

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CẦU VÒM ÓNG THÉP NHỒI BÊ TÔNG LIÊN HỢP VỚI HỆ TREO

ThS. HOÀNG MẠNH HIỀN - Cựu sinh viên 15X3, ĐHBK
PGĐ. Công ty cổ phần TV XD CTGT 5(Tecco5)

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay trên thế giới công nghệ xây dựng cầu đã có những bước phát triển vượt bậc về sự đa dạng hoá các loại cầu cũng như khả năng vượt nhịp rất lớn. Đó chính là quá trình phát triển và ứng dụng công nghệ tin học vào chương trình tính toán kết cấu, đã giải quyết và xử lý rất tốt có hiệu quả các chương trình tính toán phức tạp về sự làm việc không gian của kết cấu công trình. Đồng thời công nghệ chế tạo vật liệu xây dựng cũng đã đạt được những tiến bộ ưu việt, cụ thể đã sản xuất được các loại vật liệu có cường độ cao, siêu bền như: Thép cường độ cao, cáp dự ứng lực, bê tông siêu bền, các loại phụ gia đặc biệt dùng để kết dính vật liệu...

Các dạng cầu vượt nhịp lớn được xây dựng như cầu treo dây văng, rất phong phú về kết cấu với loại hai mặt phẳng dây, một mặt phẳng dây, cầu tạo trụ tháp cũng có nhiều hình dạng đẹp. Cầu treo dây văng với kết cấu dầm liên tục, hệ liên tục dàn, bán dàn được sử dụng. Các loại cầu dầm bê tông liên tục được thiết kế và thi công với công nghệ đúc hẫng cân bằng, đúc đẩy cũng được áp dụng phổ biến. Với những nhịp lớn, vừa và trung bình thì cầu vòm liên hợp, dầm cứng hay liên hợp với nhịp treo đều là kết cấu có khả năng khai thác hợp lý.

Trong các dạng cầu được xây dựng thường tạo được kiến trúc đẹp là các loại cầu treo, cầu vòm và đã được ưu tiên xây dựng ở nhiều thành phố lớn trên thế giới. Tuy nhiên hình dạng cầu vòm với đường cong trục vòm sẽ tạo được dáng hài hoà, và khi áp dụng những tiến bộ kỹ thuật về công nghệ thiết kế, cầu vòm sẽ khắc phục hạn chế vượt nhịp nhỏ. Nếu sử dụng các loại vật liệu tiên tiến thì các kết cấu, cầu tạo cầu vòm sẽ thanh mảnh, chắc chắn dáng cầu sẽ nên thơ và đẹp hơn.

Với ý tưởng như vậy trong bài viết này sẽ tập trung nghiên cứu loại cầu vòm với dạng kết cấu cầu vòm ống thép nhồi bê tông, hệ mặt cầu bằng bê tông ứng suất trước chất lượng cao được treo vào vành vòm. Đây cũng là một công nghệ xây dựng và thiết kế khá mới trong ngành cầu của Thế giới và Việt Nam.

Vấn đề cần đề cập ở đây là:

- Nghiên cứu cấu tạo và sự làm việc của kết cấu ống thép nhồi bê tông.
- Nghiên cứu cấu tạo và tính toán hệ mặt cầu bằng bê tông chất lượng cao được treo lên hệ vòm ống thép nhồi bê tông qua các dây treo thẳng đứng.
- Nghiên cứu tổng quan công nghệ chế tạo vòm ống thép nhồi bê tông và công nghệ xây dựng cầu.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Khái niệm chung

Với loại cầu vòm liên hợp với hệ treo có vòm ống thép nhồi bê tông là một trong những loại cầu có kết cấu khá phức tạp. Ngoài sự làm việc của kết cấu theo dạng vòm cần phải nghiên cứu xem xét đồng thời sự làm việc của hệ dây treo với bản mặt cầu; sự làm việc của kết cấu liên hợp bê tông nhồi trong ống thép... ở đây với sự hạn chế của bài viết nên chỉ xét đến khái niệm của một số tính chất làm việc đặc trưng của loại cầu này.

2.2. Những vấn đề hợp lý cầu vòm liên hợp với hệ treo có vòm ống thép nhồi bê tông

Loại kết cấu liên hợp vòm và dầm bằng BTCT có nhược điểm chủ yếu là vòm bê tông sử dụng nhiều vật liệu, thi công khó khăn. Dầm bê tông vừa chịu uốn vừa chịu kéo nên tốn vật liệu và cấu tạo liên kết dầm với vòm phức tạp. Như vậy cầu vòm dầm liên hợp cũng có nhiều nhược điểm về mặt sử dụng vật liệu cũng như thi công so với các dạng cầu tương tự khác. Nên chúng tôi đã nghiên cứu tìm cách cải tiến để khắc phục các nhược điểm này và đề xuất một loại kết cấu mới liên hợp vòm với hệ treo, có thanh kéo để triệt tiêu lực đẩy ngang. Khi nghiên cứu cầu treo giằng văng với nhịp vừa phải nếu dùng trụ tháp là những cột bê tông thì cột sẽ chịu lực nén và mô men. Nếu thay trụ tháp bằng một vòm ống thép nhồi bê tông hệ mặt cầu được treo lên vòm bằng những dây treo thẳng đứng thì có thể khai thác triệt để khả năng chịu lực của vật liệu. Kết cấu vòm trong trường hợp này sẽ chịu nén là chính, dây văng treo thẳng sẽ không bị ảnh hưởng của độ cong do trọng lượng bản thân dây, trị số môđun đàn hồi của dây sẽ là môđun đàn hồi của thép nên sẽ khai thác tối đa khả năng chịu kéo của thép và biến dạng sẽ nhỏ hơn. Dầm mặt cầu sẽ là một dầm liên tục kê trên gối cứng ở mỗi trụ và gối đàn hồi tại các dây treo. Như vậy dầm chủ yếu chịu mô men uốn với nhịp tương đối ngắn bằng cự ly giữa các dây. Để khắc phục lực đẩy của vòm nhất là khi đất nền tương đối yếu có thể dùng dây căng liên kết hai chân vòm và luôn trong hệ mặt cầu. Với kết cấu như vậy các bộ phận chịu lực rõ ràng và đơn giản nên có thể khai thác hết khả năng vật liệu. Khi xây dựng sẽ thực hiện công nghệ thi công vòm trước và dầm sau. Đối với vòm ống thép được chế tạo bằng cách cuộn lò xo có thể làm thành những đoạn dài. Khi thi công có thể dùng công nghệ lắp hẫng hoặc lắp sẵn vòm trên bờ rồi đưa lên phương tiện chở nổi để đưa ra vị trí lắp hoàn chỉnh vòm. Dùng vành vòm treo ván khuôn để đúc hẫng các đốt dầm hoặc treo các đốt đúc sẵn để lắp hẫng hệ mặt cầu.

3. NỘI DUNG TÍNH TOÁN

3.1. Mô hình tính toán

Cầu vòm liên hợp với hệ treo bộ gồm các bộ phận:

- Vòm : là kết cấu chịu tải trọng do các dây treo truyền lên. Vòm được bố trí theo sơ đồ vòm không khớp liên kết cứng với mô trụ. Khi tính toán tải trọng cố định được giả thiết là phân bố đều. Hoạt tải trên mặt cầu chuyển vào các thanh treo sẽ xác định vị trí bất lợi nhất để tính toán. Vòm không khớp tại chân vòm có phản lực ngang, nếu nền đất đá chắc thì phản lực ngang sẽ trực tiếp chuyển vào nền, nếu nền đất yếu thì phải dùng thanh kéo giữ hai chân vòm để triệt tiêu lực đẩy hoặc dùng bản trượt để khắc phục bớt lực đẩy.

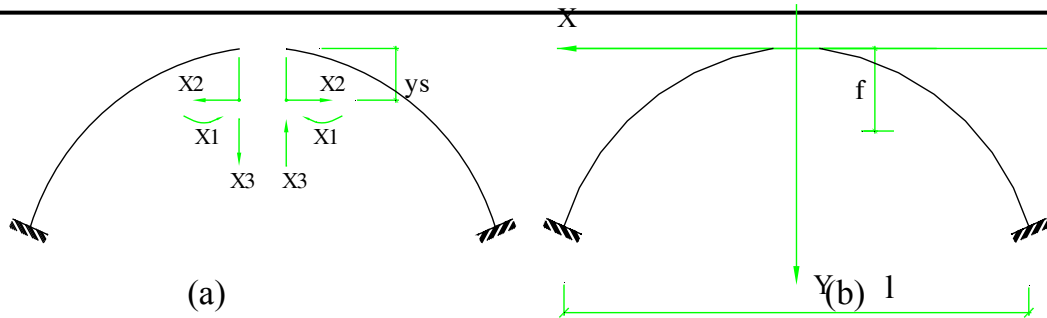
- Dầm mặt cầu : là bộ phận trực tiếp chịu tải. Sơ đồ chịu lực cũng tương tự như dầm cầu treo dây văng. Dầm được kê trên gối cứng và được treo lên vòm bằng các dây treo thẳng đứng là những gối đàn hồi, như vậy dầm mặt cầu là một dầm liên tục kê lên hai gối cứng và những gối đàn hồi. Hệ số đàn hồi chịu ảnh hưởng của biến dạng dây treo và chuyển vị đàn hồi của vòm

3.2. Tính toán nội lực trong vòm

+ Phương trình trục vòm:

Đối với cầu vòm liên hợp sự phân bố tải trọng cố định có thể coi là phân bố đều nên trục vòm hợp lý chọn theo đường Parabol bậc hai:

$$y = \frac{4f}{L^2} x^2$$



Hình 2.1

+ Tính toán nội lực do tĩnh tải: Tĩnh tải được coi là phân bố đều nên trong vòm chỉ có lực nén mà không có momen và lực cắt. Khi có lực nén tác dụng vòm sẽ có biến dạng đàn hồi, biến dạng này là do tĩnh tải và hoạt tải cùng gây ra và sẽ làm thay đổi trục vòm làm cho nội lực thay đổi. Để đơn giản việc tính toán trước hết chưa xét ảnh hưởng này để xác định ra nội lực tính toán nén trong vòm sau đó sẽ xét ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi gây ra sẽ biến đổi nội lực và cộng tác dụng với nhau.

+ Nội lực do tĩnh tải khi không xét ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi:
(Phương pháp giải vòm không khớp theo cơ học kết cấu):

$$\text{Giải ra : } Hg = \frac{\Sigma M}{f} \quad \text{và phản lực : } Vg = \Sigma P$$

ΣP : trọng lượng 1/2 nhịp)

ΣM : Momen chân vòm do trọng lượng 1/2 nhịp)

+ Nội lực do biến dạng đàn hồi:

Khi có lực nén tác dụng thì trục vòm sẽ có biến dạng Δl_g . Để cân bằng biến dạng thì tại tâm đàn hồi sẽ có lực nằm ngang là ΔHg . Có thể viết bằng phương trình:

$$\Delta Hg = \frac{\Delta l_g}{\delta_{22}}$$

$$\Delta l_g = \int_0^l \Delta dx$$

$$\Delta dx = \Delta ds \cos \varphi = \frac{N ds}{EA} \cos \varphi = \frac{N dx}{EA} = \frac{Hg}{\cos \varphi} \frac{dx}{EA}$$

$$\Delta l_g = \int_s \frac{Hg dx}{EA \cos \varphi} = Hg \int_0^l \frac{dx}{EA \cos \varphi} \cos \varphi$$

$$\delta_{22} = \int \frac{\overline{M}_2^2 ds}{EI} + \int \frac{N_2^2 ds}{EA} = \int \frac{y^2 ds}{EI} + \int \frac{\cos^2 \varphi ds}{EA} = (1 + \mu) y^2 \frac{ds}{EI}$$

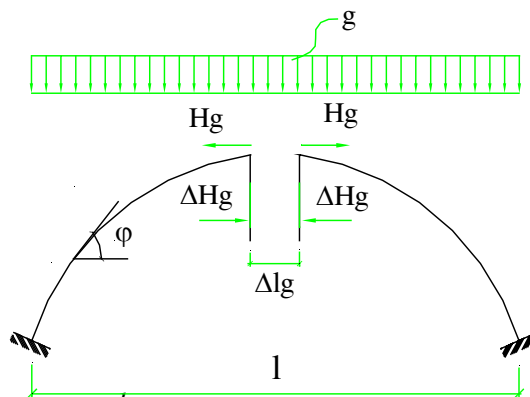
$$y = y_0 - y_1 \quad \mu = \frac{\int \cos^2 \varphi ds}{\int y^2 \frac{ds}{EI}}$$

Thay vào trên sẽ tính được:

$$\mu_1 = \frac{\int_0^l \frac{dx}{EA \cos \varphi}}{\int_0^l \frac{y^2 ds}{EI}}$$

$$\Delta Hg = \frac{Hg}{1 + \mu} \frac{\int_0^l \frac{dx}{EA \cos \varphi}}{\int_0^l \frac{y^2 ds}{EI}} = Hg \frac{\mu_1}{1 + \mu}$$

(Các trị số μ , μ_1 có thể tra trong các sổ tay)



Hình 2.2

Khi đã xác định được ΔHg có thể tính ra lực nén, momen, lực cắt trong vòm có xét đến biến dạng đàn hồi.

$$M = \frac{\mu_1}{1 + \mu} Hg (y_s - y_1)$$

$$N = \frac{Hg}{\cos \varphi} - \frac{\mu_1}{1 + \mu} (Hg \cdot \cos \varphi)$$

$$Q = + \frac{\mu_1}{1 + \mu} (H \cdot g \sin \varphi)$$

+ Nội lực phụ : do khi bị nén đàn hồi trục vòm bị lệch với trục lực nén. Khi chịu tĩnh tải gây ra lực nén trong vòm, trục vòm bị nén đàn hồi sẽ lệch với trục lực nén. Giả thiết có 5 vị trí trục lực nén và trục vòm vẫn trùng hợp với nhau là đỉnh vòm chân vòm, và điểm 1/4 vòm.

Điểm i trên trục vòm có tọa độ y_i , trên trục lực nén là i' tọa độ $y_{i'}$ thì:

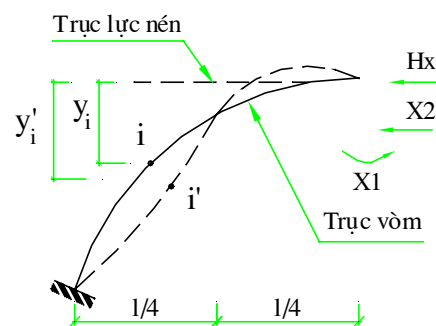
$y' = M_i / Hx \cdot \Delta y = y_i - y_{i'}$: là độ lệch của trục vòm và trục lực nén tại i.

Do độ lệch này sẽ sản sinh momen: $M_p = Hx \cdot y_i - M_i = Hx \cdot \Delta y$

Do tồn tại M_p nên tại tâm đàn hồi sẽ sản sinh lực thứ cấp $X_1 ; X_2$

$$X_1 = \frac{\Delta_{1M}}{\delta_{11}} = - \frac{\int_s \frac{M_p ds}{EI}}{\int_s \frac{ds}{EI}} = - \sum_{i=0}^n \frac{M_{p_i} \Delta x}{EI_1 \cos \varphi} \Big/ \int_0^l \frac{dx}{EI}$$

$$X_2 = \frac{\Delta_{2M}}{\delta_{22}} = - \frac{\int_s \frac{y_1 - y_s}{EI} M_p ds}{\int_s \frac{(y_1 - y_s)^2}{EI} ds} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{M_{p_i} y_1 \Delta x}{EI \cos \varphi}}{\frac{y^2 ds}{EI}}$$



n - Số đoạn phân chia trên nửa vòm

Δx - Chiều dài đoạn

Nội lực thứ cấp sẽ tính toán theo

$$\Delta N = X_2 \cos \varphi$$

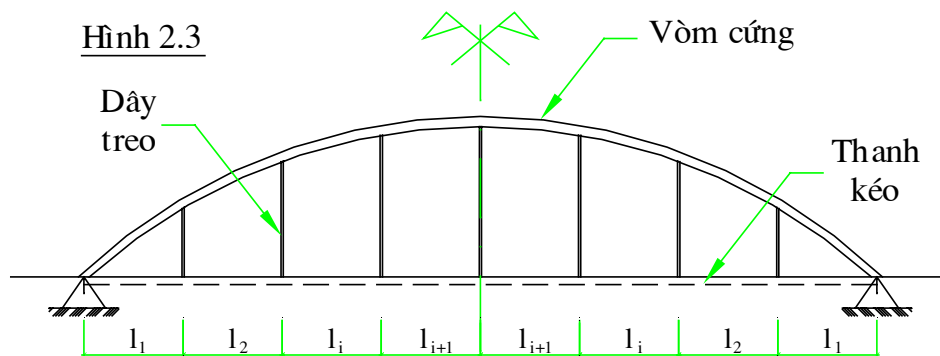
$$\Delta M = X_1 + X_2 (y_1 + y_s) + Hg \Delta y$$

$$\Delta Q = X_2 \sin \varphi$$

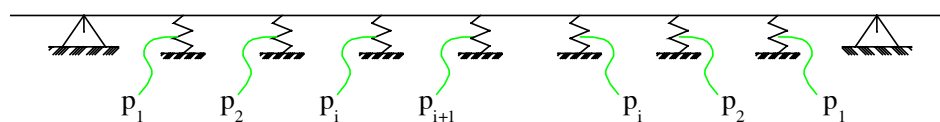
Trị số nội lực này sẽ lớn khi chiều dài nhịp lớn vì vậy những vòm có nhịp lớn, nhất thiết phải xét ảnh hưởng này.

3.3. Tính toán nội lực bản cầu

3.3.1. Sơ đồ tính toán nội lực bản mặt cầu và thanh kéo



Hình 2.4



3.3.2. Nguyên lý tính toán nội lực bản mặt cầu:

Sơ đồ tính hệ dầm bản mặt cầu được xem như là một dầm liên tục kê trên hai gối cứng và các gối tựa đàn hồi. Các gối tựa đàn hồi này ở ngay tại vị trí của dây treo bản mặt cầu và vành vòm.

Vấn đề quan trọng khi giải bài toán này là phải xác định độ cứng của gối tựa đàn hồi. Độ cứng gối tựa đàn hồi phụ thuộc vào chuyển vị của vòm và biến dạng của dây treo. Tuy nhiên sự chuyển vị của vòm cứng đối với chiều dài nhịp không lớn có giá trị bé nên trong những trường hợp này chỉ xét đến ảnh hưởng biến dạng của dây treo.

Độ cứng gối tựa đàn hồi được xác định theo công thức: $\frac{P_i.L_i}{EFi} = 1$. Độ cứng đàn hồi chính là giá trị lực P_i gây ra chuyển vị 1 đơn vị. Thực tế để đơn giản trong quá trình thi công và cấu tạo, dây treo được thiết kế với một chủng loại thép có cùng cường độ và có một tiết diện như nhau nên:

$$\frac{P_i.L_i}{EF} = 1$$

Trong đó: P_i : là lực tác dụng (Độ cứng đàn hồi.
 L_i : Chiều dài dây treo.
 E : Moduyn đàn hồi của dây.
 F : Tiết diện dây.

Như vậy độ cứng gối tựa đàn hồi tại mỗi vị trí có giá trị khác nhau phụ thuộc chiều dài dây treo L_i .

Xác định được giá trị độ cứng gối đàn hồi (P_i) tại từng vị trí gối để cơ sở tính toán dầm bản mặt cầu.

3.3.3. Tính toán bản mặt cầu:

- + Theo sơ đồ tính đã được xác định các độ cứng gối đàn hồi (Hình 2.4).
- + Xác định các giá trị nội lực tại các tiết diện của dầm dưới tác dụng của tải trọng bao gồm: Tĩnh tải và hoạt tải.
- + Vì đây là một dầm liên tục có nhiều nhịp nên có thể dùng các phần mềm để tính toán như SAP ; RM8 ... hoặc các phần mềm chuyên dụng .
- + Sau khi xác định được giá trị nội lực tại từng tiết diện của dầm, tiến hành tính toán kết cấu và cấu tạo cho dầm.

3.4. Tính thanh kéo

Việc tính toán thanh kéo được xác định trong sơ đồ tính cho toàn bộ vòm cụ thể là:

- Ta xem như vẫn có đường xe chạy để sắp các tải trọng tính toán cho vòm có thanh kéo AB (Hình 2.3).
- Xây dựng các đường ảnh hưởng để tính toán nội lực sau khi chất tải xác định được giá trị nội lực của thanh kéo AB.
- Tính toán kết cấu (tiết diện thanh kéo)

3.5. Tính toán và thiết kế tiết diện vành vòm ống thép nhồi bê tông

- Thực hiện tính toán theo bài toán Sức bền vật liệu để chọn được các thông số tiết diện ống thép và vật liệu bê tông ứng với khả năng chịu tải trọng .

4. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ THI CÔNG ỐNG THÉP NHỒI BÊ TÔNG VÀ CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG CẦU

Việc chế tạo các bộ phận cấu tạo và kết cấu của cầu cũng như thi công lắp đặt hoàn thiện toàn công trình phải trải qua nhiều công đoạn. Trên cơ sở số liệu tính toán, thực hiện thiết kế chế tạo và thi công vành vòm và những cấu tạo khác. Thi công ống thép và lắp đặt vành vòm vào vị trí thiết kế cũng là một vấn đề rất quan trọng, nó quyết định rất lớn đến chất lượng công trình. Đây cũng là vấn đề phức tạp cần phải nghiên cứu sâu hơn và công việc này ảnh hưởng rất lớn bởi cách chọn công nghệ thi công và sẽ được đề cập trong một chuyên mục khác. Trong bài này chỉ lưu tâm nhiều đến công nghệ lao lắp hệ vòm cầu, cụ thể là:

4.1. Công nghệ thi công bơm bê tông vào vành vòm

+ Sau khi thi công lắp ghép các ống thép thành một hệ vòm hoàn chỉnh, tiến hành thi công đổ bê tông trong ống. Với phương pháp này thì quá trình thi công đổ bê tông ống được liên tục khép kín, việc lắp dựng các đoạn ống rỗng chưa có bê tông sẽ nhẹ và dễ lắp đặt.

* Công nghệ thi công tổng quát được xác định như sau:

Trên cơ sở hệ vòm ống thép đã lắp đặt vào vị trí thiết kế. Thiết kế công nghệ thi công bơm vữa bê tông vào vòm ống gồm các hạng mục công việc chủ yếu là:

+ Thiết kế hệ trạm trộn bê tông tươi trên bờ và dùng hệ bơm áp lực đẩy bê tông lên hệ trung chuyển. Hệ thống trung chuyển bê tông được đặt trên hệ sà lan và neo ngay giữa nhịp vòm.

+ Ngay tại giữa vòm sẽ lắp ráp hệ cần cầu tháp được định vị và liên kết vào hệ vòm, dùng để làm mặt bằng và để thi công bơm bê tông. Xác định khối lượng bê tông bơm cho toàn bộ một vành vòm, để thiết kế hệ thống cung cấp bê tông liên tục.

+ Bê tông sẽ được bơm vào lỗ hở đoạn vòm ngay giữa nhịp bằng máy phun bê tông có áp lực đến 10atm. Bê tông được phun liên tục cho đến khi đầy và chát vành vòm. Phun vữa bê tông có thể ở điểm giữa vòm hoặc tại từng phân đoạn. Sau khi hoàn thiện đổ bê tông cho chuyển tiếp đến các đoạn kế tiếp cho đến khi hoàn thành công tác đổ bê tông.

+ Xử lý hàn bịt chặt lỗ (đã dùng để đút vòi bơm bê tông) bằng thép tấm với các đường hàn chịu lực.

+ Sau khi đổ bê tông cho vành vòm thứ nhất, tiến hành đổ bê tông cho vành vòm thứ hai và các ống thanh giằng ngang nối hai vành vòm với nhau.

* Công tác đầm nén bê tông:

+ Với công nghệ đổ bê tông như thế này, việc đầm nén bê tông khó có thể dùng biện pháp cơ học được. Để đảm bảo độ chặt bê tông, hiện nay trên thế giới đã dùng loại phụ gia đặc biệt có tác dụng sắp xếp chặt các loại cốt liệu trong thành phần hỗn hợp bê tông, tạo cho bê tông tự nén chặt. Bê tông có dùng loại phụ gia này được gọi là bê tông tự đầm. Theo các số liệu thực nghiệm của các nước thì độ chặt đảm bảo thiết kế. Tuy nhiên khi phân ra từng đoạn vòm nhỏ để đổ bê tông thì ngoài việc gõ ngoài thành ống có thể dùng đầm dùi vào trong bê tông của ống hỗ trợ thêm để có tác dụng làm thoát không khí ra ngoài bê tông.

* Về vật liệu bê tông:

+ Xác định thành phần cấp phối bê tông bằng các thí nghiệm và luôn được kiểm soát chất lượng đúng quy trình quy phạm và có đối chứng với các mẫu thử.

+ Phải đặc biệt chú ý đến độ sụt của bê tông. Độ sụt của bê tông được thiết kế (15-20) cm. Cho dùng các phụ gia hóa dẻo và phụ gia nở để khắc phục sự co ngót của bê tông.

*** Về kiểm soát chất lượng bê tông thành phẩm:**

+ Để xác định sự lèn chặt của bê tông và những nơi có khuyết tật (nếu có) có thể dùng phương pháp siêu âm. Thiết bị máy siêu âm sẽ được kiểm tra theo suốt dọc vành vòm.

+ Tại vị trí nào bê tông phát hiện bị rỗng hoặc rỗ có thể cho khoan vỏ ống thép và bơm vữa bê tông áp lực lớn để bổ sung sau đó hàn bịt lại.

4.2. Công nghệ lao lắp vòm

Việc thi công lắp ghép các phân đoạn ống để tạo vòm cầu phụ thuộc vào công nghệ thi công hoàn chỉnh lắp đặt cho hệ vòm vào vị trí thiết kế. Có hai phương pháp để thi công lắp đặt hệ vòm cụ thể là:

4.2.1. Lao lắp hẫng hệ vòm thép bằng giá treo:

4.2.1.1. Công nghệ thi công.

+ Thiết kế hệ giá treo lắp đặt thi công vòm trên mặt bằng đỉnh trụ mở rộng.

Chiều cao giá treo được tính toán sao cho có thể neo giữ và lắp ráp cho đoạn ống thép ở giữa nhịp. Việc lắp đặt hoàn thiện cho một nhịp vòm được tiến hành từ hai phía, tại đoạn giữa sẽ được thi công hợp long vòm bởi phân đoạn cuối cùng.

+ Trong quá trình thi công vành vòm từng phân đoạn vòm sẽ được treo giữ vào hệ giá bởi các thanh căng (dây cáp treo). Các cáp treo dùng nâng các phân đoạn vòm được thiết kế chịu lực, có xét đến các tổ hợp lực bất lợi trong quá trình thi công và chỉ được tháo bỏ khi hệ vòm cầu đã hợp long xong và đã đảm bảo chịu lực.

+ Tất cả các cấu kiện ống thép được chở bằng hệ nổi và dùng hệ dàn cầu lắp đặt phối hợp với hệ treo giữ ổn định tại đỉnh trụ.

+ Ngoài ra còn có thể lắp hẫng hệ vòm thép bằng hệ giàn giáo lắp đặt phía dưới. Phương pháp này chỉ áp dụng khi mặt bằng thuận lợi, sông không sâu địa hình khá bằng phẳng. Việc lắp ráp ống thép sẽ dùng cầu để phối hợp.



Hình 2.5



Hình 2.6



Hình 2.7

4.2.1.2. Ưu nhược điểm :

+ Về ưu điểm là kinh phí thi công sẽ thấp hơn phương pháp lắp theo hệ nổi. Thi công từng cấu kiện gọn nhẹ do đó thao tác công nghệ thi công không phức tạp hơn so với phương pháp khác

+ Việc thi công trực tiếp tại hiện trường do vậy chịu ảnh hưởng trực tiếp của các tác động thiên nhiên đến quá trình thi công như gió, mưa... việc kiểm soát và làm chủ tiến độ thi công có khó khăn. Đặc biệt chịu ảnh hưởng các tác động lớn khi cầu gồm nhiều nhịp và nhịp vòm dài. Thời gian thi công theo phương pháp này sẽ lớn hơn phương pháp khác.

Vì có đoạn hợp long vòm ở giữa nên quá trình thi công các phân đoạn vòm phải yêu cầu độ chính xác cao và phải kiểm soát thường xuyên chặt chẽ hệ thống quản lý chất lượng.

4.2.2. Lao lắp hệ vòm thép bằng hệ đỡ nổi:

4.2.2.1. Công nghệ thi công:

+ Hệ vòm thép được lắp đặt và chế tạo trên mặt bằng thi công của công trường sát bờ sông. Lắp nổi hoàn thiện toàn bộ vành vòm từ các phân đoạn vòm đã được chế tạo hoàn chỉnh.

+ Trước hết lắp đặt và hàn liên kết từng vành vòm hoàn chỉnh đặt nằm trên mặt bằng. Sau đó dùng hệ cầu để dựng hai vành vòm lên nằm đúng vị trí thiết kế, cho thi công các giằng ngang tạm thời và vòm để cố định hệ vòm. Thi công các giằng ống ngang giữa hai vành vòm. Riêng tại vị trí hai chân vòm sẽ được thi công một giằng thép tạm để giữ ổn định.

+ Hệ vòm này được lắp đặt trên một hệ đỡ có gắn các đường trượt thi công để vận chuyển ra bên thi công. Sau khi thi công chế tạo vòm xong sẽ kéo hệ vòm ra bên và được chở trên hệ xà lan nổi, đưa ra vị trí lắp đặt vào vị trí thiết kế.

+ Với phương pháp này đoạn ống thép chân vòm khối Ko được thi công trước. Khi chở ra đúng vị trí thiết kế, y cho định vị chính xác vị trí vòm thiết kế sau đó cho hạ hệ vòm xuống ngay vị trí tiếp giáp 2 đoạn chân vòm ống thép khối Ko. Phải thiết kế hệ thống ổn định cho vòm trong quá trình vận chuyển lắp ráp vòm và đưa vòm vào vị trí để đảm bảo an toàn và đạt độ chính xác yêu cầu.



Hình 2.9



Hình 2.10



Hình 2.11



Hình 2.12

+ Khi đã kiểm tra đúng vị trí lắp đặt, cho hàn nối liên kết hệ vòm với chân vòm tại 4 vị trí trên đỉnh trụ. Tiến hành kiểm tra nghiệm thu chất lượng liên kết. Cho đổ bê tông bọc chân vòm có cốt thép chịu lực đã được chừa sẵn trong bộ đỉnh trụ. Khi đã đảm bảo yêu cầu thiết kế cho dãi hệ xà lan nổi ra khỏi vị trí và lắp đặt cho các nhịp khác. Với phương pháp này việc thi công các kết cấu khác như thi công hệ dây treo, bản mặt cầu cũng được dùng hệ nổi chỡ cầu kiện và làm mặt bằng thi công.

4.2.2.2. Ưu nhược điểm:

+ Chế tạo và lắp đặt hoàn thiện toàn bộ phần chính của vòm trên mặt bằng thi công do đó có điều kiện kiểm tra các kích thước cấu tạo kết cấu liên kết về. Tổng thể và chi tiết. Mặt bằng thi công nằm trên cạn nên rất thuận lợi cho việc sửa chữa khắc phục dễ dàng nếu có hư hỏng hoặc sai khác.

- Thời gian thi công nhanh và ảnh hưởng do điều kiện khó khăn trong thi công như thời tiết, các điều kiện bất khả kháng khác rất ít.

- Nhược điểm chính của phương án này là việc vận chuyển một hệ vòm có kích thước chiều cao kiến trúc lớn nên độ ổn định kém, cần phải thiết kế hệ ổn định rất tốt để đảm bảo an toàn cho kết cấu và quá trình thi công.

- Việc lắp đặt hệ vòm đúng vào thiết kế đòi hỏi công nghệ và độ chính xác cao. Sai số tại vị trí lắp đặt không chế rất thấp do vậy toàn bộ quá trình thi công lắp và dựng vòm phải được kiểm soát chất lượng chặt chẽ và trình độ thi công phải đạt mức độ chuyên môn háo và hiện đại hóa cao.

- Kinh phí xây lắp sẽ tăng nhiều so với phương án khác. Tuy nhiên đây là một phương án thi công hiện đại và mới mẻ nên việc mạnh dạn sử dụng công nghệ này sẽ thúc đẩy việc xây dựng các công trình tương tự.

4.3. Phương pháp lắp hệ mặt cầu và dây treo

4.3.1. Lắp hệ mặt cầu:

Hệ mặt cầu được thiết kế dạng lắp ghép từng phân đoạn dầm. Các đoạn được chế tạo tại công xưởng ở trên bờ được chỡ ra vị trí bằng xà lan và dùng cần cẩu để lắp ghép vào phân đoạn từ đỉnh trụ trở ra cho đến hết nhịp. Với chiều dài từng phân đoạn dầm chỉ bằng 1/2 khoảng cách giữa hai dây treo (khoảng từ 3-4m). Tại các đầu phân đoạn dầm bản này được thiết kế các cấu tạo gờ bê tông để tạo mối nối âm dương. Bố trí các thanh thép cường độ cao chịu lực trong từng phân đoạn và được chừa ra ngoài ở một đầu để liên kết vào phân đoạn tiếp theo, giải quyết chịu lực cho kết cấu nhịp. Riêng để liên kết với đoạn dầm nối với nhau bằng phương pháp lắp hẫng được gắn kết bởi keo Epoxi tại hai mặt tiếp giáp và các thanh thép cường độ cao chịu lực. Mối nối âm dương được xác định đảm bảo chịu lực cắt và momen của kết cấu nhịp tại vị trí chịu lực tương ứng.

Tại vị trí lắp ghép hẫng từng hai phân đoạn dầm cách quãng nhau cũng là vị trí để bố trí cấu tạo ụ neo cho dây treo nhịp bản, tức là ngay tại vị trí dầm ngang và dầm chính của bản.

+ Để lắp ráp dầm bản mặt cầu dùng hệ nổi chỡ bản và dùng các cần cẩu để lắp ráp kết hợp với các dây treo thi công đỡ bản liên kết tạm vào vành vòm

4.3.2. Lắp hệ dây thép treo:

Hệ dây treo dùng thép cường độ cao, cường độ chịu lực của thép và tiết diện thép được xác định theo tính toán.

+ Chiều dài dây thép treo được tính toán có xét đến độ giãn dây do biến dạng và độ võng của kết cấu nhịp. Mỗi vị trí dây thép treo vòm có chiều dài được các định cụ thể.

+ Liên kết dây treo vào vành vòm được cố định bằng cấu tạo vấu neo giữ. Tại bản mặt cầu có vấu neo bê tông được thiết kế chịu lực giữa chặt dây thép treo bằng bu lông cường độ cao. Sau khi xác định chính xác chiều dài thiết kế dây, cho đóng neo giữ chặt. Trong quá trình thi công lắp hoàn thiện từng dây thép cho từng vị trí, sẽ không điều chỉnh nội lực trong dây trong quá trình thi công tiếp theo cũng như khai thác sau này.

4.4. Lắp đặt hệ thanh kéo của vòm

Để khắc phục lực đẩy ngang của vòm, thiết kế hệ thanh kéo cho vòm. Hệ thanh kéo ở đây được sử dụng các thanh thép cường độ cao. Các thanh thép này được bố trí nằm trong lỗ chừa sẵn ở vị trí dầm chính bản mặt cầu. Để bảo quản chất lượng cho thép, thiết kế hệ thống bao bọc vỏ thép đảm bảo chống rỉ và xâm thực của môi trường.

Do chiều dài nhịp lớn, nên thanh căng rất dài do đó có thiết kế cấu tạo các điểm nối thép và điểm đỡ đặc biệt để thanh kéo không bị chùng, làm mất mát ứng suất.

4.5. Những vấn đề quan tâm đến duy tu và bảo dưỡng

Việc duy tu và bảo dưỡng cho hệ cầu vòm sẽ được lập theo một Quy trình chặt chẽ như các quy định theo hệ thống Quy trình quy phạm cho các kết cấu hạng mục tương tự.

Tuy nhiên đối với dạng cầu vòm ống thép, điều cần thiết là phải bảo vệ lớp vỏ thép chống bị xâm thực và ăn mòn của môi trường thiên nhiên. Lớp ngoài ống thép sẽ được sơn phủ lớp Epoxi chống ăn mòn và thường xuyên kiểm tra đột xuất, định kỳ về chất lượng lớp sơn phủ để xử lý sửa chữa ngay.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu tính toán cầu vòm ống thép nhồi bê tông liên hợp với hệ; xin nêu một vài kết quả đã được xem xét và tính toán đối với vấn đề khá mới và phức tạp trong ngành xây dựng cầu đường của Việt nam.

- Về khả năng chịu lực của kết cấu:

+ Với việc nghiên cứu cầu vòm liên hợp hệ dây treo có cấu tạo thanh kéo đã khắc phục lực đẩy ngang, đảm bảo khả năng chịu lực rất tốt khai thác hết năng lực chịu tải của vật liệu. Cụ thể nội lực trong các kết cấu của cầu giảm rất nhiều.

+ Hệ vòm ống thép nhồi bê tông có ưu điểm hơn hẳn các loại vòm bê tông cốt thép do phần bê tông bị nén chặt không nở hông trong ống thép, nên cường độ bê tông được sử dụng và chịu tải trọng cao hơn bê tông bị nở hông. Do đó loại kết cấu này với chiều dài nhịp tương tự thì có tiết diện tương đương nhỏ hơn và khả năng vượt nhịp lớn hơn.

+ So với loại cầu vòm ống thép hoặc vòm thép đặc thì độ ổn định của cầu này tốt hơn. Thiết kế hệ dây treo trong loại cầu này với cấu tạo dây gần như thẳng đứng nên dây không bị võng như cầu treo dây văng, do đó dây chỉ bị biến dạng thẳng và chịu lực kéo thuần túy và biến dạng dây nhỏ. Dây treo phát huy hết khả năng chịu lực.

+ Đối với các loại cầu vòm với dạng vòm mềm dầm cứng thì loại vòm liên hợp hệ dây treo ưu điểm hơn nhiều. Bởi vì sơ đồ tính toán dầm bản mặt cầu được xem như là hệ dầm liên tục với các gối tựa đàn hồi tại các vị trí dây treo nên giá trị nội lực bé, tiết diện dầm bản nhỏ, rất hiệu quả về kinh tế.

+ Thiết kế hệ thanh kéo đã khắc phục được lực đẩy ngang do đó tải trọng tác dụng lên trụ chủ yếu là áp lực thẳng đứng nên có thể sử dụng cho cả những vùng có

cấu tạo địa chất không tốt lắm. Vấn đề nổi bật nhất của hướng nghiên cứu ở đây là thiết kế hệ thanh kéo bằng các cáp DUL được đặt riêng biệt trong hệ dầm. Với các loại cầu đã được thiết kế và khai thác ở nước ngoài thì thường dùng hệ dầm cứng có tác dụng như một thanh kéo khắc phục lực đẩy ngang.

- Về sơ đồ và cấu tạo:

Qua nghiên cứu cho thấy việc chọn sơ đồ cầu vòm loại này sẽ hợp lý kinh tế và kỹ thuật với chiều dài nhịp $L=(80-200)$ m. Khi nhịp lớn hơn thì được dùng loại cầu treo dây văng hoặc dây võng.

- Về công nghệ thi công:

áp dụng cầu vòm ống thép nhồi bê tông tuy rằng là một công nghệ mới trong thi công, đặc biệt chưa phổ biến ở nước ta nhưng thực ra nó không phức tạp hơn các loại công nghệ thi công cầu đặc biệt khác như cầu treo dây văng, và treo dây võng. Việc mạnh dạn đưa công nghệ vào việc xây dựng cầu ở nước ta từng bước làm phong phú cho việc nắm bắt các công nghệ tiên tiến trên thế giới về xây dựng cầu là rất cần thiết và để có thể áp dụng và làm chủ để xây dựng các cầu tương tự.

- Về kiến trúc mỹ quan công trình:

Cầu vòm là một dạng cầu đẹp bởi hình dáng cầu được uốn lượn và rất dễ tạo sự hài hòa trong cảnh quan của khu vực đặc biệt là các khu đô thị. Những thành phố có dòng sông lớn chảy qua, khi xây dựng dạng cầu này với nhịp lớn sẽ tạo được vóc dáng hùng vĩ là một điểm nhấn của công trình giao thông hiện đại.

5.2. Kiến nghị

Trong phạm vi bài viết, do mục tiêu và nội dung được giới hạn nên chưa thật đi sâu những vấn đề phức tạp nên cần nghiên cứu thêm các vấn đề sau:

+ Cần nghiên cứu và xác định cụ thể hơn sự làm việc đồng thời chịu lực của kết cấu ống thép nhồi bê tông. Cần phải thực hiện các thí nghiệm ống thép nhồi bê tông chịu lực cụ thể trong những môi trường chuẩn và có xét đến các tác động của ảnh hưởng khác. Bởi lẽ thực chất sự làm việc của kết cấu này rất phức tạp.

+ Cần tính toán ổn định của hệ cầu vòm cũng như sự làm việc của vật liệu trong quá trình thi công khai thác và xử lý những sự cố kỹ thuật bất khả kháng chưa lường hết được.

+ Để làm chủ được công nghệ thiết kế và thi công cần phải xây dựng được một chương trình tính toán cụ thể cho hệ cầu vòm ống thép nhồi bê tông liên hợp hệ dây treo có thanh kéo. Chương trình này phải đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy cao.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Như Khải; Lê Đình Tâm (1985), *Thiết kế cầu kim loại*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội
- [2] A.I.Kikin; R.S.Sanzharoski; V.A.Trull (1998), *Kết cấu thép ống nhồi bê tông*, Bản dịch Tiếng Nga - NXB Xây dựng, Hà Nội 1998.
- [3] Lê Đình Tâm; Nguyễn Tiên Oanh; Nguyễn Trâm (1996), *Thi công cầu thép*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội
- [4] Viện thiết kế Giao thông vận tải (1965), *Sổ tay thiết kế cầu vòm*, Bản dịch tiếng Trung Quốc
- [5] Hoàng Mạnh Hiền - *Nghiên cứu ứng dụng Cầu vòm ống thép nhồi bê tông*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội 2003.
- [6] Jerome F.Hajjar and Brett G.Gourly –*Strength of Concrete Filled Thin-Wall Steel Box Columns* . Journal of Structural Engineering ,ASCE – USA 11/1992.
- [7] T.Tlie and V.K.R.Kodur - *Fire resistance of Steel Columns Filled with Bar-Reinforced* . Journal of Structural Engineering ,ASCE – USA 01/1996.