

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

PHÙNG BÁ THẮNG

**PHÂN TÍCH TÍNH HỌC KẾT CẤU HỆ DÂY LIÊN HỢP
THEO PHƯƠNG PHÁP NGUYÊN LÝ CỰC TRỊ GAUSS**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - NĂM 2013

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

PHÙNG BÁ THẮNG

**PHÂN TÍCH TÍNH HỌC KẾT CẤU HỆ DÂY LIÊN HỢP
THEO PHƯƠNG PHÁP NGUYÊN LÝ CỰC TRỊ GAUSS**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Xây dựng công trình đặc biệt

Mã số: 62 58 02 06

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. NGUYỄN TƯƠNG LAI

HÀ NỘI - NĂM 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

Phùng Bá Thắng

LỜI CẢM ƠN

Tác giả luận án xin bày tỏ lòng cảm ơn chân thành tới TS. Nguyễn Tương Lai đã tận tình giúp đỡ và cho nhiều chỉ dẫn khoa học có giá trị cũng như thường xuyên động viên, tạo mọi điều kiện thuận lợi, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu hoàn thành luận án.

Tác giả xin trân trọng bày tỏ lòng cảm ơn đối với GS.TSKH. Hà Huy Cương vì những ý tưởng khoa học độc đáo, những chỉ bảo sâu sắc về phương pháp nguyên lý cực trị Gauss và những chia sẻ về kiến thức cơ học, toán học uyên bác của giáo sư.

Tác giả xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học, các chuyên gia trong và ngoài Học viện Kỹ thuật Quân sự đã tạo điều kiện giúp đỡ, quan tâm góp ý cho bản luận án được hoàn thiện hơn.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn các cán bộ, giáo viên của Bộ môn Cơ sở kỹ thuật công trình, Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt, Phòng Sau đại học-Học viện Kỹ thuật Quân sự, Bộ môn Cầu, Khoa Công trình, Ban Giám hiệu trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải và các đồng nghiệp đã tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ NCS trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Tác giả luận án

Phùng Bá Thắng

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	xi
MỞ ĐẦU	1
Chương 1 TỔNG QUAN KẾT CẤU HỆ DÂY LIÊN HỢP.....	4
1.1 Lịch sử phát triển kết cấu hệ dây liên hợp	4
1.1.1 Lịch sử phát triển cầu treo	4
1.1.2 Lịch sử phát triển cầu dây văng.....	5
1.1.3 Lịch sử phát triển kết cấu mái treo	8
1.1.4 Lịch sử phát triển kết cấu dây liên hợp ở Việt Nam.....	8
1.2 Đặc điểm cấu tạo và làm việc chủ yếu của cầu dây văng	10
1.2.1 Sơ đồ cầu dây văng.....	10
1.2.2 Dầm cứng.....	12
1.2.3 Trụ tháp.....	12
1.2.4 Dây văng	14
1.3 Tổng quan về tính toán, thiết kế cầu dây văng	14
1.3.1 Bài toán dây đơn	14
1.3.2 Phân tích tĩnh học kết cấu cầu dây văng.....	21
1.3.3 Phân tích động lực học và phân tích ổn định.....	27
1.4 Phương pháp Nguyên lý cực trị Gauss	28
1.4.1 Nguyên lý cực trị Gauss.....	28
1.4.2 Phương pháp nguyên lý cực trị Gauss	29
1.5 Kết luận chương 1	31
Chương 2 TÍNH DÂY ĐƠN THEO PHƯƠNG PHÁP NGUYÊN LÝ CỰC TRỊ GAUSS.....	33
2.1 Đặt vấn đề	33
2.2 Bài toán dây đơn chịu lực tập trung	33
2.2.1 Bài toán dây ngang mức chịu một lực tập trung.....	33
2.2.2 Bài toán dây nghiêng chịu một lực tập trung.....	38

2.2.3	Bài toán dây đơn chịu nhiều lực tập trung.....	41
2.3	Tính dây đơn chịu tải trọng bản thân.....	44
2.3.1	Phương pháp tính toán.....	44
2.3.2	Khảo sát với số đoạn chia khác nhau.....	47
2.3.3	So sánh với lý thuyết tính dây đơn hiện nay.....	48
2.4	Bài toán dây đơn có chiều dài dây lớn hơn chiều dài nhịp.....	50
2.5	Bài toán dây đơn có chiều dài dây nhỏ hơn chiều dài nhịp (Dây căng trước).....	53
2.6	Bài toán dây đơn xét ảnh hưởng của nhiệt độ.....	56
2.7	Khảo sát ảnh hưởng góc nghiêng dây đến nội lực và chuyển vị.....	60
2.8	Xây dựng thuật toán và chương trình tính dây đơn.....	61
2.8.1	Thuật toán.....	61
2.8.2	Chương trình.....	62
2.9	Bài toán hệ dàn dây xiên.....	63
2.10	Kết luận chương.....	65
Chương 3 PHÂN TÍCH TĨNH HỌC BÀI TOÁN PHẪNG CẦU DÂY VĂNG.....		67
3.1	Đặt vấn đề.....	67
3.2	Bài toán dầm chịu uốn có xét ảnh hưởng của biến dạng trượt ngang.....	68
3.2.1	Xây dựng các phương trình cân bằng.....	69
3.2.2	Phương pháp giải tích để giải bài toán.....	70
3.3	Sơ đồ tổng quát và xây dựng hệ phương trình cân bằng tính toán cầu dây văng.....	72
3.4	Phương pháp giải tích cho một số bài toán riêng tính cầu dây văng.....	76
3.4.1	Bài toán dây xiên treo dầm một nhịp.....	77
3.4.2	Bài toán dây đứng và dầm một nhịp.....	83
3.4.3	Bài toán hai dây xiên - dầm một nhịp.....	86
3.4.4	Nhận xét.....	92
3.5	Phương pháp số (rời rạc bằng PTHH) tính toán cầu dây văng.....	92
3.5.1	Chọn phần tử thanh chịu uốn.....	93
3.5.2	Hàm nội suy độ võng và lực cắt.....	93
3.5.3	Ma trận của phần tử và của hệ kết cấu.....	95
3.5.4	Phiếm hàm và phương pháp giải bài toán.....	98
3.5.5	Xây dựng thuật toán và chương trình tính cầu dây văng.....	101
3.5.6	Nhận xét.....	103
3.6	Kết luận chương.....	104

Chương 4 THỬ NGHIỆM SỐ	105
4.1 Kiểm tra tính đúng đắn của chương trình	105
4.1.1 So sánh với lời giải theo phương pháp giải tích	105
4.1.2 Bài toán dầm liên tục 2 nhịp - 2 dây treo trên gối cố định	106
4.1.3 Bài toán dầm liên tục 2 nhịp - 2 dây treo trên gối di động	106
4.1.4 Bài toán dầm liên tục 2 nhịp - 2 dây treo trên gối di động có xét đến trọng lượng bản thân dầm và dây.....	107
4.1.5 Bài toán dầm - dây - tháp.....	108
4.1.6 Bài toán dầm - dây - tháp xét đến trọng lượng bản thân dầm và dây..	109
4.1.7 Bài toán dầm - dây - tháp xét ảnh hưởng lực căng trước trong dây. ...	110
4.1.8 Bài toán dây-dầm-tháp có xét trọng lượng bản thân của dầm, dây, tháp và lực căng trong dây	111
4.2 Khảo sát các bài toán cầu dây văng	112
4.2.1 Xét ảnh hưởng vị trí tải trọng đến nội lực, chuyển vị cầu dây văng ...	112
4.2.2 Nội lực và chuyển vị của cầu dây văng chịu tải trọng.....	117
4.2.3 Ảnh hưởng sơ đồ dây đến nội lực và chuyển vị trong cầu dây văng...	119
4.3 Kết luận chương	121
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	123
CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ	125
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	126
PHỤ LỤC.....	131

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Diễn giải	Đơn vị
Ký hiệu toán học		
[]	Ma trận, véc tơ hàng	
{ }	Véc tơ cột	
Chữ La Mã		
α	Hệ số dẫn nở dài vì nhiệt	mm/mm/°C
β	Góc nghiêng dây theo phương ngang	rad, độ
δ	Biến phân	
θ	Góc xoay do mô men	rad, độ
ε	Biến dạng dài tương đối của dây	
γ	Góc xoay do lực cắt	rad, độ
χ	Biến dạng uốn do mô men	
λ	Thừa số Lagrange	
Δt	Thay đổi nhiệt độ môi trường	°C
Chữ La tinh		
A	Diện tích tiết diện	m ²
E	Mô đun đàn hồi	kN/m ²
EJ	Độ cứng chống uốn	kN.m ²
EA _C	Độ cứng chống kéo của dây văng	kN
G	Mô đun đàn hồi chống trượt của vật liệu	kN/m ²
g	Trọng lượng đơn vị của dây theo chiều dài dây	kN/m
g ₀	Trọng lượng đơn vị của dây theo phương ngang	kN/m
H	Lực căng dây chiếu theo phương ngang	kN
J	Mô men quán tính	m ⁴
k	Hệ số kể đến sự phân bố ứng suất tiếp tại mặt trung hòa	
M	Mô men uốn	kN.m
N	Lực dọc trong dầm, tháp	kN
P	Lực tập trung	kN
PTHH	Phần tử hữu hạn	
Q	Lực cắt	kN

q	Tải trọng phân bố đều trên dầm	kN/m
T	Lực căng trong dây văng	kN
T_d	Thành phần hình chiếu lên phương đứng của lực căng dây tác dụng lên dầm	kN
T_t	Thành phần hình chiếu lên phương ngang của lực căng dây tác dụng lên tháp	kN
u	Chuyển vị ngang của các điểm trên dây	m
u_t	Chuyển vị ngang đỉnh tháp	m
v	Chuyển vị đứng của các điểm trên dây	m
w	Độ võng dầm cứng	m
y	Phương trình đường độ võng của dầm	
Z	Phiếm hàm lượng cưỡng bức	

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Cầu Golden Gate ở San Francisco (Mỹ) xây dựng từ năm 1934, nhịp chính dài 1280 m.....	5
Hình 1.2 Cầu Vladivostok – Russky, Liên bang Nga, 2012	7
Hình 1.3 Sự phổ biến của cầu dây văng ở thế kỷ 20 [53]	7
Hình 1.4 Tòa nhà trung tâm hội chợ triển lãm Hanover (CHLB Đức).....	8
Hình 1.5 Cầu Bãi Cháy, 2006	9
Hình 1.6 Các sơ đồ cầu dây văng.....	10
Hình 1.7 Sơ đồ bố trí dây theo dọc cầu.....	11
Hình 1.8 Sơ đồ bố trí số mặt phẳng dây.....	12
Hình 1.9 Mặt cắt ngang dạng hình hộp BTCT của dầm cầu Bãi Cháy.....	12
Hình 1.10 Cấu tạo tháp cầu dây văng	13
Hình 1.11 Cấu tạo một số loại dây cáp dùng cho cầu dây	14
Hình 1.12 Sơ đồ tính dây đơn treo trên hai gòlệch mức	15
Hình 1.13 Sơ đồ tính dây của Melan [37]	19
Hình 1.14 Sơ đồ tính cầu dây văng [52], [53].....	21
Hình 1.15 Sơ đồ tính cầu dây văng theo lý thuyết biến dạng của Smirnov	22
Hình 1.16 Mô hình PTHH 3 chiều tính cầu dây văng.....	25
Hình 1.17 Phần tử dây Catenary trong phương pháp PTHH của CSI Bridge	25
Hình 2.1 Sơ đồ tính dây đơn chịu một lực tập trung.....	34
Hình 2.2 Kết quả của bài toán dây đơn ngang mức chịu một lực tập trung	36
Hình 2.3 Biểu đồ quan hệ EA-u và EA-v	38
Hình 2.4 Sơ đồ tính dây nghiêng chịu một lực tập trung	38
Hình 2.5 Kết quả bài toán tính dây nghiêng chịu một lực tập trung.....	40
Hình 2.6 Sơ đồ tính dây đơn chịu nhiều lực tập trung	41
Hình 2.7 Sơ đồ tính dây nghiêng chịu nhiều lực tập trung	43
Hình 2.8 Sơ đồ tính dây chịu trọng lượng bản thân.....	45
Hình 2.9 Kết quả tính dây đơn chịu tác dụng trọng lượng bản thân.....	46
Hình 2.10 Tương quan giữa số đoạn chia và sai khác về lực căng trong dây.....	48
Hình 2.11 Sơ đồ tính dây đơn có chiều dài dây lớn hơn chiều dài nhịp	51
Hình 2.12 Kết quả bài toán dây đơn có chiều dài dây lớn hơn chiều dài nhịp	53