

Structural solution of prestressed concrete double T- girder bridge with cast-in-place construction

Lại Văn Anh^{1,*}, Phùng Bá Thắng¹, Nguyễn Trung Kiên¹, Trần Đức Giang²

¹University of Transport Technology, 54 Triều Khúc, Hà Nội 100000, Việt Nam

²VEC Consultant, C14 Bắc Hà building, Hà Nội 100000, Việt Nam

Article info

Type of article:

Original research paper

*Corresponding author:

E-mail address:

anhlv@utt.edu.vn

Received:

22/11/2021

Accepted:

06/05/2022

Published:

16/05/2022

Abstract: Cast-in-place concrete girder bridge structures have the advantage of full-block, can apply pour-in-place technology on fixed or movable scaffolding system (MSS). It is necessary to study and apply light self-weight bridge structures suitable for this type of technology. At present, bridges constructed in situ on fixed and movable scaffolding system often have box-shaped or hollow-plate cross-sections. The arrangement of the inner formwork makes the construction longer and more complicated. This paper presents a structural solution for a solid, coreless, double T section girder bridge, built in place, with a hybrid shape between T and box, easy to construct. This study focuses on analyzing and comparing double T beams with equivalent beams being used in Vietnam. The conclusion shows that this structure has low self-weight and stability, which can be applied at the locations of viaducts, overpasses, intersections with fixed scaffolding or can also be applied to bridges across rivers according to movable scaffolding system.

Keywords: Prestressed girder; Double T- girder; Cast-in-place beam; Light self-weight beam; Prestressed structure.

Giải pháp kết cấu dầm T kép bê tông dự ứng lực thi công đổ tại chỗ

Lại Văn Anh^{1*}, Phùng Bá Thắng¹, Nguyễn Trung Kiên¹, Trần Đức Giang²

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận Tải, 54 Triều Khúc, Hà Nội 100000, Việt Nam

²Công ty cổ phần tư vấn đường cao tốc Việt Nam, Tòa C14 Bắc Hà, Hà Nội 100000, Việt Nam

Thông tin bài viết

Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

*Tác giả liên hệ:

Địa chỉ E-mail:

anhlv@utt.edu.vn

Ngày nộp bài:

22/11/2021

Ngày chấp nhận:

06/05/2022

Ngày đăng bài:

16/05/2022

Tóm tắt: Các kết cấu cầu dầm bê tông đổ tại chỗ có ưu điểm tính toán khối cao, có thể áp dụng công nghệ đổ tại chỗ trên đà giáo cố định hoặc đà giáo di động (MSS). Nghiên cứu áp dụng các kết cấu cầu tải trọng bản thân nhẹ là cần thiết phù hợp loại hình công nghệ này. Hiện nay các cầu thi công đổ tại chỗ trên đà giáo cố định và đà giáo di động thường có các mặt cắt dạng hình hộp hoặc bản rỗng. Việc bố trí các ván khuôn trong khiến việc thi công kéo dài và phức tạp hơn. Bài báo này trình bày một giải pháp kết cấu cầu dầm mặt cắt chữ T kép đặc, không lõi, thi công đổ tại chỗ, hình dạng lai giữa T và hộp, dễ thi công. Nghiên cứu này tập trung phân tích và so sánh giữa dầm T kép với các loại dầm tương đương đang được sử dụng tại Việt Nam. Kết luận cho thấy kết cấu này có trọng lượng bản thân nhỏ, ổn định có thể áp dụng tại các vị trí cầu cạn, cầu vượt, các nút giao với đà giáo cố định hoặc cũng có thể áp dụng cho các cầu qua sông theo công nghệ đà giáo di động.

Từ khóa: Dầm dự ứng lực; Dầm T kép; Dầm đổ tại chỗ; Dầm nhẹ; Kết cấu dự ứng lực.

1. Khái quát chung

Trong ngành xây dựng công trình cầu đường hiện nay, các cầu có nhịp ngắn và vừa thường được sử dụng một số loại dầm thông dụng như dầm bản rỗng, dầm mặt cắt ngang I, T và dầm super T. Trong đó có thể nói dầm mặt cắt ngang I và T được sử dụng rộng rãi hơn cả. Về phương diện kỹ thuật, dầm T có sự phân bố vật liệu hợp lý hơn dầm I, cánh trên dầm T nằm hoàn toàn trong vùng ứng suất nén và đồng thời đóng vai trò làm bản mặt cầu. Điều này làm giảm thời gian thi công bản mặt cầu đối với trường hợp dầm I, hơn nữa không làm tăng tải trọng lên dầm chủ hay không làm giảm đi phần dự ứng lực đã cung cấp trước cho kết cấu. Dầm T đã được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam sau dự án xây dựng cầu Thăng Long với

chiều dài nhịp điển hình là 24m và 33m, tương ứng với chiều cao là 1.2m và 1.5m, chế tạo theo công nghệ căng trước. Tuy nhiên dầm căng trước không thuận tiện đối với công trình vận chuyển khó khăn nên sau này dầm T căng sau được phát triển phổ biến hơn. Hiện nay có một số nghiên cứu giúp tăng khả năng vượt nhịp của dầm T lên 45, 50m [1]. Mặt khác đối với kết cấu dầm T thì phần mối nối liên kết cánh trên được thi công đổ tại chỗ lại là chi tiết dễ bị hư hỏng và gây ảnh hưởng đến sức chịu tải của kết cấu. Kết cấu dầm T kép có thể giải quyết được vấn đề này nhờ vào cấu tạo toàn khối. Nhờ đó tải trọng được phân bố tốt hơn xuống 2 sườn dầm. Với hình dạng đó dầm có thể tiết kiệm vật liệu hơn so với các dầm tương đương. Trên thế giới dầm T kép dự ứng lực thường được áp dụng với các nhịp

từ 24 đến 62m. Các kích thước của dầm bao gồm chiều cao có thể lên đến 4.6m đối với cầu có bề rộng lớn, chiều dày sườn có thể đến 1.5m.

Hơn nữa nhờ vào cấu tạo 2 sườn, dầm T kép có thể được coi là dầm trung gian giữa dầm T thường và dầm hộp, dẫn đến tăng khả năng chống xoắn hơn dầm T. Không những vậy dầm T kép không có phần hộp kín do vậy thi công đơn giản hơn so với dầm hộp. Cũng như dầm hộp, khoảng cách giữa các sườn dầm lớn và bản cánh bên phía trên làm việc như một dầm hẫng có thể dẫn đến kích thước chiều dày phần bản cánh trên lớn, tuy nhiên điều này có thể được giải quyết thông qua việc sử dụng hệ thống dự ứng lực ngang. Các cốt thép dự ứng lực ngang này còn có thể làm giảm hiện tượng co ngót của bê tông. Kết cấu dầm T kép đã được sử dụng tương đối rộng rãi ở châu Âu (Hình 1): cầu Talbrücke Sechshelden – Đức xây dựng xong năm 1968, cầu Rofla- Thụy Sĩ đưa vào sử dụng năm 1996. Một số cầu dầm dạng T kép đã được xây dựng tại châu Âu thể hiện ở Bảng 1 với chiều dài nhịp chính lên đến 74m. Ngoài dạng mặt cắt ngang dạng T kép còn có dạng T ba áp dụng đối với trường hợp chiều rộng cầu lớn (Bảng 2).

Trong một nghiên cứu của Li [2] có đề cập đến dầm T kép, cho thấy dầm T kép nhờ vào việc sử dụng dự ứng lực ngoài có thể giảm thiểu được kích thước của bản cánh, dẫn đến giảm diện tích

mặt cắt ngang, giảm trọng lượng bản thân đáng kể so với các kết cấu dầm khác tương đương. Lượng bê tông trong phương án dùng dầm T kép nhỏ hơn 22% so với dầm I dự ứng lực PCCI [3] cùng chiều dài nhịp. Với sự phát triển của vật liệu bê tông cường độ cao và siêu cao có thể làm giảm thể tích kích thước và khối lượng của sườn dầm [4]. Lượng cốt thép dự ứng lực dọc trong dầm T kép ít hơn dầm T, tuy nhiên lại đòi hỏi phải có cáp dự ứng lực ngang nên tổng thể lượng cốt thép dự ứng lực là bằng hoặc hơn không nhiều so với phương án dầm I, ngược lại độ cứng ngang mặt cầu lại lớn. Một lợi ích nữa của cáp dự ứng lực ngang là giảm được lượng cốt thép thường trên bản cánh. Tổng lượng cốt thép thường vì thế mà ít hơn so với phương án dầm I. Không những thế dầm T kép khi được thiết kế hợp lý về cấu tạo, bố trí phân đoạn đúc và bố trí cáp dự ứng lực có thể xem là một giải pháp có tính cạnh tranh về sử dụng vật liệu, chi phí, tiến độ xây dựng và có tính thẩm mỹ [5]. Đối với những trường hợp dầm và bản mặt cầu thi công tách biệt có một hạn chế phải nhắc đến là bê tông 2 hạng mục co ngót theo tốc độ khác nhau do thời điểm thi công là khác nhau và có thể loại bê tông khác nhau, bê tông của dầm co ngót ít hơn bản đỡ tại chỗ. Trong một số trường hợp có thể gây ra nứt ngang tại bản [6]. Dầm T với cấu tạo liền khối vì thế mà có thể tránh được hiện tượng này.



(a)



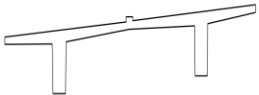
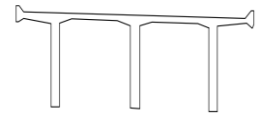
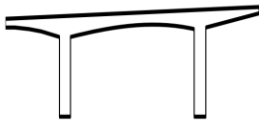

(b)

Hình 1. (a) Cầu Talbrücke Sechshelden (Đức); (b) Cầu Rofla (Thụy Sĩ)

Bảng 1. Một số cầu BTCT dự ứng lực mặt cắt ngang dạng T kép

Cầu	Quốc gia	Chiều dài nhịp chính
Warnow Viaduct	Đức	74 m
Talbrucke Srchshelden	Đức	72.6 m
LOisach Viaduct	Đức	70.96 m
Nepomuk	Đức	66.75 m
Lichtenfels Viaduct	Đức	64 m
Innbrucke Oberberg	Áo	62 m
Rofla	Thụy sĩ	60 m
Kochertalbrucke Huttligen	Đức	60 m
Brahme Viaduct	Đức	58 m

Bảng 2. Một số dạng mặt cắt ngang T kép hoặc T ba

Cầu	Quốc gia	Dạng mặt cắt ngang
Le viaduc d'orbe	Thụy Sĩ	
Weinlandbrucke	Thụy Sĩ	
Isarbrucke	Đức	
Rheinbrucke Emmerich	Đức	

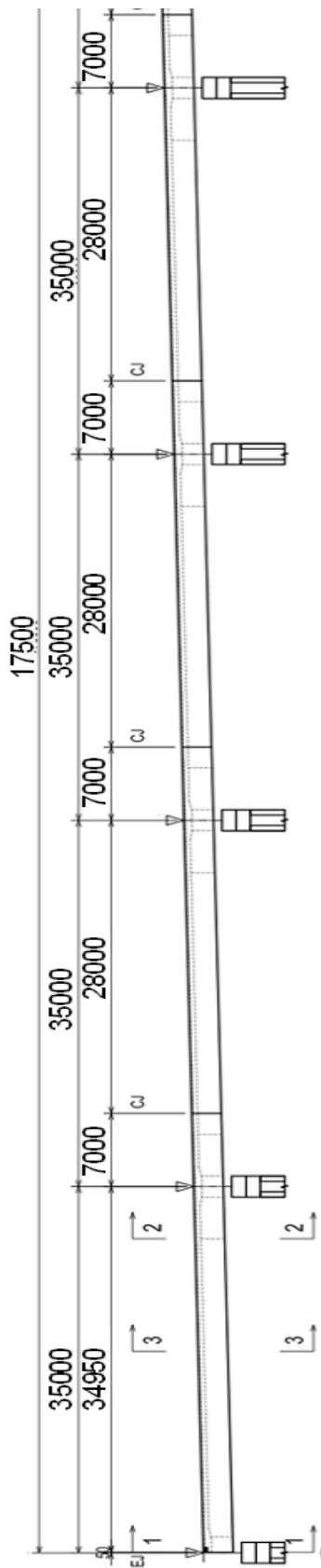
2. Nghiên cứu ứng dụng dầm T kép tại Việt Nam

2.1. Phân tích nhịp dẫn cầu dầm T kép

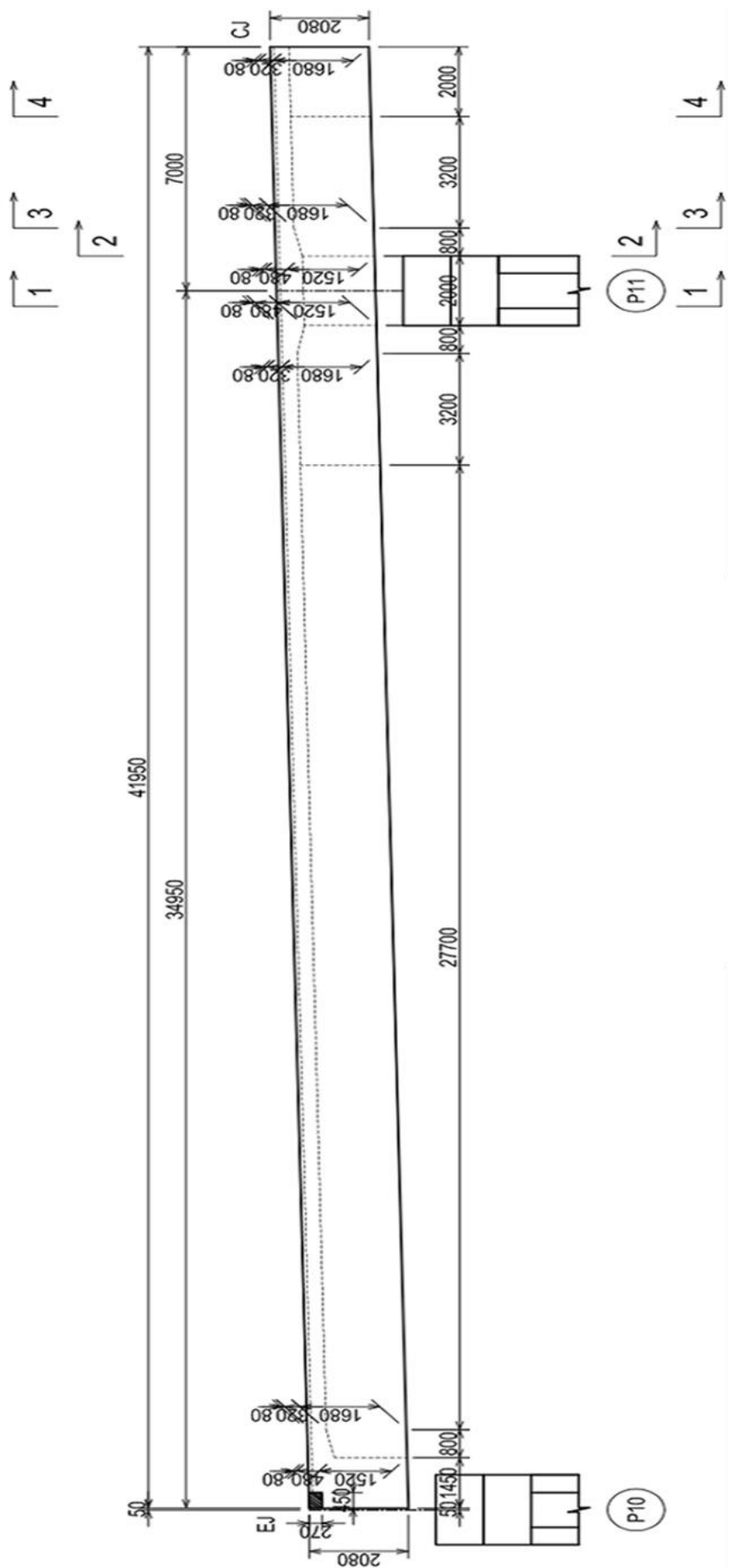
Ở trong phần này, nhóm tác giả có khảo sát một công trình cầu Mombasa Gate nổi vùng Likoni với đảo Mombasa, Kenya [7]. Phần cầu dẫn lên cầu chính phía đảo Mombasa có cấu tạo 5 nhịp liên tục 35m, mặt cắt ngang dạng T kép được thi công bằng phương pháp đổ tại chỗ trên đà giáo cố định hoặc di động (MSS) (Hình 2-3). Mặt cắt ngang cầu có sự thay đổi theo vị trí nhịp, trong đó có 3 vị trí điển hình được thể hiện ở Hình 4. Chiều dày sườn dầm giảm dần từ đầu dầm đến phía giữa dầm. Với bề rộng là 12m, cầu sử dụng dầm T đôi có khoảng cách tim các sườn là 6.5m. Chiều cao dầm tính đến phần cánh trên là 1.95m. Cầu được thi công bằng phương pháp đổ tại chỗ với chiều dài đốt đúc đầu tiên là 42m, các đốt tiếp theo 35m và đốt cuối cùng là 28m. Các đốt được liên kết với nhau bằng hệ thống cáp dự ứng lực dọc cầu. Mỗi đoạn đúc được bố trí 4 cáp dọc 2 bên sườn loại 22 tao 15,24mm, lực căng cáp 4297 kN; cáp dự ứng lực ngang sử dụng loại 4 tao 15.24 mm, lực căng cáp 781kN. Cáp dự ứng lực cấp 270 tương đương với ASTM A416.

Mô hình được thực hiện trong phần mềm Midas Civil [8] thể hiện 5 nhịp liên tục 5x35m (Hình 5). Các mặt cắt ngang thay đổi từ đầu dầm đến giữa dầm, tại vị trí trên gối là dầm đặc và chuyển thành mặt cắt hở về phía giữa dầm. Cáp dự ứng lực được thể hiện ở Hình 6, trong đó mỗi bên sườn có 4 bó cáp bố trí cong theo dạng parabol.

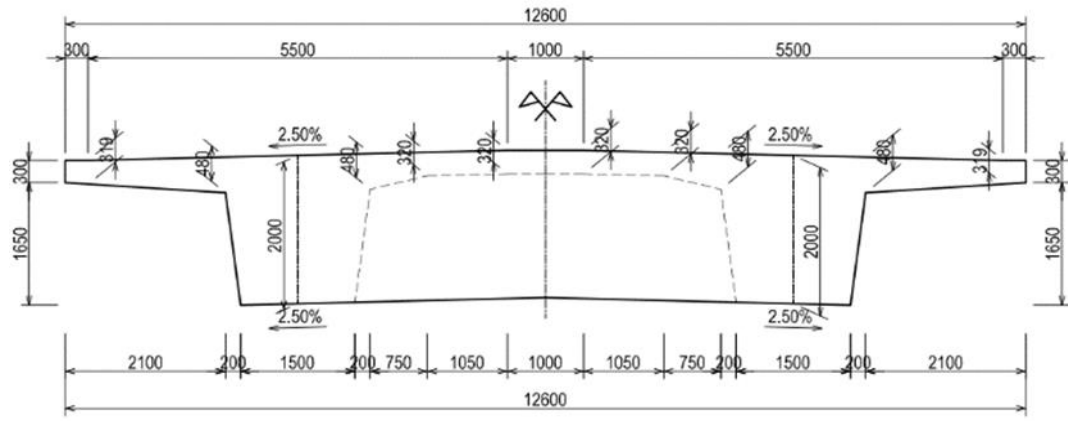
Sau khi khai báo các dữ liệu của kết cấu: điều kiện biên, tĩnh tải, hoạt tải HL93, dự ứng lực... chúng ta thu được một số kết quả như các hình sau. Hình 7 mô tả biểu đồ bao mô men trong kết cấu nhịp khi xét tổ hợp các tải trọng trên tính theo trạng thái giới hạn cường độ trong đó có sự thay đổi độ lớn và dấu. Tại vị trí trụ xuất hiện mô men âm trong đó tại 2 trụ biên bất lợi nhất, các vị trí ở giữa nhịp là mô men dương, trong đó vị trí xuất hiện mô men dương lớn nhất là ở 2 nhịp biên. Kết quả này cũng có thể nhận thấy ở biểu đồ độ võng theo trạng thái giới hạn sử dụng (Hình 8). Vị trí bất lợi nhất về chuyển vị là 2 nhịp biên trong đó giá trị chuyển vị lớn nhất là 21.8mm ($<L/800=43.75\text{mm}$).



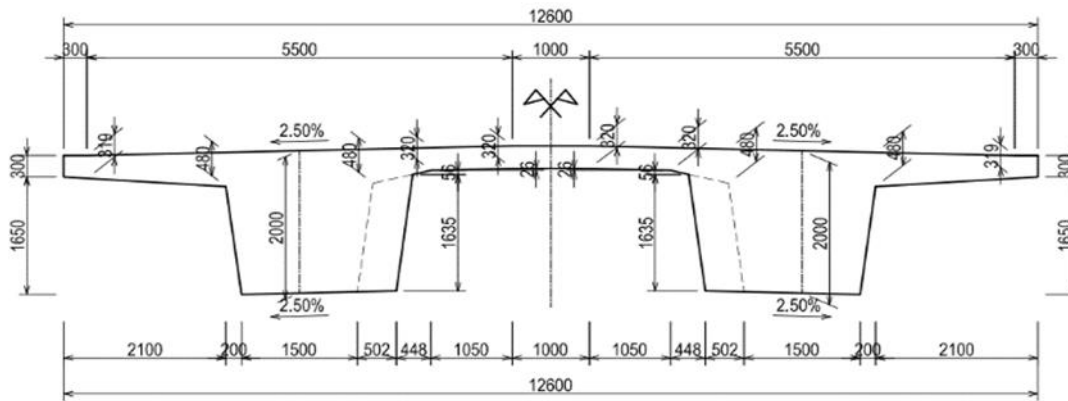
Hình 2. Bố trí chung nhịp dẫn cầu Mombasa gate 5 nhịp dầm Double T 5x35m



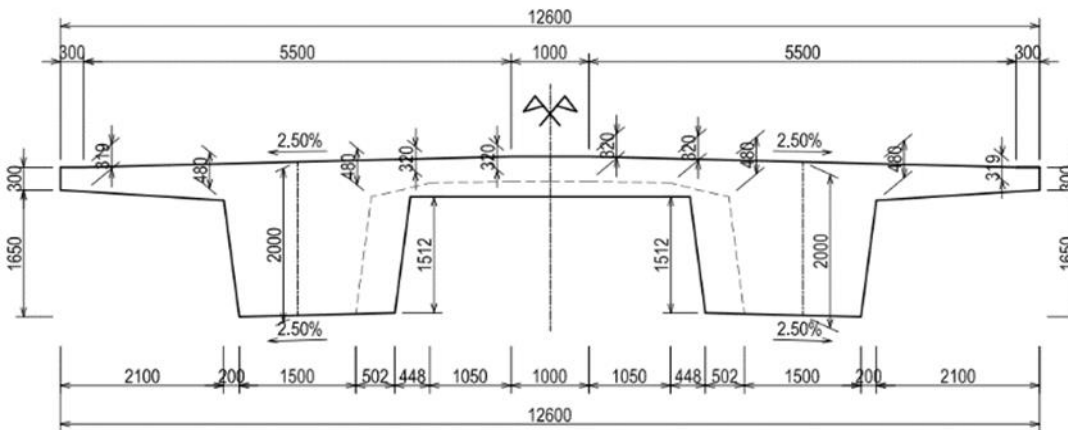
Hình 3. Bố trí chung phân đoạn đúc 1 từ trụ P10 đến trụ P11



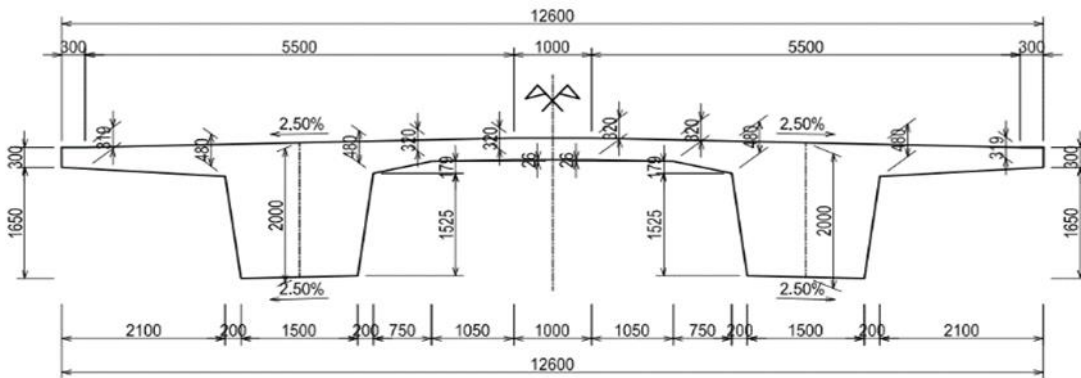
(a)



(b)

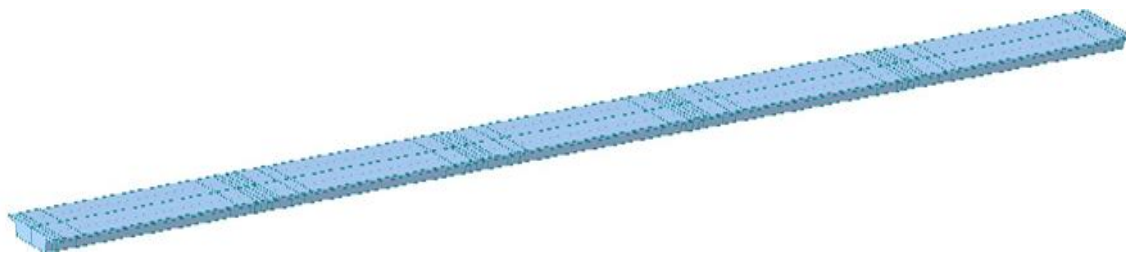


(c)

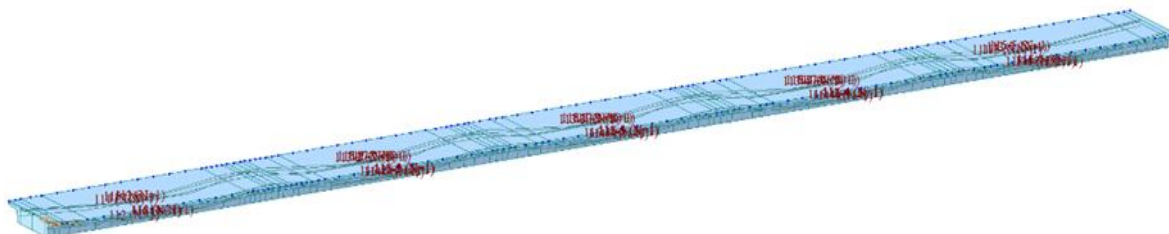


(d)

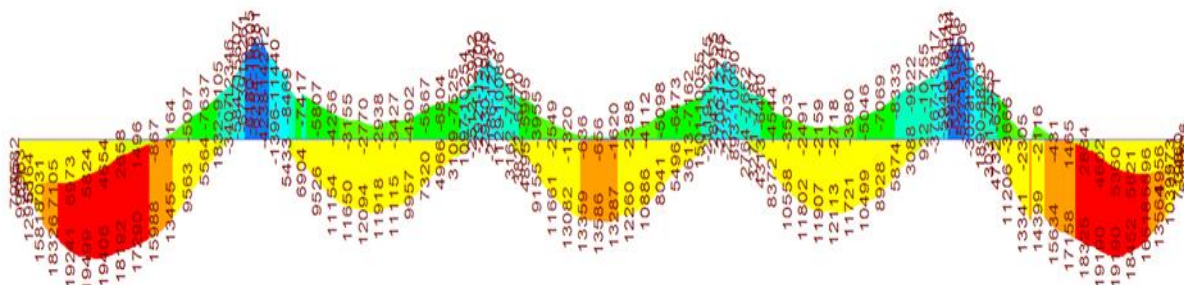
Hình 4. Mặt cắt ngang cầu tại vị trí 1-1 (a), 2-2 (b), 3-3 (c), 4-4 (d)



Hình 5. Mô hình kết cấu nhịp cầu 5 nhịp dầm Double T 5x35m



Hình 6. Mô hình cấp DUL

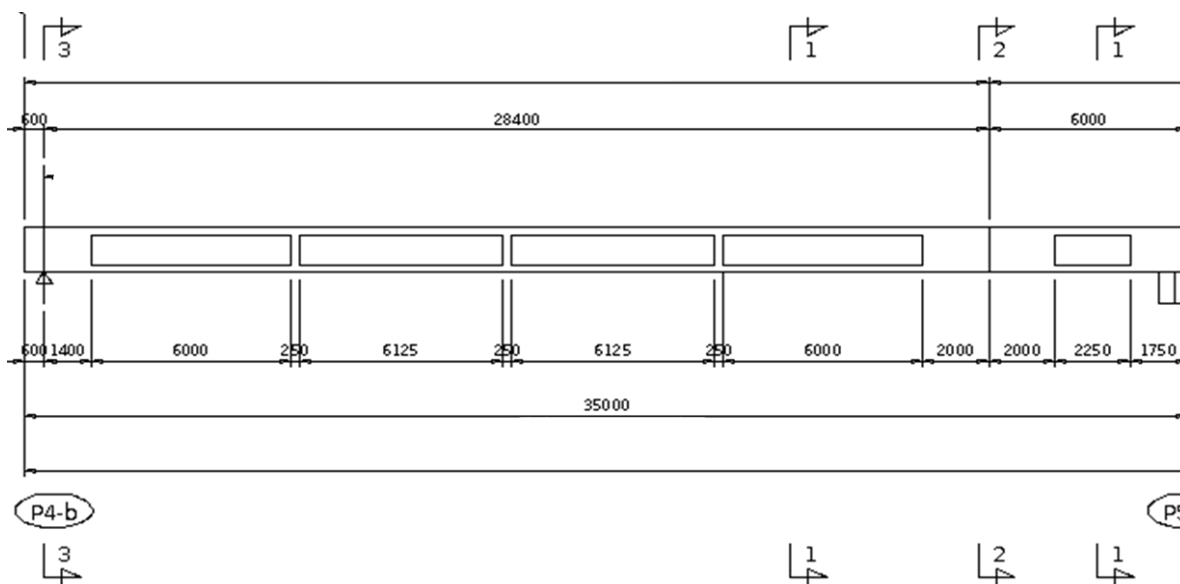


Hình 7. Biểu đồ bao mô men uốn theo trạng thái giới hạn cường độ

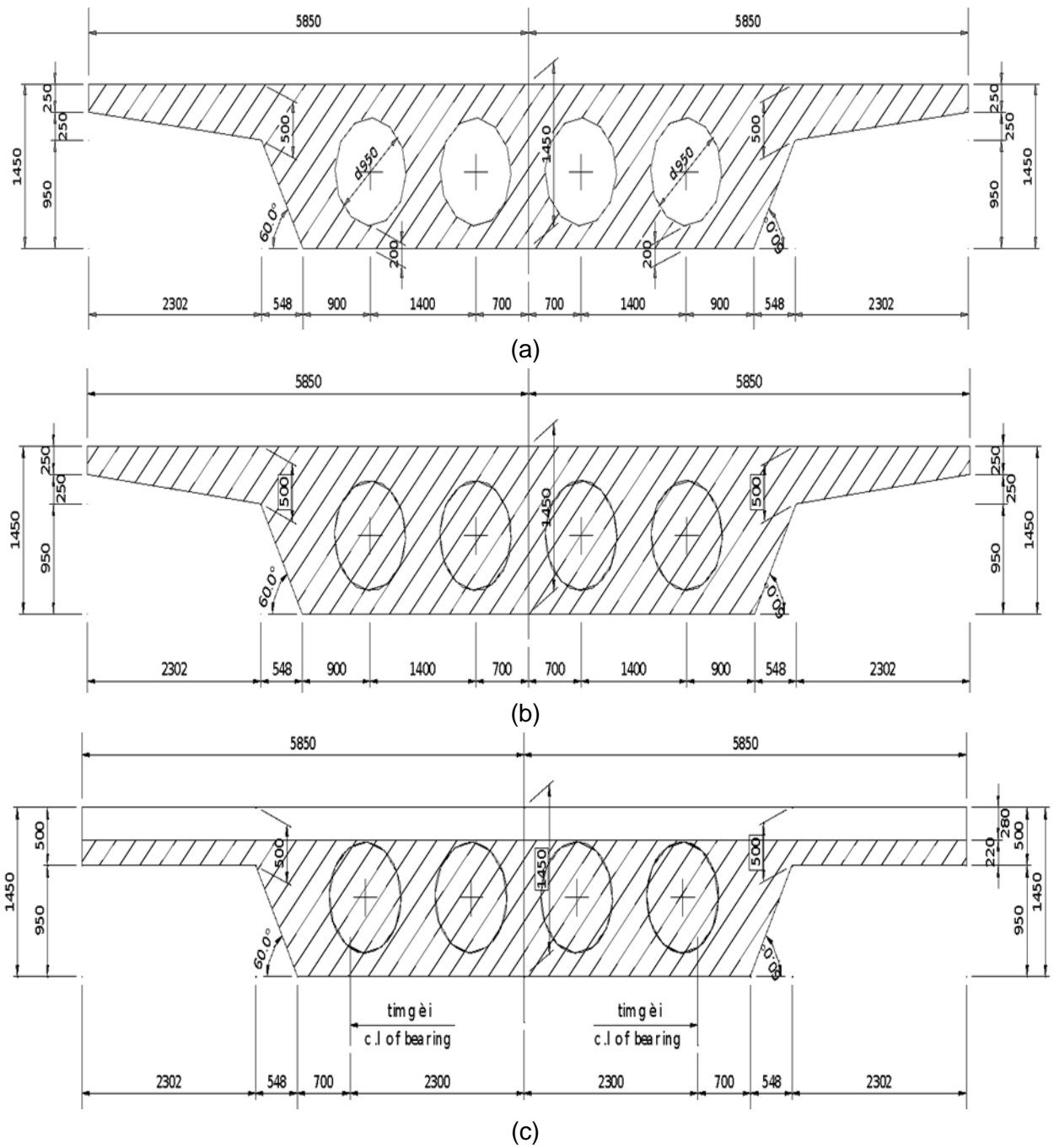


Hình 8. Biểu đồ độ võng lớn nhất theo trạng thái giới hạn sử dụng

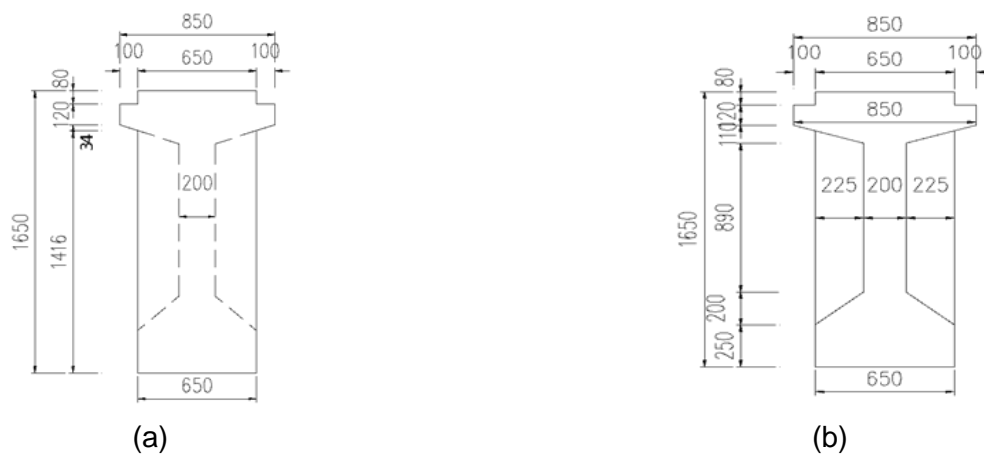
2.2. Phân tích đặc điểm dầm T kép và khả năng ứng dụng tại Việt Nam



Hình 9. Mặt đứng 1 nhịp cầu vượt nút EX1 tuyến cao tốc Hà Nội- Hải Phòng km0+420-km1+065.74



Hình 10. Mặt cắt ngang dầm bản rỗng tại vị trí 1-1 (a), 2-2 (b), 3-3 (c)



Hình 11. Mặt cắt ngang dầm I 33m tại vị trí đầu dầm (a) và giữa dầm (b)

pháp thi công cả lắp ghép và đổ tại chỗ. Trong trường hợp cầu nhiều nhịp liên tục, kết cấu có khả năng thi công đổ tại chỗ trên đà giáo cố định hoặc di động. Trọng lượng nhẹ cũng giúp kết cấu có thể thi công tại nơi có địa chất phức tạp.

- Dầm T kép 2 sườn lai giữa T và hộp có độ ổn định, chống xoắn tốt thích hợp với cầu cong. Dầm T kép là dạng dầm đặc nên thi công không cần ván khuôn trong. Do vậy thi công đơn giản hơn so với dầm hộp hay dầm super T.

- An toàn trong thi công: mặt bản cánh trên dầm sau khi thi công tạo mặt sàn công tác, tạo sự an toàn cho công nhân tại công trường vì mặt bằng làm việc sẽ được tạo ra ngay khi lắp dựng dầm.

- Hình dáng đẹp: dầm có mặt đáy dạng hộp có ít góc cạnh được xem là tương đương với dầm hộp hay bản rỗng, bản có lỗ.

- Khi thi công bằng phương pháp lắp ghép, dầm T kép không cần các liên kết ngoài giữ ổn định.

Nhược điểm:

- Chiều cao dầm là một hạn chế so với các dầm khác tương đương. Trong các loại dầm liệt kê ở trên, dầm bản rỗng hay dầm bản có lỗ có chiều cao dầm nhỏ nhất (1.45m đối với nhịp 35m), dầm I có chiều cao kể cả phần bản đỡ tại chỗ 1.95m, dầm super T cao 1.7m và T kép tương ứng với chiều cao 1.95m. Do vậy dầm T kép thích hợp với các nhịp dẫn lên cầu chính hoặc cầu cạn.

- Do cánh dầm rộng nên khi áp dụng cho cầu trên đường cong, có siêu cao cần có biện pháp xử lý để tránh tạo bản mặt cầu quá dày.

3. Kết luận

Qua khảo sát một công trình cầu dầm T kép liên tục 5 nhịp tại Kenya và phân tích so sánh dầm T kép với một số loại dầm tương đương đang được sử dụng tại Việt Nam thấy rằng:

Dầm T kép là loại dầm BTCT DƯ'L có những ưu điểm so với các dầm cùng loại, dầm có trọng lượng bản thân nhẹ để áp dụng nhiều biện pháp thi công. Dầm có cấu tạo đơn giản, có cấu tạo thân đặc nên thi công ván khuôn không phức tạp như dầm hộp hay bản rỗng.

Dầm T kép có hình dáng đẹp, vượt được khẩu độ lớn có chiều cao tương đương với dầm I. Hơn nữa dầm T kép có tính an toàn cao trong xây dựng. Do vậy loại dầm này áp dụng thích hợp cho các cầu nhịp dẫn lên nhịp chính, cầu trong thành phố.

Do cấu tạo dạng lai giữa T và hộp nên dầm T kép có độ ổn định, chống xoắn tốt có thể áp dụng với các cầu cong.

Với những phân tích như trên, dầm T kép có thể áp dụng ở Việt Nam và mang đến những phương án có tính cạnh tranh cao với các loại dầm thông dụng.

Tài liệu tham khảo

- [1] Thắng, P. B., Đức, Đ. V. & Nãi, Đ. G., (2020). Một số kết quả nghiên cứu dầm BTCT giản đơn khẩu độ lớn 45m và 50m. Tạp chí Cầu Đường Việt Nam số 6/2020
- [2] Li, Y. E. (2010). Bridge system with precast concrete double-T girder and external unbonded post-tensioning (Luận văn thạc sĩ, University of Toronto, Canada).
- [3] Canadian Precast/prestressed concrete institute (2009). Prestressed girder bridges.
- [4] Choi, W., Rizkalla, S., Zia, P., & Mirmiran, A. (2008). Behavior and design of high-strength
- [5] Smith, J. S. (2012). Precast segment double-T girder system for multi-span highway overpass bridges (Luận văn thạc sĩ, University of Toronto, Canada).
- [6] Newhouse, C. D., 2005. Design and Behavior of Precast, Prestressed Girders Made Continuous – An Analytical and Experimental Study. Doctoral dissertation. Civil and Environmental Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University
- [7] Nippon koei Co. Ltd. Detail design study on the Mombasa Gate bridge construction project, Nhật Bản (2018).
- [8] Midas IT - Midas/Civil User Manual.
- [9] VIDIFI., JSC. Hà Nội - hai phong expressway project Package ex1A phase 1, Hà Nội (2014)