

PHÂN TÍCH CÁC CHỈ TIÊU KINH TẾ - KỸ THUẬT CỦA CÔNG NGHỆ DẦM BẢN BÁN LẮP GHÉP TRONG CẦU TRÊN ĐƯỜNG Ô TÔ

NGUYỄN TRỌNG ĐỒNG - Tổng công ty Đầu tư phát triển đường cao tốc Việt Nam

BẠCH THỊ DIỆP PHƯƠNG - Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

ĐÀO DUY LÂM - Trường Đại học Giao thông Vận tải

Công nghệ thi công cầu bằng phương pháp lắp ghép và bán lắp ghép xuất hiện ở nước ta từ năm 1960, và cho đến nay nhiều loại dầm bê tông cốt thép dự ứng lực (BTCTDƯL) lắp ghép và bán lắp ghép đã ra đời và được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng cầu nhịp ngắn và nhịp trung (chiều dài nhịp từ 10 đến 30 m) như dầm chữ I, dầm bản rỗng hoặc dầm chữ T ngược.

Trong khuôn khổ nghiên cứu ứng dụng công nghệ dầm bản bán lắp ghép trong xây dựng cầu trên đường ô tô, nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng, thiết kế sơ bộ dầm bản bán lắp ghép cho ba loại chiều dài nhịp khác nhau (20 m, 25 m, 30 m). Từ đó đánh giá, so sánh các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật với các loại kết cấu nhịp thông dụng hiện nay như dầm chữ I, dầm bản rỗng, dầm chữ T ngược.

Từ khóa: bê tông, chế tạo sẵn, dầm cầu, ứng suất trước.

ANALYSING THE ECONOMIC AND TECHNICAL EFFICIENCY OF PRECAST, PRESTRESSED SLAB TECHNOLOGY ON BRIDGE CONSTRUCTION

Summary

Bridge construction technology by prestressed concrete I, T girders and prestressed concrete voided slab appeared in Vietnam since 1960. Up to now, this technology has been popularly applied in the construction of short and medium spans.

In this research, the authors have used the finite element method to model and design the bridge with 3 different spans (20 m, 25 m, 30 m) constructed by precast prestressed slabs, then compared the economic technical efficiency with the prestressed concrete I, T girder and prestressed concrete voided slab.

Keywords: concrete, precast, girder, prestressed.

Đặt vấn đề

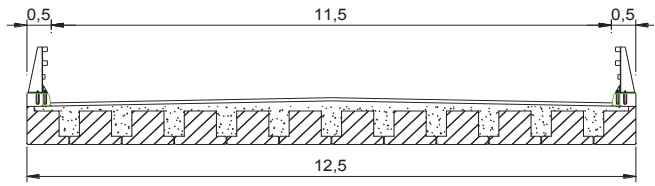
Từ cuối thế kỷ XIX, đầu thế kỷ XX, kết cấu BTCT đã được ứng dụng một cách rộng rãi trong xây dựng cầu ở nhiều quốc gia trên thế giới. Với sự phát triển của khoa học và công nghệ, đến nay, nhiều công nghệ hiện đại trong lĩnh vực xây dựng cầu BTCT đã ra đời, như công nghệ đúc hẫng, đúc đẩy, lắp hẫng, cầu dây văng... giúp cho kết cấu BTCT có khả năng vượt nhịp không thua kém kết cấu thép. Tuy vậy, với tiêu chí giảm thiểu chi phí cũng như rút ngắn thời gian thi công, các kết cấu lắp ghép và bán lắp ghép vẫn được sử dụng một cách rộng rãi. Ví dụ, tại Cộng hòa Pháp, các dầm BTCTDƯL mặt cắt ngang chữ I, chữ T vẫn được ứng dụng phổ biến cho xây dựng các cầu khẩu độ nhỏ hoặc trung, cầu vượt qua đường cao tốc [1, 2]. Ở trong nước, công nghệ thi công cầu bằng phương pháp lắp ghép và bán lắp ghép bắt đầu xuất hiện từ năm 1960, phổ biến với các dầm mặt cắt chữ T, chữ I. Giai đoạn từ năm 1992 đến nay, nhiều công nghệ tiên tiến của thế giới đã được chuyển giao vào nước ta. Đối với công nghệ thi công cầu bằng phương pháp lắp ghép và bán lắp ghép, nổi bật nhất là công nghệ dầm Super T (chuyển giao từ Dự án xây dựng cầu Mỹ Thuận). Đến nay, các cầu dầm Super T với nhịp lên đến 40 m đã được ứng dụng một cách rộng rãi trong các công trình cầu tại Việt Nam

và là sự lựa chọn hàng đầu khi xây dựng các công trình có yêu cầu giảm thiểu thời gian thi công cũng như chi phí xây lắp. Tuy nhiên, chiều cao kết cấu của dầm Super T hay các dầm T, dầm I khá lớn [1]. Đối với cầu nhịp ngắn và nhịp trung (chiều dài nhịp từ 10 đến 25 m), nhiều loại dầm bản BTCTDƯL lắp ghép và bán lắp ghép có chiều cao kết cấu tương đối thấp được ứng dụng rộng rãi, như dầm bản rỗng hoặc dầm T ngược. Trong giai đoạn khai thác, kết cấu nhịp của hai loại dầm nêu trên có hình dạng như bản đồng nhất nhưng nếu phân tích sơ đồ làm việc của dầm bản rỗng và dầm T ngược thì ta thấy liên kết ngang giữa các dầm chỉ được thực hiện thông qua bê tông của bản mặt cầu. Vì vậy, tải trọng tác dụng lên kết cấu nhịp được phân bố xuống một nhóm dầm chủ không phân bố cho cả hệ dầm, dẫn đến không khai thác hết khả năng làm việc của tất cả các dầm. Để khắc phục nhược điểm trên, dầm bản bán lắp ghép đã được nghiên cứu bố trí cốt thép chờ liên kết theo phương ngang giúp tăng khả năng truyền lực giữa các dầm. Qua đó, sau khi bê tông bản mặt cầu đạt cường độ thiết kế, kết cấu nhịp sẽ làm việc như một dầm bản đồng nhất, làm giảm chiều cao kết cấu nhịp [3].

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

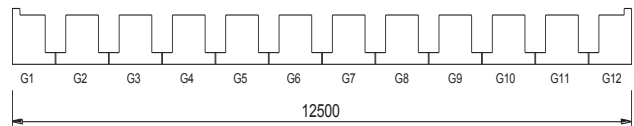
Trong khuôn khổ của nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn, thông qua các phần mềm phân tích kết cấu như SCIA Engineer hay Sofistik để xác định nội lực trong các dầm, từ đó thiết kế các kết cấu nhịp dầm bản bán lắp ghép có khẩu độ vượt nhịp khác nhau. Ưu thế của phương pháp phần tử hữu hạn là có thể ứng dụng cho bất kỳ dạng kết cấu hình học nào, cũng như hầu hết các dạng tải trọng. Phương pháp phần tử hữu hạn được coi là phương pháp hiệu quả nhất hiện nay để giải các bài toán cơ học vật rắn môi trường liên tục nói chung và trong phân tích kết cấu công trình nói riêng. Các bước tính toán kết cấu bằng phương pháp phần tử hữu hạn gồm: chia lưới phần tử hữu hạn; chọn hàm chuyển vị; tính toán ma trận độ cứng phần tử (và các ma trận khác liên quan, nếu có) trong hệ tọa độ địa phương; thiết lập ma trận độ cứng của toàn bộ kết cấu (và các ma trận khác liên quan, nếu có); thiết lập ma trận véctơ trong nút; thiết lập phương trình cân bằng; xử lý các điều kiện biên; giải hệ phương trình; tính toán nội lực, chuyển vị trong các phần tử.

Từ phân tích nội lực trong các dầm, kết cấu nhịp cầu dầm bản bán lắp ghép sẽ được tiến hành thiết kế cho các cầu đơn nhịp, chiều rộng cầu 12,50 m với các khẩu độ nhịp tương ứng là 20 m, 25 m và 30 m. Mặt cắt ngang kết cấu nhịp được thể hiện ở hình 1. Tải trọng tính toán là đoàn xe HL93. Kết cấu nhịp gồm hai bộ phận chính là các dầm bản BTCTDƯL đúc sẵn và phần bê tông bản mặt cầu đổ tại chỗ. Khi bê tông bản mặt cầu đạt cường độ tính toán, kết cấu nhịp làm việc như một dầm bản đồng nhất [3].



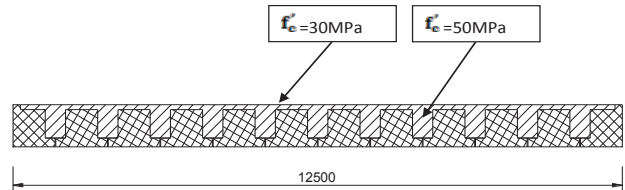
Hình 1: mặt cắt ngang điển hình kết cấu nhịp

Trong giai đoạn thi công, ứng suất trước trong các phiến dầm được tính toán và bố trí để chịu mô men uốn dọc gây ra bởi tải trọng bản thân dầm cũng như tĩnh tải của bê tông bản mặt cầu (hình 2).



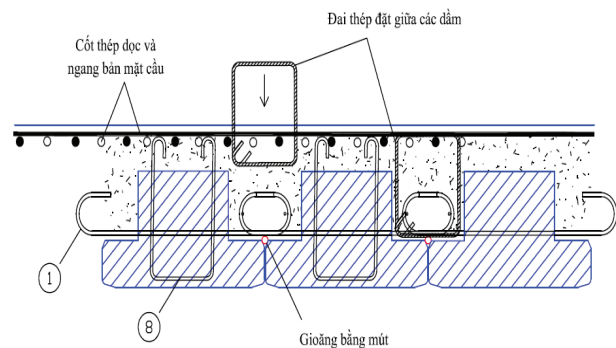
Hình 2: mô hình kết cấu nhịp trong giai đoạn thi công

Trong giai đoạn khai thác, mặt cắt làm việc là mặt cắt liên hợp giữa dầm bản và bê tông bản mặt cầu đổ tại chỗ. Ứng suất trước tính cho mặt cắt liên hợp phải đủ để chịu mô men uốn dọc do tải trọng bản thân, tĩnh tải và hoạt tải gây ra (hình 3).



Hình 3: mô hình kết cấu nhịp trong giai đoạn khai thác

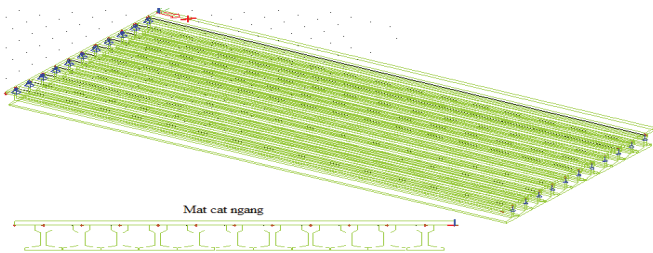
Các đai thép chờ (ký hiệu số 1 trong hình 4) được bố trí trong dầm để chịu mô men uốn ngang. Do có liên kết ngang, khi bê tông bản mặt cầu đạt cường độ kết cấu nhịp làm việc như một bản đồng nhất. Ngoại lực tác dụng lên kết cấu nhịp được truyền cho cả bản mặt cầu chứ không cho một vài dầm đơn lẻ, khiến cho nội lực trong các dầm giảm đi so với trường hợp các dầm chỉ được liên kết ngang thông qua bản mặt cầu.



Hình 4: bố trí cốt thép liên kết ngang giữa các dầm

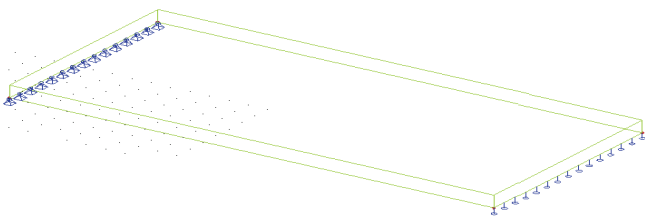
Để phân tích việc giảm nội lực trong các dầm khi tăng cường liên kết ngang giữa các dầm, ta xây dựng hai mô hình kết cấu nhịp:

- Mô hình thứ nhất (hình 5): các dầm T ngược được liên kết ngang với nhau thông qua bản mặt cầu. Nội lực trong các dầm ở đây được xác định bằng đường ảnh hưởng, theo mô hình hệ thanh.



Hình 5: mô hình dầm T ngược

- Mô hình thứ hai (hình 6): các dầm bản bán lắp ghép được liên kết ngang với nhau không chỉ thông qua bản mặt cầu mà còn được bố trí tăng cường cốt thép chờ theo phương ngang, giúp tăng cường khả năng chống uốn theo phương ngang. Nội lực trong các dầm ở đây được xác định theo mô hình bản kê trên các gối.



Hình 6: mô hình dầm bản bán lắp ghép

Tải trọng thử nghiệm sẽ là một xe tải của đoàn xe HL93 đặt tại giữa nhịp. Từ đó xác định nội lực trong các dầm dưới tác dụng của tải trọng này.

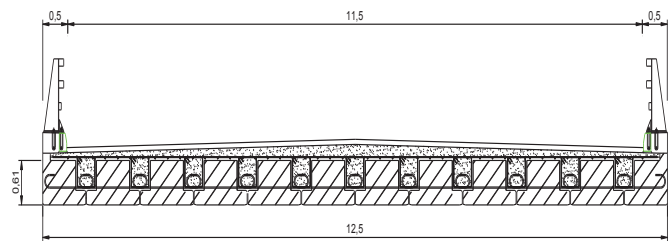
Để so sánh, đánh giá hiệu quả kinh tế giữa dầm bản bán lắp ghép với một số loại dầm khác phổ biến trên thị trường như dầm I, dầm bản rộng và dầm T ngược, nhóm tác giả tiến hành phân tích bằng cách lập giá thành (đơn giá) dự toán của các loại dầm nêu trên tại một địa phương giả định. Áp giá cước vận chuyển, báo giá của địa phương về nhân công, về vật liệu vào khối lượng các vật liệu như bê tông, cáp dự ứng lực, neo, ống gen, cốt thép thường, thép bản (làm ván khuôn)... để có được giá trị toán suất đầu tư cho một m² mặt cầu đối với mỗi loại dầm khác nhau. Từ đó, so sánh giá thành xây lắp giữa các loại kết cấu nhịp.

Kết quả và bàn luận

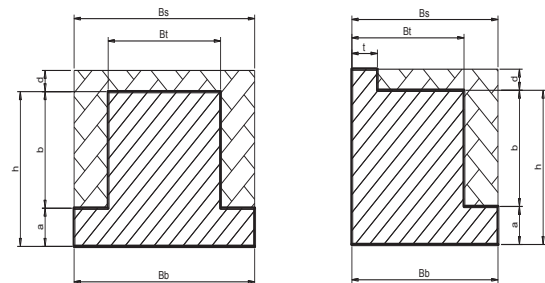
Từ kết quả phân tích nội lực trong các dầm bằng

phương pháp phần tử hữu hạn, kết cấu nhịp cầu dầm bản bán lắp ghép sẽ được tiến hành thiết kế cho các cầu đơn nhịp, chiều rộng cầu 12,50 m với các khẩu độ nhịp tương ứng là 20, 25 và 30 m. Góc xiên của cầu là 90°, lớp bê tông nhựa mặt cầu dày 70 mm. Tải trọng tính toán là đoàn xe HL93. Dầm bản chế tạo sẵn là các dầm BTCTDUL thi công bằng phương pháp căng trước. Cốt thép dự ứng lực là loại 7 sợi, đường kính 15,2 mm, cường độ chịu kéo $f_{pu} = 1.860$ MPa, mô đun đàn hồi $E_p = 197.000$ MPa. Cốt thép thường có giới hạn chảy 420 MPa, mô đun đàn hồi $E_s = 200.000$ MPa. Bê tông sử dụng cho dầm là bê tông cấp 50. Bê tông sử dụng để thi công bản mặt cầu là bê tông cấp 30.

Với mỗi chiều dài kết cấu nhịp, mặt cắt ngang của các dầm và kết cấu nhịp tương ứng như sau:



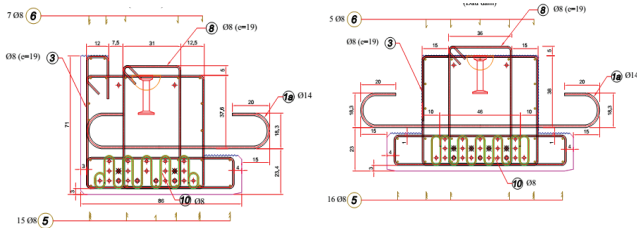
Hình 7: mặt cắt ngang điển hình kết cấu nhịp (ví dụ cho khẩu độ 20 m)



Hình 8: mặt cắt ngang của dầm chủ và dầm biên

Bảng 1: đặc trưng hình học của dầm chủ và dầm biên

Đặc trưng hình học	a	b	h	d	t	Bs	Bt	Bb
Nhịp khẩu độ 20 m								
Dầm chủ (mm)	200	410	610	100	-	1.060	660	1.060
Dầm biên (mm)					150	860	660	860
Nhịp khẩu độ 25 m								
Dầm chủ (mm)	200	590	790	100	-	1.060	660	1.060
Dầm biên (mm)					150	860	660	860
Nhịp khẩu độ 30 m								
Dầm chủ (mm)	200	900	1.100	100	-	1.060	660	1.060
Dầm biên (mm)					150	860	660	860



Hình 9: bố trí cốt thép và cấp dự ứng lực trong dầm

- Nhịp khẩu độ 20 m:

Các đặc trưng tại mặt cắt giữa nhịp	Ký hiệu	Mặt cắt nguyên	Mặt cắt liên hợp	Đơn vị
Dầm chủ				
Diện tích mặt cắt ngang dầm	A	0,4826	0,7526	m ²
Mô men quán tính qua trục trung hoà	I	0,0297	0,0705	m ⁴
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ dưới	S _b	0,0574	0,0891	m ³
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ trên	S _t	0,0459	0,0891	m ³
Bê tông		9,63	-	m ³
Khối lượng cốt thép thường		764,388	-	kg
Khối lượng cốt thép DUL loại 15,2 mm		551,74	-	kg
Dầm biên				
Diện tích mặt cắt ngang dầm	A	0,4576	0,6106	m ²
Mô men quán tính qua trục trung hoà	I	0,0204	0,0376	m ⁴
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ dưới	S _b	0,0494	0,0723	m ³
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ trên	S _t	0,0449	0,0723	m ³
Bê tông		9,41	-	m ³
Khối lượng cốt thép thường		703,79	-	kg
Khối lượng cốt thép DUL loại 15,2 mm		497,35	-	kg

- Nhịp khẩu độ 25 m:

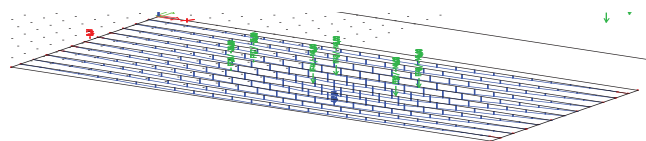
Các đặc trưng tại mặt cắt giữa nhịp	Ký hiệu	Mặt cắt nguyên	Mặt cắt liên hợp	Đơn vị
Dầm chủ				
Diện tích mặt cắt ngang dầm	A	0,6014	0,9434	m ²
Mô men quán tính qua trục trung hoà	I	0,0340	0,0883	m ⁴
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ dưới	S _b	0,0939	0,1399	m ³
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ trên	S _t	0,0770	0,1399	m ³
Bê tông		15,01	-	m ³
Khối lượng cốt thép thường		990,65	-	kg
Khối lượng cốt thép DUL loại 15,2 mm		840,38	-	kg
Dầm biên				
Diện tích mặt cắt ngang dầm	A	0,5764	0,7654	m ²
Mô men quán tính qua trục trung hoà	I	0,0247	0,0472	m ⁴
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ dưới	S _b	0,0814	0,1135	m ³
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ trên	S _t	0,0744	0,1135	m ³
Bê tông		14,39	-	m ³
Khối lượng cốt thép thường		920,00	-	kg
Khối lượng cốt thép DUL loại 15,2 mm		754,90	-	kg

- Nhịp khẩu độ 30 m:

Các đặc trưng tại mặt cắt giữa nhịp	Ký hiệu	Mặt cắt nguyên	Mặt cắt liên hợp	Đơn vị
Dầm chủ				
Diện tích mặt cắt ngang dầm	A	0,7400	1,1660	m ²
Mô men quán tính qua trục trung hoà	I	0,0390	0,1092	m ⁴
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ dưới	S _b	0,1460	0,2138	m ³
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ trên	S _t	0,1227	0,2138	m ³
Bê tông		24,15	-	m ³
Khối lượng cốt thép thường		1.282,64	-	kg
Khối lượng cốt thép DUL loại 15,2 mm		1.236,71	-	kg
Dầm biên				
Diện tích mặt cắt ngang dầm	A	0,715	0,946	m ²
Mô men quán tính qua trục trung hoà	I	0,0298	0,0583	m ⁴
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ dưới	S _b	0,1280	0,1734	m ³
Mô men tĩnh của mặt cắt thõ trên	S _t	0,1180	0,1734	m ³
Bê tông		23,40	-	m ³
Khối lượng cốt thép thường		1.251,79	-	kg
Khối lượng cốt thép DUL loại 15,2 mm		1.072,40	-	kg

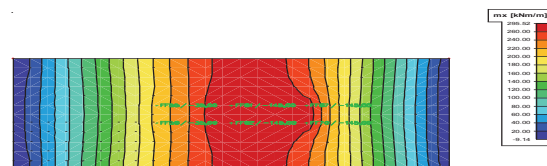
Tỷ lệ tương quan giữa chiều cao kết cấu nhịp (tính cả bản mặt cầu) và chiều dài vượt nhịp của dầm bản bán lắp ghép vào khoảng $h/L = 1/28$. Trong khi đó, tỷ lệ nêu trên của các dầm I, dầm bản rỗng, dầm T ngược lần lượt vào khoảng 1/18, 1/24 và 1/23 [4]. Nguyên nhân chính của sự khác biệt này là do liên kết theo phương ngang của dầm bản bán lắp ghép tốt hơn các dầm khác, khiến cho sơ đồ làm việc ở giai đoạn khai thác của kết cấu nhịp dầm bản bán lắp ghép tương tự như mô hình bản đồng nhất kê trên các gối. Kết quả phân tích dưới đây sẽ minh chứng cho điều này.

- Nội lực trong các dầm T ngược của một cầu đơn nhịp, rộng 12,5 m, khẩu độ 25 m, dưới tác dụng tải trọng một xe tải trong đoàn xe HL93 đặt tại giữa nhịp: giá trị mô men lớn nhất là $M_{max} = 432,64$ KN.m



Hình 10: nội lực trong kết cấu nhịp dầm T ngược dưới tải trọng đoàn xe HL93

- Nội lực trong các dầm bản bán lắp ghép của một cầu đơn nhịp, rộng 12,5 m, khẩu độ 25 m, dưới tác dụng tải trọng một xe tải trong đoàn xe HL93 đặt tại giữa nhịp: giá trị mô men lớn nhất là $M_{max} = 295,52$ KN.m



Hình 11: nội lực trong kết cấu nhịp dầm bản bán lắp ghép dưới tải trọng đoàn xe HL93

Kết quả phân tích cho thấy, với cùng điều kiện về tải trọng, chiều rộng cầu, chiều dài vượt nhịp, nội lực trong các dầm T ngược lớn hơn khoảng 31% so với nội lực trong các dầm bản bán lắp ghép. Ngoài các chỉ tiêu về kỹ thuật thì chỉ tiêu kinh tế là chỉ tiêu quan trọng để lựa chọn loại kết cấu nhịp. Do không có đủ thông tin cho tất cả các khẩu độ nên ở đây ta chỉ tiến hành so sánh, đánh giá hiệu quả kinh tế của dầm bản bán lắp ghép với một số loại dầm khác phổ biến trên thị trường như dầm I, dầm bản rỗng và dầm T ngược với một vài khẩu độ nhất định, thông qua tổng khối lượng bê tông, cốt thép, cấp dự ứng lực để xây dựng kết cấu nhịp phần trên của một cây cầu [5, 6]. Từ đó so sánh suất đầu tư trên một mét vuông cầu của từng loại dầm và cho từng khẩu độ vượt nhịp. Kết quả thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2: so sánh chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật giữa các dầm với các khẩu độ nhịp khác nhau

Loại dầm	Chiều cao kết cấu nhịp (m)	Khối lượng bê tông (m ³)	Khối lượng cốt thép thường (kg)	Khối lượng cáp DƯL (kg)	Suất đầu tư/m ² (triệu VND)
Khẩu độ vượt nhịp 20 m					
Dầm bản rỗng	0,85	225,32	27.274,19	6.189,15	5.893.562
Dầm I	-	-	-	-	-
T ngược	0,93	112,72	12.259,82	5.097,95	5.647.196
Dầm bản bán lắp ghép	0,71	142,60	11.989,89	6.512,14	5.732.080
Khẩu độ vượt nhịp 25 m					
Dầm bản rỗng	-	-	-	-	-
Dầm I	1,65	159,4	36.599,63	3.941,90	5.339.646
T ngược	1,08	150,75	15.390,02	7.161,00	5.871.217
Dầm bản bán lắp ghép	0,89	255,88	15.615,89	9.913,63	7.532.421
Khẩu độ vượt nhịp 30 m					
Dầm bản rỗng	-	-	-	-	-
Dầm I	1,85	215,80	40.455,61	7.390,13	5.701.451
T ngược	1,28	178,28	19.368,07	9.295,19	6.256.417
Dầm bản bán lắp ghép	1,20	414,00	20.378,01	14.511,87	8.032.657

Với khẩu độ vượt nhịp 20 m, khối lượng bê tông toàn bộ kết cấu nhịp phần trên của dầm bản bán lắp ghép ít hơn so với dầm bản rỗng và nhỉnh hơn so với dầm T ngược. Tuy nhiên, khối lượng cốt thép thường ít hơn so với dầm T ngược. Điều đó dẫn đến giá thành của dầm bản bán lắp ghép, dầm bản rỗng và dầm T ngược là xấp xỉ như nhau. Chiều cao kết cấu nhịp của dầm bản bán lắp ghép bằng 84% so với dầm bản rỗng và 76% so với dầm T ngược.

Với khẩu độ vượt nhịp 25 và 30 m, khối lượng bê tông toàn bộ kết cấu nhịp phần trên của dầm bản bán lắp ghép lớn hơn từ 1,7 đến 2,3 lần so với dầm I và dầm T ngược. Khối lượng cốt thép thường nhỉnh hơn một ít so với dầm T ngược nhưng chỉ bằng khoảng 50% so với dầm I. Khối lượng cáp dự ứng lực nhiều hơn từ 1,3 đến 1,5 lần so với

dầm T ngược và từ 2 đến 2,5 lần so với dầm I. Với khẩu độ vượt nhịp 25 m, chiều cao kết cấu nhịp của dầm bản bán lắp ghép bằng 54% so với dầm I và 82% so với dầm T ngược. Các tỷ lệ tương ứng này với khẩu độ vượt nhịp 30 m là 65 và 94%. Điều đó cho thấy, với chiều dài nhịp càng lớn giá thành của dầm bản bán lắp ghép càng cao hơn so với các dầm T ngược và dầm I, đồng thời lợi thế về sự thanh mảnh của kết cấu nhịp cũng giảm đi. Từ phân tích trên, ta thấy dầm bản bán lắp ghép phát huy hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao nhất khi chiều dài kết cấu nhịp từ 20 m trở xuống.

Kết luận

Qua phân tích sơ đồ làm việc ta thấy rằng, kết cấu nhịp cầu thành từ các dầm bản bán lắp ghép làm việc như một bản đồng nhất ở giai đoạn khai thác do được tăng cường liên kết ngang. Vì vậy chiều cao kết cấu nhịp của công nghệ dầm bản bán lắp ghép tương đồng như của công nghệ bản đổ tại chỗ (tỷ lệ h/L = 1/28) trong khi thời gian thi công được rút ngắn rất nhiều, chỉ tương đương như thời gian thi công kết cấu nhịp dầm I, dầm bản rỗng hay dầm T ngược. Qua đó thấy rằng, loại kết cấu nhịp này rất phù hợp với các công trình có yêu cầu khẩn trương về tình hình cũng như tiến độ thi công. Từ so sánh các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của công nghệ dầm bản bán lắp ghép với các công nghệ khác phổ biến trên thị trường như dầm bản rỗng, dầm I hay dầm T ngược, ta thấy rằng, dầm bản bán lắp ghép có khả năng vượt nhịp đến 30 m nhưng hiệu quả kinh tế - kỹ thuật phát huy cao nhất khi chiều dài kết cấu nhịp xung quanh 20 m. Trong tương lai, để tăng cường hơn nữa hiệu quả kinh tế của công nghệ dầm bản bán lắp ghép, định hướng nghiên cứu sẽ là giảm tải trọng bản thân dầm bằng cách tạo các lỗ rỗng trong thân dầm.

Tài liệu tham khảo

- [1] Gérard Guérit, Périphérique Parisien - Les Lilas tirent la couverture, Chantiers de France, N°391, 6.2006.
- [2] Pierre Delohen, Un nouveau mode de réalisation de tablier, Les Composants Pres-Contraints, 2.2002.
- [3] Jérôme Hervé, Technique rapide pour réaliser les dalles de tablier, Le Moniteur, 20.4.2004.
- [4] Nguyễn Viết Trung, Công nghệ hiện đại trong xây dựng cầu BTCT, Nhà xuất bản Xây dựng, 2004.
- [5] Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ năm 2010: Nghiên cứu lựa chọn kết cấu và công nghệ hợp lý cho các công trình cầu xây dựng trong vùng đất yếu Đông bằng sông Cửu Long, mã số DT103013, chủ nhiệm đề tài: Trần Thiện Quang.
- [6] Thiết kế kỹ thuật Dự án xây dựng đường cao tốc Nội Bài - Lào Cai, 9.2008.