

Phân tích công nghệ và tính toán thiết kế thi công kết cấu vòm chéo có tỷ lệ chiều cao đặc biệt lớn ở cầu Phật Tích, tỉnh Bắc Ninh

Technology analysis and construction design of skew-arch bidge structures with especially large height ratio at phat tich bridge in bac ninh province

> PGS.TS HOÀNG HÀ

Trường Đại học Giao thông vận tải; Email: hoangha.utc2020@gmail.com

TÓM TẮT

Công trình cầu Phật Tích bắc qua sông Đuống, tỉnh Bắc Ninh được thiết kế dạng vòm - dây cáp treo với kết cấu đặc biệt vòm chéo trên mặt bằng, nâng đỡ hệ mặt cầu bằng bê tông cốt thép dự ứng lực (BTCT DUL). Do yêu cầu về kiến trúc, mỹ quan nên các vòm được thiết kế với tỷ lệ chiều cao/chiều dài nhịp rất lớn dẫn tới những khó khăn, phức tạp trong thiết kế và công nghệ xây dựng. Quá trình triển khai thi công xây dựng cầu đã phải phân tích so sánh nhiều phương án công nghệ khác nhau để chọn ra phương án khả thi, đảm bảo chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật và an toàn. Bài báo giới thiệu quá trình phân tích, lựa chọn công nghệ và một số nội dung tính toán chủ yếu ở bước thiết kế thi công cho việc xây dựng cầu Phật Tích.

Từ khóa: Cầu vòm - dây cáp treo; dầm bê tông cốt thép dự ứng lực; phân tích lựa chọn công nghệ xây dựng; tính toán công trình phụ tạm phục vụ thi công.

ABSSTRACT

The Phat Tich bridge across the Duong River in Bac Ninh Vietnam is designed in the form of an arch - hanging cables with a special structure of diagonal arches on the ground, supporting the bridge deck system with pre-stressed reinforced concrete (PC). Due to architectural and aesthetic requirements, the bridge arch was designed with a high height ratio, leading to difficulties and complications in design and construction technology. During the bridge construction process, many different technological options had to be analyzed and compared to choose a feasible option, ensuring economic-technical and safety criteria. The article introduces the process of analysis, technology selection and some main calculation contents in the design and construction step for the construction of Phat Tich bridge.

Keywords: Arch bridge - suspension cables; prestressed reinforced concrete beams; analysis and selection of construction technology; calculation of temporary auxiliary works for construction.

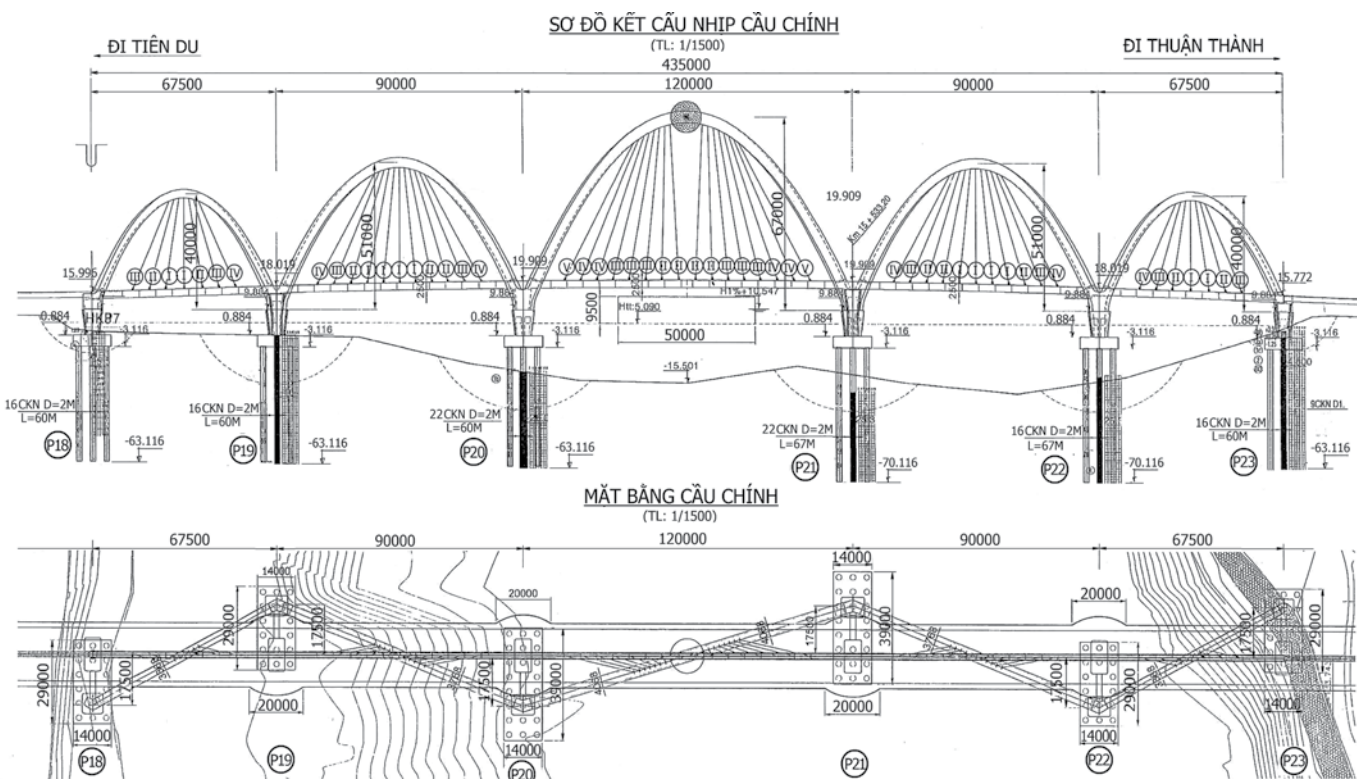
1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cầu Phật Tích - Đại Đồng Thành (cầu Phật Tích) bắc qua sông Đuống, xây dựng ở tỉnh Bắc Ninh, cầu chính gồm 5 nhịp cầu vòm có sơ đồ (67,5+90+120+90+67,5)m. Các vòm bằng thép mặt cắt hình hộp, tổ hợp hàn liên kết với hệ mặt cầu dạng dầm hộp BTCT DUL chiều cao 2,5m bằng các dây cáp treo. Điểm đặc biệt về mặt kết cấu cầu Phật Tích thể hiện ở 2 yếu tố:

Bảng 1: Thông số kỹ thuật chủ yếu và Tiêu chuẩn thiết kế cầu Phật Tích

Thông số kỹ thuật	Đơn vị (m)	Tiêu chuẩn thiết kế	Mã hiệu
Bề rộng toàn bộ	22,50	Tiêu chuẩn thiết kế cầu	TCVN 11823:2017; AASHTO LRFD 2007
Phần đường xe chạy	16,00	Tiêu chuẩn thiết kế chống động đất	TCVN 9386:2012
Dải phân cách giữa	2,50	Tiêu chuẩn tải trọng và các tác động	TCVN 2737:1995
Đường người đi bộ	2x1,75		
Lan can	2x0,5		
Chiều cao tính không thông xe trên cầu	4,75	Tiêu chuẩn tính toán co ngót và từ biến	CEB-FIB Model 1990

i) các vòm cầu tạo dạng Elip có tỷ lệ chiều cao tên vòm (H_v) /chiều dài nhịp (L_v) lần lượt là: 40/67,5; 51/90 và 67/120; ii) tìm vòm trên mỗi nhịp có cấu tạo chéo từ thượng lưu sang hạ lưu so với mặt bằng của nhịp cầu (hình 1); iii) các dây cáp treo liên kết vòm với dầm mặt cầu buộc phải bố trí nghiêng và điểm neo hạn chế ở khu vực giữa dầm để đảm bảo tính không thông xe trên cầu theo Tiêu chuẩn thiết kế.



Hình 1. Sơ đồ tổng thể và mặt bằng của cầu vòm Phật Tích

Vật liệu vòm dùng loại thép A709M Grade 345; bê tông đầm hộp C45; dây cáp treo dùng loại bó sợi song song, đường kính sợi đơn 7mm theo tiêu chuẩn Tiêu chuẩn JSS II-6. Các thông số kỹ thuật chủ yếu và các Tiêu chuẩn kỹ thuật chính áp dụng để thiết kế cầu ghi trong bảng 1.

2. PHÂN TÍCH LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ THI CÔNG XÂY DỰNG CẦU

2.1. Đặc điểm cấu tạo và địa hình thi công

Hình 1 chiều cao vòm thép tính đến tim của nhịp chính $L=120$ là 67,00m. Tổng chiều cao từ đáy sông (vị trí sâu nhất đến đỉnh vòm ước khoảng 104,774 m). Mặt bằng vị trí cầu vượt sông ở đoạn sông thắt hẹp, bãi sông địa chất yếu, độ sâu của mực nước thi công 20,591m. Có thể thấy việc xây dựng cầu Phật Tích gặp khó khăn lớn về địa hình, điều kiện thi công kết cấu bên dưới và cả lý do kết cấu đặc biệt của công trình.

2.2. Phân tích lựa chọn công nghệ thi công chủ đạo

Với trình độ công nghệ cầu tiên tiến hiện có ở Việt Nam, 2 định hướng công nghệ thi công chủ đạo đã được đưa ra xem xét, phân tích:

+ Phương án 1: thi công vòm thép trước, thi công đầm BTCT DƯL sau (gọi tắt là phương án “vòm trước-đầm sau”)

+ Phương án 2: thi công đầm BTCT DƯL trước, thi công vòm thép sau (gọi tắt là phương án “đầm trước-vòm sau”)

a. **Phương án thi công vòm thép trước, thi công đầm BTCT DƯL sau:** sử dụng hệ đà giáo thép và cần cẩu chuyên dụng để thi công các vòm thép của tất cả các nhịp trước. Đầm BTCT DƯL có dạng mặt cắt hình hộp 4 sườn, chiều cao không đổi bằng 2,5m sẽ thi công bằng công nghệ đúc hẫng cân bằng, có hỗ trợ trụ tạm mở rộng đà giáo để thi công khối K0 tại các đỉnh trụ và các bó cáp treo liên kết với vòm thép.

+ Ưu điểm chính:

- Không phải xây dựng trụ tạm trên sông ở các khu vực giữa các nhịp, giảm tính phức tạp và chi phí, ít cản trở thông thuyền, đảm bảo an toàn giao thông thủy tốt.

- Căng kéo các bó cáp treo dễ dàng, dễ điều chỉnh đảm bảo độ chính xác của cao độ mặt cầu theo thiết kế.

+ Nhược điểm chính:

- Thi công vòm thép có chiều cao lớn (khoảng 85m so với mặt sông), kém ổn định do tác động gió và tải trọng thi công.

- Biện pháp thi công đúc hẫng các đốt đầm BTCT DƯL rất khó thực hiện do các bó cáp treo có cấu tạo xiên 2 phương, sẽ phát sinh thành phần lực ngang, dễ làm sai lệch vị trí của các đốt đầm BTCT DƯL đúc hẫng.

b. Phương án thi công đầm BTCT DƯL trước, thi công vòm thép sau: thi công đầm BTCT DƯL mặt cắt hình hộp trước bằng phương pháp bán hẫng, kết hợp đà giáo mở rộng trụ để thi công khối K0 và các trụ tạm ở giữa các nhịp (mỗi nhịp từ 1 đến 2 trụ tạm). Sau khi thi công xong hệ đầm BTCT DƯL sẽ lắp dựng đà giáo trên đỉnh đầm để thi công các đốt vòm thép.

+ Ưu điểm chính:

- Giảm chiều cao thi công hệ vòm thép, tận dụng mặt bằng bản mặt cầu trên đỉnh đầm hộp BTCT DƯL để lắp dựng và neo đà giáo lắp vòm, tăng hệ số an toàn thi công.

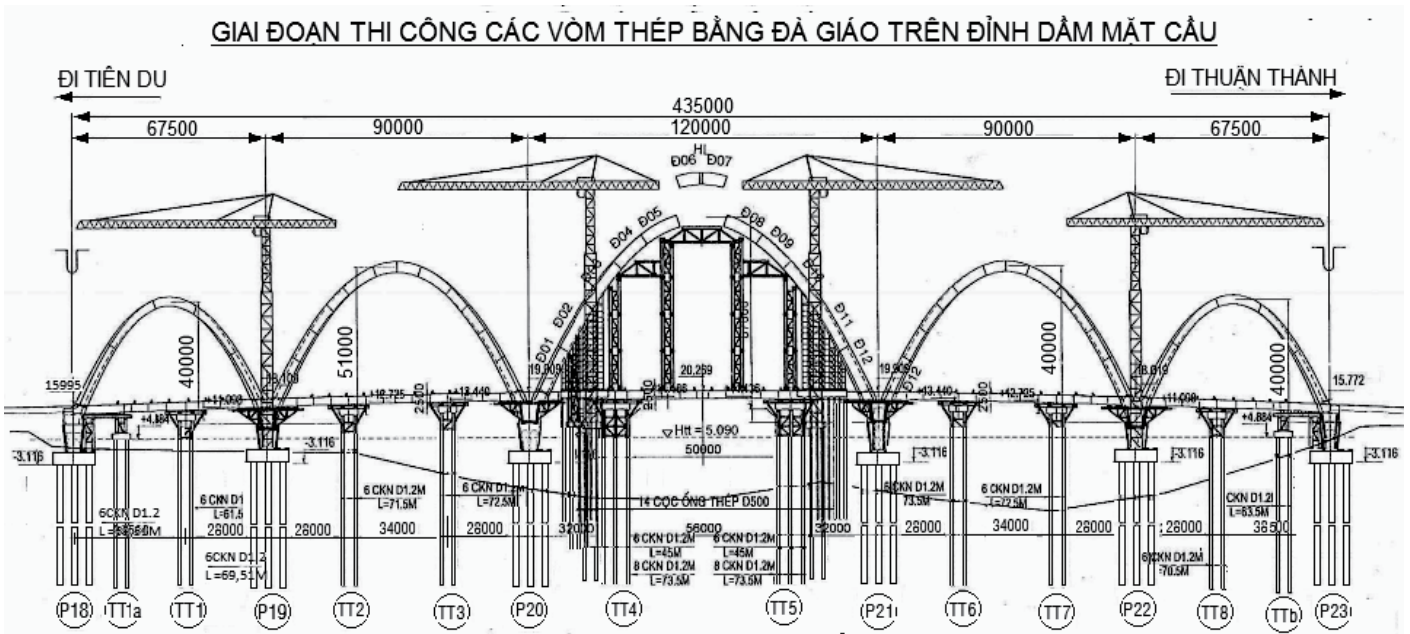
- Dễ dàng kiểm soát cao độ, vị trí các khối đúc đầm khi thi công.

+ Nhược điểm chính:

- Phải xây dựng 10 trụ tạm trên sông ở các khu vực giữa các nhịp.

- Đầm hộp BTCT DƯL sẽ phải chịu tải trọng của đà giáo, thiết bị thi công, trọng lượng bản thân các đốt vòm, tải trọng gió... nên cần có giải pháp tăng cường.

- Căng kéo các bó cáp treo khó khăn, khó điều chỉnh đảm bảo độ chính xác của cao độ mặt cầu theo thiết kế hơn do đầm BTCT DƯL liên tục có độ cứng chống uốn lớn.



Hình 2. Giai đoạn thi công vòm thép của phương án “dầm trước-vòm sau”

Mặc dù phương án 1 đã được đưa ra làm phương án chọn ở giai đoạn thiết kế chi tiết nhưng phân tích trên cho thấy có đủ luận cứ khoa học và thực tế để lựa chọn lại phương án 2 làm phương án công nghệ chủ đạo để thi công xây dựng cầu Phật Tích.

3. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TỔ CHỨC THI CÔNG THEO PHƯƠNG ÁN CHỌN: DẦM TRƯỚC-VÒM SAU

3.1. Các vấn đề cần quan tâm đưa vào tính toán phương án thi công

Các vấn đề chính cần được đặc biệt quan tâm gồm:

+ Đảm bảo cường độ và ổn định của dầm hộp BTCT DUL liên tục 5 nhịp có tổng chiều dài 435m, mặt cắt không đổi chiều cao $H=2,5m$. Yêu cầu đảm bảo mọi chỉ tiêu kỹ thuật và vị trí hình học theo thiết kế [1].

+ Tính toán thiết kế hệ trụ tạm phục vụ thi công bán hẫng dầm hộp BTCT DUL. Yêu cầu đảm bảo cường độ chịu lực và ổn định, độ lún dưới mức quy định của Tiêu chuẩn thi công cầu hiện hành [2].

+ Tính toán thiết kế hệ đà giáo lắp đặt các vòm thép trên mặt cầu ở đỉnh dầm hộp. Yêu cầu đảm bảo tuyệt đối chính xác và an toàn.

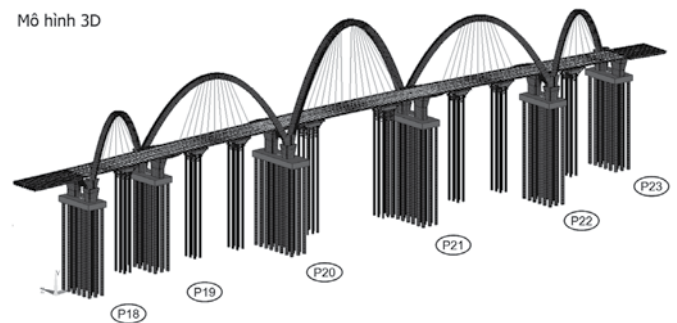
+ Thiết kế và tính toán hạng mục căng kéo và điều chỉnh nội lực trong các bó cáp treo liên kết giữa vòm thép và dầm hộp BTCT DUL. Yêu cầu đảm bảo lực căng đúng thiết kế đồng thời điều chỉnh cao độ hình học của mặt cầu phù hợp thiết kế.

3.2. Các giải pháp công nghệ chủ yếu được thực hiện

a) Lập trình tự các bước thi công chi tiết để phân tích rõ mô hình và tải trọng tích lũy lên bộ phận kết cấu chính và bộ phận kết cấu phụ tạm ở mỗi giai đoạn thi công. Ví dụ phân tích cho thấy dầm hộp BTCT DUL sẽ chịu lực bất lợi ở giai đoạn lắp đặt hệ vòm thép.

b) Sử dụng phương pháp PTHH và phần mềm tính toán chuyên dụng Midas-Civil-2019 để mô hình hóa tổng thể hệ kết cấu như trên hình 3 để phân tích các bộ phận kết cấu cầu trong suốt giai đoạn thi công nhằm đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy. Mô hình tính toán bao gồm cả các hạng mục kết cấu tạm phục vụ thi công, sơ đồ tính toán sẽ thay đổi ở thời điểm kéo căng các bó cáp treo để giải phóng đầy dầm ra khỏi trụ tạm.

Mô hình 3D



Hình 3. Mô hình PTHH dùng để phân tích kết cấu phương án thi công cầu

b) Đảm bảo an toàn chịu lực cho dầm hộp BTCT DUL khi có tải trọng đà giáo để lắp đặt vòm thép trên đỉnh dầm được thực hiện bằng các giải pháp:

- Giữ nguyên hệ thống trụ tạm thi công dầm để tăng cường cho dầm trong giai đoạn chịu tải trọng đà giáo, thiết bị thi công trọng lượng bản thân các đốt vòm thép và tải trọng gió. Phân tích các thông số nội lực của từng bộ phận của hệ ở tất cả các bước thi công.

- Tăng cường bản nắp hộp của dầm tại các vị trí chân cột của đà giáo lắp vòm đảm bảo khả năng chịu lực cục bộ.

- Neo giữ bộ phận vòm đang thi công vào dầm hộp BTCT DUL và trụ tạm để đảm bảo ổn định chống gió và lực tác động do tải trọng thi công các đốt vòm.

d) Phân tích nội lực, biến dạng các bộ phận của hệ kết cấu hỗn hợp gồm các bộ phận kết cấu chính của cầu và các bộ phận phụ tạm ở thời điểm kéo căng các bó cáp treo để nâng cao độ đáy dầm, giải phóng trụ tạm, đưa kết cấu cầu về đúng sơ đồ thiết kế một cách an toàn.

4. MÔ HÌNH VÀ TÍNH TOÁN BỘ PHẬN KẾT CẤU CHÍNH VÀ KẾT CẤU PHỤ TẠM Ở GIAI ĐOẠN THI CÔNG

4.1. Phân tích và tổ hợp tải trọng tính toán ở giai đoạn thi công

4.1.1 Tải trọng và hệ số tải trọng thi công: ghi trong bảng 2

Bảng 2: Tải trọng và hệ số tải trọng cho tải trọng thi công

TT	Tải trọng - kí hiệu	Hệ số tải trọng		Cách tính	Tiêu chuẩn tham chiếu
		TTGHCD	TTGHSD		
1	Tải trọng bản thân kết cấu dầm BTCT DƯL η_0	1,10	1,00	Phần mềm tự động tính toán	-TCVN 11823: 2017 -TCVN 11815: 2017 -AASHTO LRFD - 2007
2	Tải trọng bản thân kết cấu đà giáo và trụ tạm η_1	1,10	1,00		
3	Tải trọng các đốt vòm thép η_2	1,10	1,00		
4	Người và thiết bị thi công η_3	1,30	1,00	Theo thực tế	
5	Tải trọng gió η_4	1,00	1,00	Theo TC	

4.1.2. Trị số tải trọng thi công áp dụng cho dự án cầu Phật Tích

- Tải trọng bản thân hệ đà giáo được tự động tính toán bằng phần mềm

- Tải trọng các đốt vòm thép được lấy là tải trọng dài đều theo đường dưới vòm (T/m)

- Tải trọng người và thiết bị thi công: $q_{tc} = 0,2 \text{ T/m}^2$

- Tải trọng gió

+ Tải trọng gió ngang (Tác dụng theo phương ngang cầu)

Giá trị thành phần tính của tải trọng gió tiêu chuẩn q_w^H tác dụng thẳng góc với bề mặt tính toán của các công trình phụ trợ thi công và được tính theo công thức tham chiếu Mục 5.16 [2]:

$$q_w^H = q_0 \cdot k \cdot c \quad (\text{T/m}^2) \quad (1)$$

Tham chiếu bảng 5.7 của [2] với vùng B có tải trọng gió tác dụng lên kết cấu coi như là phân bố đều và tính theo công thức:

$$q_w^H = \varphi \cdot q_0 \cdot k \cdot c \cdot b \quad (\text{T/m}) \quad (2)$$

Trong đó:

q_0 - áp lực gió động lấy theo vùng B bảng 5.7 TCVN 11815:2017
 $q_c = 0,095 \text{ T/m}^2$

k - hệ số xét đến sự thay đổi áp lực gió động theo chiều cao, bảng 5.8 [2]

c - hệ số khí động lực lấy theo bảng 5.9 [2]

b - bề rộng chắn gió tính toán của kết cấu (m)

φ - hệ số chiết giảm

+ Tải trọng gió dọc (Tác dụng theo phương dọc cầu)

Lực gió dọc được lấy bằng 60% lực gió ngang tương ứng theo chỉ dẫn ở mục 5.17 [2]:

$$q_w^H = 0,6 \cdot \varphi \cdot q_0 \cdot k \cdot c \cdot b \quad (\text{T/m}) \quad (3)$$

4.2. Kiểm toán dầm BTCT DƯL ở giai đoạn thi công

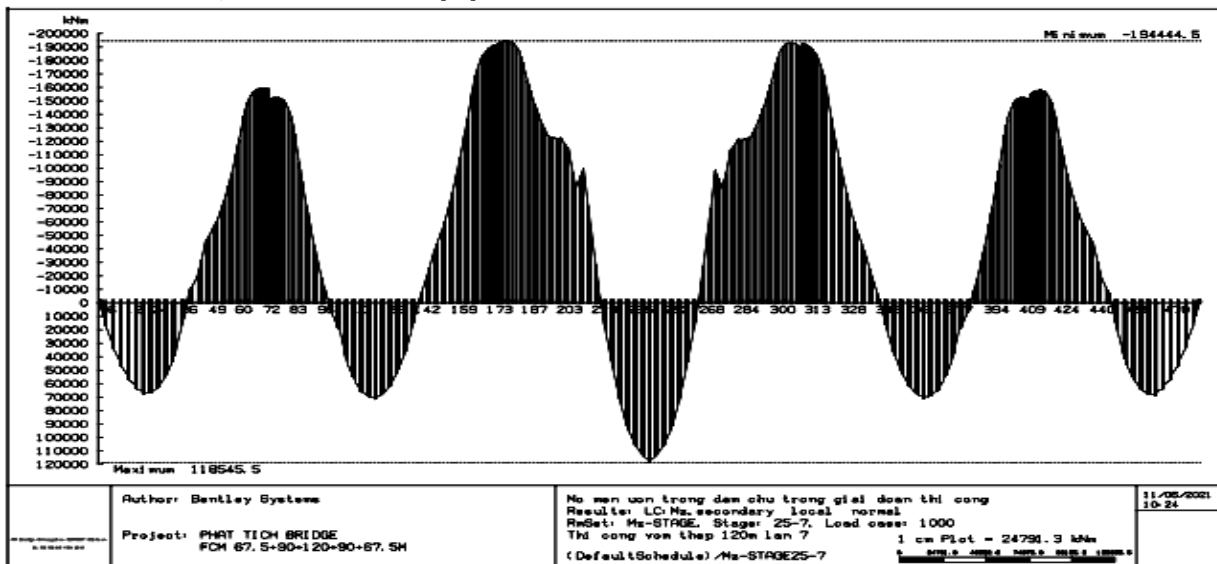
Để đảm bảo an toàn, cần kiểm toán nội lực trong các mặt cắt bất lợi của dầm ở tất cả các bước thi công và xét tất cả các yếu tố tác động như đà giáo thi công, tải trọng các đốt dầm thép, tải trọng người và thiết bị thi công, tải trọng gió, chênh lệch nhiệt độ...

Bảng 3: Kết quả kiểm toán dầm BTCT DƯL ở giai đoạn thi công vòm thép

Trị số Mômen (kN.m)	Giữa nhịp P18-19	Đỉnh trụ 19	Giữa nhịp P19-20	Đỉnh trụ 20	Giữa nhịp P20-21	Đỉnh trụ 21	Giữa nhịp P21-22	Đỉnh trụ 22	Giữa nhịp P22-23
M_{tc}	68890	-160500	71090	-194444	110045	-194444	716520	-69700	60849
$[M_i]$	187600	-488916	201580	-576687	250965	-576687	198750	-488680	186700

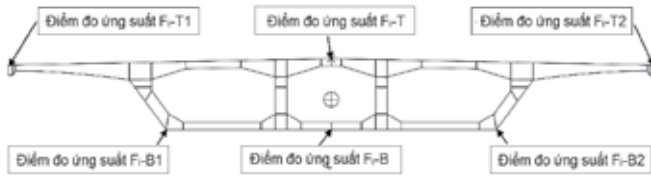
Kết quả kiểm toán giới thiệu trên bảng 3, biểu đồ mô men do tải trọng thi công giai đoạn hoàn thành lắp đặt vòm thép giới thiệu trên hình 5: giá trị mô men dương $M_{max} = 110045$, $5 \text{ kN.m} \leq [M_i] = 248000 \text{ kN.m}$ và mô âm $-M_{max} = -194\,444 \text{ kN.m} \leq [M_i] = -415692$

kN.m cho thấy kết cấu nhịp dầm BTCT DƯL đảm bảo an toàn dưới tác dụng của tải trọng thi công lớn nhất với sự hỗ trợ của các trụ tạm để lại phục vụ thi công các vòm thép.



Hình 4. Biểu đồ mô men uốn của dầm BTCT DƯL dưới tác dụng của tải trọng bản thân và tải trọng thi công ở thời điểm lắp đặt xong hệ vòm thép (chưa tháo đà giáo lắp vòm)

Độ tin cậy và an toàn kết cấu còn được củng cố bằng việc bố trí các điểm đo ứng suất trên mặt cắt ngang dầm BTCT DƯL như giới thiệu trên hình 5.



Hình 5. Bố trí điểm đo ứng suất trên mặt cắt ngang dầm BTCT DƯL ở giai đoạn thi công 4.2. *Tính toán tải trọng và hệ đà giáo lắp vòm*

Để đạt được mục tiêu kiến trúc đã sử dụng phương án dầm có chiều cao mặt cắt không đổi $H_d = 2,5\text{m}$. Với tỷ lệ chiều cao nhỏ, ở giai đoạn khai thác dầm sẽ làm việc với sơ đồ tựa trên các trụ chính và nâng đỡ bởi các dây cáp treo liên kết giữa dầm và vòm thép. Ở giai đoạn thi công, khi chưa lắp đặt các dây cáp treo dầm sẽ tựa trên các gối trên trụ chính và các trụ tạm vì vậy cần lưu ý đến khả năng chịu lực của trụ tạm.

Các trụ tạm và hệ đà giáo phục vụ lắp cũng được mô hình hóa và tính toán theo phương pháp PTHH bằng phần mềm Midas Civil -2019 ở tất cả các giai đoạn và thời điểm thi công bất lợi. Trên hình

6 giới thiệu kết quả phân tích chi tiết tải trọng tác động cho các bộ phận kết cấu liên quan ở giai đoạn thi công đốt thứ 04 của kết cấu vòm thép trên nhịp 120m.

Kiểm toán kết cấu hệ đà giáo lắp vòm thép cho nhịp P20 - P21 (120m):

+ Kiểm toán cường độ bộ phận kết cấu đà giáo theo công thức:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} + \frac{N_{\max}}{F} \leq [R] \quad (4)$$

- Giá trị ứng suất lớn nhất ở giai đoạn thi công:

$$\rightarrow \sigma_{\max} = 1453.44 \text{ kg/cm}^2 = 145,34 \text{ MPa} < [R] = 168 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$$

+ Kiểm toán chuyển vị bộ phận kết cấu đà giáo theo công thức:

$$V_{\max} \leq [V_{cp}] \quad (5)$$

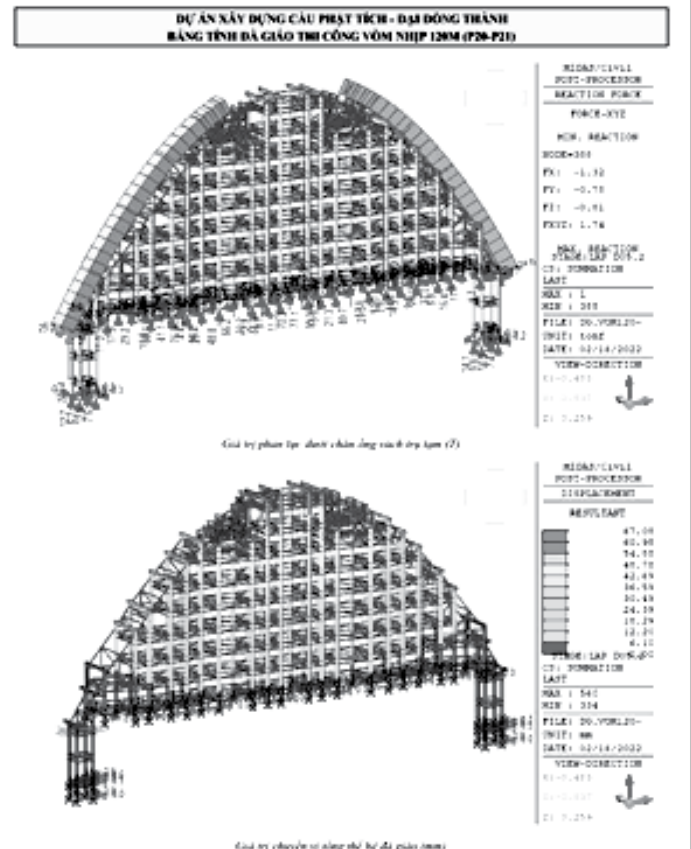
Bảng 4: Kết quả kiểm toán chuyển vị đà giáo lắp dầm trên nhịp P20-P21 (120m)

TT	Kết cấu	Chuyển vị lớn nhất $v_{\max}$ (mm)		Chuyển vị cho phép $[v_{cp}]$ (mm)		Kiểm tra
		Cánh bằng	Giữa nhịp	Cánh bằng	Giữa nhịp	
1	Cọc ống thép D970	4.50	-	210.57	-	OK
2	Xà đầu 21700x300	3.60	5.30	4.00	21.25	OK

Bảng 5: Chuyển vị của vòm thép và của dầm BTCT DƯL tại các điểm đo sau khi hoàn thành căng kéo các bó cáp treo lần thứ nhất.

Lần căng kéo thứ nhất- Loạt 8										
Nhịp	Chuyển vị theo phương đứng của vòm thép (mm)					Chuyển vị theo phương đứng của dầm BTCT DƯL (mm)				
	Điểm đo	Lý thuyết	Thực tế	Sai số	Biểu đồ	Điểm đo	ý thuyết	Thực tế	Sai số	Biểu đồ
P18-P19 (67,5m)	V1	+4	+7	+3		D1	+1	+1	0	
	V2	+2	-1	-3		D2	0	-2	-2	
	V3	-28	-27	+1		D3	-5	-4	+1	
	V4	-2	0	+2		D4	-10	-13	-3	
	V5	0	+6	+6		D5	-2	-2	0	
P19-P20 (90m)	V6	+5	+10	+5		D6	-4	0	+4	
	V7	+3	+11	+8		D7	-17	-16	+1	
	V8	-38	-38	0		D8	+2	+2	0	
	V9	+1	+4	+3		D9	-15	-19	-4	
	V10	+3	+5	+2		D10	-3	-1	+2	
P20-P21 (120m)	V11	+11	+11	0		D11	-8	-14	-6	
	V12	+1	-7	-8		D12	-11	-23	-12	
	V13	-59	-60	-1		D13	+29	+12	-17	
	V14	+2	-7	-9		D14	-11	-14	-3	
	V15	+11	+16	+5		D15	-8	-10	-2	
P21-P22 (90m)	V16	+3	+4	+1		D16	-3	+7	+10	
	V17	-1	+2	+3		D17	-15	-12	+3	
	V18	-42	-45	-3		D18	+1	+10	+9	
	V19	0	+5	+5		D19	-16	-14	+2	
	V20	+4	+9	+5		D20	-4	0	+4	
P22-P23 (67,5m)	V21	0	0	0		D21	-2	+2	+4	
	V22	-1	-16	-15		D22	-10	-9	+1	
	V23	-27	-30	-3		D23	-6	-5	+1	
	V24	+3	-2	-5		D24	0	-3	-3	
	V25	+4	+7	+3		D25	+1	0	-1	

—●— chuyển vị tính toán lý thuyết —●— chuyển vị đo đạc thực tế



4.3. Tính toán kiểm soát nội lực và biến dạng của vòm thép ở giai đoạn thi công

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

+ Việc phân tích lựa chọn đúng công nghệ, phương án thi công chủ đạo, các giải pháp thi công chi tiết và kỹ thuật xây dựng mô hình phân tích kết cấu trong giai đoạn thi công có vai trò quyết định. Kinh nghiệm của dự án xây dựng cầu Phật Tích đã cho thấy sự cần thiết phải tách bạch chi tiết các giai đoạn thi công để có cơ sở xây dựng mô hình tính toán thiết kế các công trình phụ tạm phù hợp, đảm bảo an toàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

- [1]. Tiêu chuẩn thiết kế cầu -TCVN 11823: 2017.
- [2]. Tiêu chuẩn thi công cầu - TCVN 12885:2020
- [3]. Tiêu chuẩn thiết kế công trình phụ trợ trong thi công cầu - TCVN 11815:2017
- [4]. Hồ sơ Thiết kế kỹ thuật Dự án xây dựng cầu Phật Tích - Đại Đồng Thành, Bắc Ninh 2021.
- [5]. Hồ sơ Thiết kế kỹ thuật Dự án xây dựng cầu Phật Tích - Đại Đồng Thành, Bắc Ninh 2022.
- [6]. Báo cáo công tác giám sát thi công cầu Phật Tích - Viện KHCN GTVT -2023.
- [7]. AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications -2007;