

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

ĐÀO HỮU ĐỊNH

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIA CƯỜNG
DẦM LIÊN HỢP THÉP BÊ TÔNG
BẰNG THANH CĂNG ỨNG SUẤT TRƯỚC**

Chuyên ngành: Xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp

Mã số : 60.58.20

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng – Năm 2013

Công trình được hoàn thành tại
Đại học Đà Nẵng

Người hướng dẫn khoa học : TS. Huỳnh Minh Sơn

Phản biện 1 : GS.TS. Phạm Văn Hội

Phản biện 2 : PGS. TS. Nguyễn Quang Viên

Luận văn đã được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 27 tháng 09 năm 2013

Có thể tìm hiểu luận văn tại

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Kết cấu liên hợp thép bê tông (LHTBT) đã và đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng ở các nước tiên tiến nhờ phát huy được hiệu quả làm việc giữa hai loại vật liệu bê tông và kết cấu thép. Đối với các cấu kiện dầm chịu uốn trong các công trình có khẩu độ lớn, vấn đề đặt ra là tìm các giải pháp kết cấu hợp lý cho tiết diện để đảm bảo các điều kiện về cường độ và ổn định đồng thời giảm được độ võng và tăng khả năng vượt nhịp. Giải pháp tạo ứng suất trước trong các dầm thép có thể được nghiên cứu để áp dụng đối với dầm LHTBT nhằm đạt được hiệu quả cao cả về mặt kết cấu và tính kinh tế.

Luận văn nghiên cứu lựa chọn giải pháp thanh căng hợp lý nhằm làm rõ sự làm việc, phương pháp tính toán và đánh giá hiệu quả gia cường đối với kết cấu dầm liên hợp thép bê tông ứng suất trước (LHTBT UST), làm cơ sở khoa học đem lại một phương án phù hợp và khả thi, đáp ứng nhu cầu thực tế của các công trình xây dựng dân dụng có khẩu độ lớn ở nước ta.

Vì vậy đề tài: “**Nghiên cứu giải pháp gia cường dầm liên hợp thép bê tông bằng thanh căng ứng suất trước**” là cần thiết, có ý nghĩa khoa học thực tiễn.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Nghiên cứu sự làm việc và phương pháp tính toán kết cấu dầm LHTBT UST theo sơ đồ liên tục với các dạng tiết diện dầm thép chữ I;

- Lập thuật toán, chương trình tính làm công cụ nghiên cứu tính toán;

- Khảo sát ảnh hưởng của các thông số hình học và vật liệu của thanh căng tạo UST nhằm lựa chọn được phương án hiệu quả, hợp lý cả về mặt cường độ và biến dạng đối với kết cấu dầm LHTBT UST.

3. Đối tượng, giả thiết và phạm vi nghiên cứu

3.1. Đối tượng nghiên cứu

- Dầm liên hợp thép bê tông; Dầm liên hợp thép bê tông ứng suất trước; Thanh căng tạo ứng suất trước.

3.2. Giả thiết và phạm vi nghiên cứu

- Dầm LHTBT UST làm việc tuân theo các giả thiết tính toán của kết cấu liên hợp và kết cấu thép ứng suất trước;

- Dầm LHTBT sơ đồ đơn giản, liên tục chịu tải trọng phân bố đều, thi công theo phương pháp không có hệ chống đỡ.

- Thanh căng tạo ứng suất trước cho dầm LHTBT có dạng: thép bulon cường độ cao; bó sợi thép; thép hình và cáp.

- Liên kết giữa bản bê tông và dầm thép hình là liên kết hoàn toàn.

4. Phương pháp nghiên cứu

Kết hợp cơ sở lý thuyết về kết cấu liên hợp và kết cấu thép ứng suất trước của các tác giả đi trước đã được kiểm chứng bằng thực nghiệm; áp dụng tiêu chuẩn thiết kế kết cấu liên hợp (Eurocode 4) và kết cấu thép (Eurocode 3) để nghiên cứu làm rõ lý thuyết về sự làm việc và phương pháp tính toán dầm LHTBT UST.

Áp dụng, minh họa tính toán bằng các ví dụ số và khảo sát ảnh hưởng của các thông số thanh căng tạo UST đối với dầm LHTBT bằng chương trình tự lập từ đó tổng hợp, phân tích và nhận xét kết quả.

5. Bố cục đề tài: Ngoài phần mở đầu, kết luận. Luận văn gồm 3 chương:

Chương 1: Tổng quan về dầm liên hợp thép bê tông ứng suất trước trong công trình xây dựng

Chương 2: Cơ sở tính toán dầm liên hợp thép bê tông có thanh căng ứng suất trước

Chương 3: Tính toán khảo sát các giải pháp sử dụng thanh căng tạo ứng suất trước cho dầm liên hợp thép bê tông.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ DÀM LIÊN HỢP THÉP BÊ TÔNG ỨNG SUẤT TRƯỚC TRONG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

1.1. KHÁI NIỆM

1.1.1. Khái niệm chung về kết cấu LHTBT

Kết cấu LHTBT là dạng kết cấu làm việc liên hợp giữa hai loại vật liệu bê tông cốt thép (BTCT) và kết cấu thép thông qua các liên kết (chốt, neo) nhằm phát huy tối đa hiệu quả của mỗi loại vật liệu.

1.1.2. Khái niệm về kết cấu dầm LHTBT UST

Nguyên tắc làm việc của dầm LHTBT UST là dùng thanh căng trong quá trình thi công để tạo ra ứng suất có giá trị ngược dấu với ứng suất do tải trọng gây ra trong dầm LHTBT trong giai đoạn sử dụng. Việc tạo ứng suất trước trong thanh căng được thực hiện bằng các thiết bị kéo căng trước cho ứng suất thanh căng đạt đến một giá trị ứng suất nhất định theo thiết kế nằm trong giới hạn đàn hồi của vật liệu trong giai đoạn thi công trước khi dầm LHTBT chịu tải. Nhờ lực căng trước làm giảm ứng suất và biến dạng của dầm LHTBT trong giai đoạn sử dụng về nguyên tắc không khác mấy kết cấu dầm thép ứng suất trước.

1.1.3. Phương pháp và tiêu chuẩn tính toán

a. Phương pháp tính toán

Phương pháp tính toán dầm LHTBT dựa trên cơ sở lý thuyết tính toán tiết diện LHTBT và tính toán liên kết giữa hai loại vật liệu được kiểm chứng bằng các nghiên cứu thực nghiệm đã có một quá trình phát triển và ứng dụng lâu dài.

b. Tiêu chuẩn tính toán

Bộ tiêu chuẩn được gọi là European Codes (EuroCodes hay EC). EuroCodes gồm 8 tập, trong đó EuroCodes 4 (EC4) là tiêu chuẩn về kết cấu LHTBT. Tuy nhiên EC4 chỉ đề cập đến tính toán kết cấu

LHTBT mà chưa đề cập đến tính toán kết cấu LHTBT UST. Luận văn áp dụng tiêu chuẩn Eurocode 3 (EC3) để tính toán ứng suất trước cho dầm thép hình kết hợp với Eurocode 4 để tính toán dầm LHTBT UST.

1.1.4. Khái quát tình hình nghiên cứu và ứng dụng

Ở Việt Nam, lý thuyết tính toán kết cấu LHTBT đã được đưa vào giáo trình bậc đại học từ năm 1995 dựa theo lý thuyết tính toán của Nga tuy nhiên còn khá đơn giản. Giáo sư Phạm Văn Hội và các cộng sự của trường Đại học Xây Dựng là những người đi đầu đưa lý thuyết kết cấu LHTBT của Châu Âu và áp dụng tiêu chuẩn Eurocode để tính toán ứng dụng và xuất bản giáo trình kết cấu liên hợp [1] làm cơ sở cho các nghiên cứu sau này.

Nhiều tác giả trong các luận văn cao học (Nguyễn Văn Khánh, Hoàng Văn Quang, Huỳnh Phương Nam, Nguyễn Minh Trung, Nguyễn Văn Ảnh...) và luận án tiến sĩ (Phạm Anh Tuấn...) đã nghiên cứu kết cấu LHTBT trong các cấu kiện sàn, dầm và khung đồng thời bước đầu xem xét việc đưa giải pháp ứng suất trước vào kết cấu dầm LHTBT.

1.2. VẤN ĐỀ ỨNG SUẤT TRƯỚC TRONG KẾT CẤU LIÊN HỢP

1.2.1. Khái quát phương pháp ứng suất trước trong kết cấu xây dựng

Phương pháp ứng suất trước được sử dụng rộng rãi và từ rất lâu trong kết cấu BTCT và kết cấu thép. Nguyên tắc chung là tạo ra ứng suất trước bằng các phương pháp căng trong giai đoạn thi công (gọi là phương pháp căng trước) hoặc là căng trong quá trình chịu tải (gọi là phương pháp căng sau). Phương pháp căng trước thường được sử dụng trong kết cấu công trình thép. Đối với kết cấu bê tông cốt thép, tùy theo điều kiện thực tế, người ta có thể sử dụng phương pháp căng trước hoặc căng sau.

1.2.2. Hiệu quả của phương pháp ứng suất trước

1.3. ƯU NHƯỢC ĐIỂM

1.3.1. Ưu điểm

Dầm LHTBT – UST có những ưu điểm chung của kết cấu LHTBT.

Dầm LHTBT - UST có những ưu điểm chung của kết cấu thép UST.

1.3.2. Nhược điểm

Công nghệ UST vốn đã phức tạp đối với dầm thép lại càng khó khăn hơn đối với kết cấu dầm LHTBT đòi hỏi có trình độ cao và thiết bị hiện đại Trong điều kiện Việt Nam còn nhiều hạn chế, chưa có tiêu chuẩn thiết kế kết cấu liên hợp nên không tránh khỏi gặp khó khăn khi thiết kế và thi công trong quá trình ứng dụng chuyển giao khoa học công nghệ xây dựng và hội nhập với thế giới.

1.4. VẬT LIỆU DÙNG CHO KẾT CẤU DẦM LHTBT - UST

Trong các kết cấu LHTBT – UST, vật liệu sử dụng chính như bê tông, thép hình thường có cường độ cao. Phù hợp với tiêu chuẩn Eurocode 4 thường chọn bê tông có mác từ 350 trở lên theo TCXDVN, thép thường chọn loại XCT38 trở lên. Trong phạm vi luận văn, đối với vật liệu làm dây căng có thể dùng một trong bốn loại: Thép tròn đặc, bó sợi thép, thép hình và cáp.

1.5. KHÁI QUÁT CÔNG NGHỆ GIA CƯỜNG DẦM LHTBT UST

Khi thi công dầm LHTBT UST thường được chia làm hai giai đoạn: Giai đoạn thi công và giai đoạn sử dụng. Ở mỗi giai đoạn, tùy vào phương pháp thi công mà dầm LHTBT được tính toán và kiểm tra khác nhau. Đối với dầm LHTBT sử dụng thanh căng UST thì còn có thêm giai đoạn tạo ứng suất trước cho dây căng. Việc tính toán dầm trong giai đoạn này về cơ bản tương tự như khi tính cấu kiện dầm thép đơn thuần. Có hai giải pháp công nghệ sau đây:

Công nghệ gia cường dầm LHTBT – UST có sử dụng hệ chống đỡ

Công nghệ gia cường dầm LHTBT – UST không sử dụng hệ chống.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Phần mở đầu và chương 1 của luận văn đã xác định được các vấn đề về phương pháp luận nghiên cứu : Từ tính cấp thiết và tình hình nghiên cứu ứng dụng thực tế của đề tài, luận văn đã xác định được mục tiêu nghiên cứu, đối tượng, phạm vi, giá thiết và phương pháp nghiên cứu. . .

Luận văn làm rõ các vấn đề tổng quan về sự làm việc của dầm LHTBT trong công trình xây dựng dân dụng, các lựa chọn vật liệu sử dụng cho dầm LHTBT và hình thức thanh căng tạo ứng suất trước.

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ TÍNH TOÁN DẦM LIÊN HỢP THÉP BÊ TÔNG ỨNG SUẤT TRƯỚC

2.1. CƠ SỞ TÍNH TOÁN DẦM LIÊN HỢP THÉP – BÊ TÔNG

2.1.1. Phương pháp chung và tiêu chuẩn tính toán

Luận văn dựa trên nền tảng cơ sở lý thuyết của các tác giả đi trước đã được kiểm chứng và thực nghiệm để áp dụng tiêu chuẩn thiết kế kết cấu liên hợp và kết cấu thép theo tiêu chuẩn Eurocode 4 và Eurocode 3 Châu Âu nhằm làm rõ lý thuyết tính toán cấu kiện dầm LHTBT ỨT

2.1.2. Sự làm việc và các trạng thái tính toán của dầm LHTBT ỨT

Dầm liên hợp được kiểm tra theo hai trạng thái giới hạn: trạng thái phá hoại và trạng thái sử dụng. Khác với dầm bình thường, cách tính toán dầm liên hợp phụ thuộc vào một số yếu tố: loại tiết diện (chia theo độ mảnh của bản cánh, bản bụng và dầm thép), phương pháp thi công (có gối đỡ tạm hay không), hình thức liên kết giữa tấm đan với dầm thép (liên kết hoàn toàn hay không hoàn toàn), vị trí trục trung hòa trên tiết diện ngang.

a. Đặc điểm làm việc của dầm LHTBT ỨT

Sự khác biệt giữa dầm LHTBT ỨT so với dầm thép ỨT hoặc dầm BTCT ỨT là sự phân chia làm hai giai đoạn thi công và giai đoạn sử dụng, với mỗi giai đoạn đó, tiết diện làm việc của dầm là khác nhau, gồm: Giai đoạn 1: Giai đoạn thi công ; Giai đoạn 2: Giai đoạn sử dụng.

b. Đặc điểm tính toán theo phương pháp thi công

Phương pháp thi công không chống đỡ, hiệu quả của UST được thể hiện trong cả giai đoạn thi công và cả giai đoạn sử dụng. Phương pháp thi công có sử dụng hệ thanh chống, hiệu quả của UST chỉ thể hiện trong giai đoạn sử dụng. Trong luận văn xét đến phương pháp thi công không chống đỡ.

2.1.3. Phân loại tiết diện, bề rộng làm việc của bản BTCT và yêu cầu cấu tạo của sàn bê tông và tấm tôn sóng

a. Phân loại tiết diện ngang

+Loại 1: Khi tiết diện có khả năng phát triển momen bền dẻo với khả năng quay đủ để cho pháp hình thành khớp dẻo

+Loại 2: Tiết diện cũng có khả năng phát triển momen bền dẻo, nhưng với khả năng quay hạn chế.

b. Chiều rộng tham gia làm việc của tấm sàn

Theo EC4, giá trị b_{eff} được xác định như sau:

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} \quad (2-1)$$

Với $b_{ei} = \min(l_0/8, b_i)$

c. Chiều dày của sàn bê tông

Chiều dày của sàn liên hợp dao động từ 10 đến 40cm; nhịp từ 2 đến 4m khi không có các thanh chống tạm khi đổ bê tông và có thể đạt lớn hơn 7m khi có các thanh chống tạm.

d. Kích thước tôn hình

Chiều dày của tấm tôn dùng từ 0,75 đến 1,5mm. Thường dùng từ 0,75 đến 1mm. Chiều cao thông thường của mặt cắt từ 4 đến 8cm.

2.1.4. Tính toán sức bền dẻo chịu momen và chịu cắt của dầm LHTBT theo EC4

Sức bền dẻo $V_{Pl,Rd}$ được tính theo công thức:

$$V_{Pl,Rd} = A_v \left(f_y / \sqrt{3} \right) \gamma_a \quad (2-2)$$

Trong trường hợp dầm liên hợp liên tục, ở chỗ gối trung gian thường có lực cắt và momen M_{Sd} tác dụng. Các thí nghiệm cho thấy momen bền của tiết diện $M_{Rd.pl}^-$ sẽ không giảm nếu lực cắt không vượt quá giá trị: $V_{Sd} \leq 0,5V_{Pl,Rd}$ (2-5)

2.1.5. Tính toán momen bền dẻo của dầm LHTBT theo EC4

Công thức xác định momen dẻo giới hạn của dầm được thiết lập cho trường hợp tiết diện phân dầm thép dạng chữ I có cánh trên và cánh dưới không bằng nhau, đây là dạng tiết diện dầm hợp lý khi sử dụng phương pháp UST

a. Xác định momen dẻo dương giới hạn

Trường hợp 1: TTHD nằm trong bản bê tông

Momen bền dẻo dương giới hạn của dầm đối với trọng tâm vùng bê tông chịu nén:

$$M_{Rd.pl}^+ = F_a \left(h_1 + h_p + h_c - \frac{z}{2} \right) + F_d \left(\frac{\phi_d}{2} + h_a + h_p + h_c - \frac{z}{2} \right) \quad (2-15)$$

Trường hợp 2: TTHD đi qua cánh của dầm thép

$$M_{Rd.pl}^+ = F_a \left(h_1 + h_p - \frac{h_c}{2} \right) - (F_a + F_d - F_c) \frac{z + h_p}{2} + F_d \left(\frac{\phi_d}{2} + h_a + h_p + \frac{h_c}{2} \right) \quad (2-20)$$

Trường hợp 3: TTHD đi qua bản bụng của dầm thép

$$M_{Rd.pl}^+ = M_{Rd.apl} + F_c \left(\frac{h_c}{2} + h_1 + h_p \right) - (z_w - h_2)^2 t_w \frac{f_y}{\gamma_a} + F_d \left(\frac{\phi_d}{2} + h_2 \right) \quad (2-25)$$

b. Xác định momen dẻo âm giới hạn

Trường hợp 1: TTHD đi qua cánh của dầm thép

$$M_{Rd.pl}^- = F_a (h_1 + h_s) - (F_a - F_s - F_d) \left(h_s + \frac{z_f}{2} \right) - F_d \left(h_s - h_p - \frac{\phi_d}{2} \right) \quad (2-32)$$

Trường hợp 2: TTHD đi qua bản bụng của dầm thép

$$M_{Rd,pl}^- = M_{apl,Rd} + F_s (h_s + h_1) - (z_w - h_2)^2 t_w \frac{f_y}{\gamma_a} + F_d \left(\frac{\phi_d}{2} + h_p + h_1 \right) \quad (2-37)$$

2.1.6. Tính toán sức bền chống oằn của dầm LHTBT theo EC4

Với các tiết diện loại 1 và 2 có thể xác định độ mảnh quy đổi

$$\bar{\lambda}_{LT} \text{ khi oằn theo quan hệ: } \bar{\lambda}_{LT} = \left(M_{Pl}^- / M_{cr}^- \right)^{1/2} \quad (2-40)$$

Giá trị tính toán của momen bền khi oằn $M_{b,Rd}^-$ xác định tại gối tựa và được tính theo công thức sau:

$$M_{b,Rd}^- = \chi \left(\bar{\lambda}_{LT} \right) M_{Rd}^- \quad (2-43)$$

2.2. TÍNH TOÁN KIỂM TRA DẦM LHT – BT THEO EC4

2.2.1. Tính toán kiểm tra dầm LHTBT theo TTGH về phá hoại

Khi khảo sát theo trạng thái giới hạn về phá hoại cho một tiết diện ngang của một cầu kiện hay một liên kết yêu cầu:

$$S_d \leq R_d \quad (2-45)$$

2.2.2. Tính toán kiểm tra dầm LHTBT theo TTGH về sử dụng

Khi tính toán kiểm tra dầm LHTBT theo TTGH về sử dụng cần xét đến độ võng và khả năng hạn chế bề rộng vết nứt gây ra chỉ do các biến dạng ngược chiều (co ngót của bê tông, chuyển vị gối tựa), thì diện tích tối thiểu của các cột dọc được tính theo công thức đơn giản sau:

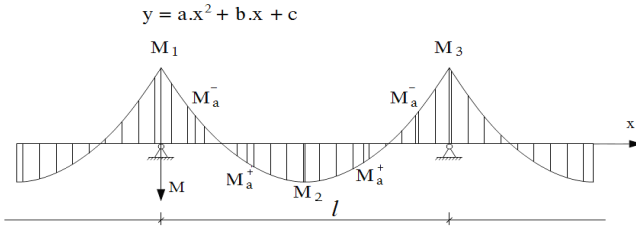
$$\left(A_s \right)_{\min} = k k_c f_{ct} A_{ct} / \sigma_s \quad (2.47)$$

2.3. TÍNH TOÁN KIỂM TRA DẦM LHTBT – UST THEO EC4

2.3.1. Tính toán kiểm tra thanh căng UST

a. Tính toán chiều dài hợp lý của thanh căng UST:

Phương trình xác định chiều dài dây căng được lập dựa trên nguyên tắc sau: Chiều dài dây căng lấy theo điều kiện tại chỗ bố trí neo, tiết diện dầm LHTBT không được UST phải đủ bền



Hình 2.12. Biểu đồ nội lực để xác định chiều dài dây căng tại nhịp bất kỳ trong dầm liên tục

Phương trình momen trên 1 nhịp (chịu tải trọng phân bố đều) có dạng parabol $y = Ax^2 + Bx + C$ với các hệ số :

$$A = \frac{2M_1 + 2M_3 - 4M_2}{l^2} ; B = \frac{4M_2 - 3M_1 - M_3}{l} ; C = M_1$$

Điều kiện bố trí điểm neo hợp lý là khi $M_a = M_{pl.Rd}$; đặt $y = M_{pl.Rd}$, giải phương trình bậc 2 trên, tìm được hai nghiệm x_1 và x_2 là hai vị trí bố trí điểm neo hợp lý, từ đó ta có được chiều dài dây căng hợp lý trong trường hợp này.

b. Các công thức tính toán khác về lực căng trước, lực căng kiểm tra

Các công thức xác định lực căng trước; tự ứng lực trong giai đoạn thi công; kiểm tra dầm thép UST theo các trạng thái giới hạn được nêu trong lý thuyết tính toán dầm thép UST.

2.3.2. Tính toán kiểm tra dầm LHTBT UST theo TTGH về phá hủy

a. Tính toán dầm LHTBT UST trong giai đoạn thi công

Trong giai đoạn thi công, tiết diện làm việc là dầm thép UST và lý thuyết tính toán của loại kết cấu này đã được phổ biến rộng rãi và trong các tiêu chuẩn, quy phạm.

Việc kiểm tra dầm thép UST theo trạng thái giới hạn 1 bao gồm kiểm tra ứng suất tại cánh dầm trong giai đoạn tạo UST và giai đoạn chịu tải thi công và ứng suất trong dây căng.

b. Tính toán dầm LHTBT UST trong giai đoạn sử dụng

Trong xây dựng dân dụng và công nghiệp, dầm LHT-BT UST là một giải pháp kết cấu mới, xuất phát từ kết cấu cơ sở là dầm LHT-BT, vì vậy giữa chúng có chung các đặc trưng cơ bản như hệ số mô đun đàn hồi chung n'' ; bề rộng hiệu quả b_{eff} ; mô men quán tính của tiết diện liên hợp I_{eq} . Để có thể tính toán và kiểm tra trong giai đoạn này trước hết cần phải xác định các thông số trên, đã được trình bày và hướng dẫn chi tiết.

Ngoài ra cần phải xác định thêm các tự ứng lực phát sinh trong thanh cằng ở giai đoạn sử dụng. Việc xác định này hoàn toàn tương tự như ở giai đoạn thi công, tuy nhiên tiết diện ở đây là tiết diện liên hợp.

Trong luận án đã thực hiện tính toán một số sơ đồ dầm liên tục LHTBT nhiều nhịp chịu tải trọng phân bố đều bằng phương pháp 3 mô men, và được kiểm tra với sự trợ giúp của chương trình máy tính SAP 2010. Kết quả tính toán nhận được là hợp lý và chấp nhận được.

2.3.3. Tính toán kiểm tra dầm LHTBT UST theo TTGH về sử dụng

a. Tính toán dầm LHTBT UST trong giai đoạn thi công

Dầm được tính toán độ võng trong quá trình thi công theo công thức

$$\delta^{tc} = \delta_p + \delta_{X+X_i} \quad (2-64)$$

Công thức chuyển vị δ_p trong hệ thanh được tính theo công thức của Maxwell-Morh như sau:

$$\delta_p = \sum \int \frac{\bar{M}_k^0 M_m}{E_a I_a} ds \quad (2-65)$$

Độ võng ngược do UST :

$$\delta_{X+X_i} = \frac{(X + X_i) c L^2}{8 E_a I_a} \left(1 - 4 \left(\frac{a}{L} \right)^2 \right) \quad (2-67)$$

b. Tính toán dầm LHTBT UST trong giai đoạn sử dụng:

i. Tính toán độ võng của dầm đơn giản

Tính toán độ võng của dầm đơn giản không có gì đặc biệt. Nếu nhịp dầm là L, chịu tải trọng phân bố đều là p, được liên kết hoàn toàn (hoặc hơn), thì độ võng được tính theo công thức quen thuộc:

$$\delta_f = \frac{5}{384} \frac{pL^4}{E_a I_{eq}} \quad (2-68)$$

ii. Tính toán độ võng của dầm liên tục

Để dàng tính độ võng ở giữa nhịp của một nhịp nào đó trong dầm liên tục (độ võng gần với độ võng lớn nhất) theo công thức sau:

$$\delta_f = \delta_0 \left[1 - C_1 r_2 \left(M_A^- + M_B^- \right) / M_0^+ \right] \quad (2-70)$$

2.4. CÁC VÍ DỤ BẰNG SỐ

2.4.1. Tính toán kiểm tra dầm LHTBT UST sơ đồ dầm đơn giản

Nhịp dầm có khoảng cách $L = 1200$ cm, khoảng cách các bước là $B = 450$ cm. Bản sàn giả thiết là đặc, có chiều dày $h_c = 7$ cm chiều dày sóng tôn là $h_p = 6$ cm. Dầm là tổ hợp thép hình đối xứng với các thông số bản cánh: $t_{tf} = t_{bf} = 2.5$ cm; $b_{tf} = b_{bf} = 25$ cm; các thông số của bản bụng: $t_w = 3.5$ cm; $h_w = 60$ cm. Thanh căng gia cường sử dụng là dùm dạng bó cáp với 2 sợi 1.27 cm, có đường kính $\phi_d = 3.9$ cm, cường độ thanh căng $f_{yd} = 147$ kN/cm². Xem các liên kết chốt là hoàn toàn. Các tải trọng tĩnh tải thi công $P_{tc} = 0.0625$ kN/cm; hoạt tải thi công $Q_{tc} = 0.0215$ kN/cm; tĩnh tải sử dụng $P_{sd} = 0.2125$ kN/cm; hoạt tải sử dụng $Q_{sd} = 0.06$ kN/cm. Nhiệm vụ: kiểm tra các điều kiện về trạng thái chịu lực và độ võng của dầm LHTBT cũng như thanh căng.

*** Kiểm tra bền:**

Ứng suất tổng cộng tại thớ biên cánh trên dầm thép: $\sigma_1 = -7.29$ kN/cm² < $f_y / \gamma_a = 21$ kN/cm².

Ứng suất tổng cộng tại thớ biên cánh dưới dầm thép: $\sigma_2 = 11.09 \text{ kN/cm}^2 < f_y / \gamma_a = 21 \text{ kN/cm}^2$

Ứng suất tiếp trong dầm LHTBT UST: $\tau = 0.88 \text{ kN/cm}^2 < f_y / \gamma_a \sqrt{3} = 12.12 \text{ kN/cm}^2$

Ứng suất tổng cộng trong thanh căng: $\sigma_d = 24.31 \text{ kN/cm}^2 < f_{yd} / \gamma_d = 147 \text{ kN/cm}^2$

*** Kiểm tra độ võng :**

Độ võng của dầm: $\delta = 1.6311 \text{ cm} < [\delta] = L / 250 = 4.8 \text{ cm}$.

→ Vậy dầm đảm bảo khả năng chịu lực.

2.4.2. Tính toán kiểm tra dầm LHTBT UST sơ đồ dầm

liên tục

Xét một dầm liên hợp thép – bê tông liên tục có các thông số tương tự như ở ví dụ 2.4.1. Nhiệm vụ: kiểm tra các điều kiện về trạng thái chịu lực và độ võng của dầm LHTBT UST trong trường hợp công nghệ thi công là không dùng hệ chống đỡ, vị trí căng dây là ở các nhịp và các gối.

*** Kiểm tra bền (vị trí có nội lực lớn nhất trên dầm)**

Ứng suất tổng cộng tại thớ biên cánh trên dầm thép (tại gối B): $\sigma_1 = 11.82 \text{ kN/cm}^2 < f_y / \gamma_a = 21 \text{ kN/cm}^2$.

Ứng suất tổng cộng tại thớ biên cánh dưới dầm thép (tại gối B): $\sigma_2 = -12.40 \text{ kN/cm}^2 < f_y / \gamma_a = 21 \text{ kN/cm}^2$.

Ứng suất tiếp trong dầm LHTBT UST: $\tau = 0.77 \text{ kN/cm}^2 < f_y / \gamma_a \sqrt{3} = 12.12 \text{ kN/cm}^2$

Ứng suất tổng cộng trong thanh căng (tại gối B): $\sigma_d = 14.44 \text{ kN/cm}^2 < f_{yd} / \gamma_d = 147 \text{ kN/cm}^2$

*** Kiểm tra độ võng (tại nhịp có nội lực lớn nhất trên dầm)**

Độ võng của dầm cuối cùng: $\delta = 1.2071 \text{ cm} < [\delta] = L / 250 = 4.8 \text{ cm}$.

→ Vậy đảm bảo khả năng chịu lực.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Chương 2 đã làm rõ việc áp dụng tiêu chuẩn Eurocode 4 và lý thuyết về ứng suất trước của dầm thép nhằm tạo cơ sở tính toán cấu kiện dầm LHTBT UST.

Luận văn làm rõ cách tính toán và kiểm tra dầm LHTBT theo trạng thái giới hạn về phá hoại và trạng thái giới hạn về sử dụng. Làm rõ nội dung tính toán thanh căng UST gồm: xác định chiều dài hợp lý của thanh căng; lực căng trước trong dây; kiểm tra dầm LHTBT UST theo trạng thái giới hạn về phá hoại và sử dụng trong cả 2 giai đoạn: thi công và sử dụng.

Minh họa lý thuyết tính toán bằng các ví dụ số, kiểm tra trạng thái giới hạn về phá hoại và trạng thái giới hạn về sử dụng cho dầm LHTBT đơn giản và dầm LHTBT liên tục có sử dụng thanh căng UST đơn giản.

Với cơ sở tính toán và phương pháp tính toán đã được làm rõ, vấn đề đặt ra là cần phải viết một đoạn chương trình làm công cụ, tự động hóa tính toán để giải quyết các vấn đề khảo sát ảnh hưởng của kích thước thanh căng, hình dạng tiết diện dầm thép, cường độ vật liệu đến sự làm việc của dầm LHTBT UST.

CHƯƠNG 3

TÍNH TOÁN KHẢO SÁT CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG THANH CĂNG TẠO ỨNG SUẤT TRƯỚC CHO DÀM LIÊN HỢP THÉP BÊ TÔNG

3.1. THIẾT LẬP THUẬT TOÁN, SƠ ĐỒ KHỐI VÀ CHƯƠNG TRÌNH TÍNH

3.1.1. Thiết lập thuật toán

3.1.2. Sơ đồ khối

Từ thuật toán đã thiết lập, tiến hành xây dựng nên sơ đồ khối.

3.1.3. Chương trình tính

Từ sơ đồ thuật toán, viết các chương trình tính toán hỗ trợ thiết kế bằng công cụ Microsoft Office Excel 2003, đây là ngôn ngữ phục vụ tính toán đơn giản, ứng dụng hiệu quả trong môi trường WinXP thông dụng, thiết kế giao diện đơn giản, hỗ trợ các thao tác nhập số liệu đầu vào và xuất thẳng ra kết quả phục vụ việc kiểm tra.

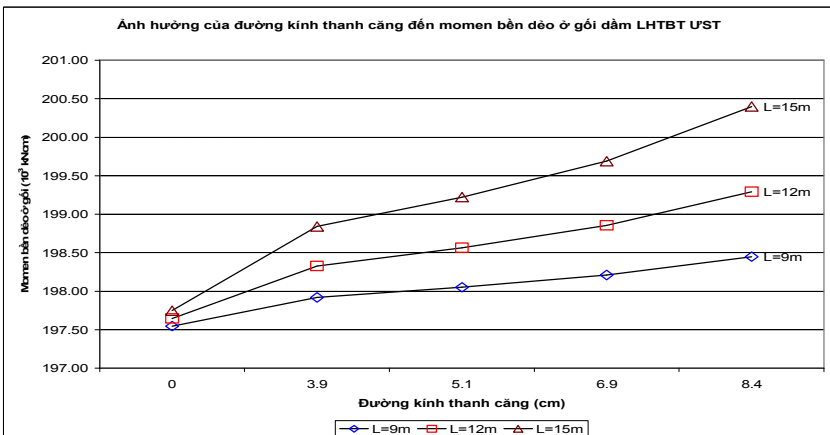
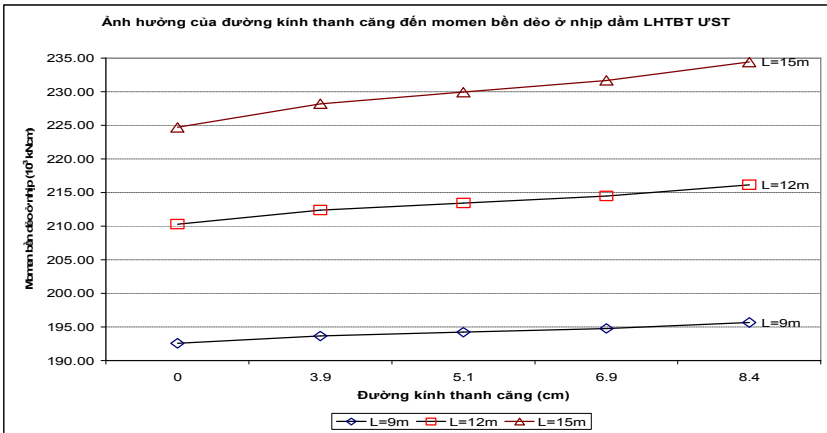
Tên chương trình: Composite Beam (COBE) V1.0

Mục đích của các chương trình này là sử dụng để hỗ trợ tính toán thiết kế và kiểm tra dầm LHTBT UST. Về nguyên tắc có thể sử dụng chương trình này để tính và kiểm tra dầm LHTBT UST đơn giản và liên tục khi cho các thông số đầu vào.

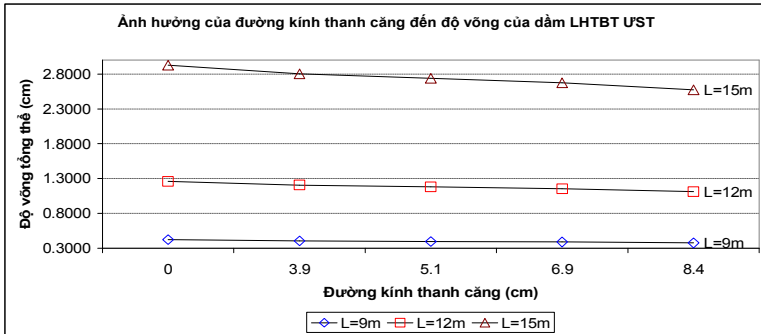
3.2. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA KÍCH THƯỚC THANH CĂNG ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA DÀM LHTBT UST

Khảo sát dầm LHTBT UST liên tục 4 nhịp đều nhau với chiều dài nhịp $L = 9\text{m}, 12\text{m}, 15\text{m}$. Chiều cao dầm thép là 65cm; sử dụng biện pháp gia cường bằng thanh căng là dạng bó cáp sợi thép đường kính 12.7mm với cường độ thanh căng $f_{yd} = 147 \text{ kN/cm}^2$. Tải trọng tính toán và các thông số đầu vào về vật liệu như đã chọn như ở ví dụ 2.4.2.

Bài toán khảo sát được thực hiện với các phương án thay đổi tham số đường kính thanh căng $\phi_d = [0; 3.9; 5.1; 6.9; 8.4]$, số lượng sợi cáp tương ứng là $n = [0; 2; 5; 8; 13]$. Kết quả về momen bền dẻo ($M_{pl,Rd}$) và độ võng (δ) của dầm LHTBT UST thể hiện qua các bảng biểu sau:



Hình 3.2 Ảnh hưởng của đường kính thanh căng đến momen bền dẻo ở nhịp và gối của dầm LHTBT UST



Hình 3.3 Ảnh hưởng của đường kính thanh căng đến độ võng của dầm LHTBT UST

Các trường hợp trên được khảo sát khi dầm LHTBT UST đảm bảo khi kiểm tra ở TTGH1. Ở vị trí nhịp dầm: momen bền dẻo của dầm LHTBT UST tăng và độ võng giảm xuống khi đường kính thanh căng tăng lên. Tỷ lệ tăng momen bền dẻo khi tăng đường kính thanh căng lên 1cm tăng từ 0.14 đến 0.51%; độ võng giảm đi 0.99 đến 1.43%. Ở vị trí gối dầm, momen bền dẻo của dầm LHTBT UST tăng khi đường kính thanh căng tăng lên; tuy nhiên tỷ lệ tăng momen bền dẻo khi tăng đường kính thanh căng lên 1cm tăng từ 0.05 đến 0.16% cho 1cm đường kính. Vậy khi sử dụng phương án căng dây thì sẽ có lợi nhất ở gối.

3.3. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA HÌNH DẠNG TIẾT DIỆN DẦM THÉP ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA DẦM LHTBT UST

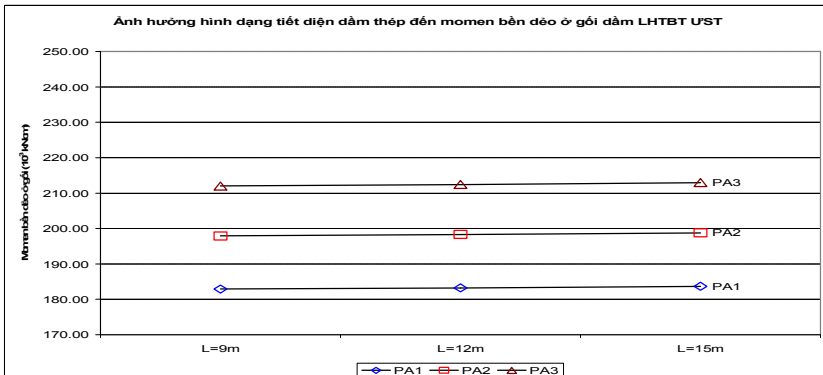
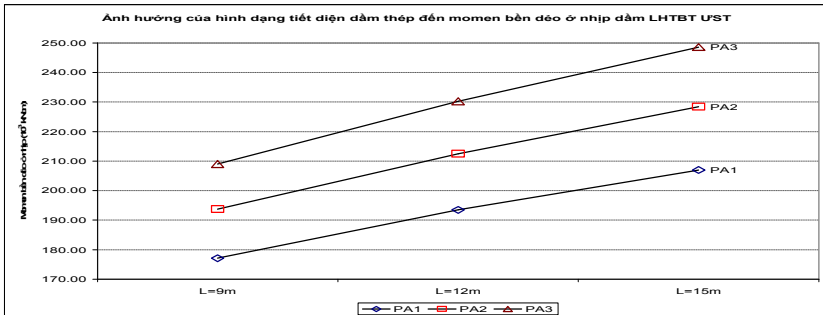
Khảo sát dầm LHTBT UST liên tục 4 nhịp đều nhau với chiều dài nhịp $L = 9\text{m}, 12\text{m}, 15\text{m}$. Chiều cao dầm thép là 65cm; sử dụng biện pháp gia cường bằng thanh căng thép bulon cường độ cao với đường kính thanh căng là $\phi_d = 2\text{ cm}$ và cường độ thanh căng là $f_{yd} = 95\text{ kN/cm}^2$. Tải trọng tính toán và các thông số đầu vào về vật liệu như đã chọn như ở ví dụ 2.4.2.

Bài toán khảo sát được thực hiện với 3 phương án thay đổi

kích thước của bản cánh thanh căng sao cho tiết diện dầm thép không đổi như sau:

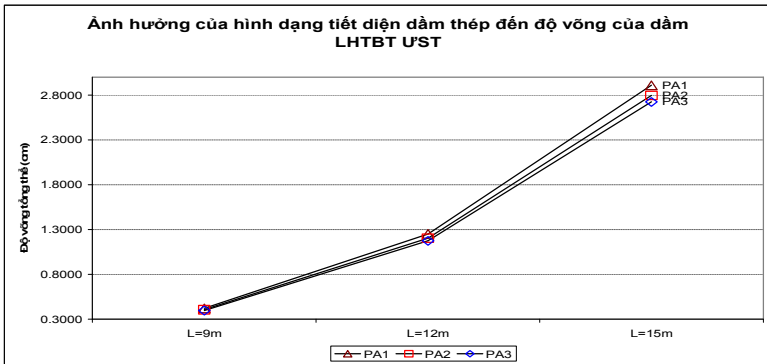
- Phương án 1 (PA1) : Tiết diện không đối xứng với bề rộng cánh trên lớn hơn bề rộng cánh dưới ($b_{tf} = 30\text{cm}$; $b_{bf} = 20\text{cm}$);
- Phương án 2 (PA2): Tiết diện đối xứng với bề rộng cánh trên bằng bề rộng cánh dưới ($b_{tf} = b_{bf} = 25\text{cm}$);
- Phương án 3 (PA3): Tiết diện không đối xứng với bề rộng cánh trên nhỏ hơn bề rộng cánh dưới ($b_{tf} = 20\text{cm}$; $b_{bf} = 30\text{cm}$).

Kết quả về momen uốn (M_{pl,Rd}) và độ võng (δ) của dầm LHTBT UST thể hiện qua các bảng biểu sau:



Hình 3.4 Ảnh hưởng của hình dạng tiết diện dầm thép đến momen uốn ở nhịp và gối của dầm LHTBT UST

Hình 3.5



Hình 3.6 Ảnh hưởng của hình dạng tiết diện dầm thép đến độ võng

Với cùng một diện tích tiết diện, phương án dùng tiết diện chữ I không đối xứng, bề rộng cánh dưới lớn hơn cánh trên sẽ làm tăng momen bền dẻo và giảm độ võng của dầm LHTBT UST theo sơ đồ liên tục ở cả nhịp và gối (trong phạm vi khảo sát $L = 9, 12, 15\text{m}$ thì momen bền dẻo tăng khoảng 15-16% ở nhịp, 13.75% ở gối, độ võng giảm từ 5.87 đến 6.88% ở nhịp)

3.4. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CƯỜNG ĐỘ VẬT LIỆU ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA DẦM LHTBT UST

Khảo sát dầm LHTBT UST liên tục 4 nhịp đều nhau với chiều dài nhịp $L = 9\text{m}, 12\text{m}, 15\text{m}$. Chiều cao dầm thép là 65cm có tiết diện đối xứng. Tải trọng tính toán và các thông số đầu vào về vật liệu như đã chọn như ở ví dụ 2.4.2.

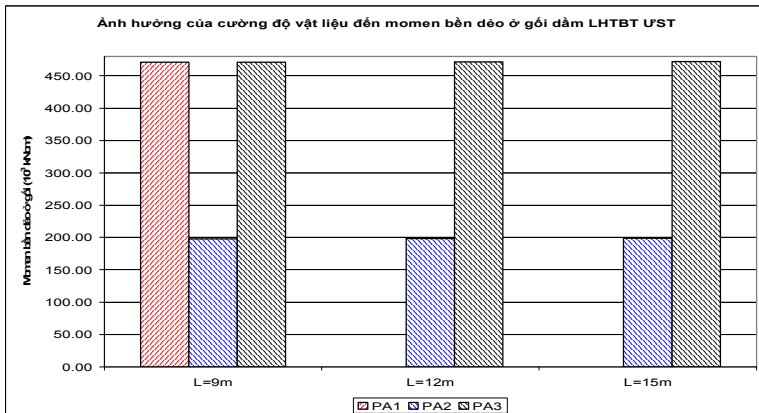
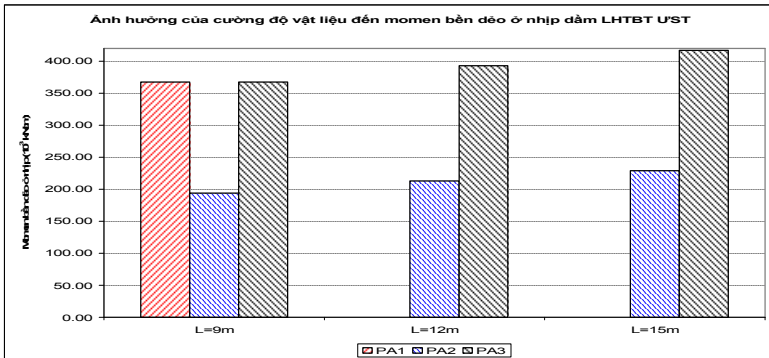
Bài toán khảo sát lần lượt với 3 phương án lựa chọn cường độ vật liệu:

- Phương án 1 (PA1): Dầm thép hình có cường độ cao $f_y = 50 \text{ kN/cm}^2$ và thanh căng là thép tròn đặc $\phi_d = 2.2 \text{ cm}$ có cường độ thường $f_{yd} = 21 \text{ kN/cm}^2$;

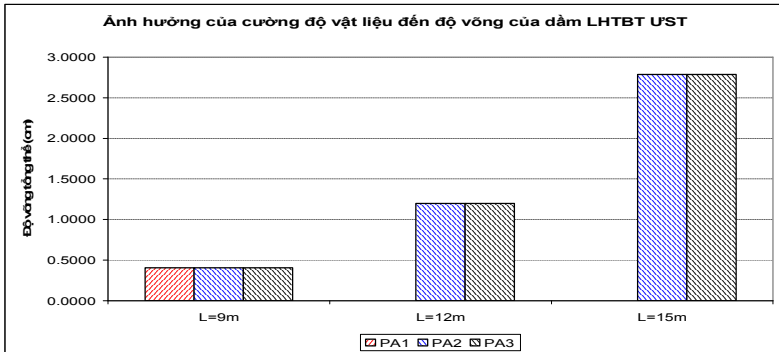
- Phương án 2 (PA2): Dầm thép hình có cường độ thường $f_y = 21 \text{ kN/cm}^2$ và thanh căng là thép tròn đặc $\phi_d = 2.2 \text{ cm}$ có cường độ cao $f_{yd} = 50 \text{ kN/cm}^2$;

- Phương án 3 (PA3): Dầm thép hình có cường độ cao $f_y = 50 \text{ kN/cm}^2$ và thanh căng là thép tròn đặc $\phi_d = 2.2 \text{ cm}$ có cường độ cao $f_{yd} = 50 \text{ kN/cm}^2$.

Kết quả thể hiện qua các bảng biểu sau:



Hình 3.7 Ảnh hưởng cường độ vật liệu đến momen bên déo



Hình 3.8 Ảnh hưởng cường độ vật liệu đến độ võng

Với cùng 1 tiết diện dầm thép và tải trọng, hình thức thanh căng là bulon cường độ cao, dùng dầm thép cường độ cao sẽ làm tăng đáng kể momen bèn dẻo (tăng 1.89 lần ở nhịp và 1.38 lần ở gối) nhưng không ảnh hưởng đến độ võng của dầm LHTBT UST. Mặt khác, dùng thép cường độ cao cho thanh căng thì ảnh hưởng không đáng kể đến momen bèn dẻo (ở cả nhịp và gối) và độ võng của dầm LHTBT UST.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 đã xây dựng thuật toán tính toán và kiểm tra dầm LHTBT UST, từ đó lập ra sơ đồ khối và viết nên chương trình COBE V1.0 nhằm phục vụ việc khảo sát hiệu quả gia cường dầm LHTBT bằng thanh căng UST.

Luận văn đã khảo sát ảnh hưởng kích thước thanh căng, hình dạng tiết diện dầm thép và cường độ vật liệu dầm thép và thanh căng đến momen bèn dẻo và độ võng của dầm LHTBT UST liên tục. Từ đó đưa ra các nhận xét có tính định lượng và định tính nhằm đưa ra phương án tối ưu và hiệu quả nhất trong phạm vi khảo sát.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Đánh giá chung

Luận văn đã hoàn thành cơ bản mục tiêu nghiên cứu như sau:

- Nghiên cứu làm rõ sự làm việc và phương pháp tính toán kết cấu dầm LHTBT UST theo sơ đồ liên tục, tiết diện dầm thép chữ I, với các giải pháp thanh cằng (Thép bulon cường độ cao, bó sợi thép, thép hình và cáp).

- Áp dụng tiêu chuẩn EC4 tính toán được momen bền dẻo của tiết diện và chiều dài hợp lý của thanh cằng tạo UST trong dầm LHTBT, từ đó tính toán kiểm tra tiết diện dầm trong các giai đoạn thi công và sử dụng theo phương pháp thi công không dùng hệ chống đỡ. Thực hiện được các ví dụ bằng số để minh họa phương pháp tính.

- Xây dựng được thuật toán và chương trình tính toán kiểm tra dầm LHTBT UST (COBE 1.0) làm công cụ để nghiên cứu khảo sát.

- Khảo sát ảnh hưởng của các thông số hình học (Kích thước thanh cằng, hình dạng tiết diện dầm thép, bề rộng cánh dầm thép) và cường độ vật liệu của dầm thép và thanh cằng đến momen bền dẻo và độ võng của dầm LHTBT UST.

2. Kết luận

Dựa vào kết quả nghiên cứu trong phạm vi khảo sát theo các giả thiết của luận văn, có thể kết luận như sau :

- Với cùng loại thanh cằng và cùng cường độ, khi thay đổi kích thước ϕ_a của thanh cằng (trong khảo sát với $\phi_a = [0; 3.9; 5.1; 6.9; 8.4]$ cm), ảnh hưởng kích thước thanh cằng đến khả năng chịu lực của dầm LHTBT ở cả nhịp và gối là đáng kể. Kích thước thanh cằng càng lớn thì khả năng chịu lực càng tăng và độ võng càng giảm.

- Về hình dạng tiết diện thép hình chữ I, với cùng một diện tích tiết diện, phương án dùng tiết diện chữ I không đối xứng, bề rộng

cánh dưới lớn hơn cánh trên sẽ làm tăng momen bền dèo và giảm độ võng của dầm LHTBT UST theo sơ đồ liên tục ở cả nhịp và gối (trong phạm vi khảo sát $L = 9, 12, 15\text{m}$ thì momen bền dèo tăng khoảng 15-16% ở nhịp, 13.75% ở gối, độ võng giảm từ 5.87 đến 6.88% ở nhịp).

- Với cùng 1 tiết diện dầm thép và tải trọng, hình thức thanh căng là bulon cường độ cao ($\phi_d = 2.2\text{ cm}$), dùng thép cường độ cao cho tiết diện dầm thép sẽ làm tăng đáng kể đến momen bền dèo (trong khảo sát tăng 1.89 lần ở nhịp và 1.38 lần ở gối) nhưng không ảnh hưởng đến độ võng toàn phần của dầm LHTBT UST (bao gồm độ võng của dầm và độ võng thanh căng). Mặt khác, dùng thép cường độ cao cho thanh căng thì ảnh hưởng không đáng kể đến momen bền dèo (ở cả nhịp và gối) và độ võng của dầm LHTBT UST.

3. Kiến nghị

- Giải pháp gia cường dầm LHTBT bằng thanh căng UST có thể ứng dụng phù hợp trong việc sửa chữa cải tạo và tăng cường khả năng chịu lực cho kết cấu dầm LHTBT trong các công trình xây dựng.

- Đề xuất lựa chọn phương án gia cường hợp lý là sử dụng thép hình chữ I tiết diện không đối xứng (bề rộng cánh dưới lớn hơn cánh trên), dùng vật liệu thép tiết diện dầm cường độ cao, vật liệu thép thanh căng cường độ thường sẽ đạt được hiệu quả tốt.

4. Hướng phát triển

- Tiếp tục nghiên cứu tính toán khảo sát dầm LHTBT theo các sơ đồ chịu tải trọng phức tạp (chịu lực tập trung, phân bố dạng tam giác, bậc 2 ...).

- Tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của liên kết không hoàn toàn đến sự làm việc của dầm LHTBT UST.

- Nghiên cứu khảo sát lựa chọn quỹ đạo cáp hợp lý cho giải pháp thanh căng tạo UST.