

## **TỔNG QUAN ỨNG DỤNG CÁP CFRP THAY THẾ CỐT THÉP TRONG KẾT CẤU BÊ TÔNG VÀ TRIỂN VỌNG ỨNG DỤNG Ở VIỆT NAM**

**Nguyễn Thị Huệ<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) là một loại vật liệu mới, có nhiều đặc tính ưu việt so với cốt thép thông thường bao gồm: cường độ cao, trọng lượng nhẹ, kháng ăn mòn và kháng môi trường. Do đó, CFRP có tiềm năng trong việc chế tạo dạng cáp và thay thế cốt thép trong kết cấu bê tông để mang lại hiệu quả về việc nâng cao cường độ, độ bền, đặc biệt là những công trình xây dựng trong môi trường xâm thực. Lịch sử phát triển, đặc tính, triển vọng và những thách thức về việc ứng dụng cáp CFRP cho kết cấu bê tông sẽ được trình bày trong bài báo tổng quan này. Hy vọng đây sẽ là tài liệu hữu ích đối với các kỹ sư thiết kế, cũng như các nhà nghiên cứu cho triển vọng ứng dụng vật liệu CFRP trong kỹ thuật xây dựng kết cấu bê tông ở Việt Nam.

**Từ khóa:** CFRP, cáp, kết cấu bê tông, thay thế cốt thép.

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Hiện tượng ăn mòn cốt thép được coi là một trong những nguyên nhân chính gây ra các hư hỏng và dẫn đến sự xuống cấp của các công trình bê tông cốt thép. Quá trình ăn mòn diễn biến nhanh và nghiêm trọng hơn đối với các công trình tiếp xúc với môi trường xâm thực do muối biển. Cầu Shinmiya là một cây cầu được xây dựng ở vùng ven biển của tỉnh Ishikawa, Nhật Bản. Cây cầu này đã bị hư hỏng bởi ăn mòn cốt thép sau 12 năm khai thác (Hình 1-2) (Enomoto and Ushijima 2012). Trên thế giới, vấn đề này đã tiêu tốn một số tiền lớn để giải quyết bằng phương pháp sửa chữa, bảo dưỡng và thậm chí là xây mới. Năm 2006, 128 tỷ đô la đã được chi cho việc sửa chữa và thay thế 54007 cây cầu (9,1% tổng số cầu) ở Mỹ (Emparanza, Kampmann and Basalo 2017). Cùng với đó, biến đổi khí hậu và nước biển dâng là vấn đề chung mà toàn cầu đang phải đối mặt. Xu hướng này tác động trực tiếp đến công tác thiết kế, xây dựng các công trình. Nhiệt độ, lượng mưa, hiện tượng cực đoan tăng và mực nước biển dâng cao

sẽ làm thay đổi về mức độ an toàn, sự bền vững và hiệu quả khai thác công trình xây dựng. Ở Việt Nam, ảnh hưởng của vấn đề này lên hệ thống các công trình giao thông đã được xem xét ở kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng (Luong Phuong Hợp 2014).



*Hình 1. Cầu Shinmiya - Nhật Bản*

Trước những thách thức, các nhà khoa học đã thúc đẩy nghiên cứu phương pháp mới, vật liệu mới với mục tiêu hiệu quả hơn về mặt kỹ thuật và chi phí, bền hơn về tuổi thọ sử dụng, mang lại hiệu suất lâu dài cho kỹ thuật xây dựng các công trình bê tông cốt thép. Các biện pháp: thép phủ

---

<sup>1</sup> Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng, khoa Công trình, Đại học Thủy lợi

epoxy, thép không gỉ, bảo vệ cathode và cải thiện chất lượng bê tông đã được nghiên cứu. Chúng là những phương pháp làm cho quá trình ăn mòn diễn ra chậm lại. Tuy nhiên, các phương pháp này có những giới hạn về hiệu quả, độ phức tạp và độ bền.



Hình 2. Cầu Shinmiya bị hư hỏng do ăn mòn cốt thép

Một hướng tiếp cận khác là tìm một vật liệu có thể thay thế thép về khả năng chịu lực cũng như vượt trội về khả năng chống ăn mòn. Vật liệu Fiber Reinforced Plastics (FRP) đã thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu khoa học do đặc tính kháng ăn mòn cao của vật liệu này. Trong ba loại FRP phổ biến Aramid fiber reinforced polymer (AFRP), Glass fiber reinforced polymer (GFRP), Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) thì CFRP có mô đun đàn hồi kéo cao nhất. Bên cạnh đó, CFRP còn có khả năng chống rão và mối tuyệt vời, hệ số giãn nở tuyến tính và độ giãn ứng suất thấp. Những đặc tính này giúp giảm tổn thất lực ứng suất trước nên CFRP phù hợp cho chế tạo ở dạng cáp. Việc ứng dụng cáp CFRP cho các công trình bê tông trên thế giới đã xuất hiện ở các nước phát triển như Nhật Bản, Canada, Mỹ, Đức... Ở Việt Nam, công nghệ sử dụng cáp CFRP thay thế cho cốt thép trong kết cấu bê tông vẫn còn là khái niệm mới. Trong khi đó, việc xây dựng cơ sở hạ tầng là yêu cầu thiết yếu để phát triển kinh tế vùng biển ở nước ta. Vì

vậy, ứng dụng cáp CFRP thay thế cốt thép trong kết cấu bê tông xây dựng mới sẽ là một triển vọng cho kỹ thuật xây dựng bền vững, đặc biệt là cho những công trình biển.

Bài báo này sẽ trình bày tổng quan về việc ứng dụng cáp CFRP cho công trình bê tông. Hình thức và sự ứng dụng vật liệu CFRP cho kết cấu bê tông sẽ được giới thiệu ở phần đầu. Tiếp theo đó, tính chất cơ học của cáp CFRP sẽ được so sánh với cáp thép thông thường. Sự ứng dụng của cáp CFRP trên thế giới và những thách thức ngăn cản CFRP được sử dụng rộng rãi sẽ được trình bày ở phần tiếp theo. Cuối cùng, triển vọng cho việc ứng dụng cáp CFRP cho các công trình bê tông ở Việt Nam sẽ được xem xét.

## 2. SỰ PHÁT TRIỂN VÀ ỨNG DỤNG CÁP CFRP TRÊN THẾ GIỚI

### 2.1. Carbon fiber reinforced polymer

Carbon fiber reinforced polymer là một loại vật liệu mới, chưa được sử dụng phổ biến trong xây dựng công trình ở Việt Nam. CFRP là vật liệu composite được xây dựng từ sự kết hợp của sợi carbon và ma trận nhựa epoxy. Do đó, vật liệu này có độ bền rất cao, mô đun đàn hồi theo hướng sợi và tính chất chống mối của nó cũng rất nổi bật. Sợi carbon được làm từ polyacrylonitrile (PAN-based) hoặc pitch-based. CFRP có thể được chế tạo với nhiều kích thước và hình thái đa dạng (tấm, thanh, cáp và dạng sợi dây quấn...) để sử dụng trong kết cấu bê tông.



Hình 3. Sử dụng tấm CFRP gia cường các kết cấu (Sanghai Hourse Construction Co., Ltd)

Nhìn chung, ứng dụng CFRP trong kỹ thuật xây dựng giống như FRP với hai cách thức chính. Cách đầu tiên, CFRP được dán bên ngoài các kết cấu để gia cường khả năng chịu lực dùng trong sửa chữa kết cấu (hình 3). CFRP có cường độ cao, trọng lượng nhẹ, kích thước nhỏ gọn nên khi sử dụng gia cường thì không làm thay đổi hình dạng, kiến trúc ban đầu của công trình. Bên cạnh đó, công nghệ thi công cũng dễ dàng và CFRP có thể sử dụng linh hoạt cho nhiều cấu kiện bê tông khác nhau: kết cấu chịu uốn (dầm, sàn...), kết cấu chịu nén (trụ, cột...),

kết cấu chịu cắt (dầm...). Vì thế, gia cường kết cấu bê tông cốt thép sử dụng tấm CFRP được đánh giá là mang lại hiệu quả cao (Khan, Baluch and Al-Gadhib 2014).



Hình 4a-b. Hình ảnh bên ngoài của cáp CFRP (trên) và cáp thép (dưới); Hình ảnh lát cắt ngang của cáp CFRP (phải) và cáp thép (trái).

**Bảng 1. Đặc điểm tiêu chuẩn kỹ thuật của cáp CFRP và thép**

Đặc tính	CFCC	Leadline	EC6	Thép
Tiết diện	76 mm <sup>2</sup> loại Φ12.5 mm 115.6 mm <sup>2</sup> loại Φ15.2 mm	46.1 mm <sup>2</sup> loại Φ8 mm mm <sup>2</sup> cho loại Φ10 mm	96 mm <sup>2</sup> loại Φ12.3 mm	99 mm <sup>2</sup> loại Φ12.7 mm
Mô đun đàn hồi	150 GPa	147GPa	165 GPa	195GPa
Cường độ chịu kéo	1.87 kN/mm <sup>2</sup> loại Φ12.5mm 1.75 kN/mm <sup>2</sup> loại Φ15.2mm	2.25 kN/mm <sup>2</sup>	1.97 kN/mm <sup>2</sup>	1.86 kN/mm <sup>2</sup>
Hệ số giãn nở nhiệt	0.6 x10 <sup>-6</sup>	0.6 x10 <sup>-6</sup>	-	12 x 10 <sup>-6</sup>
Lực kéo lớn nhất	184 kN loại Φ12.5mm 199 kN loại Φ15.2 mm	104 kN loại Φ8 mm 162 kN loại Φ10 mm	177 kN	183.7 kN
Mật độ khối lượng	0.146 kg/m loại Φ12.5mm	-	0.553 kg/m	0.775 kg/m

Cách thứ hai là sử dụng CFRP thay thế cho thanh cốt thép hoặc sợi cáp dự ứng lực trong kết cấu bê tông xây dựng mới. Trong phạm vi của bài báo này, kết cấu bê tông dự ứng lực sử dụng cáp CFRP sẽ được đề cập chính. Hình ảnh 4a và 4b chỉ ra sự so sánh về hình ảnh của cáp CFRP và cáp thép thông thường.

Cáp CFRP được chế tạo với 10 tên thương hiệu khác nhau ở các nước trên thế giới. Nổi tiếng trong số đó là Cáp composite sợi carbon (CFCC) của Tokyo Rope và CFRP Leadline của Mitsubishi Kaesei ở Nhật Bản, Jitec của Cousin Composites ở

Pháp và Bri-Ten của British Ropes ở Anh, EC6 của Composite Rigging Southern Spars ở Mỹ.

## 2.2. Những ưu điểm của cáp CFRP so với cáp thép thông thường

Cáp CFRP có những ưu điểm vượt trội khi so sánh với cáp thép thông thường (bảng 1):

- Tỷ lệ cường độ và độ cứng trên trọng lượng cao;
- Khả năng kháng ăn mòn cao;
- Trọng lượng nhẹ;
- Khả năng chịu mỏi cao;
- Hệ số giãn nở thấp.

Cáp CFRP được chế tạo bởi công ty Tokyo

Rope có trọng lượng chỉ bằng 1/5 trọng lượng của cáp thép thông thường. Ví dụ, đối với cáp CFCC loại 7 dây, đường kính 12.5 mm thì 15m CFCC sẽ có trọng lượng là 2.3 kg. Cáp có khả năng kháng ăn mòn cao đối với axit, kiềm. Hệ số giãn nở nhiệt là  $0.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , bằng 1/20 của

thép. Cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi của cáp CFCC rất cao (tương ứng với  $1.4 \sim 2.1 \text{ kN/mm}^2$  và  $150 \text{ kN/mm}^2$ ). CFCC được chế tạo với nhiều đường kính khác nhau và trong một mặt cắt có thể gồm 1, 7, 19 hoặc 37 dây xoắn lại với nhau (Bảng 2).

**Bảng 2. Đặc điểm tiêu chuẩn kỹ thuật của cáp CFRP (công ty Tokyo Rope)**

Chủng loại	Đường kính (mm)	Tiết diện có hiệu (mm <sup>2</sup> )	Tải trọng phá hoại (kN)	Khối lượng trên m dài (g/m)	Mô đun đàn hồi (kN/mm <sup>2</sup> )
U 5	5	15.9	40.4	30	165
1x7	7.9	31.1	79.3	60	150
1x7	10.8	57.8	147.2	112	150
1x7	12.5	76	192.5	146	150
1x7	15.2	115.6	294.4	223	150
1x7	17.2	151.1	385	292	150
1x7	19.3	186.7	475.6	360	150
1x19	26.2	339.2	864.1	665	150
1x19	28.9	412.4	1051	796	150
1x19	34.3	567	1342	1095	145
1x37	40.9	798.7	1765	1544	145

### 2.3. Lịch sử phát triển và những thách thức cho việc ứng dụng cáp CFRP

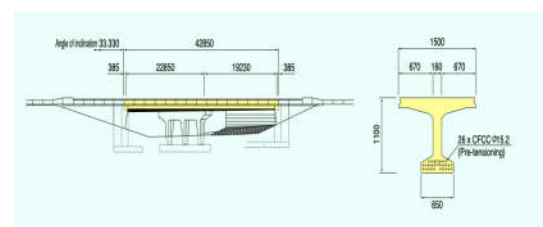
Từ những năm 1980 ở Nhật Bản, cáp CFRP đã được nghiên cứu như một vật liệu thay thế cho thép trong công trình bê tông. Năm 1988, cáp CFRP (CFCC của Tokyo Rope) loại 1x7, đường kính 12.5 mm đã được chọn cho 24 dầm chính của cầu Shinmiya mới (hình 5). Đây là cầu bê tông dự ứng lực đầu tiên ở Nhật Bản và trên thế giới sử dụng cáp CFRP để chống lại sự phá hủy của môi trường xâm thực (Nguyen, et al. 2018).

Sau đó, các nhà nghiên cứu trên toàn cầu đã ghi nhận kỹ thuật này và nó bắt đầu được ứng dụng trong nhiều loại kết cấu trong công trình xây dựng. Tháng 11 năm 1993, Cầu Beddington được xây dựng ở Calgary, Alberta, Canada. Cây cầu này có 13 dầm bê tông dự ứng lực. Trong số đó, 4 dầm được căng trước với các sợi cáp

CFCC và 2 dầm sử dụng Leadline (Rizkalla and Tadros 1994) - hình 6.



Hình 5. Cầu Shinmiya mới-Nhật Bản



Hình 6. Cầu Beddington-Canada (Tokyo Rope)

Tại Mỹ, Cầu Bridge Street ở hình 7 được xây dựng ở Southfield, Michigan vào năm 2001. Đây là cây cầu đầu tiên ở Hoa Kỳ sử dụng cáp CFRP trong dầm chữ T. Độ võng của kết cấu, biến dạng bê tông, biến dạng CFRP đã được theo dõi và ghi lại trong 20 năm (Grace, et al. 2002). Năm 2012, Enomoto và cộng sự đã tổng kết kết quả của các kết cấu sử dụng CFRP và khẳng định rằng CFRP phù hợp với cầu bê tông dự ứng lực (Enomoto, Grace and Harada 2012).



Hình 7. Cầu Bridge Street-Mỹ (Tokyo Rope)

Bên cạnh những ưu việt về tính chất cơ lý, thì việc ứng dụng cáp CFRP thay thế cốt thép trong kết cấu bê tông cũng còn những thách thức đang được nghiên cứu.

*Vấn đề về chi phí ban đầu của cáp CFRP:*

Các nghiên cứu cho thấy chi phí mua sắm ban đầu của CFRP cao hơn kết cấu sử dụng thép truyền thống. Con số được đưa ra là xấp xỉ 10 lần khi so sánh giá thành trên một đơn vị trọng lượng của cáp CFRP và cáp thép. Điều này dẫn đến chi phí xây dựng ban đầu của các công trình sử dụng cáp CFRP cao hơn so với công trình bê tông cốt thép thông thường. Tuy nhiên, những nghiên cứu gần đây đã phân tích chi phí cho việc sử dụng cáp CFRP thông qua tính toán chi phí vòng đời (Life Cycle Cost Analysis-LCCA) bao gồm chi phí ban đầu, chi phí bảo trì, chi phí vận hành, chi phí thay thế... cho đến hết tuổi thọ dự kiến của dự án. Trong nghiên cứu của

Grace cùng cộng sự (2012) đã chỉ ra rằng LCCA của cầu bê tông dự ứng lực tính toán với 20 đến 40 năm phục vụ, tùy thuộc lưu lượng giao thông và hình dạng cầu khác nhau thì LCCA sẽ không cao và chi phí cho việc sử dụng cáp CFRP sẽ trở lên hợp lý (Grace, et al. 2009).



Hình 8a-b. Hư hỏng của kết cấu bê tông cốt thép ở Hải Phòng (trái) và Vũng Tàu (phải) (Đặng Vũ Tuấn và Lê Hoàng Hà (2013))

*Vấn đề về tiêu chuẩn áp dụng của cáp CFRP:*

Thiết kế và thi công xây dựng công trình thực hiện dựa trên các tiêu chuẩn, quy chuẩn, chỉ dẫn kỹ thuật và các thí nghiệm thực tế. Khi sử dụng một loại vật liệu mới đòi hỏi kỹ sư xây dựng cần có kiến thức về vật liệu này. Vì thế, việc nghiên cứu cho ứng dụng sẽ tiêu tốn thời gian hơn so với việc sử dụng vật liệu thông thường. Hiện nay, tiêu chuẩn thiết kế cho việc sử dụng cáp CFRP nói riêng và vật liệu FRP nói chung trong kỹ thuật xây dựng đã được nghiên cứu và mới ban hành bao gồm các tài liệu như JSCI 1997 (Nhật Bản), ACI 440.4R-04, ISIS - No5 (Mỹ), và CSA S806-12 (R2021) (Canada).

*Vấn đề về độ bền của kết cấu sử dụng CFRP:*

CFRP là vật liệu mới nên dữ liệu minh chứng liên quan đến độ bền của kết cấu sử dụng CFRP còn rất ít. Mặt khác, các thí nghiệm chủ yếu được tiến hành trong phòng thí nghiệm với các điều kiện môi trường giả lập khác nhau. Các nghiên cứu thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện môi trường thực tế, chịu tác động ăn mòn bởi muối còn rất hạn chế hoặc vẫn còn

đang trong giai đoạn theo dõi. Trong nghiên cứu của (F.Green 2017) và (Nguyen, et al. 2018) độ bền và khả năng làm việc của những kết cấu cầu sử dụng cáp CFRP sau 13 năm và 29 năm trong môi trường xâm thực thực tế đã được ghi nhận.

### 3. TRIỂN VỌNG ỨNG DỤNG CÁP CFRP CHO CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG Ở VIỆT NAM

Với đặc thù địa hình gắn liền với đường bờ biển dài, trải dọc từ Bắc xuống Nam của nước ta, việc xây dựng các cơ sở hạ tầng ven biển như cảng biển, khu kinh tế ven biển, các tuyến đường bộ ven biển có ý nghĩa quan trọng trong phát triển kinh tế và bảo vệ đất nước. Tuy nhiên, các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép xây dựng ở vùng biển đã được thống kê rằng hơn 50% kết cấu bị ăn mòn, bị hư hỏng và tuổi thọ chỉ đạt 10-30 năm sau khi đưa vào sử dụng (P.V.Khoan và N.N.Thắng 2011).



*Hình 9. Gia cường dầm chủ cầu Cồn Tiên thuộc tỉnh An Giang (Công ty JV teck)*

Nguyên nhân gây ra hư hỏng cho kết cấu bê tông đã được nghiên cứu bao gồm hư hỏng do yếu tố thiết kế, thi công, quản lý công trình và do tác động của môi trường xâm thực (Đặng Vũ Tuấn và Lê Hoàng Hà 2013). Trong nghiên cứu năm 2011, TS. Phạm Văn Khoan và TS. Nguyễn Nam Thắng đã chỉ ra rằng: nguyên nhân phổ biến dẫn đến sự hư hỏng của kết cấu bê tông, giảm tuổi thọ các công trình bê tông cốt thép ở Việt Nam là do ăn mòn cốt thép, đặc biệt

là các công trình xây dựng ở vùng ven biển và vùng biển (P.V.Khoan và N.N.Thắng 2011). Cầu Bãi Cháy (Quảng Ninh), cầu Bình (Hải Phòng), cầu Cửa Lấp (Vũng Tàu), cầu Thị Nại (Bình Định) là những công trình cầu bị ảnh hưởng bởi xây dựng trong môi trường xâm thực (Hình 8a-b).

Các biện pháp đã được nghiên cứu để cải thiện tình trạng này của kết cấu bê tông bao gồm: trát vữa chống thấm, sơn chống ăn mòn cốt thép, sơn phủ bề mặt ngoài kết cấu, dùng chất ức chế ăn mòn canxi nitrit (Khoan and Thắng 2011). Và những năm gần đây, vật liệu FRP cũng nhận được sự quan tâm, nghiên cứu và đề xuất bởi các nhà khoa học ở Việt Nam để mang lại tính hiệu quả cao hơn. CFRP đã bắt đầu được ứng dụng cho các công trình xây dựng ở Việt Nam dưới cách thức sử dụng tấm CFRP cho sửa chữa, gia cường ở các cây cầu, dầm nhà: cầu Trần Thị Lý (Đà Nẵng), cầu Lôi (Nghệ An), cầu Sa Đéc (Đồng Tháp), cầu Văn Thánh, Trà Nóc (Thành phố Hồ Chí Minh), cầu Cồn Tiên (An Giang) - hình 9.

Công nghệ sử dụng cáp CFRP để thay thế cho cốt thép trong kết cấu bê tông xây dựng mới nhằm nâng cao độ bền và đảm bảo yêu cầu về cường độ cao sẽ là công nghệ xây dựng cần được quan tâm và nghiên cứu cho tương lai.

### 4. KẾT LUẬN

CFRP có những đặc tính vượt trội so với thép thông thường, đặc biệt là đặc tính cường độ cao và kháng ăn mòn. Các nghiên cứu đi trước cũng khẳng định rằng: CFRP phù hợp để thay thế cốt thép trong kết cấu bê tông nhằm nâng cao cường độ, độ bền và đặc biệt cho những công trình xây dựng trong môi trường biển.

Lịch sử phát triển cho việc ứng dụng cáp CFRP để thay thế cốt thép trong kết cấu bê tông còn mới nên các vấn đề như giá thành ban đầu

của vật liệu, tiêu chuẩn sử dụng và độ bền của kết cấu sử dụng CFRP đã và đang được nghiên cứu để vật liệu và công nghệ này được ứng dụng rộng rãi hơn.

Với đặc thù về địa hình và khí hậu, ứng

dụng cáp CFRP cho các kết cấu bê tông trong môi trường xâm thực ở Việt Nam kỳ vọng sẽ mang đến sự bền vững và hiệu quả cho công trình xây dựng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đặng Vũ Tuấn và Lê Hoàng Hà (2013), "*Thiết kế và thi công các công trình cầu trong môi trường biển Việt Nam.*" Tạp chí thông tin tư vấn thiết kế.
- Lương Phương Hợp (2014), "*Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đối với các công trình kết cấu hạ tầng giao thông*" Công ty Tediportvn
- Phạm Văn Khoan và Nguyễn Nam Thắng (2011), "*Tình trạng ăn mòn bê tông cốt thép ở vùng biển Việt Nam và một số kinh nghiệm sử dụng chất ức chế ăn mòn canxi nitrit.*" Tạp chí Viện khoa học công nghệ xây dựng
- Alvaro Ruiz Emparanza, Raphael Kampmann, Francisco De Caso y Basalo (2017), "*State-of-the-practice of FRP rebar global manufacturing*" The Composites and Advanced Materials Expo, CAMX. Orlando, Florida.
- Asad-ur-Rehman Khan, Mohammed H. Baluchand Ali. H. Al-Gadhib (2004) "*Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Structures Using CFRP Plates*", 3rd International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology, Bhurban, Pakistan
- Mark F.Green, (2017), "*Long-term applications of CFRP prestressing in Canada*". Fourth Conference on Smart Monitoring. Assessment and Rehabilitation of Civil Structures.
- Nabil Grace, F. C. Navarre, R. B. Nacey, W. Bonus, and L. Collavino (2002), "*Design - Construction of Bridge Street Bridge - First CFRP Bridge in the United States*". PCI Journal 20-35.
- Nabil Grace, Elin Jensen, Christopher Eamon, Xiuwei Shi, and Vasant Matsag (2009), "*LIFE CYCLE COST ANALYSIS OF CFRP PRESTRESSED CONCRETE BRIDGES*". Proceedings of US-Japan Workshop on Life Cycle Assessment of Sustainable Infrastructure Material, Saporu- Japan.
- Nguyen Thi Hue, Hiroshi Masuya, Tuan Minh Ha, Saiji Fukada, Daishin Hanaoka, Kazuhiro Kobayashi Koida, and Eiji (2018), "*Long-term Application of Carbon Fiber Composite Cable Tendon in the Prestressed Concrete Bridge-Shinmiya Bridge in Japan*". MATEC Web of Conferences 206(4):02011.
- S. H Rizkalla and G. Tadros (1994) "*First smart highway bridge in Canada*". Concrete International, vol. 6, no. 4, pp. 37–42.
- Tsuyoshi Enomoto, N. F. Grace, and T. Harada (2012), "*Life Extension of Prestressed Concrete Bridges Using CFCC Tendons and Reinforcements*". Proceeding Conference on FRP Composites in Civil Engineering, Rome Italy.
- Tsuyoshi Enomoto and Kenichi Ushijima (2012) "*Use of CFCC Tendons and Reinforcements in Concrete Structures for Durability*" APFIS. Japan, Hokkaido University.

**Abstract:**  
**APPLICATION OF CFRP CABLE FOR CONCRETE STRUCTURES  
AND APPLICATION PROSPECTS IN VIETNAM**

*Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) is a new material with many advantages compared to conventional reinforcement including: high strength, light weight, corrosion resistance and high fatigue resistance. Therefore, CFRP has potential manufacturing in cable and replacing steel in concrete structures. The aim of this approach is to bring efficiency in improving strength and durability, especially for construction projects in coastal and marine environment. The development history, characteristics, prospects and challenges of the application of CFRP cable for concrete structures will be presented in this paper. The paper is hoped to be a useful document for design engineers as well as researchers for the prospect of applying CFRP in concrete construction engineering in Vietnam.*

**Keywords:** CFRP, cable, concrete structures, replace steel.

---

*Ngày nhận bài: 15/11/2022*

*Ngày chấp nhận đăng: 15/12/2022*