

KHẮC PHỤC TÌNH TRẠNG NÚT ĐẦU DẦM SUPER-T CẮT KHẮC TẠI MỘT SỐ CÔNG TRÌNH CẦU

Tóm tắt: Những năm gần đây, dầm super-T cắt khắc được áp dụng khá phổ biến trong các dự án xây dựng cầu ở Việt Nam. Tuy vậy, một số dự án cầu vẫn còn tồn tại tình trạng nứt ở khu vực đầu dầm super-T cắt khắc, cần sớm được khắc phục. Bài báo sẽ trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ đề tài cấp Bộ năm 2008, mã số DT084035 về xác định nguyên nhân và đề xuất biện pháp khắc phục tình trạng nứt tại đầu dầm super-T cắt khắc ở Việt Nam.

Abstract: In recent years, the halved-end super-T girders are applied fairly common in bridge construction projects in Vietnam. However, some projects still exist the cracks at halved-end of super-T girders, that should be overcome as soon as possible. This paper presents summary results of research project of DT084035 concerning the determination the causes and proposing the measures to overcome the cracks at the halved-end super-T girders in Vietnam.

THS. BUI XUÂN HỌC
Viện Khoa học và Công nghệ GTVT
GS. TS. NGUYỄN VIỆT TRUNG
Trường Đại học GTVT

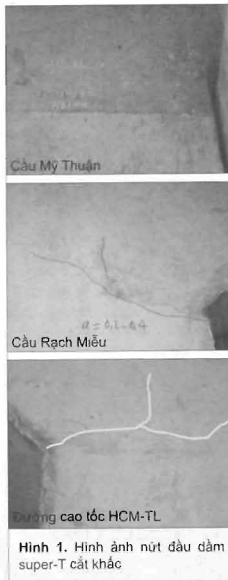
1. GIỚI THIỆU

Dầm BTCT DƯ'L đúc sẵn super-T được các kỹ sư thiết kế ở VicRoads (Australia) phát triển từ năm 1993. Dầm super-T ra đời dựa trên nguyên lý của kết cấu 'bàn T', dầm máng hồ tiêu chuẩn, kết hợp với tính năng khắc của dầm chữ T, chữ I BTCT DƯ'L. Dầm super-T là dầm BTCT DƯ'L đúc sẵn, sử dụng cho các cầu có nhịp trung bình trong các cầu cạn và cầu vượt sông. Nó có khả năng vượt nhịp lớn hơn các loại dầm khác cùng chiều cao. Hiện nay, dầm super-T có thể vượt nhịp 20 - 38m.

Dầm super-T được áp dụng lần đầu ở Việt Nam tại cầu Mỹ Thuận (từ 1998), sử dụng đầu dầm khắc để che phần nhô ra của xà mũ trụ, tạo mỹ quan cho công trình. Từ đó đến nay, nhiều dự án đã áp dụng kết cấu này để vượt nhịp

phổ biến từ 35 - 38m, với việc sử dụng dầm cắt khắc và không cắt khắc, sử dụng dầm căng trước và dầm căng sau. Dầm super-T đã chứng minh được hiệu quả kinh tế kỹ thuật, tuy vậy, một số dự án cầu vẫn còn tồn tại tình trạng nứt ở khu vực đầu dầm super-T cắt khắc, cần sớm được khắc phục.

Vấn đề đặt ra là nghiên cứu làm rõ nguyên nhân gây nứt đầu dầm super-T cắt khắc, dự báo sự phát triển vết nứt, đánh giá khả năng chịu lực của dầm và đề xuất giải pháp hiệu chỉnh thiết kế, công nghệ thi công dầm super-T cắt khắc để khắc phục hiện tượng nứt dầm, góp phần hoàn thiện chất lượng chế tạo loại kết cấu này. Bài báo này sẽ trình bày tình trạng nứt dầm, phân tích cục bộ đầu dầm, xác định nguyên nhân và dự tính sự phát triển nứt, đánh giá khả năng chịu lực, và biện pháp khắc nứt dầm super-T cắt khắc.



Hình 1. Hình ảnh nứt đầu dầm super-T cắt khắc

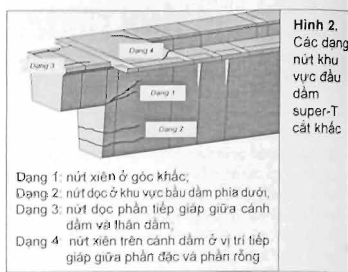
2. TÌNH TRẠNG NÚT ĐẦU DẦM SUPER-T CẮT KHẮC

Khảo sát tình trạng nứt đầu dầm super-T cắt khắc tại một số dự án xây dựng cầu sử dụng dầm super-T cắt khắc về: vị trí, đặc trưng phân bố vết nứt; phương và hình dạng vết nứt; kích thước

vết nứt; thời điểm xuất hiện vết nứt; sự phát triển của vết nứt theo thời gian kể từ khi xuất hiện; các đặc trưng khác như bề lõng bị bong rộp, bị nứt vỡ....

Trong khuôn khổ đề tài, nhóm nghiên cứu đã khảo sát cầu Mỹ Thuận, cầu Rạch Miễu, cầu cạn trên đường cao tốc TP. HCM - Trung Lương, cầu dẫn thuộc dự án cầu Cần Thơ, cầu Bạc Liêu 2, cầu cạn trên đường vành đai III (Hà Nội) (hình 1)

Khái quát tình trạng nứt khu vực đầu dầm super-T cắt khắc trong các dự án, có thể phân thành 4 dạng (hình 2).



BẢNG 1. Các công trình tiến hành khảo sát

TT	Công trình (năm xây dựng)	Số nhịp khảo sát	Số dầm khảo sát	Số dầm bị nứt	Nhận xét
1	Cầu Mỹ Thuận (2000)	6	60	53	Nhiều dầm bị nứt dạng 1 và 2. Các vết nứt được đo vẽ và đánh dấu theo dõi sự phát triển. Đến nay, không thấy có sự phát triển của vết nứt
2	Cầu Rạch Miễu (2008)	6	36	22	Nhiều dầm bị nứt dạng 1 và 2, nhất là các dầm phía bờ Tiền Giang
3	Dự án đường ô tô cao tốc TP. HCM - Trung Lương (2008): Xưởng dầm của Công ty CP Bê tông 620 Long An		38	9	Các dầm mới được đúc xong, đang lắp kết trên bãi dầm. Điểm kê dầm không phải ở vị trí đặt gối. Khoảng 1/4 số dầm xuất hiện vết nứt dạng 1 và 2. Các vết nứt dạng 1 không dài và chiều rộng vết nứt nhỏ.
	Đoạn cầu cạn sử dụng dầm của Công ty Bê tông 620	4	40	31	Kiểm tra 4 nhịp dầm thấy nhiều dầm bị nứt dạng 1 và 2.
	Đoạn cầu cạn sử dụng dầm của Tổng Công ty Xây dựng Thăng Long	2	20	0	Kiểm tra 2 nhịp dầm không phát hiện vết nứt. Thiết kế dầm đã được bổ sung 2 lưới thép xiên D18
4	Cầu Bạc Liêu 2 (2009)	7	42	6	Chỉ có 6/42 dầm xuất hiện vết nứt dạng 1, nhưng ở mức độ không lớn. Thiết kế dầm có 2 lưới thép xiên D18
5	Cầu dẫn thuộc dự án cầu Cần Thơ (2009): Cầu Cái Răng bé Cầu Cái Răng lớn	3 3	30 30	0 0	Không phát hiện nứt trên các dầm. Thiết kế dầm có 2 lưới thép xiên D20
6	Cầu cạn đường Vành đai III, Hà Nội	6	64	8	Kiểm tra 6 nhịp dầm, thấy rằng các dầm không bị nứt dạng 1 và 2. Thiết kế dầm có 2 lưới thép xiên 6 thanh D25. Một số dầm đầu tiên xuất hiện vết nứt dạng 3 và 4. Sau khi bổ sung đoạn không dính bám dài 1m cho 2 tào cấp phía trên bản cánh và bổ sung 2 thanh xiên D13 tại góc giữa phần đặc và phần rỗng trên bản cánh thì không thấy xuất hiện nứt

BẢNG 2. Đặc điểm của các dạng nứt

Dạng nứt	Vị trí vết nứt	Phương và hình dạng	Kích thước vết nứt	Thời điểm xuất hiện nứt
Dạng 1	Góc khác đầu dầm	Xuất phát từ góc khác, thường tách thành 2 vết nứt, một có xu hướng nằm ngang, một có xu hướng xiên góc 35-50°. Các vết nứt xuyên từ bên này sang bên đối diện	Rộng $a = 0.02 - 0.4\text{mm}$; Dài $L = 20 - 70\text{cm}$;	Xuất hiện khi tạo xong DƯ'L. Khi đặt dầm lên trụ, thi công bản mặt cầu, số lượng dầm xuất hiện vết nứt nhiều hơn và có chiều dài, độ mở rộng vết nứt lớn hơn. Sau đó tiếp tục theo dõi thấy sự phát triển các vết nứt không rõ ràng
Dạng 2	Khu vực bầu dầm phía dưới.	Xuất phát từ đầu dầm, phát triển nằm ngang hoặc hơi xiên lên trên. Thường xuất hiện 1 đến 2 vết nứt, vết nứt 1 cách đáy dầm khoảng 20cm, vết nứt 2 cách đáy dầm khoảng 40cm.	Rộng $a = 0.02 - 0.2\text{mm}$; Dài $L = 20 - 80\text{cm}$;	Xuất hiện khi tạo xong DƯ'L. Tiếp tục theo dõi thấy sự phát triển các vết nứt không rõ ràng
Dạng 3	Dọc phần tiếp giáp cánh dầm và thân dầm	Xuất phát từ đầu dầm, phát triển dọc khu vực tiếp giáp cánh dầm và thân dầm.	Rộng $a = 0.01 - 0.08\text{mm}$; Dài $L = 15 - 30\text{cm}$;	Xuất hiện khi tạo xong DƯ'L.
Dạng 4	Trên cánh dầm ở vị trí tiếp giáp giữa phần đặc và phần rỗng.	Xuất phát từ góc tiếp giáp giữa phần đặc và phần rỗng trên cánh dầm, phát triển xiên góc, xuyên hết chiều dày cánh dầm.	Rộng $a = 0.02 - 0.08\text{mm}$; Dài $L = 15 - 25\text{cm}$;	Xuất hiện khi tạo xong DƯ'L.

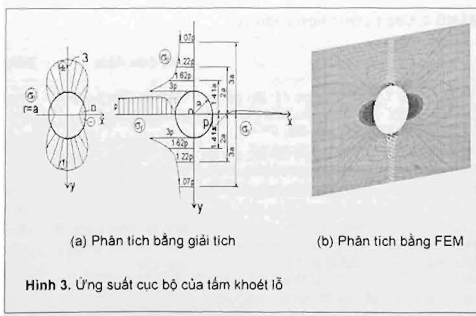
Nhận xét: các vết nứt đầu dầm *super-T* cắt khác không phải là vết nứt do co ngót vì tính quy luật của vết nứt, không phân tán ngẫu nhiên như vết nứt do co ngót. Vết nứt dạng 1 là vết nứt phổ biến xuất hiện ở nhiều công trình, tuy vậy, những dầm có bố trí lưới cốt thép xiên đầu dầm hầu như không bị nứt dạng 1. Một số dầm của dự án đường vành đai III xuất hiện vết nứt dạng 3 và 4. Vết nứt này không xuất hiện đối với các công trình khác.

3. PHÂN TÍCH CỤC BỘ ĐẦU DẦM SUPER-T CẮT KHẮC

3.1. Mở đầu

a Khái quát phân tích ứng suất cục bộ

Ứng suất cục bộ xuất hiện ở những nơi kết cấu có đặt lực tập trung, thay đổi đột ngột về hình dạng và kích thước, có liên kết, có vật liệu không liên tục về tính chất cơ học... Tại những nơi này, ứng suất phân bố không bình thường, có giá trị rất lớn ở gần và giảm rất nhanh ở xa khu vực tập trung ứng suất (hình 3).



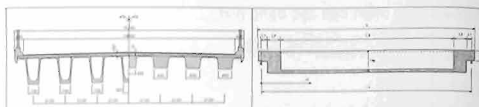
Hình 3. Ứng suất cục bộ của tám khoét lỗ

Trong phân tích kết cấu, hai nội dung chính được thực hiện là: phân tích tổng thể và phân tích cục bộ. Phân tích tổng thể nghiên cứu sự làm việc chung của hệ kết cấu, xét đến tương tác giữa các bộ phận kết cấu với nhau. Phân tích cục bộ nghiên cứu ứng xử của vùng cục bộ nào đó, thường bắt lợi trong kết cấu. Để thực hiện một phân tích cục bộ, cần phải phân tích tổng thể nhằm xác định điều kiện biên cho kết cấu cục bộ. Ngược lại, kết quả phân tích cục bộ có thể được xem xét để hiệu chỉnh lại mô hình phân tích tổng thể.

Phân tích cục bộ thường bao gồm: phân tích ứng suất cục bộ; phân tích ổn định cục bộ; xác định phạm vi phân bố hoặc truyền tải trong trong vùng cục bộ; xác định quan hệ hay ảnh hưởng của hiệu ứng làm việc vùng cục bộ đối với cấu kiện liên quan hoặc kết cấu tổng thể.

b. Phân tích cục bộ đầu dầm super-T cắt khắc

Phân tích cục bộ đầu dầm super-T cắt khắc nhằm: xác định sự phân bố ứng suất cục bộ tại khu vực đầu dầm, kiểm tra sự phù



Hình 4. Dầm super-T cắt khắc L=38.3m

hợp của việc bố trí cốt thép chịu lực cục bộ, chỉ ra nguyên nhân gây ra nứt đầu dầm; chỉ ra cấu tạo và bố trí cốt thép hợp lý tại khu vực đầu dầm super-T cắt khắc để khắc phục hiện tượng nứt đầu dầm.

Nội dung phân tích cục bộ đầu dầm super-T cắt khắc gồm:

- Phân tích tổng thể (sử dụng phần mềm MIDAS Civil): phân tích cho 3 trường hợp, tương ứng với tiến trình chịu lực. Sử dụng phần tử thanh để mô tả các đoạn dầm, mô tả các phần tử cấp DUL dọc dầm. Kết quả phân tích tổng thể dùng để xác định nội lực, chuyển vị ở mặt cắt dự định lấy làm biên trong phân tích cục bộ.

- Phân tích ứng suất cục bộ đầu dầm (sử dụng phần mềm MIDAS Civil): sử dụng phần tử khối để mô tả bê tông và phần tử thanh mô tả cốt thép và cấp DUL.

Tại mặt cắt biên của đoạn đầu dầm, sử dụng điều kiện biên gối đàn hồi kết hợp với lực tại biên được tính trong phân tích tổng thể.

- Phân tích sức kháng cục bộ của đoạn đầu dầm bằng mô hình chống - giằng, sử dụng phần mềm CAST kết hợp với bảng tính Excel.

3.2. Phân tích tổng thể dầm

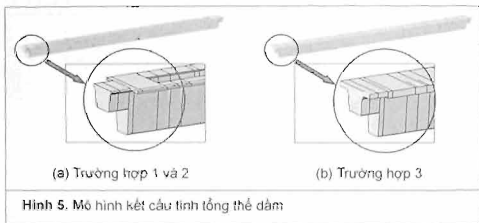
Để có cơ sở phân tích cục bộ đầu dầm super-T cắt khắc, nghiên cứu một ví dụ cụ thể như sau: dầm super-T cắt khắc L=38.3m, chiều cao dầm 1.75m, mặt cắt ngang có 7 dầm cách nhau 2.12m, hoạt tải thiết kế HL93, khai thác với 4 làn xe (hình 4).

Khảo sát các trạng thái làm việc của đầu dầm super-T cắt khắc ứng với 3 trường hợp tính sau đây (bảng 3):

BẢNG 3. Các trường hợp phân tích

	Kết cấu	Tiết diện dầm	Tải trọng tác dụng
Trường hợp 1: Chế tạo dầm	Dầm được đặt lên gối tại mô trư cầu, chưa thi công bản mặt cầu	Mặt cắt dầm super-T chưa liên hợp	- Trọng lượng bản thân dầm - Lực DUL
Trường hợp 2: Đổ bê tông bản mặt cầu	Dầm được đặt lên gối tại mô trư cầu, tiến hành đổ bê tông bản mặt cầu	Mặt cắt dầm super-T chưa liên hợp	- Trọng lượng bản thân dầm - Lực DUL - Tĩnh tải: bản mặt cầu, bản ván khuôn, dầm ngang, lan can
Trường hợp 3: Hoàn thiện và khai thác	Nhịp dầm đã được thi công hoàn chỉnh và đưa vào khai thác	Mặt cắt dầm super-T liên hợp bản BTCT mặt cầu	- Trọng lượng bản thân: dầm, bản mặt cầu - Lực DUL - Tĩnh tải: bản ván khuôn, dầm ngang, lan can, lớp phủ, tay vịn lan can - Hoạt tải khai thác

Phân tích tổng thể dầm theo 3 trường hợp cho các kết quả nội lực và chuyển vị tại mặt cắt liên kết (mặt cắt tiếp giáp giữa phần đầu dầm và phần còn lại của dầm), từ đó tính toán hệ số đàn hồi tại mặt cắt liên kết (hình 5).



Hình 5. Mô hình kết cấu tính tổng thể dầm

BẢNG 4. Nội lực và chuyển vị tại mặt cắt liên kết

Nội lực tính toán	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN.m)	My (kN.m)	Mz (kN.m)
Trường hợp TH1	-3214.7	0.0	-260.4	0.0	-1249.5	0.0
Trường hợp TH2	-3214.7	0.0	-539.1	0.0	-768.5	0.0
Trường hợp TH3	-3073.4	0.0	-771.6	0.0	-1554.6	0.0
Chuyển vị tính toán	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
Trường hợp TH1	0.000051	0	0.006833	0	-0.004056	0
Trường hợp TH2	0.000019	0	-0.001184	0	0.000752	0
Trường hợp TH3	0.000012	0	0.000922	0	-0.000565	0

BẢNG 5. Hệ số đàn hồi tại mặt cắt liên kết (mặt cắt biên)

Hệ số đàn hồi tại biên	SDx (kN/m)	SDy (kN/m)	SDz (kN/m)	SRx (kN.m/rad)	SRy (kN.m/rad)	SRz (kN.m/rad)
Trường hợp TH1	63032353	0	38106	0	308050	0
Trường hợp TH2	169192105	0	455287	0	1021928	0
Trường hợp TH3	256112500	0	836822	0	2751540	0

3.3. Phân tích ứng suất cục bộ đầu dầm

Nghiên cứu này nhằm mục đích tìm nguyên nhân gây nứt và xu hướng của vết nứt xuất hiện trong khu vực đầu dầm khác. Vì vậy, việc phân tích dựa trên giả thiết: 1) bê tông chưa xuất hiện các vết nứt, và 2) vật liệu bê tông làm việc trong giai đoạn đàn hồi tuyến tính. Việc phân tích sự làm việc / trạng thái ứng suất của đầu dầm khác, khi đã xuất hiện vết nứt, mà cần đến kiến thức của

môn cơ học rạn nứt, nằm ngoài phạm vi của nghiên cứu này

Mô hình hóa kết cấu:

- Bê tông dầm được mô hình hóa bằng phần tử khối.

- Cốt thép thường được mô tả bằng phần tử thanh. Tạo các phần tử thanh thép tại các vị trí thích hợp bằng cách nối trực tiếp các điểm nút.

- Khi mô tả các cáp DƯ'L trong bê tông, không thể gắn trực tiếp phần tử cáp vào kết cấu mà phải

thông qua một số phần tử thanh. Sự mô hình hóa cáp DƯ'L sẽ hợp lý khi mô tả chính xác những vị trí tiếp xúc giữa cáp DƯ'L và bê tông. Do vậy, cần tạo ra các phần tử thanh giả (có độ cứng rất nhỏ, chỉ mang tải trong cáp DƯ'L) qua các điểm nút tương ứng với các vị trí cáp đi qua trong kết cấu. Tạo phần tử cáp DƯ'L bằng cách đặt vào vị trí thích hợp, nếu ở đó không có phần tử cốt thép thì tạo một phần tử giả để gắn cáp DƯ'L (hình 6, hình 7).

Điều kiện biên:

- Tại vị trí gối cầu sử dụng gối liên kết cứng;

Tại mặt phẳng liên kết của đầu dầm với đoạn dầm còn lại sử dụng điều kiện biên gối đàn hồi kết hợp với lực tại biên được tính trong mô hình tổng thể.

Các nhận xét rút ra từ kết quả phân tích ứng suất cục bộ:

- Trường hợp 1: ngay khi đặt dầm lên gối cầu, xuất hiện ứng suất kéo lớn trong khu vực từ đáy dầm đến góc khác và đặc biệt là góc khác các ứng suất kéo vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông ($f_{ct} = 4.45 \text{ Mpa}$);

- Trường hợp 2: ở trường hợp này, các ứng suất kéo trong khu vực từ đáy dầm đến góc khác giảm đi, chỉ có ứng suất kéo Von-Mises σ_{eff} vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông;

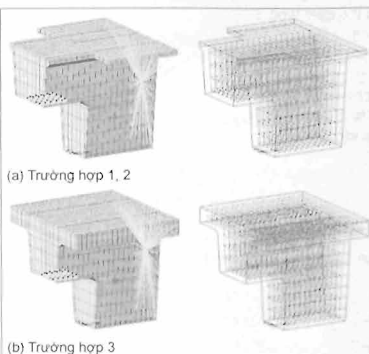
- Trường hợp 3: so với trường hợp 2, các ứng suất kéo trong khu vực từ đáy dầm đến góc khác tăng lên nhưng chỉ có ứng suất kéo chính σ_1 và ứng suất kéo Von-Mises σ_{eff} vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông;

- Như vậy, khu vực từ đáy dầm đến góc khác và nhất là góc khác đã xuất hiện vết nứt ngay từ giai đoạn đặt dầm lên gối cầu.

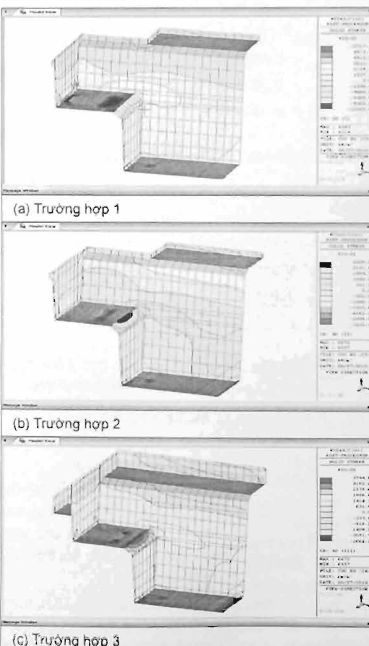
3.4. Phân tích sức kháng cục bộ đầu dầm

Căn cứ cấu tạo và sự bố trí cốt thép khu vực đầu dầm, lựa chọn hai mô hình chống - giằng sau để phân tích sức kháng cục bộ đầu dầm.

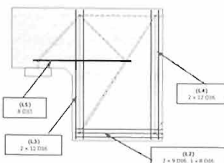
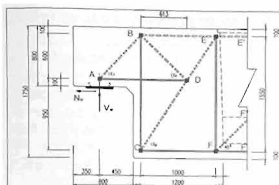
Phân lực gối được tính từ mô hình phân tích tổng thể (hình 8, hình 9).



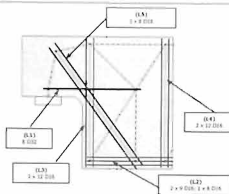
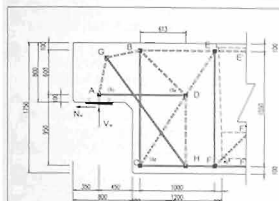
Hình 6.
Mô hình
kết cấu và
cốt thép



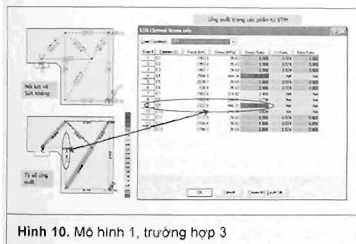
Hình 7.
Một số
hình ảnh
ứng suất
cục bộ
(ứng suất
 σ_1)



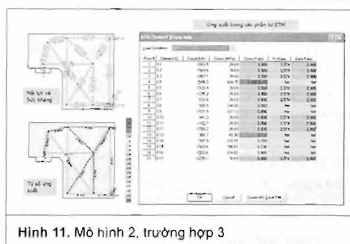
Hình 8.
Mô hình 1: không bố trí
lưới cốt xiên



Hình 9.
Mô hình 2: bố trí lưới
cốt xiên



Hình 10. Mô hình 1, trường hợp 3



Hình 11. Mô hình 2, trường hợp 3

BẢNG 6. Phân lực gối (từ kết quả tính tổng thể)

Trạng thái giới hạn	Kí hiệu	Trường hợp 1		Trường hợp 2		Trường hợp 3	
		V_u (kN)	N_u (kN)	V_u (kN)	N_u (kN)	V_u (kN)	N_u (kN)
TTGH Cường độ I	RCDI	401.78	0	790.76	0	1312.65	0
TTGH Sử dụng	RSD	321.42	0	632.61	0	942.34	0

Nhận xét:

- Mô hình 1: ở trường hợp chịu tải 1 và 2, các thanh chống bê tông và giằng cốt thép đều đủ khả năng chịu lực. Trường hợp 3, lưới L3 không đủ sức kháng cần thiết (hình 10);

- Mô hình 2: ở cả 3 trường hợp chịu tải, các thanh chống bê tông và giằng thép đều đủ khả năng chịu lực (hình 11);

- Như vậy, với các thiết kế hiện tại, nếu không bố trí thêm lưới cốt thép xiên thì lưới thép L3

cần được tăng diện tích cốt thép chịu kéo. Giải pháp bố trí lưới cốt thép xiên sẽ vừa làm giảm ứng lực trong thanh giằng L3, vừa hạn chế/ ngăn sự phát triển của vết nứt ở góc khác.

4. NGUYÊN NHÂN VÀ DỰ BÁO SỰ PHÁT TRIỂN NÚT

Khảo sát tình trạng nứt tại một số dự án xây dựng cầu và phân tích lý thuyết, cho phép xác định nguyên nhân và dự báo sự phát triển của các vết nứt đầu dầm super-T cắt khắc như bảng 7

5. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA DẦM

5.1. Về chịu lực tổng thể của dầm

Kiểm toán TTGH cường độ của dầm super-T cắt khắc L=38.3m, tại các tiết diện dọc theo chiều dài dầm, thấy rằng (hình 12):

Tỷ lệ giữa sức kháng uốn và momen uốn lớn nhất:

$$M_u / M_{u0} = 1.6 - 5.2$$

Tỷ lệ giữa sức kháng cắt và lực cắt lớn nhất:

$$V_u / V_{u0} = 2.5 - 10.5$$

Như vậy, về tổng thể dầm super-T cắt khắc đủ khả năng chịu lực theo tải trọng thiết kế.

5.2. Về chịu lực cục bộ khu vực đầu dầm khác

Đối với vết nứt dạng 1:

- Phân tích ứng suất cục bộ đầu dầm cho thấy: dầm sẽ không đủ khả năng kháng nứt (vết nứt dạng 1) tại khu vực góc khác ngay khi tạo xong DƯL do ứng suất kéo khu vực này vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông, nếu không bố trí lưới thép xiên khu vực góc khác.

- Phân tích kết cấu đầu dầm theo mô hình chống - giằng để kiểm tra sức kháng của các lưới thép và bê tông, thấy rằng: hai lưới thép thẳng đứng L3 đầu dầm D16 sẽ không đủ sức kháng cần thiết khi chịu hoạt tải khai thác tối đa nếu không bố trí lưới cốt thép xiên L5 hoặc tăng đường kính cốt thép.

BẢNG 7. Nguyên nhân và dự báo sự phát triển của các dạng nứt

Dạng nứt	Nguyên nhân gây nứt	Dự báo sự phát triển nứt
Dạng 1	Đầu dầm super-T cắt khắc có sự biến đổi đột ngột về hình học, sự phân bố ứng suất cục bộ trong khu vực này rất phức tạp, để phát sinh các vết nứt do ứng suất kéo vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông. Vết góc 100x100mm tại vị trí góc khác không làm giảm nhiều sự thay đổi đột ngột kích thước tiết diện cũng là một nguyên nhân làm tăng sự bất lợi. Một số thiết kế không lường hết trạng thái ứng suất cục bộ khu vực đầu dầm cắt khắc, dẫn đến việc bố trí cốt thép chịu lực cục bộ chưa hợp lý. Phân tích trạng thái ứng suất cục bộ đầu dầm cho thấy phổ ứng suất lớn và tập trung ở khu vực góc khác, phương của ứng suất chính lớn nhất có xu hướng xiên góc 30-60° so với phương nằm ngang. Điều đó lý giải sự xuất hiện của các vết nứt theo phương vuông góc với ứng suất chính lớn nhất	Vết nứt dạng này ít có khả năng tiếp tục phát triển trong quá trình khai thác do ứng suất gây nứt chịu ảnh hưởng bởi tác động của lực DƯL, ngược lại, tác động của tải trọng phụ thêm (bản mặt cầu + lỉnh lái II) và hoạt tải khai thác hạn chế ảnh hưởng này. Khảo sát ở cầu Mỹ Thuận (đã khai thác được 10 năm) thấy rằng các vết nứt hầu như không tiếp tục phát triển.
Dạng 2	Việc tính toán số lượng, chiều dài đoạn cấp không dính bám của các tạo cấp DƯL ở một số công trình chưa phù hợp, làm tăng ứng lực cục bộ khu vực đầu dầm neo cấp, gây nứt. Ở một số dự án, nguyên nhân này đã được khắc phục bằng cách tính toán, điều chỉnh hợp lý số lượng, chiều dài đoạn cấp dính bám đầu dầm.	Vết nứt này không có khả năng phát triển vì: - Ứng lực nên cục bộ đầu dầm do DƯL gây ra vết nứt loại này; - Hướng của vết nứt song song với trục dầm và trong quá trình khai thác không có sự gia tăng tải trọng gây ứng suất kéo vuông góc với trục dầm làm vết nứt phát triển.
Dạng 3	Do việc bố trí 2 tạo cấp DƯL trên bản cánh dính bám hoàn toàn nên gây ra ứng lực cục bộ lớn trong bê tông, gây nứt.	Không có khả năng phát triển thêm trong quá trình chịu tải.
Dạng 4	Không bố trí cốt thép cấu tạo (cốt thép xiên) tại góc ở khu vực tiếp giáp giữa phần đặc và phần rỗng của dầm để hạn chế biến dạng cục bộ.	Ít có khả năng phát triển thêm trong quá trình chịu tải.

Vì vậy, cần thiết phải bố trí cốt thép xiên ở khu vực đầu dầm nhằm kháng nứt tại khu vực góc khác và giảm ứng lực cho lưới thép thẳng đứng L3.

Đối với các vết nứt dạng 2, 3, và 4: không ảnh hưởng đến khả năng chịu lực.

6. BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC NỨT DẦM SUPER-T CẮT KHẮC

6.1. Giải pháp khắc phục nứt

Dựa trên nguyên nhân gây nứt, dự báo sự phát triển nứt,

đánh giá khả năng chịu lực của dầm, nhóm nghiên cứu đề xuất giải pháp hiệu chỉnh thiết kế, chế tạo dầm super-T cắt khắc để khắc phục hiện tượng nứt dầm như bảng 8.

6.2. Áp dụng thử nghiệm

Nhóm nghiên cứu áp dụng thử nghiệm tại xưởng dầm của Công ty CP 473 thuộc Tổng Công ty XDCT Giao thông 4, trong dự án xây dựng cầu cạn trên đường vành đai III (TP Hà Nội), nhằm kiểm chứng tính đúng đắn của các đề xuất khắc phục.

Nội dung áp dụng thử nghiệm gồm: 1) giám sát việc chế tạo dầm; 2) kiểm tra dầm sau khi chế tạo; và 3) kiểm tra tình trạng nứt của các dầm khác chế tạo trong điều kiện tương tự (hình 13).

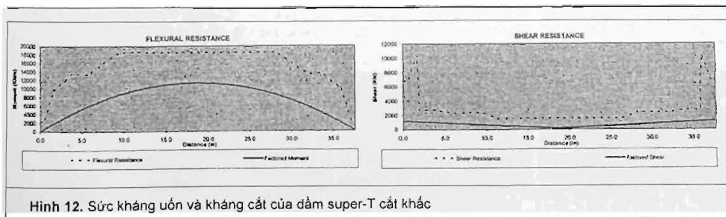
Nhận xét:

- Giám sát việc chế tạo dầm, thấy rằng dầm được chế tạo đúng theo bản vẽ thiết kế, các đề xuất bổ sung, các yêu cầu kỹ thuật của dự án và đảm bảo chất lượng.

- Kiểm tra dầm sau khi chế tạo, thấy rằng dầm super-T cắt khắc

BẢNG 8. Biện pháp khắc phục nứt đầu dầm super-T cắt khắc

Dạng nứt	Về thiết kế	Về chế tạo dầm
Dạng 1	Bổ sung 2 lưới cốt thép xiên 8 thanh D18, bố trí sát bề mặt bê tông ở góc khác với chiều dày bê tông bảo vệ là nhỏ nhất; Nền tảng kích thước góc vát đầu khắc tối thiểu 150x150mm	Một số biện pháp xử lý thi công: - Dầm lên tới cho bê tông khu vực đầu dầm nhằm đạt được cường độ và độ đồng nhất yêu cầu. - Ván khuôn ngoài (đoạn 2.0m tại mép dầm) rải lớp bóng kính chống dính. - Xung quanh tấm bản thép tạo dốc (sử dụng cho dầm), đặt 2 tấm xốp sau khi cắt ván khuôn ngoài một đoạn 3cm. - Cắt một số thanh chống ván khuôn trong phạm vi 1.5m tại 2 cánh đầu dầm và dầm tấm xốp hoặc cao su dày 2cm. - Biện pháp làm giảm lực nén cục bộ vào các mép đầu dầm: các tạo cấp được cắt từng sợi riêng rẽ và đồng thời cùng một lúc tại cả hai đầu bằng lửa oxy-axetylen, tại vị trí cách mặt trong của dầm kích khoảng 30 cm. Lửa oxy-axetylen được đưa đi đưa lại để nung nóng đỏ một đoạn cấp khoảng 20cm cho đến khi tạo cấp tự đứt ra.
Dạng 2	Tính toán hợp lý số lượng và chiều dài đoạn cấp không dính bám của các tạo cấp khu vực đầu dầm trong các bản tính thiết kế dầm, tùy thuộc vào chiều dài nhịp và số lượng tạo cấp DƯ'L, sao cho ứng suất nền cục bộ của bê tông đầu dầm do DƯ'L gây ra nằm trong giới hạn cho phép.	
Dạng 3	Bổ trí đoạn cấp không dính bám đầu dầm dài 1.0m cho 2 tạo cấp DƯ'L trên bản cánh dầm	
Dạng 4	Bổ sung 02 thanh thép cấu tạo D13 tại đoạn kết nối giữa phần đặc và phần rỗng trên bản cánh dầm. Bổ sung 06 thanh thép D13 dài 1.0m tại đoạn kết nối giữa phần đặc và phần rỗng trên sườn dầm.	



Hình 12. Sức kháng uốn và kháng cắt của dầm super-T cắt khắc

sau khi áp dụng các biện pháp xử lý như kiến nghị của đề tài, đã đạt được yêu cầu chất lượng và không còn xuất hiện vết nứt trên dầm (hình 14).

- Kiểm tra tình trạng nứt của các dầm khác được chế tạo trong điều kiện tương tự, thấy rằng không còn tình trạng nứt ở khu vực đầu dầm super-T cắt khắc (hình 15).

7. KẾT LUẬN

Các vết nứt khu vực đầu dầm super-T cắt khắc là do nguyên nhân ứng lực cục bộ. Những dầm super-T cắt khắc bị nứt đều không bố trí cốt thép xiên cục bộ và/hoặc bố trí số lượng, chiều dài dính bám của các tạo cấp DUL chưa phù hợp. Các vết nứt này không hoặc ít có khả năng phát triển trong giai đoạn khai thác công trình và không ảnh hưởng

đến khả năng chịu lực chung của dầm theo tải trọng thiết kế.

Để khắc phục tình trạng nứt đầu dầm super-T cắt khắc cần:

- Bổ sung 2 lưới cốt thép xiên 8 thanh D18, bố trí sát bề mặt bê tông ở góc khắc. Nền tảng kích thước vát góc đầu khắc tối thiểu 150x150mm. Xác định hợp lý số lượng, chiều dài đoạn không dính bám của các tạo cấp khu vực đầu dầm trong các bản tính thiết kế đặc. Đoạn kết nối giữa phần đặc và phần rỗng, bổ sung 2 thanh thép cấu tạo D13 trên bản cánh dầm, bổ sung 6 thanh D13 dài 1.0m trên sườn dầm

- Thực hiện một số biện pháp xử lý thi công như trình bày trong bảng 8 nhằm giảm các tác động gây bất lợi cho đầu dầm khi tạo DUL

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Xuân Học. Nghiên cứu các biện pháp xử lý nứt dầm super-T. Báo cáo tổng kết Đề tài KHCN cấp Bộ GTVT, mã số DT084035, Hà Nội 2010.
- [2] Nguyễn Việt Trung, Nguyễn Trọng Nghĩa. Thiết kế kết cấu nhịp cầu dầm super-T theo tiêu chuẩn 22TCN 272-05 Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội 2008
- [3] Trần Ngọc Linh. Xây dựng mô hình phân tử hữu hạn bậc cao ứng dụng phân tích vùng ứng suất tập trung trong kết cấu cầu. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội 2005
- [4] Hồ sơ thiết kế dầm super-T cắt khắc của các công trình: cầu Mỹ Thuận (2000), cầu cạn đường vành đai 3 TP Hà Nội (2010), cầu Nhật Tân (2007), cầu Áp Mỹ (2006), cầu Cái Răng (2008), cầu Bắc Liêu 2 (2004), cầu Hưng Lợi (2004), cầu Lạch Tray (2008), cầu cạn đường cao tốc TP.HCM-TL (2008), cầu Cần Thơ (2003), cầu Yên Lệnh (2001)
- [5] Wolfgang Merretz, Godfrey Smith. Standardisation and detailing for super-T bridge girders. Austroad 1997 bridge conference.



(a) Bố trí lưới cốt thép xiên



(b) Rải lớp chống dính cho VKN phạm vi 2.0m đầu dầm



(c) Cắt VKN tại vị trí đặt tấm thép đệm gối

Hình 13.
Giám sát chế tạo dầm



(a) Góc khắc đầu dầm



(b) Khu vực bầu dầm phía dưới



(c) Khu vực tiếp giáp giữa phần đặc và phần rỗng trên cánh dầm

Hình 14.
Kiểm tra dầm sau khi chế tạo



Hình 15.
Kiểm tra tình trạng nứt của các dầm trong điều kiện tương tự