

# TÍNH TOÁN GIA CƯỜNG ĐỒ BÙ TĂNG TIẾT DIỆN BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ KỂ ĐẾN SỰ HƯ HỎNG CỦA DẦM DO NỨT THEO TÀI LIỆU CỦA VIỆN NGHIÊN CỨU NHÀ VÀ CÔNG TRÌNH CÔNG NGHIỆP - LIÊN BANG NGA

TS. CAO DUY BÁCH  
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Các cấu kiện dầm BTCT khi có các khuyết tật ảnh hưởng đến khả năng chịu lực (KNCL) hoặc không đảm bảo độ cứng thì cần tiến hành gia cường để đảm bảo KNCL và khả năng sử dụng bình thường của cấu kiện. Biện pháp gia cường phổ biến và tương đối dễ thực hiện nhất hiện nay là biện pháp đồ bù tăng tiết diện. Việc tính toán gia cường đồ bù tăng tiết diện hiện nay đa số đều bỏ qua ảnh hưởng của khuyết tật trên dầm bê tông hiện hữu đến khả năng làm việc tổng thể của dầm mới sau khi gia cường và coi như dầm mới được gia cường là một cấu kiện liền khối nguyên vẹn. Bài báo này trình bày cách tính toán gia cường theo phương pháp đồ bù tăng tiết diện có tính đến ảnh hưởng của khuyết tật trên dầm hiện hữu theo [1].

Từ khóa: Nứt dầm, đồ bù tăng tiết diện, gia cường, hư hỏng, tổn hại, hướng dẫn

Abstract: Reinforced concrete defected beams, which influence to the bearing capacity and the stiffness of the beams, shall be strengthened to ensure their bearing capacity and normal services of the beams. The common and simple strengthening method is to enhance the cross-section of the beam. The calculation of the beam with increased section usually ignoring the effect of defects of the exist beam on the overall working ability of the new beam after strengthen considering a beam with a new monolithic structure. This paper presents the calculation of the strengthen beam according to the method of increasing sectional compensation with considering the effect of defects on existing beams under document [1].

Key words: Cracked beam, backfill, cross section, reinforcement, damage (damage), instructions

## 1. Đặt vấn đề

Sự cần thiết trong gia cường dầm BTCT: có nhiều nguyên nhân dẫn đến sự hư hỏng của cấu kiện BTCT nói chung và các dầm nói riêng như:

- Thiếu sót trong tính toán thiết kế dẫn đến khả năng chịu lực của dầm không đủ chịu lực thực tế;
- Các sơ sót trong thi công dẫn đến cấu kiện không đủ cốt thép chịu lực như thiết kế hoặc bê tông không đạt chất lượng như thiết kế;
- Các tải trọng tác động đột ngột không được kể đến trong tính toán thiết kế như thiên tai, bão lũ, động đất... hay thay đổi mục đích sử dụng với hoạt tải tăng lớn hơn so với thiết kế dẫn đến khả năng chịu lực của dầm không đủ đảm bảo.

Các kết cấu khi xuất hiện vết nứt, độ võng quá mức cho phép được quy định trong TCVN có thể gây thấm dột, bất an cho người sử dụng, phá hỏng lớp hoàn thiện và các liên kết hoàn thiện trên sàn (như tường, kính, vách ngăn) và nghiêm trọng hơn có thể gây nguy hiểm cho người sử dụng do đó khi kết cấu có dấu hiệu bất thường cần được kiểm tra, nếu không đảm bảo yêu cầu sử dụng hoặc khả năng chịu lực thì kết cấu cần phải được tính toán và tiến hành gia cường theo đúng quy định. Có nhiều phương án gia cường dầm BTCT như: sử dụng vật liệu composite, sử dụng thép hình, góai tựa, đồ bù tăng tiết diện... Tuy nhiên, trong trường hợp dầm không đủ độ cứng thì phương pháp đồ bù tăng tiết diện là phương pháp tối ưu nhất trong việc tăng cường độ chịu lực và độ cứng của dầm. Bài báo này sẽ tập trung trình bày các phương án gia cường bằng đồ bù tăng tiết diện theo hướng dẫn của [1].

## 2. Các phương án gia cường và lý thuyết tính toán

### 2.1 Các phương án gia cường phương án đồ bù tăng tiết diện

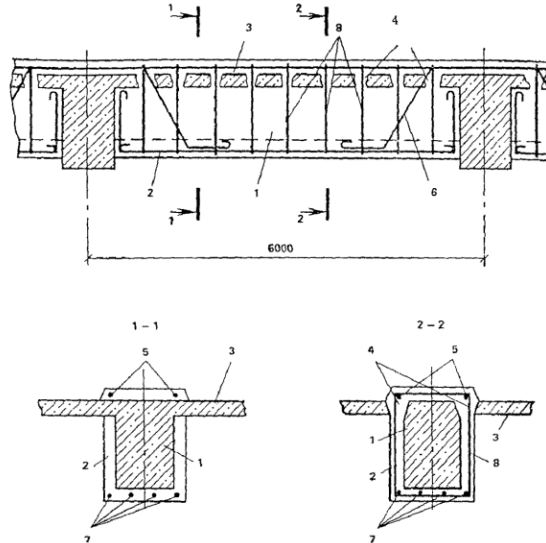
Trong phạm vi gia cường dầm bằng phương pháp đồ bù tăng tiết diện, có một số phương pháp phổ biến hay được sử dụng như sau:

- Phương án 1: Đồ bù tăng tiết diện bê tông bằng một lớp bê tông bao ngoài bốn mặt;
- Phương án 2: Đồ bù tăng tiết diện bê tông bằng một lớp bê tông bao ngoài mặt đáy dầm và hông

dầm, mặt trên dầm xử lí bằng một lớp tăng cường mỏng chống ăn mòn cốt thép. Phương án này là biến thể phương án 1, cho phép xử lí bề mặt trên

của dầm sàn được tốt hơn do lớp bọc không lồi lên nhiều khỏi mặt sàn;  
- Phương án 3: Đổ bù thêm 1 lớp bê tông dưới đáy dầm.

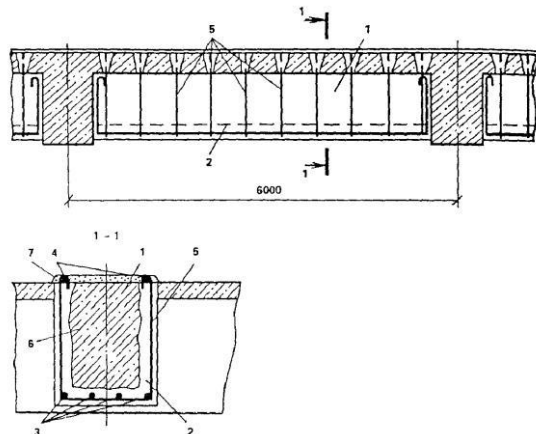
**Phương án gia cường 1**



**Hình 1. Gia cường dầm toàn khối bằng lớp phủ bê tông**

1 - Dầm cần gia cường (được tạo nhám); 2 - Lớp phủ bê tông; 3 - Sàn; 4 - Lỗ mở trên sàn để luồn thép đai và đổ vữa; 5 - Thép cấu tạo; 6 - Thép xiên chịu cắt; 7 - Thép chịu lực; 8 - Thép đai

**Phương án gia cường 2**

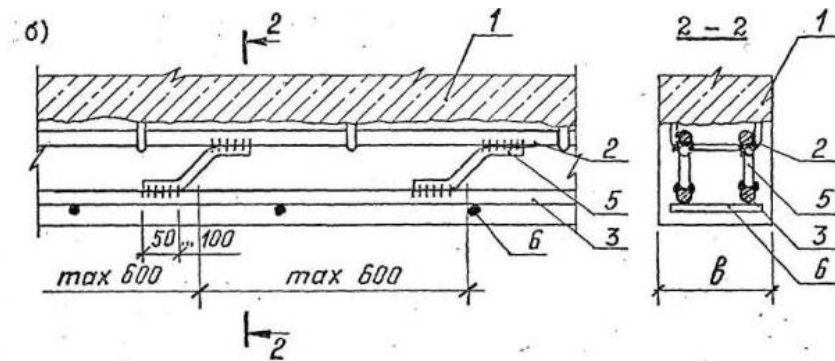


**Hình 2. Gia cường dầm toàn khối bằng lớp phủ bê tông, mặt trên dùng lớp bọc tăng cường**

1 - Dầm cần gia cường; 2 - lớp phủ bê tông; 3 - Thép chịu lực dầm mới; 4 - Thép cấu tạo; 5 - Thép đai; 6 - Tạo nhám bề mặt; 7 - Lớp bọc tăng cường

**Phương án gia cường 3**

	<p>1/ Cấu kiện dầm cần gia cường 2/ Lớp đổ thêm của dầm 3/ Thép dọc chịu lực mới 4/ Thanh hàn xiên nổi thép chịu lực cũ và mới 5/ Thép chịu lực cũ 6/ Thép đai mới móc vào thép chịu lực cũ</p>
--	---



**Hình 3. Đồ bù thêm 1 lớp bê tông dưới đáy dầm**

1/ Cấu kiện dầm cần gia cường; 2/ Thép chịu lực cũ; 3/ Thép chịu lực mới; 5/ Thanh hàn xiên nổi thép chịu lực cũ và mới; 6/ Thép ngang

**2.2 Các bước tính toán**

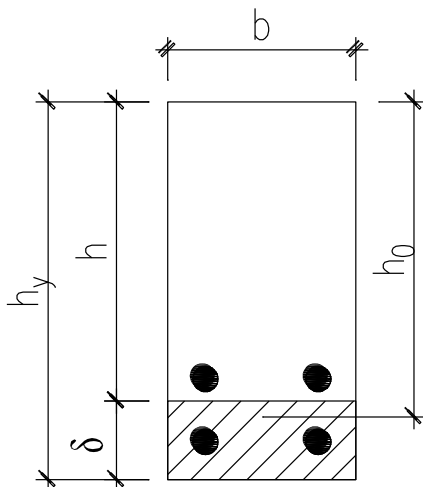
2.2.1 Hệ số suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu gia cường K: là hệ số đánh giá mức độ ảnh hưởng sự hư hại của kết cấu cũ đến khả năng chịu lực của kết cấu mới sau gia cường. Hệ số K theo [1] được lấy theo bảng sau:

**Bảng 1. Bảng tra hệ số suy giảm khả năng chịu lực kết cấu sau khi gia cường [1]**

Phân loại trạng thái kỹ thuật	Đặc trưng hư hỏng	Biện pháp yêu cầu	Hệ số suy giảm KNCL của kết cấu gia cường K
1. Trạng thái tiêu chuẩn	Không có thiệt hại rõ ràng, cho thấy khả năng chịu lực của các công trình giảm	Không cần sửa chữa	1
2. Trạng thái đủ khả năng làm việc	Có suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu nhưng không đáng kể (đến 5%)	Yêu cầu phục hồi lớp bê tông bảo vệ cho kết cấu bê tông cốt thép hoặc lớp phủ chống ăn mòn cho cốt thép	0,85
3. Trạng thái khả năng làm việc hạn chế	Có hư hỏng đáng kể dẫn đến suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu	Yêu cầu sửa chữa gia cố kết cấu (sửa chữa nhỏ)	0,7
4. Trạng thái không đủ khả năng làm việc	Có hư hỏng đáng kể dẫn đến kết cấu không có khả năng đáp ứng sử dụng	Yêu cầu sửa chữa gia cố kết cấu (sửa chữa lớn), trước khi hoàn thành sửa chữa cần có biện pháp giảm tải cho kết cấu hư hại	0,55
5. Tình trạng nguy hiểm	Yêu cầu thực hiện các biện pháp chống tạm và dỡ tải cho kết cấu	Yêu cầu thay thế kết cấu hoặc sửa chữa tổng thể, toàn diện cho kết cấu	0,35

2.2.2 Phương pháp tính toán kết cấu gia cường: tính toán theo phương pháp trạng thái giới hạn

$$x = \frac{R_s A_s}{R_b b} \tag{1}$$



**Hình 4. Mặt cắt tiết diện gia cường**

- Tính toán KNCL của tiết diện
- Tính toán chiều cao vùng nén tiết diện

Điều kiện cần đảm bảo:  $x \leq 0,55h_0$ ,  
 $R_s$  - cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép ứng với trạng thái giới hạn thứ nhất;

$A_s$  - tổng diện tích thép chịu kéo (gồm cả mới và gia cường);

$R_b$  - cường độ chịu nén tính toán dọc trục của bê tông ứng với trạng thái giới hạn thứ nhất;

$b$  - chiều rộng tiết diện.

- Khả năng chịu lực của tiết diện được tính toán:

$$M_o = R_b b x (h_0 - 0,5x) K \tag{2}$$

$b$  - chiều rộng tiết diện;

$x$  - chiều cao vùng bê tông chịu nén;

$h_0$  - chiều cao làm việc của tiết diện;

K - hệ số suy giảm khả năng chịu lực lấy theo bảng tra đã nêu trên.

Điều kiện cần đảm bảo:  $M_o > M_{max}$  – Moment tính toán.

- Kiểm tra điều kiện chịu lực cắt của tiết diện:

$$Q \leq \frac{0.3R_b b h_o}{1 - \frac{2h_o}{l}} \quad (3)$$

l - nhịp dầm.

• *Tính toán liên kết giữa bê tông mới và cũ để kiểm tra điều kiện làm việc đồng thời giữa 2 lớp bê tông*

- Tính toán ứng suất tiếp tại khu vực tiếp xúc giữa bê tông mới và cũ:

$$\tau = \frac{Q}{b(h_b - 0.5x)} \quad (4)$$

Q - lực cắt tại tiết diện xem xét.

- Kiểm tra điều kiện làm việc đồng thời của bê tông mới và cũ như sau:

$$\tau \leq 1,57R_{bt}$$

- Nếu điều kiện  $\tau \leq 1,57R_{bt}$  không thỏa mãn, cần tăng kích thước tiết diện gia cường hoặc có biện pháp khác tăng cường khả năng làm việc đồng thời của bê tông mới và cũ.

*Giả thiết và lưu ý khi tính toán:*

- Kết cấu gia cường làm việc như một kết cấu đúc liền duy nhất;

- Cốt thép trong kết cấu cũ và cốt thép bổ sung để gia cường, ở trạng thái giới hạn, đều đạt cường độ tính toán của loại thép sử dụng;

- Cốt thép dọc trong kết cấu cũ, đặt cách cạnh chịu kéo của tiết diện mới gia cường một khoảng lớn hơn  $0,5.(h-x)$  thì coi cốt dọc đó làm việc

ở trạng thái giới hạn, bằng 80% cường độ thiết kế, nghĩa là  $0,8R_a$ ;

- Cốt đai cũ và cốt đai mới làm việc đồng thời;

- Nếu gia cường trong điều kiện tải trọng vượt quá 65% tổng tải trọng (tĩnh tải + hoạt tải) thì cường độ bê tông và thép phải nhân với hệ số 0,8. Như vậy đơn vị thiết kế nên không chế tải trọng thi công sao cho tổng tải trọng khi thi công (người + thiết bị) và tải trọng bản thân cấu kiện < 65% tổng tải trọng tính toán.

### 3. Ví dụ tính toán cho công trình thực tế

#### 3.1 Trình tự gia cố dầm

Bước 1: Kiểm tra hiện trạng công trình tiến hành đo đạc xác định độ võng và bề rộng vết nứt kết hợp với việc tính toán kiểm tra theo tiêu chuẩn thiết kế. Nếu độ võng và KNCL không đảm bảo, tiến hành gia cường dầm, phương pháp gia cường như phần 1.2.

Bước 2: Tính toán xác định tiết diện bê tông, cốt thép của cấu kiện mới sau gia cường. Dầm mới sau gia cường cần đảm bảo trạng thái giới hạn thứ nhất và thứ hai.

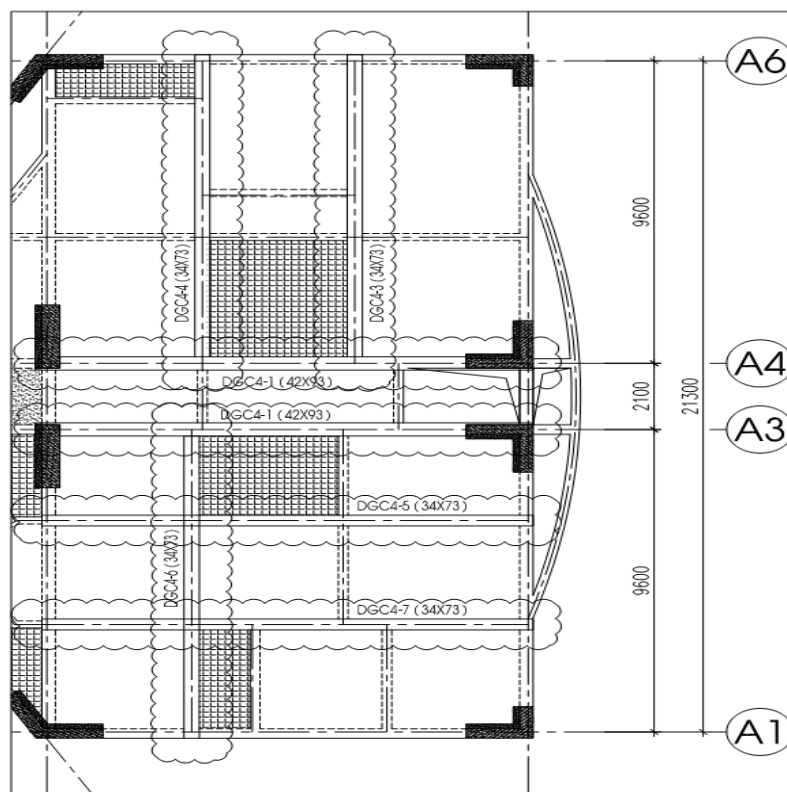
Bước 3: Tiến hành thi công đổ bù tăng tiết diện: lập BPTC, chọn vật liệu thi công phù hợp, lắp dựng cốt thép, cốt pha, đổ bê tông, bảo dưỡng và tháo dỡ cốt pha.

#### 3.2 Tính toán công trình thực tế

Mặt bằng: Công trình có mặt bằng khá rộng. Trong phạm vi bài báo lấy ví dụ cho 1 dầm chính và 1 dầm phụ tầng 4 để tính toán.

Dầm chính DGC4-1 (Từ TD 30x70cm lên 42x93cm).

Dầm phụ DGC4-3 và DGC 4-4 (Từ TD 22x50cm lên 34x73cm).



Hình 5. Mặt bằng công trình tính toán

- Tính toán kiểm tra trước gia cường

Nội lực tính toán được xuất từ mô hình Safe với 2 thành phần tải:

Tải toàn phần: Tĩnh tải + Hoạt tải.

Tải trọng dài hạn: Tĩnh tải + Phần dài hạn của hoạt tải.

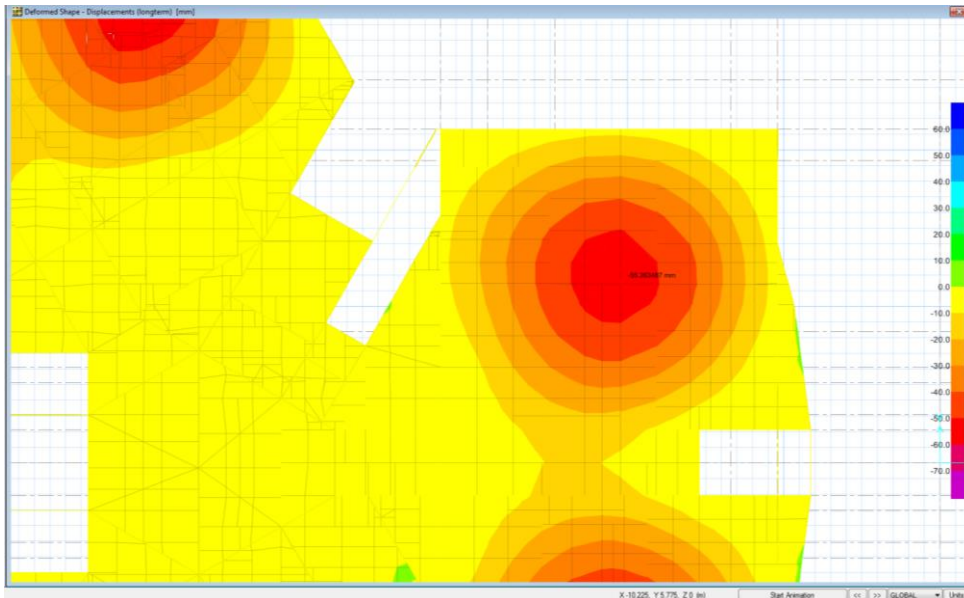
**Bảng 2.** Tính toán độ võng dầm chính DGC4-1 trước gia cường với trường hợp 2 đầu ngàm có nhịp L: 9.3m. Tỷ lệ tương quan chiều cao/ nhịp = 1/13.3

Thông tin	Đầu trái dầm	Nhịp giữa dầm	Đầu phải dầm
Tiết diện dầm	30x70cm	30x70cm	30x70cm
Thép vùng kéo	6Ø28	3Ø25	6Ø28
Thép vùng nén	3Ø25	3Ø28	3Ø25
Nội lực tải toàn phần	351kNm	239kNm	448kNm
Nội lực tải dài hạn	306kNm	210kNm	391kNm
Độ võng dầm tính toán	$f_{tt}=2.18\text{cm}<[f]=3.72\text{cm}$		

**Bảng 3.** Tính toán độ võng dầm phụ DGC4-3 trước gia cường với trường hợp 2 đầu khớp do moment thực tế 2 đầu dầm phụ kê trên dầm chính tương đối nhỏ so với moment giữa nhịp. Có nhịp L: 9.6m. Tỷ lệ tương quan chiều cao/ nhịp = 1/19.2

Thông tin	Đầu trái dầm	Nhịp giữa dầm	Đầu phải dầm
Tiết diện dầm	22x50cm	22x50cm	22x50cm
Thép vùng kéo	3Ø22	3Ø20	3Ø22
Thép vùng nén	2Ø20	2Ø22	2Ø20
Nội lực tải toàn phần	0	137kNm	0
Nội lực tải dài hạn	0	119.5kNm	0
Độ võng dầm tính toán	$f_{tt}=6.22\text{cm}>[f]=3.84\text{cm}$		

Ô sàn kể trên cũng được tính toán theo EC2 với độ võng dài hạn bằng phần mềm SAFE theo [4] để kiểm tra đối chứng. Kết quả độ võng dài hạn tính bằng phần mềm SAFE theo EC2 của ô sàn: là 5,52cm > [f]=4.94cm.



**Hình 6.** Ô sàn được tính toán theo [4] với độ võng dài hạn bằng phần mềm SAFE

**Đánh giá:**

- Dựa trên thực tế hiện trường nhận thấy dầm phụ có độ võng tính toán vượt quá giới hạn cho phép. Vậy cần tính toán gia cường bê tông cốt thép bằng phương pháp đổ bù tăng tiết diện nhằm tăng độ cứng của dầm;

- Quá trình tính toán đã bỏ qua sự làm việc đồng thời giữa dầm chính và dầm phụ. Tuy nhiên, trong thực tế muốn tăng độ cứng của dầm phụ cần tăng độ cứng của dầm chính để tăng độ cứng tổng thể của cả hệ.

**Tính toán gia cường:**

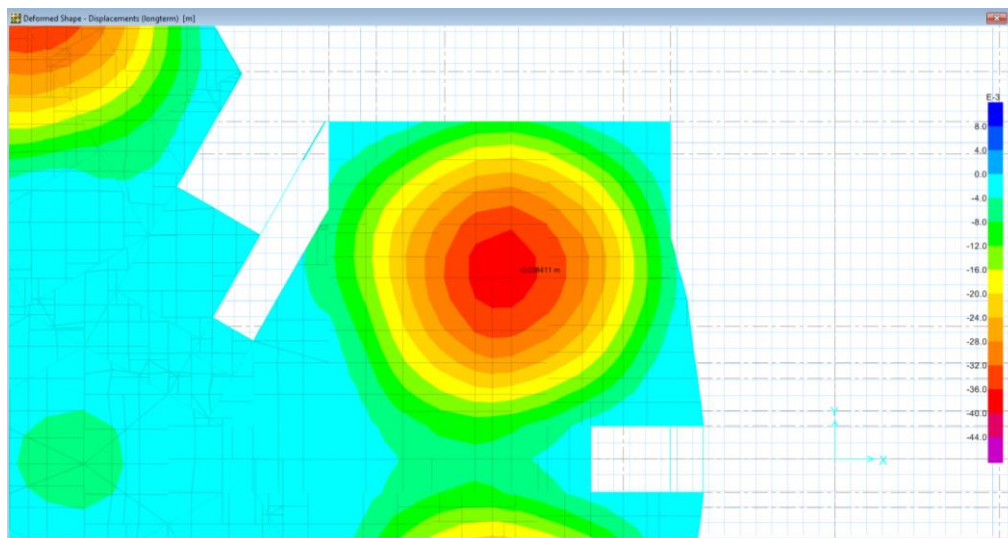
**Bảng 4.** Tính toán gia cường dầm chính DGC4-1

Thông tin	Dầm chính DGC4-1 (Gối)	Dầm chính DGC4-1 (Nhịp)	Dầm phụ DGC4-3 (Nhịp)
Tiết diện dầm	42x93cm	42x93cm	34x73cm
Thép cũ	6Ø28	3Ø25	3Ø20
As thép cũ	36.93cm	14.72cm	9.42cm
Thép mới	4Ø32	3Ø22	3Ø22
As thép mới	32.17cm	11.40cm	11.40cm
Momen tính toán	60Tm	32.5Tm	29Tm
Mo	110Tm	50Tm	29.5Tm
Kết quả Mo và Mtt	Mo>Mtt	Mo>Mtt	Mo>Mtt
Lực cắt tính toán Qtt	33T	2.86T	5T
Qo	146T	146T	84.4T
Kết quả Qo và Qtt	Qo>Qtt	Qo>Qtt	Qo>Qtt

Tính kiểm tra lại độ võng sau gia cường:

**Bảng 5.** Tính toán gia cường dầm phụ DGC4-3

Thông tin	Đầu trái dầm	Nhịp giữa dầm	Đầu phải dầm
Tiết diện dầm	34x73cm	34x73cm	34x73cm
Thép vùng kéo	3Ø22	3Ø20+3Ø22	3Ø22
Thép vùng nén	2Ø20+3Ø22	2Ø22	2Ø20+3Ø22
Nội lực tải toàn phần	0	290kNm	0
Nội lực tải dài hạn	0	255kNm	0
Độ võng dầm tính toán	$f_{tt}=3,60\text{cm} < [f]=3.84\text{cm}$		



Hình 7. Kết quả độ võng dài hạn tính bằng phần mềm SAFE theo [4] của ô sàn sau khi gia cường:  $3,84\text{cm} < [f]=4.94\text{cm}$

### 3.3 Thi công gia cường để bù tăng tiết diện BTCT



Hình 8. Thi công gia cường để bù tăng tiết diện BTCT

## 4. Kết luận và áp dụng

- Tính toán gia cường dầm BTCT theo [1] có kể đến hệ số suy giảm khả năng chịu lực K và kiểm tra điều kiện làm việc đồng thời giữa hai lớp bê tông;
- Hệ số suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu gia cường K thể hiện được ảnh hưởng của sự hư hỏng cấu kiện cần được gia cường đến sự suy giảm khả năng chịu lực và trạng thái làm việc của cấu kiện sau khi gia cường;
- Trong khu vực tiếp giáp bê tông mới và bê tông cũ việc kiểm tra ứng suất tiếp giữa hai lớp vật liệu là rất cần thiết để đánh giá được hiệu quả của việc liên kết giữa bê tông mới và bê tông cũ qua đó đánh giá khả năng làm việc đồng nhất giữa cấu kiện cũ và phần được gia cường.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. “Hướng dẫn thực tế thuyết minh cho việc phục hồi các cấu kiện xây dựng bị hư hại của nhà và công trình và cho các phương pháp xử lý kỹ thuật gia cường” - Пособие по практическому выявлению пригодности к восстановлению поврежденных строительных конструкций зданий и сооружений и способам их оперативного усиления, ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, Москва - 1996 г.
2. Lê Văn Kiểm (2004), Hư hỏng sửa chữa gia cường công trình, Nhà xuất bản ĐHQG TP. Hồ Chí Minh.
3. Nguyễn Xuân Bích (2005), Sửa chữa và gia cố kết cấu BTCT, NXB Khoa học và kỹ thuật.
4. BS EN 1992-1-2-2004, Eurocode 2 - Design of concrete structures.

Ngày nhận bài: 20/3/2020.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 03/4/2020.