

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

---

**NGÔ ĐÌNH CHÂU**

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG QUY TRÌNH THI CÔNG  
BÊ TÔNG CỐT THÉP ỨNG SUẤT TRƯỚC CHO  
CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP**

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

**Mã số: 60.58.30**

**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: PGS. TS Nguyễn Đình Thám**

**Phản biện 1: TS. Lê Khánh Toàn**

**Phản biện 2: TS. Trần Đình Quảng**

Luận văn đã được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật Xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 27 tháng 9 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 bê tông cốt thép ứng suất trước (UST), còn gọi là kết cấu bê tông cốt thép ứng lực trước (ULT), hay bê tông tiền áp, hoặc bê tông dự ứng lực (tên gọi Hán-Việt), là kết cấu bê tông cốt thép sử dụng sự kết hợp ứng lực căng rất cao của cốt thép ứng suất trước và sức chịu nén của bê tông để tạo nên trong kết cấu những biến dạng ngược với khi chịu tải.

Bê tông cốt thép UST là một trong những phát minh lớn trong kỹ thuật xây dựng ở thế kỷ XX. Nó được ứng dụng rộng rãi tại hầu hết các nước tiên tiến trên thế giới từ hơn 50 năm nay. Ở Việt Nam chúng ta ứng dụng công nghệ bê tông UST đã được thực hiện từ những năm 70, 80, tuy nhiên phạm vi ứng dụng còn hạn hẹp.

Chất lượng công trình, thời gian thi công và giá thành phụ thuộc vào các yếu tố như: Công nghệ, máy móc, thiết bị, vật liệu, trình độ cán bộ kỹ thuật, quy trình thi công... Từ thực tế đó, trong khuôn khổ Luận văn với tên đề tài là “**Nghiên cứu ứng dụng quy trình thi công bê tông cốt thép ứng suất trước cho công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp**” tác giả muốn nghiên cứu phương pháp tính toán thi công cốt thép và đưa ra quy trình thi công cốt thép UST phù hợp nhất cho kết cấu công trình xây dựng trong điều kiện thi công trong nước là sự cần thiết. Đây chính là vấn đề mà tác giả thấy cần nghiên cứu, là mục tiêu của đề tài.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu về mặt lý thuyết và kết hợp với thực tiễn thi công bê tông cốt thép ứng suất trước, từ đó đề xuất phương pháp tính toán thi công cốt thép và quy trình thi công cốt thép ứng suất trước cho đảm, sản công trình.

### **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu: Công trình ứng dụng BTCT UST.
- Phạm vi nghiên cứu: Thi công cốt thép ứng suất trước.

### **4. Phương pháp nghiên cứu**

- Tìm hiểu các quy chuẩn, tiêu chuẩn hướng dẫn thiết kế, thi công và nghiệm thu kết cấu bê tông UST (Tiêu chuẩn nước ngoài và trong nước).
- Tìm hiểu lý thuyết tính toán kết cấu bê tông ứng suất trước, cấu tạo và bố trí cốt thép.
- Nghiên cứu phương pháp tính toán thi công cốt thép UST.
- Sưu tập các tài liệu về lý thuyết cũng như các giải pháp thi công về bê tông cốt thép ứng suất trước đã có trên thế giới cũng như trong nước thông qua mạng Internet và sách.
- Đi thực tế tham quan bổ sung.
- Thu thập số liệu thực tế từ các công trình đã thi công từ các nhà thầu trong và ngoài nước từ đó đưa ra quy trình thi công phù hợp.

### **5. Bố cục của đề tài**

- Ngoài phần mở đầu, kết luận, luận văn gồm 3 chương
- Chương 1: Tổng quan về bê tông ứng suất trước
  - Chương 2: Cơ sở pháp lý và khoa học trong quá trình thi công cốt thép tạo ứng suất trước
  - Chương 3: Quy trình thi công cốt thép tạo ứng suất trước

### **6. Tổng quan tài liệu nghiên cứu**

- Các Tiêu chuẩn về BTCT và BTCT UST
- Các Quy trình thi công và nghiệm thu về BTCT và BTCT UST
- Các sách, tạp chí về BTCT UST
- Các Website và các tài liệu khác trên mạng Intenet.

## CHƯƠNG 1

# TỔNG QUAN VỀ BÊ TÔNG ỨNG SUẤT TRƯỚC

### 1.1. KHÁI NIỆM VỀ BÊ TÔNG ỨNG SUẤT TRƯỚC

Bê tông ứng suất trước (UST) là bê tông, trong đó thông qua lực nén trước để tạo ra và phân bố một lượng ứng suất bên trong phù hợp nhằm cân bằng với một lượng mong muốn ứng suất do tải trọng ngoài gây ra. Với các cấu kiện bê tông UST, ứng suất thường được tạo ra bằng cách kéo trước thép cường độ cao.

Trong cấu kiện bê tông UST, người ta đặt vào một lực nén trước tạo bởi việc kéo cốt thép, nhờ tính đàn hồi, cốt thép có xu hướng co lại và sẽ tạo nên lực nén trước, lực nén trước này gây nên ứng suất nén trước trong bê tông và sẽ triệt tiêu hay làm giảm ứng suất kéo do tải trọng sử dụng gây ra, do vậy làm tăng khả năng chịu kéo của bê tông và làm hạn chế sự phát triển của vết nứt.

### 1.2. SỰ RA ĐỜI VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA BÊ TÔNG CỐT THÉP ỨNG SUẤT TRƯỚC TRÊN THẾ GIỚI

Nguyên lý gây UST đã được ứng dụng trong thực tế từ hàng trăm năm nay. Khi chế tạo những thùng chứa chất lỏng như nước, rượu hay khí làm trống, các thanh gỗ phẳng hoặc cong được ghép lại thật khít nhờ những đai bằng dây thừng hay bằng kim loại.

Nguyên lý này đã được P. G. Jackson (Mỹ) đưa vào áp dụng thành công cho vòm gạch, đá, bê tông từ năm 1886. Tiếp theo K. Düring (Đức) đã tạo được ứng suất nén trong bản bê tông bằng việc căng trước cốt thép thường.

Khi dùng cốt thép thường có cường độ thấp không quá 1225 kG/cm<sup>2</sup> và biến dạng (độ dãn dài tỷ đối) chỉ đạt tới giá trị bằng  $\epsilon$

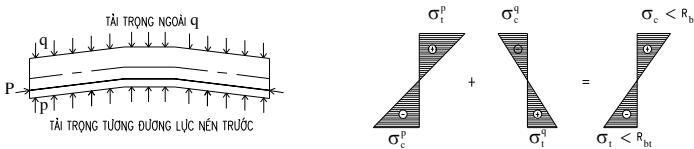
$$\epsilon = \sigma/E = 1225/2100000 = 0,0006$$

Trong những năm 1928-1929 kỹ sư nổi tiếng người Pháp E.Freyssinet đã lần đầu tiên chứng minh được có thể và cần sử dụng loại thép có cường độ cao để nâng cao lực gây ứng suất trước trong bê tông lên tới trên  $400 \text{ kG/cm}^2$ .

Ứng suất còn tồn tại trong cốt thép để gây ứng suất trước trong bê tông là:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = 2100000 \times 0,0042 = 8600 \text{ kG/cm}^2 \text{ (860 Mpa)}$$

Kết quả thí nghiệm cho thấy ứng suất nén trước trong bê tông vẫn còn tồn tại với một giá trị đủ để cân bằng từng phần hay toàn bộ các ứng suất kéo trong kết cấu khi chịu tải.



Hình 1.1. Sơ đồ tạo ứng suất trước trong cầu kiện bê tông chịu nén bằng cốt thép cường độ cao.

Tại châu Âu kết cấu bê tông UST phát triển nhanh chóng ở Pháp, Bỉ, Anh, Đức, Thụy Sĩ, Hà Lan. Trong gần 500 cầu được xây dựng ở Đức từ năm 1949 đến 1953 đã có 350 cầu dùng bê tông UST. Tại Nga hiện nay các cầu kiện bê tông đúc sẵn như tấm sàn từ 6m, dầm, dàn khẩu độ 18m trở lên đều qui định dùng bê tông UST. Tại Mỹ chú trọng ứng dụng bê tông UST vào xây dựng các bể chứa nhiên liệu có dung tích từ  $10000 \text{ m}^3$  trở lên.

Trong lĩnh vực xây dựng nhà cao tầng, sử dụng bê tông UST cho phép tăng kích thước lưới cột, hoặc giảm chiều dày sàn, khối lượng thép cũng giảm đáng kể. Các ô sàn phẳng không dầm khẩu độ tới 15,6m mà chiều dày bê tông UST đúc sẵn, mỗi tấm sàn phẳng có trọng lượng từ 300 tấn đến 800 tấn cũng được phổ biến ở châu Âu.

Ở châu Á, nhất là các nước có nền kinh tế phát triển như Trung Quốc, Hàn Quốc, Singapore, Thái Lan, Hồng Kông, ... sử dụng các kết cấu BT UST rất phổ biến, một phần nhờ đã sản xuất được các loại thép cường độ cao, các loại cáp UST, các loại neo và phụ kiện kèm theo phù hợp với các tiêu chuẩn tiên tiến có giá thành hợp lý.

### **1.3. ỨNG DỤNG CỦA BÊ TÔNG UST Ở VIỆT NAM**

Trong xây dựng dân dụng và công nghiệp kết cấu bê tông UST được nghiên cứu ứng dụng trong việc chế tạo các hệ dầm nhỏ và panen. Kết cấu bê tông UST căng sau đã được áp dụng cho hệ thống silô nhà máy xi măng Hoàng Thạch II, hệ thống silô nhà máy xi măng Sao Mai, hệ thống sàn toà tháp Sài Gòn, hệ thống sàn nhà 63 Lý Thái Tổ- Hà Nội, hệ thống sàn nhà Hotel lake view- Hà Nội.

Cho đến nay, hàng loạt các công trình đã áp dụng kết cấu sàn UST ở các thành phố lớn như: Chung cư cao cấp 27 Huỳnh Thúc Kháng, Chung cư cao cấp 25 Láng Hạ, Chung cư cao cấp 98 Hoàng Quốc Việt, tháp đôi 191 Bà Triệu, Trung tâm bảo dưỡng TOYOTA Mỹ Đình, Trung tâm truyền số liệu VDC (Hà Nội), Khách sạn NOVOTEL (Đà Nẵng, Quảng Ninh), Trung tâm thương mại (Hải Dương). Chung cư Đất Phương Nam, Chung cư GreenBuiding, Chung cư ETOW2, Chung cư rạch miễu, Chung cư Anh Tuấn, ...

### **1.4. SƠ LƯỢC MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG BÊ TÔNG CỐT THÉP ỨNG SUẤT TRƯỚC**

#### **1.4.1. Phương pháp căng trước**

#### **1.4.2. Phương pháp căng sau**

##### ***a. Phương pháp căng ngoài kết cấu***

##### ***b. Phương pháp căng sau có bóm dính (cáp để trần)***

##### ***c. Phương pháp căng sau không bóm dính (cáp có vỏ bọc)***

##### ***d. Phương pháp gây ứng lực trước không toàn phần***

### 1.4.3. Một số công nghệ khác tạo ứng suất trước

*a. Sử dụng xi măng nở tạo ứng suất trước trong bê tông*

*b. Dùng kích ép ngoài để tạo ứng suất trước*

## 1.5. THIẾT BỊ CĂNG CỐT THÉP TẠO ỨNG SUẤT TRƯỚC

**1.5.1. Thiết bị căng trước:** Các kích thuỷ lực hoặc kích vít lớn.

**1.5.2. Thiết bị căng sau**

- Bơm và kích tạo UST
- Neo
- Máy luồn cáp
- Thiết bị cắt cáp
- Hỗn hợp vữa và bơm vữa

## 1.6. VẬT LIỆU SỬ DỤNG CHO BÊ TÔNG CỐT THÉP UST

**1.6.1. Bê tông cường độ cao**

*a. Yêu cầu về cường độ*

Theo tiêu chuẩn ACI, bê tông dùng trong bê tông UST phải có cường độ chịu nén cho mẫu lăng trụ ở 28 ngày tuổi từ 28÷55 MPa. Theo tiêu chuẩn châu Âu, cường độ chịu nén cho mẫu lập phương ở 28 ngày tuổi là 450 kg/cm<sup>2</sup>, quy ra mẫu lăng trụ là 35,5 MPa.

Kinh nghiệm cho thấy sử dụng bê tông có cường độ từ 28÷34 MPa là kinh tế nhất.

*b. Ứng suất cho phép trong bê tông*

Bảng 1.1. Ứng suất cho phép của bê tông UST theo tiêu chuẩn ACI:318-1989

*c. Mô đun đàn hồi của bê tông*

- Viện nghiên cứu BT Hoa Kỳ:  $E_c = 4730 \sqrt{f'_c}$  (N/mm<sup>2</sup>).
- Liên đoàn quốc tế về BT UST (FIP) đề xuất giá trị mô đun đàn hồi trong phạm vi cường độ chịu nén của bê tông từ 12-50 N/mm<sup>2</sup>.

Bảng 1.2. Mô đun đàn hồi của bê tông ở 28 ngày tuổi



### 1.6.2. Thép cường độ cao

Thép sợi sử dụng cho bê tông UST nói chung tuân theo tiêu chuẩn ASTM A421.

Phổ biến nhất là loại cáp 7 sợi, có cường độ chịu kéo tới hạn  $f_{pu}$  là 1720Mpa và 1860Mpa, kết dính hoặc không kết dính.

Ứng suất kéo cho phép trong thép theo ACI:

- Ứng suất lớn nhất do căng thép (trước khi truyền ứng suất) không được vượt quá số nhỏ hơn của:  $0.80f_{pu}$  và  $0.94f_{py}$

- Ứng suất kéo lớn nhất ngay sau khi truyền lực ứng suất trước không được vượt quá số nhỏ hơn của:  $0.74f_{pu}$  và  $0.82f_{py}$

- Ứng suất lớn nhất trong thép căng sau tại vùng neo ngay sau khi neo thép:  $0.70 f_{pu}$

Bảng 1.3. Một số đặc tính của cáp ứng suất trước

### 1.6.3. Các vật liệu khác

a. *Ổng gen:*

b. *Vữa phụt:*

c. *Neo:*

## 1.7. MỘT SỐ NỘI DUNG ĐỀ XUẤT VÀ BỔ SUNG

Từ những nội dung đã trình bày ở trên - Tổng quan về BTCT UST, tác giả nghiên cứu về mặt lý thuyết thông qua các tiêu chuẩn về BTCT UST (trong nước và nước ngoài), các sách, các tài liệu về BTCT UST cho quy trình thi công BTCT UST. Để “ứng dụng quy trình thi công BTCT UST cho công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp” trong điều kiện thi công trong nước hiện nay, tác giả đã nghiên cứu thông qua thực tế thi công các công trình xây dựng trong nước của các nhà thầu nổi tiếng có uy tín và đề xuất một số nội dung cần được bổ sung sau đây:

- Hoàn chỉnh lại và bổ sung một số nội dung cho quy trình thi công cốt thép UST trong điều kiện thi công ở nước ta hiện nay.
- Thứ tự và các bước thực hiện kéo căng cốt thép UST trong dầm, sàn.
- Xác định lực căng cốt thép UST trong quá trình thi công.
- Tính toán độ giãn dài thực tế của cốt thép UST trong quá trình kéo căng so với độ giãn dài lý thuyết và báo cáo kết quả kéo căng.
- Phương pháp kéo căng cốt thép UST trong điều kiện chật hẹp.
- Phương pháp bơm vữa vào ống gen (loại có đỉnh kết).
- Quản lý chất lượng trong thi công BTCT UST.
- Một số sự cố thường xảy ra trong quá trình thi công, cách tìm ra nguyên nhân từ đó đưa ra biện pháp khắc phục và xử lý.

Tất cả những nội dung này được bổ sung trong chương 2 và 3.

## 1.8. KẾT LUẬN CHƯƠNG

Cùng với sự phát triển không ngừng trong công nghệ xây dựng và thực tế xây dựng trong nước, ta thấy rằng kết cấu BTCT UST là loại kết cấu hoàn toàn có thể áp dụng rộng rãi ở nước ta. Việc nghiên cứu và ứng dụng quy trình thi công bê tông cốt thép UST cho các công trình xây dựng theo điều kiện ở nước ta là sự cần thiết.

Mặt khác hiện tại nước ta chưa có tiêu chuẩn về loại kết cấu này, mà chủ yếu vẫn công nhận tiêu chuẩn của các nước. Do đó việc áp dụng còn nhiều hạn chế, gây ra những khó khăn trong quá trình đẩy nhanh áp dụng kết cấu này trong ngành xây dựng nước nhà. Vì vậy trong giới hạn của luận văn này tác giả muốn “ **nghiên cứu ứng dụng quy trình thi công BTCT UST cho công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp**” cho kết cấu công trình xây dựng trong điều kiện thi công trong nước hiện nay là sự cần thiết là mục tiêu nghiên cứu của tác giả.

## CHƯƠNG 2

# CƠ SỞ PHÁP LÝ VÀ KHOA HỌC TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG CỐT THÉP TẠO ỨNG SUẤT TRƯỚC

### 2.1. CƠ SỞ PHÁP LÝ

#### 2.1.1. Các tiêu chuẩn áp dụng cho bê tông ứng suất trước

#### 2.1.2. Yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông ứng suất trước

##### *a. Yêu cầu về vật liệu*

Các vật liệu sử dụng cho kết cấu bê tông ứng suất trước (UST) phải có chứng chỉ chất lượng phù hợp với quy định của thiết kế, đồng thời phải thí nghiệm kiểm tra để xác nhận chất lượng của các vật liệu đưa vào sử dụng tại công trình.

##### *b. Yêu cầu gia công và lắp đặt cốt thép kéo căng*

Gia công, lắp đặt cốt thép kéo căng phải phù hợp công nghệ UST

##### *c. Quy trình kéo căng và đo lực kéo cốt thép tạo ứng suất trước*

- Tại mỗi công trình cần tiến hành kéo thử ít nhất 3 bó cốt thép để kiểm tra hệ số truyền lực khi kéo căng. Nếu kết quả kéo thử khác với các số liệu thiết kế thì phải tính toán kiểm tra kết cấu trên cơ sở kết quả và hiệu chỉnh các số liệu phù hợp với thực tế.

- Sai số cho phép giữa giá trị UST thực tế sau khi neo giữ cốt thép kéo căng so với giá trị thiết kế là  $\pm 5\%$ .

- Sai số cho phép giữa độ giãn dài thực tế so với độ giãn dài tính toán là  $-5\%$  và  $+10\%$ .

##### *d. Quy định công nghệ căng trước*

##### *e. Quy định công nghệ căng sau có dính kết*

##### *f. Quy định công nghệ căng sau không dính kết*

##### *g. Yêu cầu về an toàn trong thi công*

#### 2.1.3. Phạm vi sử dụng bê tông ứng suất trước

## 2.2. CƠ SỞ KHOA HỌC

### 2.2.1. Lý thuyết tính toán thi công lắp đặt cốt thép UST

*a. Các dạng quỹ đạo của thép ứng suất trước*

*b. Tính toán chiều dài cắt cốt thép*

*c. Tính toán lực kéo cốt thép ứng suất trước*

\* Lực kéo cốt thép ứng suất trước:  $P_j$

$$P_j = \sigma_{\text{con}} \cdot A_p$$

Trong đó:

$\sigma_{\text{con}}$ - ứng suất khống chế đối với cốt thép UST;

$A_p$ - diện tích mặt cắt cốt thép UST.

Bảng 2.1. Trị số cho phép của  $\sigma_{\text{con}}$  của ứng suất kéo

\* Trị số dự ứng lực hữu hiệu của cốt thép UST:  $\sigma_{\text{pe}}$

$$\sigma_{\text{pe}} = \sigma_{\text{con}} \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{li}$$

Trong đó:  $\sigma_{li}$  - Trị số tổn thất dự ứng lực thứ i.

*d. Tổn thất dự ứng lực*

- Tổn xảy ra nhanh bao gồm các tổn thất sau:

+ Tổn thất ma sát lỗ.

+ Tổn thất neo kẹp giữ.

+ Tổn thất co nén đàn hồi.

- Tổn thất trong thời gian dài sau khi căng bao gồm:

+ Tổn thất chùng ứng lực.

+ Tổn thất do co ngót từ biến của bê tông.

Đối với bê tông UST căng trước còn có: Tổn thất dưỡng hộ nhiệt nữa.

Đối với bê tông UST căng sau còn có tổn thất ma sát tại lỗ neo giữ và tổn thất do chuyển hướng kéo.

*e. Tính trị số giãn dài khi kéo căng cốt thép ứng suất trước*

Giá trị giãn dài căng sau  $\Delta L$  có thể tính theo công thức sau:

+ Công thức tính chính xác (hình 2.13a)

$$\Delta L = \int_0^L \frac{P_j \cdot e^{-(Kx + \mu\theta)}}{A_p \cdot E_s} dx = \frac{P_j \cdot L_T}{A_p \cdot E_s} \left[ \frac{1 - e^{-(KL_T + \mu\theta)}}{KL_T + \mu\theta} \right]$$

+ Công thức tính gần đúng (hình 2.13b)

$$\Delta L = \frac{P \cdot L_T}{A_p \cdot E_s}$$

Trong các công thức trên:

P- lực kéo thép UST bình quân – lực kéo ở đầu kéo đã khấu trừ tổn thất ma sát lỗ. P được tính như sau:

$$P = P_j \left( 1 - \frac{KL_T + \mu\theta}{2} \right)$$

$L_T$ - chiều dài thực tế của cốt thép UST;

Các ký hiệu còn lại giống như các công thức trước.

## 2.2.2. Bố trí và cấu tạo cốt thép ứng suất trước

### a. Bố trí lắp đặt

\* Nguyên tắc bố trí lắp đặt:

- Hình dáng và vị trí cốt thép UST phải đúng theo hình dạng của biểu đồ moment.

- Giảm thiểu tối đa tổn thất ma sát đường lỗ để nâng cao tối đa trị số dự ứng lực hữu hiệu của cốt thép UST.

- Chiều dài cốt thép nên liên tục giữa các nhịp, giảm neo cục bộ.

\* *Bố trí thép ứng suất trước cho dầm của khung:*

\* *Bố trí thép ứng suất trước cho tấm sàn:*

### b. Cấu tạo vị trí neo giữ trên cấu kiện

### c. Cấu tạo các vị trí đặc biệt

## 2.2.3. Bố trí cốt thép thường trong kết cấu bê tông UST

## CHƯƠNG 3

# QUY TRÌNH THI CÔNG CỐT THÉP TẠO ỨNG SUẤT TRƯỚC

### 3.1. CHUẨN BỊ VẬT LIỆU VÀ THIẾT BỊ THI CÔNG

#### 3.1.1. Chuẩn bị vật liệu

- Thép ứng suất trước (UST):
- Neo:
- Ống gen tạo đường cáp:
- Chân chống đường cáp:
- Ống nối ống gen:
- Khuôn neo:
- Van bơm vữa:
- Vòi bơm vữa:
- Băng keo:
- Hỗn hợp vữa bơm:

#### 3.1.2. Chuẩn bị thiết bị

- Kích thủy lực:
- Máy bơm thủy lực:
- Kích tạo đầu neo chết:
- Máy trộn vữa:
- Máy bơm vữa:

### 3.2. QUY TRÌNH THI CÔNG

#### 3.2.1. Quy trình thi công cốt thép tạo ứng suất trước theo phương pháp căng trước

- Trình tự thi công: Căng cốt thép tạo UST → đổ bê tông → đợi cho bê tông đạt đến một cường độ nhất định → xả căng → tháo rời cốt bỏ phần cốt thép bên ngoài cấu kiện.

- Quy trình thi công: Theo sơ đồ công nghệ (hình 3.1.)

**a. Kiểm tra bộ tỳ và lắp đặt cốt thép tạo UST căng trước**

\* Chọn loại bộ tỳ để thi công:

\* Kiểm tra và làm vệ sinh bộ tỳ:

\* Gia công và lắp đặt cốt thép thường và cốt thép UST:

**b. Quy trình kéo căng cốt thép tạo ứng suất trước**

\* Kéo căng thép thanh:

- Trường hợp kéo từng thanh: Từng thanh đơn có thể được kéo bằng các thanh kéo có răng (dẫn động bằng điện) hoặc kéo bằng các tời điện với lực kéo khoảng 10 kN. Đối với thép thanh có ngắn thì lực kéo có thể lên tới 20 kN ~ 30 kN.

- Trường hợp kéo đồng loạt một lần: Ta có hai bản thép để rải chia thép. Một bản thép dùng để nẹp giữ thép bằng cách tán đầu và kẹp chặt ở gối tỳ. Đầu thép còn lại (trên bản còn lại) được gắn với bản thép. Bản thép được kích kéo căng là bản thép di động (kích kéo căng cả bản thép và các sợi thép được kéo căng).

\* Kéo căng sợi cáp thép:

- Trường hợp kéo từng sợi: Cáp được cố định riêng lẻ cho từng sợi trên hai dầm ngang.

Đối với dầm hộp UST kéo sợi cáp ở giữa trước, sau đó mới kéo dãn ra hai phía (hai bên) đối xứng nhau.

- Trường hợp kéo đồng loạt một lần: Dùng ba dầm ngang sắt hình tỳ lên các mô và dùng kích kéo các cáp UST cùng một lần.

\* Trình tự kéo căng cáp thép:

- Trường hợp kéo từng sợi: Kéo từ 0 đến  $\sigma_{con}$  ( $\sigma_{con}$ : ứng suất khống chế đối với cốt thép UST) rồi neo kẹp chặt (khóa lại).

- Trường hợp kéo đồng loạt một lần: Kéo từ 0 đến hiệu chỉnh ứng suất ban đầu, sau đó kéo đến  $\sigma_{con}$  và neo kẹp chặt (khóa lại).

\* Kiểm tra hiệu chỉnh lại giá trị ứng suất kéo:

- Kiểm tra giá trị UST chủ yếu kiểm tra độ giãn dài, độ giãn dài nhỏ hơn 6%. Chỉ đo kiểm tra sau khi đã kẹp chặt khóa đầu thép kéo.

Bảng 3.1. Giá trị thiết kế quy định khi đo kiểm tra UST của sợi thép.

Phương pháp kéo căng		Giá trị đo kiểm tra
Kéo căng sợi dài		0,94 $\sigma_{con}$
Kéo căng sợi ngắn	Dài 4m	0,91 $\sigma_{con}$
	Dài 6m	0,93 $\sigma_{con}$

*\* Một số điểm cần chú ý khi kéo căng:*

**c. Quy trình xả căng cốt thép ứng suất trước**

- Khi xả căng cho cốt thép UST, cường độ của bê tông phải phù hợp với yêu cầu thiết kế. Trường hợp thiết kế không yêu cầu thì việc xả căng cốt thép được thực hiện khi cường độ bê tông đạt trên 80%.

- Trình tự xả căng theo quy định của thiết kế. Nếu thiết kế không có quy định hướng dẫn thì nên tiến hành theo các bước sau đây:

+ Đối với các cấu kiện chịu nén đúng tâm thì tất cả các cốt thép UST nên đồng thời xả căng một lần.

+ Đối với các cấu kiện chịu nén lệch tâm, đầu tiên nên xả căng đồng thời cốt thép tại vùng có lực gây nén UST nhỏ sau đó sẽ đồng thời xả căng cho cốt thép UST tại vùng có lực gây nén UST lớn.

+ Nếu không thỏa mãn hai điều kiện trên thì nên xả căng theo gián đoạn, đối xứng, qua tâm ... để tránh sự uốn cong của cấu kiện cũng như tránh làm nứt gãy cấu kiện hoặc đứt cốt thép UST.

- Công tác xả căng cốt thép nên tiến hành chậm, tránh va đập.

- Trong một bãi nên tiến hành từ giữa ra hai bên.

- Đối với từng tấm cấu kiện nên xả căng từ ngoài vào trong.

*\* Những điểm cần chú ý khi xả căng:*



### 3.2.2. Quy trình thi công cốt thép tạo ứng suất trước theo phương pháp căng sau

- Quy trình thi công: Theo sơ đồ công nghệ (hình 3.11.)

#### a. Lắp đặt đầu neo sống

- Khi lắp đế neo, phải chừa lỗ gắn vòi bơm vữa.

- Trục của đế neo phải lắp trùng với trục đường cáp. Vị trí đế neo và khuôn neo được bịt kín bằng băng keo để không cho vữa bê tông rò rỉ vào.

#### b. Lắp đặt ống gen (chừa đường lỗ) để tạo đường cáp UST

\* *Xác định chiều dài ống gen để cắt cho đường cáp:*

- Chiều dài ống gen của đường cáp được cắt thực tế:

$$L_2 = L_1 - L_0 - 500 \text{ (mm)}.$$

Trong đó:  $L_1$ - Chiều dài của sợi cáp thực tế trong đường cáp được cắt.

$L_0$ - Chiều dài đầu neo chết khoảng 850mm.

500- Chiều dài sợi cáp phục vụ cho việc kéo căng

- Do chiều dài của mỗi ống gen có giới hạn (4 ~ 6m) nên chiều dài ống gen của đường cáp thường được ghép nhiều đoạn bằng ống nối và được gắn chặt, kín bằng băng keo dính.

\* *Lắp đặt ống gen:*

- Lắp đặt ống gen tròn: (Thường áp dụng cho dầm)

+ Lắp đặt ống gen tròn để tạo đường lỗ chừa sẵn để luồn cốt thép UST.

- Lắp đặt ống gen dẹt: (Thường áp dụng cho sàn)

+ Ống gen dẹt có thể luồn cáp trước hoặc sau khi thi công bê tông. Đối với ống gen cho sàn thường được luồn cáp trước khi lắp đặt vào vị trí.

- Tiến hành lắp đặt:

+ Công tác lắp đặt đường cáp bắt đầu khi lớp thép dưới của sàn hoàn thành hoặc có những qui định khác của tư vấn giám sát.

+ Vị trí và cao độ của đường cáp phải được xác định, đánh dấu ở ván khuôn đáy bằng sơn dọc theo chiều dài của đường cáp như bản vẽ thi công.

+ Tiến hành rải các đường cáp vào đúng vị trí như trên bản vẽ thi công.

+ Những vị trí giao nhau của đường cáp theo phương ngang và phương dọc phải kiểm tra đường nào nằm trên, đường nào nằm dưới cẩn thận.

+ Đặt đầu neo chết của đường cáp vào đúng vị trí, đầu còn lại của đường cáp được luồn vào đầu neo sống đã được định vị sẵn.

+ Tại vị trí tiếp giáp đầu neo sống với ống gen được liên kết bằng ống nối đầu sống và được gắn chặt, kín bằng băng keo dính.

+ Tại vị trí nối các đoạn ống gen với nhau được liên kết bằng ống nối ống gen và được gắn chặt, kín bằng băng keo dính.

+ Tại vị trí tiếp giáp đầu neo chết với ống gen được liên kết bằng ống nối đầu chết và được gắn chặt, kín bằng băng keo dính.

*\* Lắp đặt lỗ bơm chèn vữa, lỗ thoát khí và ống rỉ nước:*

### **c. Gia công cốt thép ứng suất trước – Đầu neo cố định**

*\* Cắt cốt thép:*

*\* Gia công đầu neo cố định cáp thép:*

- Gia công đầu neo cố định bằng dụng cụ ép chèn:

- Gia công đầu neo cố định bằng dụng cụ ép lồng quả trám (quả lê):

### **d. Luồn cốt thép UST**

*\* Chọn thời điểm luồn bó thép ứng suất trước:*

Căn cứ vào quan hệ trước sau giữa việc luồn bó thép và đổ bê tông mà có thể phân ra hai trường hợp: Luồn (bó thép) trước và luồn (bó thép) sau.

- Phương pháp luồn trước: Áp dụng trường hợp kéo căng 1 đầu hoặc kéo căng 2 đầu.

- Phương pháp luồn sau: Áp dụng trường hợp kéo căng 2 đầu.

*\* Phương pháp luồn bó thép:*

Căn cứ vào số lượng luồn thép một lần mà ta phân ra hai trường hợp: Luồn cả bó và luồn từng sợi.

Đối với bó sợi thép thì người ta thường luồn cả bó.

Đối với cáp thép thì người ta có thể luồn cả bó hay luồn từng sợi riêng lẻ. Việc luồn cả bó có thể thực hiện bằng tay hoặc bằng máy.

#### ***e. Cố định đầu neo chết***

- Áp dụng cho trường hợp kéo căng một đầu.

- Phần đầu rời ở đầu neo chết được cố định bằng kẹp buộc.

- Trục đầu neo chết phải được đặt trùng với trục của đường cáp.

#### ***f. Quy trình kéo căng cốt thép ứng suất trước***

*\* Công tác chuẩn bị:*

*\* Phương pháp căng cốt thép ứng suất trước:*

- Thông thường có 6 phương pháp kéo căng thép sau đây:

+ Phương pháp kéo một đầu: Áp dụng khi cốt thép dài khoảng 30m trở xuống ( $\leq 30\text{m}$ ) ở dạng đường thẳng và cũng áp dụng cho cốt thép đường cong mà độ dài ảnh hưởng tổn thất do neo  $L_i \geq 0,5L$  ( $L$  là chiều dài của cốt thép UST). Trong một số trường hợp việc kéo một đầu được thực hiện theo yêu cầu của thiết kế.

+ Phương pháp kéo hai đầu: Áp dụng khi cốt thép dài trên 30m ( $> 30\text{m}$ ) ở dạng thẳng và những cốt thép dạng đường cong có chiều dài ảnh hưởng tổn thất do neo giữ  $L_i < 0,5L$ .

+ Phương pháp kéo từng đợt: Đối với cấu kiện có nhiều bó cốt thép UST. Do tính co nén của bê tông mà khi căng kéo bó thép của đợt sau sẽ làm tổn thất UST của bó thép đợt trước cho nên khi kéo bó cốt thép đợt đầu ta cần gia tăng thêm lực bằng giá trị tổn thất co nén đàn hồi nói trên.

+ Phương pháp kéo từng đoạn: Áp dụng cho trường hợp thi công dầm liên tục hoặc tấm sàn nhiều nhịp liên tục. Sau khi kéo căng thép UST của nhịp này rồi mới tiếp tục nhịp sau. Ta thực hiện kéo căng cho một nhịp và neo giữ cố định nó – tiếp đến, lợi dụng ở đầu neo giữ cố định của nhịp trước, ta nối dài đoạn kế tiếp và kéo căng cho nhịp kế tiếp... Cứ như thế cho đến khi xong.

+ Phương pháp kéo theo giai đoạn: Phương pháp kéo theo giai đoạn là cách để khống chế ứng suất trong thớ tại bụng dầm và trên gối dầm. Với phương pháp này người ta dễ dàng khống chế ứng suất, độ võng và độ vòng và tiết kiệm được vật tư.

+ Phương pháp kéo bù: Sau khi kết thúc tổn thất UST ban đầu, ta tiến hành kéo căng tạo UST lại gọi là phương thức kéo bù. Phương pháp này sẽ khắc phục được tổn thất do co nén đàn hồi, giảm bớt tổn thất chùng ứng lực của cốt thép và giảm thiểu tổn thất từ biến của bê tông nhằm đảm bảo kết quả UST cho giai đoạn về sau.

*\* Trình tự kéo căng cốt thép UST:*

Thực hiện kéo căng cốt thép UST theo một thứ tự quy định và khoa học nhằm tránh các sự cố đáng tiếc xảy ra như: Phát sinh siêu ứng suất trong bê tông, cấu kiện bị xoắn vặn hoặc cong vênh v.v... Một nguyên tắc quan trọng để tránh các sự cố đáng tiếc nói trên là thực hiện kéo căng đối xứng. Bên cạnh đó cũng lưu ý đến việc giảm tối đa sự di chuyển và số lần di chuyển các thiết bị kéo căng thép.

- Thứ tự kéo căng các bó cáp của dầm (đường cáp kiểu tròn):

+ Các bước thực hiện kéo căng: Có 2 cách

Cách 1. Kéo căng cáp được thực hiện cùng lúc cho các sợi cáp của mỗi bó cáp bằng kích kéo cáp nhiều sợi. Cách này thường áp dụng đối với những đường cáp có đầu neo kéo nằm trong khoảng không gian rộng rãi. Quá trình kéo căng tiến hành như sau:

Kích được luồn qua sợi cáp, ép sát vào mặt khóa neo rồi tiến hành kéo căng.

Kéo thử chùng với áp lực kéo của đồng hồ là: 5Mpa

Hồi kích về bằng cách giảm áp lực xuống bằng 0, tháo kích thủy lực ra khỏi bó cáp và xịt sơn cho các sợi cáp trong bó cáp.

Lắp đặt lại kích ép sát vào mặt khóa neo và tăng tải trọng lên từ từ cho tới khi đạt giá trị khủ chùng. Lúc này bắt đầu ghi chép lại giá trị độ giãn dài của cáp bằng thước gắn trên đầu cáp cuối kích kéo căng (thước này không gắn trực tiếp trên kích).

Gia tăng tải trọng lên từ từ, ghi lại giá trị độ giãn dài đo trên sợi cáp ứng với mỗi bước tăng lực lên 5Mpa đọc trên đồng hồ đo. So sánh với giá trị độ giãn dài theo thiết kế, nếu độ giãn dài thực tế không nằm trong giới hạn cho phép thì ngừng việc kéo căng và chờ xử lý của thiết kế và tư vấn giám sát. Nếu độ giãn dài thực tế nằm trong giới hạn cho phép thì đạt yêu cầu.

Lặp lại các bước như trên cho các bó cáp tiếp theo.

Cách 2. Kéo căng cáp được thực hiện bằng cách kéo từng sợi cáp bằng kích kéo cáp một sợi cho từng bó cáp. Cách này thường áp dụng đối với những đường cáp có đầu neo kéo nằm trong khoảng không gian chật hẹp. Cách 2 thường được sử dụng nhiều hơn. Quá trình kéo căng tiến hành như sau:

Kích được luồn qua sợi cáp, ép sát vào mặt khóa neo rồi tiến hành kéo căng.

Kéo thử chùng cho tất cả các sợi cáp trong bó cáp với áp lực kéo của đồng hồ là: 5 Mpa

Xịt sơn cho cả bó cáp.

Sau đó kéo 50% lực kéo thiết kế cho tất cả các đường cáp.

Tiếp theo kéo 100% lực kéo thiết kế cho tất cả các đường cáp.

Hồi kích về bằng cách giảm áp lực xuống bằng 0, tháo kích thủy lực ra khỏi sợi cáp vừa kéo.

Lặp lại các bước như trên cho các sợi cáp tiếp theo của bó cáp đó.

+ Ghi lại tên, lực kéo căng và độ giãn dài của đường cáp vào báo cáo kéo căng tại hiện trường.

+ Cáp thừa ngoài đầu neo sẽ không được cắt cho đến khi có sự đồng ý của tư vấn giám sát.

- Thứ tự kéo căng các sợi cáp trong sàn (đường cáp kiểu dệt):

+ Các bước thực hiện kéo căng:

Kéo căng cáp được thực hiện từng sợi một tại mỗi đường cáp.

Kích được luồn qua sợi cáp, ép sát vào mặt khóa neo rồi tiến hành kéo căng.

Kéo thử chùng với áp lực kéo là 5 Mpa. Xịt sơn cho từng sợi cáp.

Tiến hành kéo 50% lực kéo thiết kế cho đường cáp, không phân biệt dải cột hay dải nhịp.

Sau đó kéo tiếp 100% lực kéo thiết kế trên cùng một bó cáp cho tất cả các đường cáp, không phân biệt dải cột hay dải nhịp.

Hồi kích về bằng cách giảm áp lực xuống bằng 0, tháo kích thủy lực ra khỏi sợi cáp vừa kéo. Sau đó tiến hành đo độ giãn dài thực tế của cáp khi kéo đến 100% lực kéo thiết kế.

Lặp lại các bước như trên cho các sợi cáp tiếp theo.

+ Ghi lại tên, lực kéo căng và độ giãn dài của đường cáp vào báo cáo kéo căng tại hiện trường.

+ Cáp thừa ngoài đầu neo sẽ không được cắt cho đến khi có sự đồng ý của tư vấn giám sát.

*\* Tính toán độ giãn dài thực tế báo cáo kết quả kéo căng:*

**g. Quy trình chèn vữa cho đường lỗ luồn thép UST (Thi công cốt thép UST có dính kết)**

- Sau khi căng thép UST xong, tiến hành chèn đầy đường lỗ để bảo vệ cho cốt thép đồng thời tăng sự kết dính hữu hiệu giữa cốt thép và bê tông của cầu kiện. Mặt khác còn có tác dụng không chế sự xuất hiện các vết nứt cũng như chiều rộng của vết nứt khi quá tải.

- Công tác bơm chèn đầy vữa phải tiến hành ngay sau khi công việc kéo căng thép hoàn thành và đã được nghiệm thu hoàn công.

*\* Vữa chèn:*

*\* Các thiết bị sử dụng để bơm chèn vữa:*

*\* Công nghệ bơm phụt vữa:*

**h. Quy trình thi công cốt thép tạo UST không dính kết**

*\* Lắp đặt cốt thép:*

*\* Cố định chặt đầu kéo:*

*\* Quy trình kéo căng:*

*\* Trám, bịt đầu lỗ neo chống xâm thực:*

### **3.3. SỰ CÓ TRONG THI CÔNG VÀ PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ SỰ CÓ**

**3.3.1. Vỡ bê tông tại đầu neo khi kéo căng**

**3.3.2. Đứt cáp**

**3.3.3. Tuột nê**

**3.3.4. Nghẽn ống**

**3.3.5. Độ giãn dài thực tế sai lệch so với lý thuyết**

### **3.4. QUY TRÌNH KIỂM TRA VÀ NGHIỆM THU**

**3.4.1. Quy trình kiểm tra**

**a. Kiểm tra vật liệu ứng suất trước**

- Đối với cốt thép kéo căng là: Xuất xứ, chủng loại, kiểu cách, đường kính, giới hạn bền, giới hạn chảy, độ dẫn dài khi kéo đứt, mô đun đàn hồi, độ rão, khả năng chống mối.

- Đối với neo và bộ nối UST là: Xuất xứ, kiểu cách, cường độ, hiệu suất, khả năng chống mối, độ tụt neo khi đóng.

- Đối với ống gen: Xuất xứ, vật liệu, kiểu cách, đường kính trong, đường kính ngoài, độ cứng, độ khí.

- Thí nghiệm kiểm tra chất lượng các vật liệu đưa vào sử dụng.

**b. Kiểm tra công tác thi công cốt thép ứng suất trước**

\* *Kiểm tra công tác gia công và lắp đặt cốt thép kéo căng:*

\* *Kiểm tra công tác kéo căng cốt thép ứng suất trước:*

- Thiết bị kéo căng:

- Quy trình kéo căng và đo lực kéo:

\* *Kiểm tra công tác bơm vữa và bịt đầu neo:*

- Công tác bơm vữa:

- Bịt đầu neo và hoàn thiện công tác thi công ứng suất trước:

**3.4.2. Quy trình nghiệm thu**

- Căn cứ vào TCVN4453:1995, kết cấu BT và BTCT toàn khối.

- Nghiệm thu kết cấu bê tông UST ngoài các yêu cầu trên còn phải có các tài liệu nghiệm thu sau:

+ Các chứng chỉ hợp chuẩn chất lượng của vật liệu UST;

+ Kết quả thí nghiệm các vật liệu UST, vữa, bê tông;

+ Phiếu kiểm định thiết bị thi công UST;

+ Báo cáo bảng ghi kết quả kéo căng của tất cả các bó thép;

+ Báo cáo kết quả bơm vữa (trường hợp căng sau có bảm dính).



## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

- Bê tông UST là sự kết hợp một cách có hiệu quả khả năng của các vật liệu cường độ cao và tạo ra cho kết cấu một cách có chủ ý các UST nhằm tăng cường sự làm việc của vật liệu trong các điều kiện sử dụng khác nhau, do vậy có nhiều ưu điểm so với BTCT. Việc ứng dụng bê tông UST vào các công trình xây dựng là rất cần thiết, đặc biệt là với các công trình nhịp lớn, chịu tải trọng nặng và các cấu kiện có độ mảnh cao.

- Quá trình thi công cần lưu ý một số nội dung sau:

+ Áp dụng quy trình thi công BTCT UST sẽ đẩy nhanh tiến độ thi công so với BTCT thường, tăng tính hiệu quả về điều kiện sử dụng và kinh tế.

+ Để có được kết quả tốt trong quá trình thi công cần kiểm soát chặt chẽ các khâu trong quá trình thi công bê tông cốt thép UST, đặc biệt là quá trình lắp đặt cáp và quá trình kéo căng cốt thép UST.

+ Ngoài ra cần lưu ý một số sự cố thường gặp trong quá trình thi công BTCT UST, từ đó tìm ra nguyên nhân và đưa ra biện pháp khắc phục và xử lý phù hợp, đúng quy trình và đạt chất lượng.

### 2. Kiến nghị

*\* Đối với công tác thiết kế:*

- Chọn loại hình kết cấu để áp dụng cốt thép ứng suất trước cho dầm, sàn trong công trình dân dụng nhiều tầng.

- Chọn phương pháp căng cho thi công thép ứng suất trước cho các loại cấu kiện (ví dụ dầm có  $b=?$ ,  $h=?$  thì chọn cáp có bám dính; Dầm có  $b=?$ ,  $h=?$  thì chọn ứng suất ngoài; Cấu kiện sàn có  $h=?$  thì chọn cáp không bám dính; Chọn loại cáp, đường kính cáp, nê, ...).

- Tính tổn hao ứng suất và biến dạng của cấu kiện khi căng thép, từ đó đưa ra quy trình giám sát thi công.

*\* Đối với công tác thi công:*

- Chọn phương pháp cố định quỹ đạo cáp UST (đánh dấu vị trí cáp, vị trí đặt gối đỡ, gối đỡ đặt đúng theo quỹ đạo cáp và cố định cáp chắc chắn).

- Xác định trình tự và cấp kéo thép cho từng cấu kiện.

- Đặt máy quan trắc độ võng của cấu kiện khi kéo, từ đó suy ra tình hình ứng suất trong bê tông.

- Đánh dấu đầu sợi thép sau khi kéo để theo dõi tình hình tụt neo hay chùng cáp.

- Thời gian theo dõi biến dạng bê tông sau khi căng để cảnh báo trong quá trình bảo hành, bảo trì kết cấu BTCT ứng suất trước.