử cọc
$k_\phi$	Độ cứng liên kết lò xo theo phương chuyển vị xoắn của phần tử cọc
$k_{su}$	Ma trận độ cứng của nền đất kết hợp với ma trận độ cứng của phần tử cọc trong trạng thái kéo - nén dọc trục
$k_{sv}$	Ma trận độ cứng của nền đất kết hợp với ma trận độ cứng của phần tử cọc trong trạng thái uốn thuần túy trong mặt phẳng xy
$k_{sw}$	Ma trận độ cứng của nền đất kết hợp với ma trận độ cứng của phần tử cọc trong trạng thái uốn thuần túy trong mặt phẳng xz
$k_{s\phi}$	Ma trận độ cứng của nền đất kết hợp với ma trận độ cứng của phần tử cọc trong trạng thái xoắn
$k_s$	Ma trận độ cứng của nền đất kết hợp với ma trận độ cứng của phần tử cọc trong trạng thái không gian
$\bar{\mathbf{K}}$	Ma trận độ cứng của kết cấu trong hệ tọa độ chung (chưa xử lý điều kiện biên)
$\mathbf{K}$	Ma trận độ cứng của kết cấu trong hệ tọa độ chung (sau khi xử lý điều kiện biên)
$\mathbf{K}_c$	Phần ma trận độ cứng không phụ thuộc vào độ cứng của nền
$\mathbf{K}_s$	Phần ma trận độ cứng phụ thuộc vào độ cứng của nền
$K_z$	Độ cứng của liên kết đàn hồi tương ứng với chuyển vị đứng của đáy trụ theo trục z
$K_x$	Độ cứng của liên kết đàn hồi tương ứng với chuyển vị ngang của đáy trụ theo trục x
$K_{ax}$	Độ cứng của liên kết đàn hồi dưới đáy trụ tương ứng với