

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ DẦM PREBEAM VÀ PREBEAM DỰ ỨNG LỰC TRONG CẦU THÀNH PHỐ

PGS. TS PHẠM DUY HỮU

KS LÊ QUANG HANH

Viện KH và CN Xây dựng Giao thông

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Bài báo trình bày về công nghệ Prebeam và dầm Prebeam DUL trong cầu thành phố. Kiến nghị về phương án công nghệ nên áp dụng.

Summary: The article presents research into technology of prebeam and pre-tension prebeam and their applicability in construction of bridges in cities.

1. MỞ ĐẦU

Trong xây dựng cầu, nhà, kết cấu liên hợp thép và bê tông được sử dụng rộng rãi. Một công nghệ mới về dầm liên hợp đang bắt đầu được áp dụng ở nước ta hiện nay là công nghệ dầm Prebeam (P-B). Dầm Prebeam là dầm liên hợp thép và bê tông dự ứng lực nhờ công nghệ gia tải lên dầm thép hình có độ võng.

Dầm P-B DUL là loại dầm P-B có bố trí các bó DUL bổ sung ở phần đáy dầm. Dầm Prebeam được dùng khá phổ biến tại Nhật Bản: Với 750 cầu đường bộ, 29 cầu đường sắt và 86 dầm trong kiến trúc xây dựng. Ở Việt Nam trong những năm gần đây dầm Prebeam đã được đưa vào sử dụng cho các công trình cầu trên tuyến Nội Bài - Bắc Ninh (gồm 6 cầu với 106 dầm nhịp 34 ~ 38 m), tuyến Đường 5 kéo dài... Sắp tới giai đoạn hai của Dự án xây dựng tuyến Nội Bài - Bắc Ninh cũng sẽ áp dụng công nghệ dầm Prebeam này.

Chiều dài nhịp dầm P-B là 30 ~ 60 m, chiều cao dầm là 1,50 m ~ 3 m. Dầm Prebeam được sử dụng nhiều nhất đối với cầu có nhịp dài từ 20 m ~ 30 m. Gần đây dầm Prebeam liên tục phát triển và tiến tới áp dụng cho cả cầu có nhiều nhịp liên tục để có thể chống lại lực động đất và các tính ưu việt khác. Với tính năng nổi bật là hạn chế chiều cao dầm, dầm Prebeam được sử dụng cho các công trình cầu vượt đường bộ, các công trình cầu bắc qua sông có thông thuyền và các công trình kiến trúc đòi hỏi tính mỹ quan. Ngoài ra nhờ có bê tông bao bọc bên ngoài thép hình mà dầm Prebeam còn hạn chế được tiếng ồn và độ rung của cầu khi có xe chạy qua, nhờ đó mà giảm được chi phí cho việc duy tu bảo dưỡng cầu. Công nghệ đòi hỏi phải sử dụng bê tông cường cao và thép cường độ cao, kích có lực ép lớn, trình độ thi công cao. Những điều này sẽ làm tăng giá thành công trình trong thời gian đầu mới áp dụng, nhưng sau sau khi làm chủ được công nghệ giá thành của dầm Prebeam sẽ hạ xuống.

Trong dầm P-B bê tông có tác dụng như một loại vật liệu bảo vệ cho dầm thép hình, chịu một phần lực nén và làm tăng khả năng giữ ổn định động lực học cho toàn bộ kết cấu, giảm độ mảnh cho kết cấu dưới tác dụng của lực nén.

CT 2

Phương pháp uốn trước (Pre-flexion) là phương pháp khai thác tính chống uốn đàn hồi cao của dầm thép để tạo ra ứng suất nén trước vào bê tông bản cánh dưới.

2. CÔNG NGHỆ CHUNG DẦM PREBEAM

Công nghệ này áp dụng cho cả hai loại dầm P-B và dầm P-B DUL gồm các bước sau:

2.1. Chế tạo dầm thép mặt cắt chữ I có độ võng xác định trước.

2.2. Tạo tải trọng P để có được mô men dự ứng lực đủ để khống chế mô men thiết kế.

2.3. Căng kéo cốt thép dự ứng lực (kiểu dầm P-B DUL)

2.4. Đổ bê tông bản cánh dưới ở trạng thái vẫn giữ nguyên tải trọng P.

2.5. Giải phóng tải trọng P, tạo dự ứng suất nén trong bê tông bản cánh dưới, hoàn thành công việc chế tạo dầm Prebeam.

2.6. Vận chuyển dầm Prebeam đến công trường.

2.7. Thi công bê tông bản bụng, dầm ngang và bản mặt cầu.

2.8. Hoàn thiện cầu và mặt cầu.

2.9. Khai thác.

Nhược điểm công nghệ này là khó vận chuyển dầm đến công trường.

Năm 1988, một bước tiến bộ về công nghệ dầm Prebeam lại được ra đời, đó là công nghệ **dầm Prebeam phân đoạn**. Các đoạn dầm Prebeam được chế tạo trong nhà máy, sau đó được vận chuyển đến công trường rồi thi công lắp ráp chúng lại với nhau qua các mối nối.

Công nghệ dầm Prebeam phân đoạn có các ưu điểm là không cần thiết phải có bãi chế tạo dầm ngoài công trường; rút ngắn tiến độ thi công; có thể giảm được công suất của thiết bị vận chuyển và thiết bị lao lắp nhờ khả năng thi công phân đoạn.

3. CẤU TẠO CỦA DẦM PREBEAM

Dầm thép: Là dầm I tổ hợp hàn được chế tạo với độ võng xác định trước. Vật liệu của dầm thép là SM520 và SM570 (đối với dầm cầu) và SN490B (đối với dầm kiến trúc xây dựng). Đối với bản cánh dưới của dầm thép ta thiết kế các neo hộp (neo cứng) để liên hợp dầm thép với bê tông bản cánh dưới. Đối với bản cánh trên của dầm thép ta thiết kế các chốt đỉnh neo để liên hợp dầm thép với bản mặt cầu.

Cốt thép dự ứng lực kéo trước: hỗ trợ tạo lực nén cho bê tông ở khu vực chịu kéo khi khai thác (trong dầm P-B dự ứng lực).

Bê tông bản cánh dưới: Sử dụng bê tông cường độ cao ($f_c = 60$ MPa). Nhờ có công nghệ uốn trước dầm thép (Pre-flexion), ứng suất nén trước được tạo ra trong bê tông bản cánh dưới. Bê tông sử dụng phụ gia giảm nước có tính năng cao, tỷ lệ xi măng / nước bằng 0,3 - 0,35, độ sụt 18 ~ 21 cm.

Bê tông bản mặt cầu: Được cấu tạo bởi bê tông với cốt thép chủ và cốt thép phân bố giống như bản mặt cầu của dầm liên hợp.

Bê tông bản bụng: Để bê tông không bị bóc tách và không bị nứt người ta đưa vào cốt thép dọc trục và cốt thép đai. Tuy nhiên gần đây người ta chỉ sử dụng thép bản cho bản bụng, không cần bê tông.

4. CÔNG NGHỆ DẦM PRE BEAM KIỂU MỚI

Công nghệ P-B kiểu mới được thể hiện ở việc lựa chọn vật liệu, kiểu nén thẳng dầm thép, đổ bê tông theo 1 chiều, bổ sung cốt thép DƯL và sử dụng bê tông tự đầm. Chi tiết của công nghệ mới này như sau:

4.1. Vật liệu chế tạo

Xi măng dùng trong bê tông dầm P-B là xi măng Portland PC40 trở lên và phải đáp ứng đầy đủ các quy định theo các tiêu chuẩn TCVN 2682-98.

- Thời gian bắt đầu ninh kết không sớm hơn 1 giờ

- Thời gian kết thúc ninh kết không sớm hơn 6 giờ.

Cát phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật theo các TCVN 1770-7986.

Cốt liệu thô là đá dăm nghiền từ đá vôi hoặc đá Granit.

Cốt liệu thô phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật theo các điều quy định của tiêu chuẩn Việt Nam 1771-87.

Đường kính hạt lớn nhất không được vượt quá 1/4 kích thước nhỏ nhất của mặt cắt cấu kiện và cũng không được vượt quá 3/4 khoảng cách nhỏ nhất giữa các cốt thép. Có thể dùng đá dăm cỡ 5 - 10 mm.

Cấp phối hạt có thể tham khảo AASHTO M80.

Nước để trộn bê tông và tưới bảo dưỡng bê tông phải phù hợp với TCVN phải là nước sạch, không lẫn các tạp chất, dầu mỡ, muối, acid, và có độ PH < 4.

Các chất phụ gia dùng trong bê tông để chế tạo dầm cầu P-B dự ứng lực được dùng sau khi đã thí nghiệm chứng minh được hiệu quả kinh tế kỹ thuật và không gây tổn hại đến kết cấu.

Loại phụ gia sử dụng là phụ gia siêu dẻo gốc amin sulfonate hoặc poly cacbonxylate.

Thép bản: Sử dụng thép bản của Hàn Quốc, Trung Quốc, Nhật Bản loại 16 Mn

+ Thành phần hoá học: 16 Mn. Giới hạn chảy ≥ 345 MPa, giới hạn kéo đứt ≥ 660 MPa, hệ số giãn dài $\geq 22\%$.

Cốt thép: Có thể sử dụng cốt thép phù hợp với TCVN 3100-79 và 1651-85.

4.2. Công nghệ chế tạo dầm Prebeam

4.2.1. *Chế tạo dầm Prebeam* được thực hiện tuân theo tiêu chuẩn Dầm cầu thép-kết cấu thép 22TCN-288-2002 và công nghệ chế tạo dầm bê tông cốt thép dự ứng lực theo 22TCN. Dầm thép được chế tạo bằng phương pháp hàn tự động là tốt nhất.

Việc tạo lực nén thẳng dầm phải đảm bảo dầm được uốn phẳng và tỷ số về biến dạng về lực phù hợp với hồ sơ thiết kế và theo **cùng một hướng cho tất cả các dầm**. Phương pháp này

CT 2

khác với phương pháp của Nhà máy kết cấu thép Thăng Long là phương pháp uốn hai dầm 1 lần và cho phép việc đổ bê tông sau này theo 2 hướng. Công nghệ 1 hướng tạo ra các dầm đồng chất hơn.

Kích lực theo từng cấp lực là 5 tấn theo bảng tạo lực sau: (kích hai lần mỗi cấp) được ghi ở bảng 1.

Bảng 1
Cấp lực nén uốn đối với dầm 38 m - 60 T (dầm 33 m - 50 T)

TT	Tạo lực yêu cầu (T)	Áp suất lí thuyết (daN/cm ²)	Áp suất thực tế (daN/cm ²)	Hệ số ma sát	Chú ý
0	0	0	0	0	Độ võng trước khi kích dầm
1	5	15,9	17,8	0,120	
2	10	31,8	34,9	1,095	
3	15	47,7	51,4	0,076	
4	20	63,7	67,6	0,610	Đo độ võng 2
5	25	79,6	83,5	0,048	
6	30	95,5	99,2	0,038	
7	35	114,4	114,9	0,031	
8	40	127,3	130,4	0,024	Đo độ võng 3
9	45	143,3	146,1	0,019	
10	50	159,2	161,7	0,015	
11	55	175,1	177,3	0,012	
12	60	190,0	192,9	0,010	Đo độ võng 4

CT 2

+ Lần 1: Mục đích làm triệt tiêu biến dạng dư trong khi hàn.

+ Lần 2: gia lực theo các bước như lần 1 đạt được độ võng theo thiết kế thì dùng Maccloi D26 khoá cố định, đo độ võng dầm thép sau khi đạt tới lực kích yêu cầu.

Ván khuôn và bộ căng kéo điện chế tạo theo đúng thiết kế.

Chế tạo cốt thép thường, cốt thép DƯL làm chủ.

Khung cốt thép bao gồm cốt thép $\phi 16$ đặt ở cánh dưới và cánh trên của dầm để định vị cốt thép đai $\phi 14$ được chế tạo theo đúng hồ sơ thiết kế được phê duyệt.

Cốt thép DƯL được đặt theo hồ sơ thiết kế.

Kéo cốt thép DƯL theo hồ sơ thiết kế và neo vào các bộ căng.

Đặt dầm thép đã bị nén thẳng vào đúng vị trí của đồ án thiết kế.

Lắp khung cốt thép đai vào vị trí thiết kế.

Lắp đặt hệ thống ván khuôn toàn bộ dầm vào đúng vị trí thiết kế.

4.2.2. Công nghệ bê tông cho các dầm P-B dự ứng lực

Bê tông trộn theo kiểu 2 pha và thời gian trộn là 3 + 3 phút.

Bê tông phải đảm bảo cường độ $R_3 = 0,85 R_{28}$ theo yêu cầu thiết kế.

Độ sụt bê tông kiểm tra tại phễu đổ phải đảm bảo lớn hơn 20 cm nếu dùng bê tông siêu dẻo và đảm bảo tính tự đầm nếu dùng bê tông tự đầm.

Bê tông có thể trộn ngay tại công trường hoặc trộn sản phẩm tại nhà máy bê tông. Bê tông được trộn theo quy trình trộn bê tông được phê duyệt.

Bê tông phải đảm bảo không bị phân tầng và phân ly trong quá trình vận chuyển và đầm chắc.

Chuẩn bị ván khuôn và kiểm tra toàn bộ hệ thống dầm, lắp đầm vào đáy và sườn ván khuôn theo hồ sơ thiết kế (trong trường hợp sử dụng bê tông tự đầm không cần bố trí hệ thống đầm).

Đổ bê tông: Đổ bê tông liên tục và phải đảm bảo lấp đầy toàn bộ ván khuôn các dầm.

4.2.3. Dỡ tải (bỏ lực nén)

Việc bỏ lực nén để tạo lực nén trước vào bê tông ở cánh dưới của dầm.

Việc dỡ tải nén dầm phải tuân theo thiết kế và đảm bảo an toàn.

Tháo bỏ lực nén dầm, có thể sử dụng kích và các dụng cụ cơ khí thông thường.

Tháo các neo theo quy trình thiết kế thi công.

4.2.4. Vận chuyển dầm Prebeam và thi công mặt cầu

Vận chuyển dầm Prebeam bằng xe chuyên dụng để đảm bảo trong quá trình vận chuyển không gây nứt dầm.

Lắp đặt dầm lên trụ bằng 1 cầu 100T hoặc 2 cầu 50T.

Đổ bê tông mới nối bản cánh trên.

- Đổ bê tông mới nối bản cánh trên theo đúng hồ sơ thiết kế.

Kiểm tra độ võng, yêu cầu độ võng của dầm $\geq$ độ võng thiết kế.

Thảm bê tông atspan và hoàn thiện mặt cầu.

Đo độ võng của cầu, yêu cầu độ võng $\geq$ độ võng thiết kế khoảng 20%.

Có thể tham khảo các trị số độ võng tại các giai đoạn theo các trị số ở bảng 2.

Bảng 2

Thống kê độ võng của dầm tại các giai đoạn

Loại dầm	độ võng cấu tạo	Độ võng sau khi nén dầm	Độ võng sau khi bỏ lực nén (đã đổ bê tông cánh dưới)	Độ võng sau khi đổ bê tông bản bụng	Độ võng sau khi đổ bê tông mặt cầu	Độ võng sau khi thi công bê tông at span và hoàn thiện
33 m	340 ± 8 mm	6 ± 30 mm	218 mm	179 mm	123 mm	95 mm
38 m	410 ± 8 mm	6 ± 30 mm	273 mm	217 mm	146 mm	110 mm

4.2.5. Bê tông tự đầm

Thành phần bê tông tự đầm được nghiên cứu ở phòng thí nghiệm Bộ môn Vật liệu xây dựng ĐH GTVT dự kiến sử dụng cho dầm P-B ghi ở bảng 3.

Phương pháp thiết kế theo tiêu chuẩn Nhật Bản.

Thành phần vật liệu: Thí nghiệm 3 loại bê tông D1, D2, D3.

Bê tông D1 sử dụng đá vôi có D = 10 mm, bột đá vôi, chất siêu dẻo thể hệ 3 (Viscocrete 3400) – Phụ gia giảm nước cực cao và kéo dài ninh kết cho bê tông.

Bê tông D2 sử dụng đá vôi có D = 10 mm, tro bay Phả Lại, chất siêu dẻo thể hệ 3 (Viscocrete 3400) – Phụ gia giảm nước cực cao và kéo dài ninh kết cho bê tông, Cát vàng có $M_k = 2,9$.

Bê tông D3 không sử dụng bột đá, sử dụng tro bay và muội silic với thành phần ghi ở bảng 3.

Bảng 3

Thành phần bê tông tự đầm và cường độ

Thành phần	D1	D2	D3
D	865	865	865
N	180	180	180
X	450	450	450
Ms	00	00	50
B	100	00	00
TB	0	100	100
SD	4.00	6.00	8.00
C	715	715	715
Độ chảy bệ	60 cm	80 cm	85 cm
fc28	506	520	560

CT 2

5. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu cho thấy có thể sử dụng loại dầm P-B DUL với sự thay đổi công nghệ tạo DUL bằng cách nén thẳng 1 hướng và bổ sung cốt thép DUL. Đổ bê tông theo 1 hướng và sử dụng bê tông tự đầm. Loại dầm này có thể sử dụng trong các kết cấu cầu đường ô tô, cầu đường sắt đô thị với chiều cao giảm khoảng 30 - 40% so với dầm BTCT DUL thông thường.

Tài liệu tham khảo

- [1] Phạm Duy Hữu. Vật liệu xây dựng mới. NXB Giao thông, 2002.
- [2] F. de Larrard, R. Le Roy. Materiau beton et armatures. Paris, 1993.
- [3] Quy phạm BS8110-77, Anh Quốc. Bê tông và bê tông cốt thép.
- [4] M. S. SHETY. Concrete Tecnology. 2003, London.
- [5] K. Ozanma, M. Cuchi, Tokyo – Japan -2002. Self Compacting concrete.
- [6] Muller. Materials and Technology for the production of high performace concrete. Czec P 11, 1999.
- [7] Aitcin PC. and Neville A. High Performance Concrete Demgstdied, Concrete International, Jan, 1993.
- [8] Richard P. and Chegrezy M. H. Reactive Powder Concretes with High Ductility and 200-800 MPa Compressive Strengths, Proceeding of V.M. Malhotra Symposium, Sp-144, ACI, 1994.
- [9] Tiêu chuẩn thiết kế thành phần và quy trình chế tạo bê tông mác M60-M80 từ xi măng PC40 trở lên 22 TCN 276-2001 ♦