

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

-----o0o-----

**TRẦN VIỆT THẮNG**

**ĐẶC TRƯNG XÁC SUẤT CỦA PHẢN ỨNG  
TRONG KẾT CẤU THANH PHẪNG CÓ VẾT NỨT**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Chuyên ngành: CƠ HỌC KỸ THUẬT**

**Mã số: 60520114**

**KHOA CHUYÊN MÔN**

**CB HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**TS. DƯƠNG THẾ HÙNG**

**PHÒNG ĐÀO TẠO**

**THÁI NGUYÊN- 2015**

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**  
-----o0o-----

**TRẦN VIỆT THẮNG**

**ĐẶC TRƯNG XÁC SUẤT CỦA PHẢN ỨNG**  
**TRONG KẾT CẤU THANH PHẪNG CÓ VẾT**  
**NÚT**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**THÁI NGUYÊN- 2015**

## LỜI CẢM ƠN

Luận văn được hoàn thành dưới sự hướng dẫn nhiệt tình của Tiến sỹ Dương Thế Hùng. Các thí nghiệm trong Luận văn được thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Xây dựng – Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp, với sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài KH-CN B2012-TN01-03 của Bộ Giáo dục và Đào tạo.

Học viên xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp, Phòng Đào tạo, Bộ môn Kiến Trúc, Xây dựng, đặc biệt là Tiến sỹ Dương Thế Hùng đã hướng dẫn và tạo điều kiện giúp đỡ học viên hoàn thành Luận văn.

Cuối cùng học viên xin gửi lời cảm ơn tới gia đình, người thân, bạn bè và toàn thể đồng nghiệp đã động viên giúp đỡ học viên trong quá trình thực hiện Luận văn.

*Thái Nguyên, ngày 30 tháng 08 năm 2015*

**Tác giả luận văn**

## LỜI CAM ĐOAN

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

*Thái Nguyên, ngày 30 tháng 08 năm 2015*

**Tác giả luận văn**

## MỤC LỤC

<b>LỜI CẢM ƠN</b> .....	i
<b>LỜI CAM ĐOAN</b> .....	ii
<b>MỤC LỤC</b> .....	iii
<b>DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ</b> .....	vi
<b>DANH MỤC CÁC BẢNG</b> .....	viii
<b>MỞ ĐẦU</b> .....	1
<b>CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN</b> .....	5
1.1. Ứng xử của kết cấu có vết nứt theo mô hình ngẫu nhiên.....	5
1.1.1. Khái niệm về tính toán theo mô hình ngẫu nhiên....	6
1.1.2. Mô hình vết nứt trong phân tích động lực kết cấu hệ thanh .....	7
1.2. Một số kết quả nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam có liên quan đến đề tài luận văn .....	8
<b>CHƯƠNG 2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN PHẢN ỨNG CỦA KẾT CẤU THANH CÓ VẾT NÚT THEO MÔ HÌNH NGẪU NHIÊN</b> .....	10
2.1. Mở đầu .....	10
2.2. Ma trận độ cứng động lực của phần tử thanh có vết nứt.....	11
2.2.1. Phần tử chịu uốn và kéo nén đồng thời của thanh nguyên vẹn .....	11
2.2.2. Ma trận độ cứng của phần tử thanh có vết nứt.....	15
2.3. Xác định véc tơ lực nút tương đương của phần tử thanh có vết nứt và tham số ngẫu nhiên.....	20
2.4. Chuyển về hệ tọa độ chung.....	20
2.4.1. Các ma trận chuyển từ hệ tọa độ địa phương về hệ tọa độ chung.....	20
2.4.2. Ma trận độ cứng động lực của phần tử trong hệ tọa độ chung.....	20
2.4.3. Véc tơ tải trọng nút của phần tử trong hệ tọa độ chung.....	21
2.4.4. Ma trận độ cứng động lực và véc tơ tải trọng nút của cả kết cấu trong tọa độ chung.....	21
2.5. Phương pháp giải bài toán động lực học ngẫu nhiên có vết nứt.....	22
2.5.1. Về việc nghịch đảo ma trận độ cứng tổng thể.....	22

2.5.2. Phương pháp khai triển Neumann.....	22
2.5.3. Biểu thức kỳ vọng, phương sai của chuyển vị nút.....	23
2.5.4. Biểu thức kỳ vọng, phương sai các thành phần ứng lực.....	23
2.6. Kết luận chương 2.....	24
<b>CHƯƠNG 3. PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG VẾT NÚT ĐẾN ĐẶC TRƯNG XÁC SUẤT CỦA CHUYỂN VỊ VÀ ỨNG LỰC.....</b>	<b>25</b>
3.1. So sánh kết quả tính toán kỳ vọng của chuyển vị và ứng lực trong khung tính theo TK.mw với một số chương trình tính khác.....	25
3.2. Tính toán chuyển vị trong dầm có vết nứt khi điều kiện biên khác nhau .....	27
3.2.1. Đặt bài toán.....	27
3.2.2. Trường hợp 1: Dầm conson.....	28
3.2.3. Trường hợp 2: Dầm hai đầu khớp cố định.....	29
3.2.4. Trường hợp 3: dầm một đầu ngàm một đầu gối tựa di động.....	30
3.2.5. Trường hợp 4: dầm hai đầu ngàm.....	30
3.3. Kết quả tính chuyển vị khi biết trước quy luật phân bố xác suất của biến ngẫu nhiên.....	31
3.3.1. Chuyển vị trong dầm đơn giản chịu tải trọng ngẫu nhiên.....	31
3.3.2. Chuyển vị trong hệ giàn chịu tải trọng ngẫu nhiên.....	36
3.4. Khảo sát kết quả chuyển vị khi coi vết nứt là một biến ngẫu nhiên.....	40
3.4.1. Dầm đơn giản hai đầu khớp có vết nứt.....	40
3.4.2. Dầm đơn giản hai đầu ngàm có vết nứt.....	42
3.4.3. Dầm đơn giản hai đầu khớp chịu lực tập trung có vết nứt.....	42
3.4.4. Dầm đơn giản hai đầu khớp chịu lực tập trung và lực phân bố có vết nứt ....	43
3.5. Kết luận chương 3.....	44
<b>CHƯƠNG 4. THÍ NGHIỆM KIỂM CHỨNG VÀ ÁP DỤNG VÀO THỰC TẾ.....</b>	<b>45</b>
4.1. Mô tả thí nghiệm.....	45
4.1.1. Thiết bị đo.....	45
4.1.2. Thiết lập mô hình thí nghiệm.....	49
4.2. Kết quả thí nghiệm và so sánh với lý thuyết.....	51

4.2.1. Kết quả thí nghiệm đo dầm nguyên vẹn.....	51
4.2.2. Kết quả thí nghiệm đo dầm có vết nứt.....	56
4.2.3. So sánh với lý thuyết.....	59
4.3. Kết luận chương 4.....	63
<b>KẾT LUẬN CHUNG</b> .....	64
<b>KIẾN NGHỊ VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO</b> .....	65
<b>DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ</b> .....	65
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	66

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1: Mô hình vết nứt tính theo cường độ ứng suất	07
Hình 1.2: Mô hình vết nứt mở một phía qui đổi sang lò xo đàn hồi	08
Hình 2.1. Thanh chịu uốn và kéo nén đồng thời	11
Hình 2.2. Phần tử chịu uốn có vết nứt	15
Hình 2.3. Mô hình phần tử thanh chịu kéo (nén) có vết nứt	18
Hình 2.4. Phần tử thanh đồng thời chịu uốn và kéo (nén) có vết nứt	19
Hình 3.1. Khung có vết nứt	25
Hình 3.2. Dầm có một vết nứt có tham số $EI(x)$ ngẫu nhiên	27
Hình 3.3. Dầm con son	29
Hình 3.4. Dầm hai đầu khớp cố định	29
Hình 3.5. Dầm một đầu ngàm một đầu khớp di động	30
Hình 3.6. Dầm hai đầu ngàm	31
Hình 3.7. Dầm đơn giản chịu tải trọng ngẫu nhiên	31
Hình 3.8. Giá trị $\varphi, \sigma$ thay đổi phụ thuộc vào $\varepsilon_1$	34
Hình 3.9. Giá trị $\varphi, \sigma$ thay đổi phụ thuộc vào $\varepsilon_2$	34
Hình 3.10. So sánh giá trị $\varphi, \sigma$ với mô phỏng Monte-Carlo khi $\varepsilon_1$ thay đổi	35
Hình 3.11. So sánh giá trị $\varphi, \sigma$ với mô phỏng Monte-Carlo khi $\varepsilon_2$ thay đổi	35
Hình 3.12. Hệ giàn có diện tích tiết diện là biến ngẫu nhiên	36
Hình 3.13a. Sơ đồ dầm chịu tải trọng phân bố có vết nứt	40
Hình 3.13b. Tên phần tử và số chuyển vị nứt	40
Hình 3.14. Chuyển vị nứt số 4 – trường hợp hai đầu khớp	41
Hình 3.15. Sơ đồ dầm hai đầu ngàm có vết nứt	41
Hình 3.16. Chuyển vị nứt số 4 – trường hợp hai đầu ngàm	42
Hình 3.17a. Sơ đồ dầm chịu tải trọng tập trung có vết nứt	42
Hình 3.17b. Tên phần tử và số chuyển vị nứt	42
Hình 3.18. Chuyển vị nứt số 4 – trường hợp hai đầu ngàm	43
Hình 3.19. Sơ đồ dầm chịu tải trọng tập trung và phân bố có vết nứt	43



Hình 3.20. Chuyển vị nút số 4 – cùng chịu lực tập trung và phân bố	44
Hình 4.1. Hình ảnh gia tốc kế	45
Hình 4.2. Sơ đồ gắn Gia tốc kế lên dầm	46
Hình 4.3. Hình ảnh Loadcell	47
Hình 4.4. Hình ảnh gắn Loadcell lên mô tơ tạo lực kích thích dao động	48
Hình 4.5. Bộ điều khiển tần số	48
Hình 4.6. Bộ chuyển đổi tín hiệu và kết nối với máy tính	49
Hình 4.7. Chương trình đọc kết quả Lực kích thích và Gia tốc	49
Hình 4.8. Sơ đồ vị trí gắn Gia tốc kế và Loadcell	50
Hình 4.9. Sơ đồ bố trí thiết bị và thí nghiệm dầm	50
Hình 4.10. Sơ đồ thí nghiệm dầm đơn giản	51
Hình 4.11. Kết quả đo tải trọng tác dụng	51
Hình 4.12. Kết quả đo gia tốc tại vị trí 1 và 2	52
Hình 4.13. Kết quả vận tốc tại vị trí 1 và 2	52
Hình 4.14. Kết quả chuyển vị tại vị trí 1 và 2	52
Hình 4.15. Kết quả đo tải trọng tác dụng	53
Hình 4.16. Kết quả đo gia tốc tại vị trí 1 và 2	53
Hình 4.17. Kết quả vận tốc tại vị trí 1 và 2	53
Hình 4.18. Kết quả chuyển vị tại vị trí 1 và 2	54
Hình 4.19. Kết quả đo tải trọng tác dụng	54
Hình 4.20. Kết quả đo gia tốc tại vị trí 1 và 2	54
Hình 4.21. Kết quả vận tốc tại vị trí 1 và 2	54
Hình 4.22. Kết quả chuyển vị tại vị trí 1 và 2	55
Hình 4.23. Kết quả đo tải trọng tác dụng	55
Hình 4.24. Kết quả đo gia tốc tại vị trí 1 và 2	55
Hình 4.25. Kết quả vận tốc tại vị trí 1 và 2	55
Hình 4.26. Kết quả chuyển vị tại vị trí 1 và 2	56
Hình 4.27. Chuyển vị tại vị trí 1,2 khi $\omega=10\text{Hz}$	56

Hình 4.28. Vận tốc tại vị trí 1,2 khi $\omega=10\text{Hz}$	56
Hình 4.29. Gia tốc tại vị trí 1,2 khi $\omega=10\text{Hz}$	57
Hình 4.30. Chuyển vị tại vị trí 1,2 khi $\omega=13\text{Hz}$	57
Hình 4.31. Vận tốc tại vị trí 1,2 khi $\omega=13\text{Hz}$	57
Hình 4.32. Gia tốc tại vị trí 1,2 khi $\omega=13\text{Hz}$	57
Hình 4.33. So sánh kết quả đo gia tốc tại vị trí 1 – Khi $\omega=14\text{Hz}$	58
Hình 4.34. So sánh kết quả đo gia tốc tại vị trí 2 – Khi $\omega=14\text{Hz}$	58
Hình 4.35. So sánh kết quả vận tốc tại vị trí 1 – Khi $\omega=14\text{Hz}$	58
Hình 4.36. So sánh kết quả vận tốc tại vị trí 2 – Khi $\omega=14\text{Hz}$	58
Hình 4.37. So sánh kết quả chuyển vị tại vị trí 1 – Khi $\omega=14\text{Hz}$	59
Hình 4.38. So sánh kết quả chuyển vị tại vị trí 2 – Khi $\omega=14\text{Hz}$	59
Hình 4.39. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega=14\text{Hz}$	60
Hình 4.40. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega=13\text{Hz}$	60
Hình 4.41. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega=10\text{Hz}$	60
Hình 4.42. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega\approx 0\text{ Hz}$	61
Hình 4.43. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega\approx 0\text{ Hz}$	61
Hình 4.44. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega=10\text{Hz}$	61
Hình 4.45. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega=13\text{Hz}$	62
Hình 4.46. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega=14\text{Hz}$	62
Hình 4.47. So sánh chuyển vị dựa vào kết quả đo và lý thuyết khi $\omega=14\text{Hz}$	62