

# NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG KẾT CẤU BTCT ỨNG SUẤT TRƯỚC TRONG CÔNG TRÌNH BẾN CẠP TÀU DẠNG CẦU TÀU ĐÀI CAO THE APPLICATION OF PRE-STRESSED REINFORCED CONCRETE STRUCTURE ON PILE WHARF

Lâm Văn Phong và. Đoàn Đình Tuyết Trang

Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa T.p HCM

## BẢN TÓM TẮT

Kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước (BTCTUST) ra đời từ khá lâu và được ứng dụng rất phổ biến ở các nước tiên tiến. Ở nước ta việc chế tạo kết cấu BTCTUST với qui mô công nghiệp mới được áp dụng cách đây hơn chục năm và đang phát triển mạnh. Tuy nhiên một số kỹ sư xây dựng hiện nay chưa hiểu rõ bản chất của việc gây ứng suất trước trong kết cấu bê tông cốt thép (BTCT), lúc nào cũng cho rằng cấu kiện BTCTUST là hơn hẳn cấu kiện BTCT thông thường. Bài báo này trình bày ngắn gọn về bản chất của việc gây ứng suất trước trong kết cấu BTCT và khả năng ứng dụng của chúng trong công trình bến cạp tàu dạng cầu tàu đài cao.

## ABSTRACT

Pre-stressed Reinforced Concrete (PRC) structure is used very popular in modern countries for along time. In Vietnam, the manufacturing industry of PRC has been formed for ten years; and it is developing strong. However, some civil engineers did not understand clearly the essence of the cause of pre-stressed in reinforced concrete (RC) structure. Thus, they always think that PRC structure is better than RC one. This paper presents briefly the essence of PRC structure and its application on the pile wharf.

### 1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KẾT CẤU BTCT ỨNG SUẤT TRƯỚC

#### 1.1. Đặc điểm của kết cấu BTCT

##### 1.1.1. Đặc điểm chịu lực của bê tông

Về mặt chịu lực, khả năng chịu nén của bê tông khá lớn, trong khi đó khả năng chịu kéo của nó lại nhỏ, chỉ bằng khoảng 1/10 – 1/15 so với khi chịu nén. Khi trong kết cấu bê tông có phát sinh một ứng suất kéo nhỏ cũng dễ dàng gây nứt kết cấu. Tại vùng xuất hiện vết nứt bê tông không còn khả năng chịu kéo. Vì lý do này mà kết cấu bê tông nhanh chóng bị phá hoại khi chịu uốn hoặc kéo.

##### 1.1.2. Đặc điểm chịu lực của cốt thép

Về mặt chịu lực, thép làm cốt cho kết cấu BTCT có khả năng chịu kéo và nén xấp xỉ nhau. Khả năng chịu kéo, nén của cốt thép lớn hơn khả năng chịu nén của bê tông hàng chục, thậm chí đến hàng trăm lần. Tuy nhiên do độ mảnh của thanh cốt thép trong cấu kiện rất lớn nên nếu đứng riêng một mình thì một lực nén nhỏ cũng có thể làm cho nó bị mất ổn định. Cũng dễ thấy rằng nếu đứng riêng một mình thì khung cốt thép nhanh chóng bị phá hoại khi chịu uốn hoặc nén.

##### 1.1.3. Đặc điểm chịu lực của kết cấu BTCT

Khi kết hợp hai vật liệu bê tông và cốt thép vào chung một kết cấu một cách hợp lý thì khả năng chịu lực của bê tông và cốt thép được cải thiện đáng kể. Kết cấu có thể chịu được kéo, nén và uốn (phần ứng suất kéo do cốt thép chịu, còn phần ứng suất nén do bê tông chịu, trong trường hợp cần thiết cốt thép có thể cùng chịu nén với

bê tông). Khi kết cấu chịu kéo và uốn, phần bê tông trong kết cấu phát sinh các vết nứt làm giảm khả năng chống ăn mòn của kết cấu, từ đó làm giảm tuổi thọ của kết cấu, nhất là trong các môi trường ăn mòn mạnh.

## **1.2. Mục đích của việc gây ứng suất trước trong kết cấu BTCT và các đặc điểm của kết cấu BTCTUST**

Để khắc phục nhược điểm này của kết cấu BTCT, người ta sử dụng các biện pháp để nén trước bê tông sao cho ở điều kiện khai thác, trong phần bê tông không xuất hiện ứng suất kéo (hoặc nếu có xuất hiện thì giá trị nhỏ, chỉ có khả năng gây những vết nứt bề rộng không đáng kể). Cách làm này gọi là gây ứng suất trước trong kết cấu BTCT. Khi được nén trước, bê tông trở nên chặt hơn, kéo theo độ cứng lớn hơn và có khả năng chống thấm cao hơn. Ngoài ra tính chống mỏi của kết cấu cũng được nâng cao khi làm việc với tải trọng lặp lại ([1] p.221)

Mục đích chính của việc gây ứng suất trước là làm giảm đến mức tối đa các vết nứt có khả năng xuất hiện trong kết cấu BTCT, tăng khả năng chống ăn mòn của kết cấu, từ đó đảm bảo được tuổi thọ của kết cấu, nhất là trong các môi trường ăn mòn mạnh.

Có ý kiến cho rằng việc gây ứng suất trước trong kết cấu BTCT còn nhằm mục đích làm giảm biến dạng của cấu kiện (như độ võng của dầm,...) khi chịu lực. Theo chúng tôi việc giảm biến dạng của cấu kiện khi chịu lực chỉ là hệ quả (chứ không phải là mục đích) của việc gây ứng suất trước trong kết cấu BTCT.

Tuy nhiên cần lưu ý là việc gây ứng suất trước còn có thể gây ra các ứng suất kéo không mong muốn trong kết cấu, nhất là khi gây ứng suất trước không đối xứng trong tiết diện của kết cấu. Ngoài ra nó cũng có thể gây ra các vết nứt cục bộ trong kết cấu nếu việc nén trước thực hiện không hợp lý. Mặt khác, công nghệ tạo ứng suất trước đòi hỏi phải có thiết bị đặc biệt, công nhân có tay nghề cao, việc kiểm tra qui trình phải chặt chẽ, nếu không có thể gây tuột cốt thép (do bung neo hoặc mất lực dính với BT,...) và gây mất an toàn lao động.

## **1.3. Các phương pháp gây ứng suất trước trong kết cấu BTCT**

### **1.3.1. Phương pháp căng trước**

Khi chế tạo cấu kiện BTCTUST người ta tiến hành kéo căng cốt thép trong suốt quá trình đổ bê tông, đồng thời duy trì lực căng đó trong cả quá trình dưỡng hộ bê tông. Người ta chỉ ngừng kéo căng cốt thép (buông cốt thép) khi cường độ chịu nén của bê tông đạt một giá trị nhất định nào đó.

### **1.3.2. Phương pháp căng sau**

Khi chế tạo cấu kiện BTCTUST người ta tiến hành đúc cấu kiện bê tông như thông thường nhưng chừa sẵn các lỗ (hoặc rãnh) để sau này, khi bê tông đạt đủ cường độ chịu nén qui định, người ta luồn cốt thép qua các lỗ này và kéo căng chúng. Sau khi liên kết cứng các cốt thép vào cấu kiện bê tông thì người ta ngừng kéo căng cốt thép. Sau đó người ta bơm vữa vào các lỗ để chèn kín khoảng hở quanh cốt thép.

## **1.4. Các điều kiện để sử dụng kết cấu BTCTUST**

### **1.4.1. Khả năng về vật liệu**

Vì bê tông luôn bị nén trước nên so với bình thường (không bị nén trước), khả năng chịu nén của bê tông bị giảm yếu (ngược lại, khả năng chịu kéo của bê tông được tăng lên). Vì lý do đó người ta khuyến nghị sử dụng bê tông mác cao để việc gây ứng suất trước còn có ý nghĩa.

Vì cốt thép luôn bị căng trước nên so với bình thường (không bị căng trước), khả năng chịu kéo của cốt thép bị giảm yếu. Đồng thời khả năng chịu kéo của cốt thép không được suy giảm nhiều theo thời gian, độ dãn dài của nó cũng không được tăng nhiều theo thời gian. Vì những lý do đó người ta khuyến nghị sử dụng cốt thép cường độ cao loại đặc biệt để việc gây ứng suất trước còn có ý nghĩa.

### **1.4.2. Khả năng về công nghệ**

Để có thể gây ứng suất trước trong kết cấu BTCT đòi hỏi phải có thiết bị kéo căng, cố định cốt thép và qui trình thi công tương ứng với thiết bị đó.

Thông thường:

- Phương pháp căng trước thích hợp để chế tạo các cấu kiện đúc sẵn (ở nhà máy hoặc ở công trường), sau đó mới lắp đặt chúng vào vị trí thiết kế.
- Phương pháp căng sau thích hợp cho cả cấu kiện đúc sẵn và đúc tại chỗ, việc kéo căng cốt thép thường tiến hành khi các cấu kiện đã ở vào vị trí thiết kế.

### 1.4.3. Tình hình chịu lực của kết cấu và môi trường xung quanh

Không phải kết cấu BTCT nào cũng cần gây ứng suất trước, nói cách khác việc gây ứng suất trước chỉ có hiệu quả đối với một số kết cấu hoặc một số trường hợp chịu lực của kết cấu.

Từ mục đích của việc gây ứng suất trước cho kết cấu BTCT ta nhận thấy:

- Đối với các kết cấu chịu nén đúng tâm và lệch tâm bé thì việc gây ứng suất trước là bất lợi, chẳng những không cần thiết mà còn làm giảm yếu khả năng chịu lực của kết cấu.
- Đối với các kết cấu chịu nén lệch tâm lớn, chịu uốn, chịu kéo thì việc gây ứng suất trước nói chung là có lợi.

Muốn biết có nên gây ứng suất trước cho kết cấu BTCT nào đó hay không ta cần biết tình hình chịu lực của kết cấu và độ ăn mòn của môi trường xung quanh.

Có thể nói tình hình chịu lực tổng quát của kết cấu được thể hiện qua các biểu đồ bao nội lực của nó. Nhờ biểu đồ bao nội lực ta có thể xác định được đâu là vùng bê tông chịu kéo và giá trị lớn nhất của ứng suất kéo của kết cấu là bao nhiêu. Từ đó xác định vị trí và tiết diện cần thiết của cốt thép gây căng trước.

Trường hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu đổi chiều, một vùng xác định của bê tông có lúc chịu nén, có lúc chịu kéo. Khi đó cần cân nhắc về lợi ích và bất lợi của việc gây ứng suất trước mang đến cho kết cấu mà quyết định có nên dùng kết cấu BTCTUST hay không.

## 2. NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG KẾT CẤU BTCTUST TRONG CÔNG TRÌNH BẾN CẬP TÀU DẠNG CẦU TÀU ĐÀI CAO

### 2.1. Giới thiệu công trình bến cập tàu dạng cầu tàu đài cao điển hình

Công trình bến cập tàu là nơi diễn ra các hoạt động chính của cảng như cập bến và rời bến (của tàu); bốc hàng từ tàu lên bến và xếp hàng từ bến xuống tàu; chuyển hàng hóa từ bến ra các kho bãi sau bến và ngược lại;...

Kết cấu bến cập tàu dạng cầu tàu đài cao điển hình gồm các bộ phận chính là nền cọc và đài cọc.

Đài cọc thuộc loại đài cao, thường bao gồm cả các kết cấu chịu lực va tàu, tựa tàu và neo tàu. Đài cọc còn đảm đương việc tiếp nhận các tải trọng do phương tiện bốc xếp, vận chuyển, kê cả các hàng hóa đặt tạm trên bến. Toàn bộ các tải trọng (tĩnh tải và hoạt tải) theo cả phương đứng và phương ngang được đài cọc truyền xuống đất nền thông qua hệ cọc bên dưới đài (gọi là nền cọc). Nền cọc lại thường xuyên tiếp xúc với nước – môi trường ăn mòn mạnh – nên tuổi thọ của công trình chủ yếu phụ thuộc vào tuổi thọ của nền cọc.

Trong công trình cảng, ngoài công trình bến cập tàu còn có thể gặp dạng cầu tàu đài cao ở các trụ va tàu, trụ neo tàu,...

### 2.2. Những vấn đề kỹ thuật cần quan tâm

Đặc điểm của công trình bến cập tàu là thường chạy dài theo tuyến và có mặt cắt ngang hầu như giống nhau nên có thể đưa về bài toán phẳng để tính toán cho đơn giản. Sơ đồ tính thường là hệ khung phẳng trong đó cọc và nền đất được thay bằng hệ thanh tương đương (có phương thẳng đứng hoặc xiên theo trục cọc), đài được thay bằng các dầm tương đương (thường là các thanh ngang). Liên kết giữa các thanh và dầm thường là các liên kết cứng.

Ở VN, hệ cọc (BTCT) thường được đúc sẵn và hạ xuống đất nền bằng phương pháp chấn động (đóng bằng búa); phần đài BTCT (gồm hệ dầm và bản) được đúc tại chỗ. Nếu cọc được gây ứng suất trước và được hạ xuống đất nền bằng phương pháp chấn động thì cấu kiện này rất dễ bị phá hoại đột ngột (gãy) trong quá trình đóng cọc.

### 2.3. Tải trọng và tác động tác dụng lên kết cấu

Tải trọng và tác động tác dụng lên kết cấu khá đa dạng, ở đây tạm không xét đến tác động do nhiệt độ và các yếu tố khác, chỉ xét đến các loại tải trọng tác dụng lên kết cấu.

Tải trọng bản thân kết cấu: bao gồm trọng lượng bản thân của các cấu kiện chính như cọc, dầm, bản; của các lớp phủ mặt (bê tông nhựa đường,...); của các thiết bị đặt cố định trên bển (đệm va, khung đỡ băng chuyên,...). Tải trọng này luôn có phương thẳng đứng hướng theo chiều của trọng lực.

Tải trọng do tàu bè tác dụng lên kết cấu: gồm các lực neo tàu, tựa tàu và va tàu. Trừ lực neo tàu còn có thành phần theo phương thẳng đứng, tất cả các lực đều nằm trong mặt phẳng nằm ngang. Nếu xét trong mặt phẳng khung ngang tính toán thì lực va tàu và lực tựa tàu hướng từ phía nước vào trong bờ, lực neo tàu hướng theo chiều ngược lại, từ trong bờ ra phía nước. Các lực này có đặc điểm không bao giờ xuất hiện đồng thời trong kết cấu, tại mỗi thời điểm chỉ có thể xảy ra một trường hợp lực mà thôi (không xét đối với trường hợp nhiều tàu cùng tương tác với bển).

Tải trọng do các phương tiện bốc xếp trên bển (hầu hết là cần trục) và tải trọng do các phương tiện vận chuyển trên bển (như ô tô, xe nâng hàng, đầu kéo,...) có vị trí và giá trị thay đổi theo thời gian, thường thành phần thẳng đứng hướng theo chiều trọng lực là quan trọng nhất (có ảnh hưởng đến kết cấu nhiều nhất).

Tải trọng do hàng hóa chất tạm trên bển cũng là loại hoạt tải có vị trí và giá trị thay đổi theo thời gian, hướng theo chiều của trọng lực. Độ lớn của nó có thể lên đến cả trăm kN/m<sup>2</sup>.

Khả năng kết hợp của các trường hợp tải cũng khá đa dạng vì các hoạt tải biến thiên khá nhiều, cả về vị trí và độ lớn, làm cho tình hình chịu tải của kết cấu cũng phức tạp theo.

#### 2.4. Biểu đồ bao nội lực của kết cấu

Từ các biểu đồ bao nội lực của kết cấu bển cập tàu dạng cầu tàu dài cao điển hình, chúng tôi rút ra nhận xét sau:

##### 1. Về biểu đồ bao mô men:

- Mô men trong cọc: cả hai bên của cọc đều có khả năng bị kéo căng, giá trị mô men gây căng ở hai bên tại cùng tiết diện cũng gần như nhau.

- Mô men trong dầm: cả thớ trên và thớ dưới đều có khả năng bị kéo căng, tuy nhiên ở phần giữa khung thớ dưới căng nhiều hơn, kể cả ở phạm vi gối cọc, nhất là khi tải cần trục là đáng kể.

##### 2. Về biểu đồ bao lực dọc:

- Lực dọc trong cọc: hầu hết các cọc đều chịu nén với lực nén rất lớn, có thể gần bằng sức chịu tải nén của cọc theo điều kiện đất nền. Trường hợp lực ngang do tàu tác dụng lên khung là lớn thì một ít cọc có thể chịu kéo (nhỏ), nhất là cọc xiên trong chum cọc (đôi cọc chéo), lực kéo có khi đạt giá trị xấp xỉ sức chịu tải nhỏ của cọc theo điều kiện đất nền.

- Lực dọc trong dầm: có khi gây kéo, có khi gây nén nhưng giá trị thường không đáng kể, ít ảnh hưởng đến sự làm việc của dầm.

##### 3. Về cấu kiện cọc:

- Trong điều kiện khai thác đa số cọc làm việc chịu nén lệch tâm, độ lệch tâm (bé hoặc lớn) tùy thuộc chủ yếu vào tương quan giữa độ lớn của lực ngang do tàu tác dụng và chiều dài tính toán chịu uốn của cọc. Một số ít cọc làm việc chịu kéo lệch tâm.

- Trong điều kiện vận chuyển và cấu dựng vào giá búa, cọc làm việc chịu uốn ngang phẳng dưới tác dụng của trọng lượng bản thân cọc. Giá trị mô men lớn nhất trong điều kiện này có khi lớn hơn cả giá trị mô men lớn nhất trong điều kiện khai thác.

##### 4. Về cấu kiện dầm:

- Hầu hết các dầm được đúc tại chỗ, làm việc với sơ đồ dầm liên tục nhiều nhịp trên các gối đàn hồi, chịu uốn ngang phẳng dưới tác dụng của tổng hợp các lực thẳng đứng và nằm ngang.

##### 5. Về cấu kiện bản mặt cầu tàu (gọi tắt là bản):

- Bản thường được đúc tại chỗ, có khi được chế tạo sẵn rồi lắp ghép.

- Bản lắp ghép tuy có lợi về mặt thi công nhưng làm giảm độ cứng tổng thể của toàn công trình, nhất là khi chịu lực ngang, các mối nối dễ bị phá hoại.

Từ các nhận xét trên, chúng tôi nhận thấy việc gây ứng suất trước trong kết cấu cần được cân nhắc, không thể áp dụng rập khuôn. Cụ thể:

##### 1. Đối với cấu kiện cọc:

- Với các trường hợp chịu lực trong cọc đều có khả năng xuất hiện ứng suất kéo, nếu không gây ứng suất trước thì trong cọc dễ phát sinh các vết nứt, tuổi thọ của cọc giảm rất nhanh do làm việc trong môi

trường tiếp xúc thường xuyên với nước (nhất là nước biển).

- Việc gây ứng suất trước có thể dùng phương pháp căng trước hoặc căng sau (đa phần dùng căng trước).

- Bố trí cốt thép căng trước đều quanh tiết diện cọc (đối xứng qua tâm cọc) và gây ứng suất trước đều nhau cho tất cả các cốt. Sau khi ngừng căng thép cọc vẫn thẳng, không ảnh hưởng đến công tác hạ cọc.

- Nếu có thể nên chọn phương pháp hạ cọc khác với phương pháp chân động (như hạ bằng phương pháp rung, xói nước,...) hoặc dùng các biện pháp hỗ trợ (như tạo lỗ trước, điện thâm,...) sẽ an toàn cho cọc hơn.

2. Đối với cấu kiện dầm:

Nói chung không nên gây ứng suất trước cho dầm vì các lý do sau:

- Phải mang thiết bị căng thép ra hiện trường trong điều kiện sông nước rất bất tiện.

- Cả thớ trên và thớ dưới dầm đều có thể bị kéo căng nhưng sự phân bố này không đều đặn trên suốt chiều dài dầm.

Tuy nhiên tùy kết cấu cụ thể mà có thể quyết định gây ứng suất trước cho dầm hay không.

3. Đối với cấu kiện bản:

- Nếu bản đúc tại chỗ thì nên dùng phương pháp căng sau vì tuyến lỗ chừa để luồn cáp thường là đường cong (dạng hình sin).

- Nếu bản đúc sẵn để lắp ghép thì nên chọn sơ đồ bản kê tự do 4 cạnh lên dầm và không liên kết cứng với các bản xung quanh (liên kết khớp hoặc chèn khe bằng vữa bê tông không cốt thép). Trường hợp này dùng phương pháp căng trước sẽ hiệu quả hơn vì cốt cần căng theo đường thẳng.

Tuy nhiên tùy kết cấu cụ thể mà có thể quyết định gây ứng suất trước cho bản hay không.

### 3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

#### 3.1. Kết luận

Từ các phân tích trên ta nhận thấy việc gây ứng suất trước cho kết cấu BTCT nói chung là có lợi về mặt tuổi thọ, một số trường hợp còn làm cho kết cấu chịu lực hợp lý hơn.

Trong trường hợp kết cấu bến cập tàu dạng cầu tàu dài cao thì chỉ nên dùng kết cấu ứng suất trước cho cấu kiện cọc với mục đích chính là hạn chế tốc độ ăn mòn của môi trường xung quanh, tăng tuổi thọ cho cấu kiện (là cơ sở đảm bảo tuổi thọ của toàn kết cấu). Với các cấu kiện dầm, bản, nói chung việc gây ứng suất trước là không thích hợp.

Đối với các kết cấu khác có các cấu kiện bằng BTCT ta cũng có thể vận dụng các lý luận đã trình bày để xem nên gây ứng suất trước cho những cấu kiện nào trong kết cấu là hợp lý nhất.

#### 3.2. Kiến nghị

Các kỹ sư tư vấn thiết kế, nhất là các kỹ sư chuyên về kết cấu BTCT cần cân nhắc tính hợp lý khi đề xuất sử dụng cấu kiện BTCT ứng suất trước trong các kết cấu công trình.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. N.Đ.Cống, N.X.Liên, N.P.Tân: Kết cấu bê tông cốt thép, NXB Xây dựng – Hà Nội (1984), pp. 220-251.
2. R.F.Warner, K.A.Faulkes: Prestressed Concrete, 2<sup>nd</sup> ed., Longman Cheshire – Australia (1998).
3. N.T.M.Thúy: Tập đề cương bài giảng về kết cấu BTCT ứng suất trước – Trường ĐHBK – ĐHQGTPHCM (2004).