

1. TỔNG QUAN

1.1 Vải gia cường FRP

Vải gia cường **FRP** là vật liệu gia cố CFS (tấm sợi carbon) cho cơ sở hạ tầng, được cấu trúc bởi CF (sợi carbon) hiệu suất cao "TORAYCA® hoặc sợi tương đương khác". Vải FRP gia cường kết cấu thường được sử dụng là **CFRP** (Polyme gia cố bằng sợi carbon) được ngâm tẩm với EP (keo Epoxy), được dán bên ngoài kết cấu và đông cứng trên bề mặt của kết cấu.

1.2 Tính năng

Sau đây, chúng tôi chỉ ra các đặc điểm sau của một số loại CFRP.

-Hãng **Toray**:

■ Specifications of TORAYCA® G-FABRIC

TYPE	Product Name	Style	Typical Fiber Properties			CF Areal Weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Width (cm)	Roll Length (m/roll)
			Fiber Grade	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (GPa)				
High Strength	UT70-20G	Unidirectional	T700S	4900	230	200	0.111	25,33,50	50
	UT70-30G	Unidirectional	T700S	4900	230	300	0.167	25,33,50	50
	UT70-40G	Unidirectional	T700S	4900	230	400	0.222	50	50
	UT70-45G	Unidirectional	T700S	4900	230	450	0.25	50	50
	UT70-60G	Unidirectional	T700S	4900	230	600	0.333	50	50
	BT70-20	Bi-directional	T700S	4900	230	0° 100 90° 100	0° 0.056 90° 0.056	100	50
	BT70-30	Bi-directional	T700S	4900	230	0° 150 90° 150	0° 0.083 90° 0.083	100	50
High Modulus	UM46-30G	Unidirectional	M46J	4020	436	300	0.163	25	50
	UM46-34G	Unidirectional	M46J	4020	436	340	0.185	25	50
	UM46-40G	Unidirectional	M46J	4020	436	400	0.217	25	50

*The above fiber properties are nominal data.

■ Composite Properties with AUR80S

Carbon Fiber Sheet	Fiber Type	Fiber Areal Weight	Impregnation Resin	ASTM D3039			ISO 10406-2		
				Tensile Strength (N/mm ²)	Tensile Modulus (kn/mm ²)	Strain (%)	Tensile Strength (N/mm ²)	Tensile Modulus (kn/mm ²)	Strain (%)
UT70-20G	'T700S' High Strength Type	200g/m ²	AUR80S	1,671	93.6	1.72	4,390	246.1	1.72
UT70-30G		300g/m ²		1,864	103.1	1.89	4,735	261.4	1.89
UT70-40G		400g/m ²		1,698	94.7	1.79	4,513	251.7	1.79
UT70-60G		600g/m ²		1,907	115.2	1.66	4,137	249.8	1.66
UM46-30G	'M46J' High Modulus Type	300g/m ²	AUR80S	1,247	177.9	0.68	3,043	434.2	0.68
UM46-34G		340g/m ²		1,249	182.4	0.69	3,126	456.4	0.69
UM46-40G		400g/m ²		1,535	201.4	0.76	3,347	439.1	0.76

-Hãng **FYFE**:

■ Specifications of AU Resin series

Impregnation Resin

Product Name	Normal Type	Winter Type	Test Method
	AUR80S	AUR80W	
Usable time	40 minutes	20 minutes	
Temperature Range	15°C~35°C	5°C~20°C	
Density	1.17±0.1		JIS K 7112
Tensile Strength	30N/mm		JIS K 7161
Flexural Strength	40N/mm		JIS K 7171
Compression Strength	70N/mm		JIS K 7181
Compression Modulus	1500N/mm		JIS K 7181
Temperature Range	15N/mm	17N/mm	JIS K 6850
Mix Ratio (Base resin : Hardening)	2:1		
Package size	17kg		

Primer

Product Name	Normal Type	Winter Type	Test Method
	AUP40S	AUP40W	
Usable time	40 minutes	20 minutes	
Temperature Range	15°C~35°C	5°C~20°C	
Density	1.17±0.1		JIS K 7112
Mix Ratio (Base resin : Hardening)	2:1		
Package size	17kg		

Putty

Product Name	Normal Type	Winter Type	Test Method
	AUF60S	AUF60W	
Usable Time	40 minutes	20 minutes	
Temperature Range	15°C~35°C	5°C~20°C	
Density	1.17±0.1		JIS K 7112
Mix Ratio (Base resin : Hardening)	2:1		
Package size	20kg		

Typical Dry Fiber Properties

Material properties are based on standard laboratory conditions (23°C, 50 percent relative humidity.)

Property	Typical Test Value
Tensile Strength	620,000 psi (4.3 GPa)
Tensile Modulus	36.0 x 10 ⁶ psi (250 GPa)
Ultimate Elongation	1.7%
Density	0.064 lbs./in. ³ (1.77g/cm ³)
Minimum weight per sq. yd.	19 oz (644 g/m ²)

Composite Gross Laminate Properties

Property ³	ASTM Method	ACI 440.2R Properties ¹	Design Properties ²
Ultimate Tensile Strength in Primary Fiber Direction	D3039	131,000 psi (903 MPa)	131,000 psi (903 MPa)
Elongation at Break		0.90%	0.90%
Tensile Modulus		14.6 x 10 ⁶ psi (100 GPa)	12.6 x 10 ⁶ psi (87 GPa)
Tensile Strength per inch width	D7565	5,240 lbf/in width (918 N/mm)	5,240 lbf/in width (918 N/mm)
Tensile Stiffness per inch width		584 x 10 ³ lbf/in width (102 kN/mm)	504 x 10 ³ lbf/in width (88 kN/mm)
Nominal Laminate Thickness	D1777	0.04 in.	0.04 in.

Additional Composite Properties			
Property ⁴	ASTM Method	Typical Test Values	Design Values
Flexural Strength	D790	110,000 psi (758.4 MPa)	82,500 psi (568.8 MPa)
Flexural Modulus		8.5 x 10 ⁶ psi (58.6 GPa)	7.0 x 10 ⁶ psi (48.3 GPa)
Longitudinal Compressive Strength	G8	50,000 psi (344.8 MPa)	42,500 psi (293 MPa)
Longitudinal Compressive Modulus	D149	11.2 x 10 ⁶ psi (77.2 GPa)	9.5 x 10 ⁶ psi (65.5 GPa)
Longitudinal Coefficient of Thermal Expansion		3.6 ppm/°F	
Transverse Coefficient of Thermal Expansion	D570	20.3 ppm/°F	

⁴ Contact FyfeFRP LLC engineers to confirm project specification values and design methodology.

(1) Tính năng

- Tỷ trọng của CFRP xấp xỉ 1.6 g/cm³, và nhỏ hơn 5 lần so với vật liệu thép. Nên việc ảnh hưởng tăng tải trọng lên kết cấu do gia cường là nhỏ.
- Các vải sợi carbon có cường độ kéo và mô đun đàn hồi cao:
 - + Cường độ sợi kéo khô: ≥ 3400 Mpa.
 - + Cường độ kéo vải+keo epoxy: $f_u=900-1900$ Mpa (tùy loại vải và keo).

(2) Hiệu quả

- Vải CFRP có hiệu suất làm việc ổn định.
- Có thể gia cường đơn hướng bằng vải CFRP-UD (đơn hướng) để gia cường kết cấu. Hoặc chọn loại vải CFRP-BD hai hướng để gia cường các vết nứt và ngăn chặn khối bê tông bông tróc, v.v...
- Có thể tạo lớp màng gia cố CFRP, giúp gia cường kết cấu một cách hiệu quả và kinh tế.

(3) Khả năng làm việc

- Phương pháp thi công đơn giản, vải CFRP được ngâm tẩm trong keo tại chỗ và dán lên kết cấu và đợi đông kết lại giúp giảm công nhân làm việc và thời gian thi công ngắn.
- Vải CFRP có khối lượng nhẹ nên không cần thiết bị, công cụ nặng để thi công.
- Vải CFRP dễ dàng gia công theo kích thước mong muốn bằng kéo.
- Vải CFRP có thể được dán vào kết cấu một cách dễ và linh hoạt.

(4) Độ bền và chống ăn mòn

Vải gia cường CFRP có khả năng làm việc ổn định trong môi trường ăn mòn.

Theo kết quả nghiên cứu, độ bền mỏi của vải gia cường CFRP cao hơn vật liệu thép.

2. KỸ THUẬT THI CÔNG

2.1 Lượng Epoxy sử dụng thông thường

Tab. 2-1 Lượng Epoxy sử dụng thông thường

Type of resin Loại keo	Khối lượng vải (g/m ²)	Khối lượng sử dụng danh định (kg/m ²)		
		Under coating Lớp lót	Over coating Lớp phủ	Total Tổng cộng
Keo lót	-	-		1.0*1
Keo ngấm tẩm vải	450	0.5 to 0.6	0.3 to 0.4	0.9

Ghi chú;

*1 Khối lượng sử dụng tiêu chuẩn là 1.0 kg/m². Nếu bề mặt cấu kiện gồ ghề không bằng phẳng do ăn mòn hoặc khe hở do đường hàn, cần phải thi công lớp lót dày hơn để tạo bề mặt.

2.2 Thiết bị thi công

Tab. 2-2 Danh mục thiết bị

Công tác	Công cụ
Chuẩn bị bề mặt	<ul style="list-style-type: none"> - Thiết bị loại bỏ lớp phủ (máy mài, máy thổi, máy phun cát v.v...) - Thiết bị sửa chữa (bay, thìa trét bả, v.v.) - Thiết bị bảo hộ (mũ bảo hộ phun cát, kính bảo hộ, găng tay, v.v.)
Thi công bột bả, Thi công CFS	<ul style="list-style-type: none"> - Dụng cụ thi công (con lăn tẩm, con lăn sơn, chổi quét, dao trộn cao su, bay, con lăn khử bọt khí, v.v.) - Dụng cụ cân đo và pha trộn (ống đưng, hộp đưng, cân, máy trộn cầm tay, dao trộn, v.v.) - Dung môi rửa dụng cụ (chất pha loãng epoxy, v.v.) - Những thứ khác (kéo, dao cắt, thước kẻ, v.v.)

2.3 Trình tự thực hiện

(1) Quy trình

Tab. 2-3 Quy trình làm việc tiêu chuẩn

STT	Công tác	Công việc chính	Ghi chú
1	Sửa chữa bề mặt	Sửa chữa vết nứt - Hàn và trám khe nứt	-
2	Chuẩn bị bề mặt	Loại bỏ lớp sơn phủ và lớp bảo vệ - Để lộ bề mặt thép	-
		Mài bề mặt - Loại bỏ phần bị ăn mòn và để lộ bề mặt thép	
		Làm sạch - Làm sạch rỉ sét và bụi bẩn, v.v.	- Bề mặt phải khô ráo

		Kiểm tra độ gồ ghề	- Đo độ đồ gồ	- độ gồ gồ $\geq 20\mu\text{m}$
3	Trét bột bả	Kiểm tra bề mặt	- Bề mặt không được rỉ sét	
		Trộn bột bả	- Trộn đều	- Kiểm tra nhiệt độ và độ ẩm - Kiểm tra thời gian sống của bột bả - Xác định tỷ lệ trộn và khối lượng sử dụng
		Trét bột	- Độ dốc hoàn thiện cho phép 1:200 đối với các vị trí bị gồ ghề - Chiều dày bột bả tối đa 1mm đối với các vị trí bằng phẳng	Xác định thời gian sử dụng
		Bảo dưỡng (không ít hơn 1 ngày.)	- Ngăn cách bụi và nước	- Giữ nhiệt độ 5 °C trở lên. - Ngăn nước tiếp xúc.
4	Marking Đánh dấu		- Xác định độ cứng của bột bả	- Kiểm tra tình trạng cứng của bột bả bằng cách chạm ngón tay.
			- Ghi nhận vị trí đánh dấu vào bản vẽ	- Xác nhận chiều dài mỗi nối
			- Đánh dấu vị trí mỗi nối hàn ống thép	
5	Gia công vải CFS		- Cắt vải theo yêu cầu của bản vẽ	- Xác nhận chiều dài
6	Dưới lớp phủ keo tấm	Trộn keo	- Trộn đều keo để không bị phân tách	- Kiểm tra nhiệt độ và độ ẩm - Kiểm tra thời gian sống của bột bả - Xác định tỷ lệ trộn và khối lượng sử dụng
		Thi công keo	- Quét đều trên bề mặt	- Xác định thời gian sử dụng
7	Ngâm tấm vải CFS		- Đặt vải CFS trên lớp keo lót	- Xác định hướng làm việc của vải CFS
			- Tấm nhập keo vào vải CFS và loại bỏ bột khí ra ngoài	- Đẩy và lăn con lăn ngâm tấm keo dọc theo hướng sợi.
8	Lớp phủ	Trộn keo	- Trộn đều keo để không bị phân tách	- Xác định tỷ lệ trộn và khối lượng sử dụng
		Thi công keo	- Quét đều trên bề mặt	- Xác định thời gian sử dụng
9	Bảo dưỡng (không ít hơn 1 ngày.)		- Ngăn cách bụi và nước	- Giữ nhiệt độ 5 °C trở lên. - Ngăn nước tiếp xúc.
10	Hoàn thiện			

Chú ý;

*1 Trao đổi với đơn vị thiết kế, nhà sản xuất / nhà cung cấp, nếu thiết kế, bản vẽ hoặc các tài liệu khác chỉ ra quy trình khác.

*2 Lặp lại từ bước 5 đến 9, nếu thi công nhiều lớp

*3 Theo tuần từ từ bước 5 đến 9 có thể áp dụng cho vải CFRP

(2) Chi tiết thực hiện

Nước và độ ẩm gây ra nhiều vấn đề khác nhau, đó là “chất lượng thấp, độ cứng kém và mất dính kết với nhựa epoxy khi đưa vào làm việc”. Quá trình đông cứng được kiểm soát bởi nhiệt độ và độ ẩm. Do đó phải tuân thủ các điều kiện sau đây một cách cẩn thận.

- 1) **Nhiệt độ lớn hơn 5 °C, độ ẩm nhỏ hơn 85%.**
- 2) **Không có nước trên bề mặt của thép.**
- 3) **Nếu nhiệt độ thấp hơn (khoảng 10 °C trở xuống) và độ ẩm cao hơn (khoảng 75% trở lên) trong quá trình thi công và bảo dưỡng, có thể tạo lớp cacbonat trên bề mặt của nhựa chưa đông cứng, và lớp cacbonat sẽ làm mất tính kết dính của keo. Môi trường tại chỗ phải được chú ý.**

a) Sửa chữa bề mặt

- ① Hàn và bịt kín vết nứt nếu có vết nứt.
- ② Nếu bề mặt không đồng đều có khe hở và rỗng, hãy tạo độ phẳng như hình 2-1.

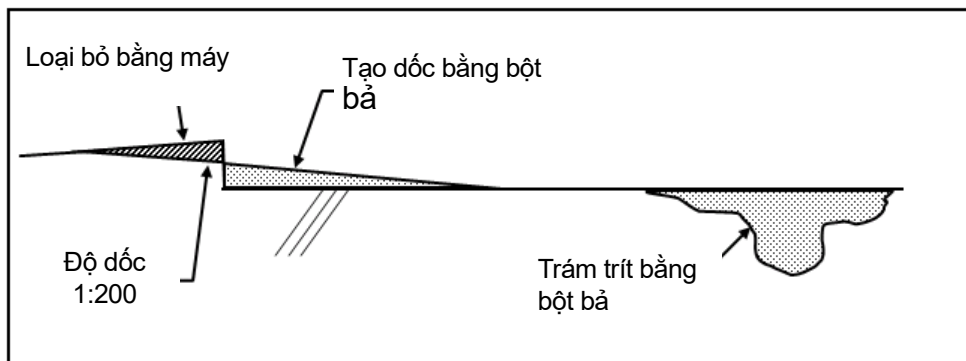


Fig. 2-1 Substrate repair

b) Chuẩn bị bề mặt

- ① Loại bỏ các chi tiết bị ăn mòn, rỉ sét và lớp phủ bằng máy mài.
- ② Sử dụng máy cắt cắt bỏ để tạo thành các bậc cấp có chiều cao hơn 1mm hoặc sử dụng bột bả để tạo bề mặt có độ dốc 1:200.
- ③ Lắp đầy các lỗ hổng bằng bột bả



Fig. 2-2 Surface preparation

c) Trát bột bả

- ① Kiểm tra bề mặt sao cho bề mặt khô ráo, không để lại vết rỉ sét và bụi.
- ② Để xác định lượng bột bả thi công cần cân nhắc đến thời gian sống của bột bả và phạm vi thi công. Tiếp theo trộn đều thành phần nhựa và thành phần tạo cứng theo tỷ lệ phù hợp.
- ③ Sử dụng thìa hoặc bay để trét bả lên bề mặt thép.

- ④ Sử dụng bột bả để phủ lên bề mặt thép giúp ngăn chặn ăn mòn tĩnh điện.
- ⑤ Bảo dưỡng trong quá trình hình thành độ cứng. Tuyệt đối không để nước tiếp xúc.

d) Đánh dấu

- ① Xác nhận độ cứng của bột bả bằng tay.
- ② Vạch đường thẳng làm dấu phạm vi tấm CFS được lắp đặt theo bản vẽ
- ③ Đánh dấu vị trí mối nối hàn ống thép, mối nối tấm CF phải bao phủ các mối nối hàn và không được trùng với mối nối hàn.

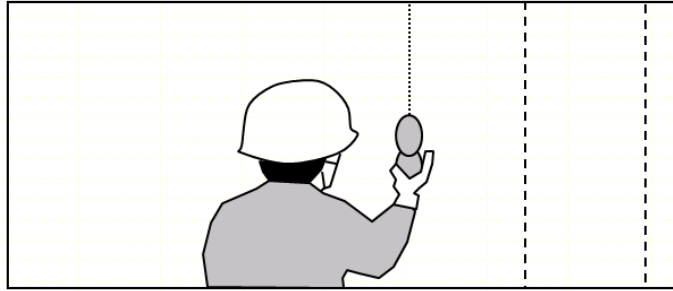


Fig. 2-3 Marking

e) Gia công tấm CFS

- ① Cắt tấm CFS theo đúng bản vẽ. chú ý đến hướng làm việc của sợi.

f) Lớp lót

- ① Sau tối thiểu 3 ngày, kể từ khi thi công lớp bột bả, tiến hành tạo nhám bề mặt bằng giấy nhám.
- ② Để xác định lượng keo thấm nhập thi công cần cân nhắc đến thời gian sống của keo và phạm vi thi công. Tiếp theo trộn đều thành phần nhựa và thành phần tạo cứng theo tỷ lệ phù hợp.
- ③ Quét đều lượng keo danh định lên trên bề mặt thép tại vị trí dán vải CFS.

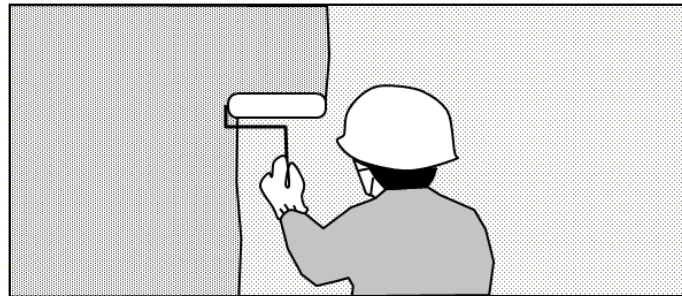


Fig. 2-4 Under coating of impregnating resin

g) Dán vải CFS và thấm nhập keo

- ① Xác định vị trí dán vải CFS theo bản vẽ.
- ② Dán vải CFS lên trên lớp keo lót thấm nhập.
- ③ Làm phẳng bề mặt CFS bằng thìa cao su, hoặc ru lô lăn thấm tẩm keo, để tẩm nhựa vào bên trong tấm CFS.

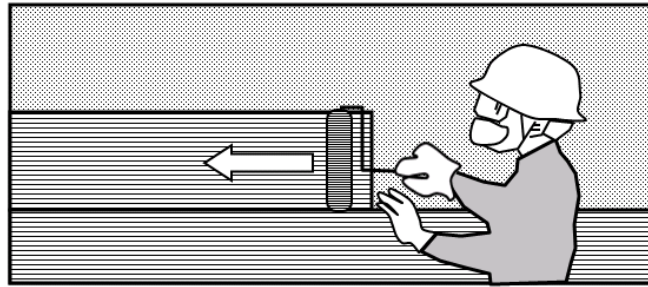


Fig. 2-5 CFS Impregnation

- ④ Sử dụng ru lô tẩm keo chạy dọc theo hướng sợi carbon để đẩy không khí và ngoài. Không được lăn theo hướng chéo và vuông góc với sợi vải carbon vì nó gây nhăn hoặc biến dạng

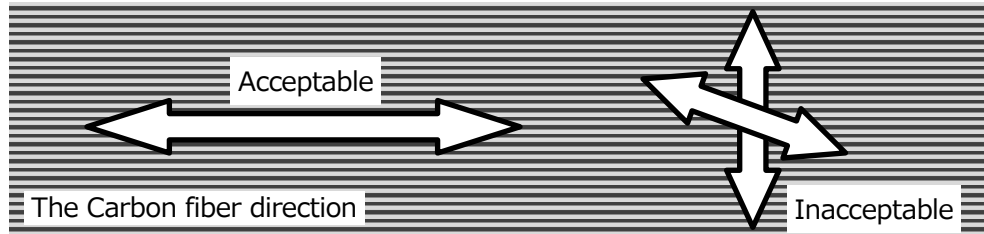


Fig. 2-6 Hướng lăn ru lô

h) Lớp phủ

- ① Để xác định lượng keo thấm nhập thi công cần cân nhắc đến thời gian sống của keo và phạm vi thi công. Tiếp theo trộn đều thành phần nhựa và thành phần tạo cứng theo tỷ lệ phù hợp.
- ② Quét đều lượng keo danh định lên trên bề mặt vải CFS bằng con lăn sơn

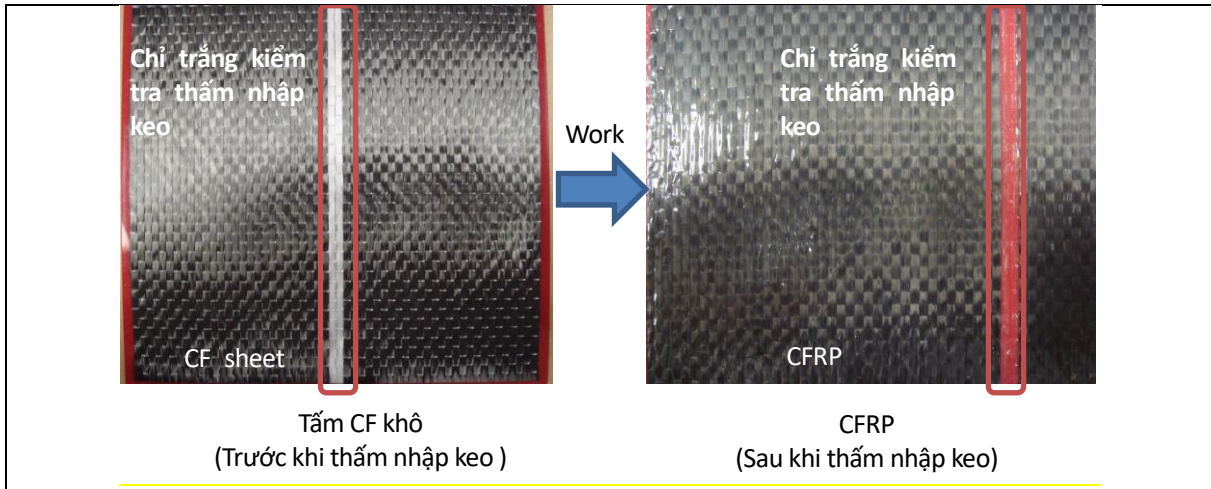
The Device to Check Impregnating

Thiết bị kiểm tra thấm nhập keo.

Sản phẩm tấm CFRP có trạng bị thiết bị kiểm tra việc thấm nhập nhựa Epoxy

Thông thường tấm CF có màu đen, là màu tự nhiên của sợi carbon. Nên rất khó xác định liệu tấm CF có được thấm nhập với nhựa đến mức độ nào. Đặc biệt, tấm CF có tỷ trọng cao lớn hơn 400 g/m² sẽ khó thấm nhập nhựa hơn và không dễ để đánh giá mức độ thấm nhập từ bên ngoài. Vải CFRP nếu không được thấm nhập hòa toàn có thể là nguyên nhân gây ra sự phân tách và mất liên kết trong tương lai.

Do đó, Sản phẩm **TORAYCA G** Fabric đã bổ sung dải sợi thủy tinh GF có màu trắng bên trong tấm CF, mức độ thấm nhập nhựa có thể được xác định mức độ trong suốt của sợi thủy tinh GF



i) Bảo dưỡng

- ① Bảo dưỡng tấm CFS cho đến khi nhựa hình thành độ cứng.

Tab. 2-4 Thời gian lưu hóa nhựa

Nhiệt độ trung bình	Thời gian bảo dưỡng
≤10°C	2 ngày
10°C đến 20°C	1 đến 2 ngày
≥20°C	1 ngày

- ② Thời gian bảo dưỡng đến khi xuất hiện tải trọng chịu kéo theo bảng dưới. Ngoài ra, phải giữ các bộ phận gia cường không chịu tác động của ngoại lực trong thời gian bảo

Tab. 2-5 Thời gian lưu hóa nhựa

Nhiệt độ trung bình	Thời gian bảo dưỡng
10°C	2 tuần
20°C	1 tuần

j) Hoàn thiện

Có thể sử dụng vật liệu hoàn thiện là sơn, vữa gốc nhựa, vữa thông thường. Khi áp dụng các vật liệu hoàn thiện cần tham khảo nhà sản xuất cách sử dụng.

(3) Thi công tấm CFS đa lớp

- ① Thông thường sau tối thiểu 4 tiếng có thể thi công lớp tiếp theo. Tuy nhiên, thời gian bảo dưỡng phụ thuộc vào nhiệt độ.
- ② Chạm vào bề mặt của nhựa xem nhựa có xuất hiện độ cứng không. Nếu nhựa cứng, thi công lớp tiếp theo.

Chú ý;

- Khi thi công lớp tiếp theo mà hướng sợi vuông góc với hướng sợi lớp dưới, cần kiểm tra lớp dưới dịch chuyển trước khi thi công.
 - Không thi công trên lớp nhựa phủ và dưới lớp lót cho lớp tiếp theo. Bởi vì nó sẽ tạo ra các nếp nhăn, biến dạng và gây trượt khỏi vị trí lắp đặt.
 - Sử dụng lượng keo thích hợp cho từng lớp.
 - Lượng nhựa thấp sẽ dẫn đến phá hủy dưới cường độ nhỏ hơn.
- ③ Thời gian thi công đa lớp trong vòng 3 ngày. Nếu khoảng thời gian cách nhau từ 4 ngày trở lên, cần tạo nhám bề mặt CFRP bằng giấy nhám để đảm bảo liên kết giữa các lớp.

(4) Mối nối CFS

a) Mối nối theo hướng sợi

Làm theo hướng dẫn hoặc bản vẽ của đơn vị thiết kế đối với mối nối theo hướng sợi.

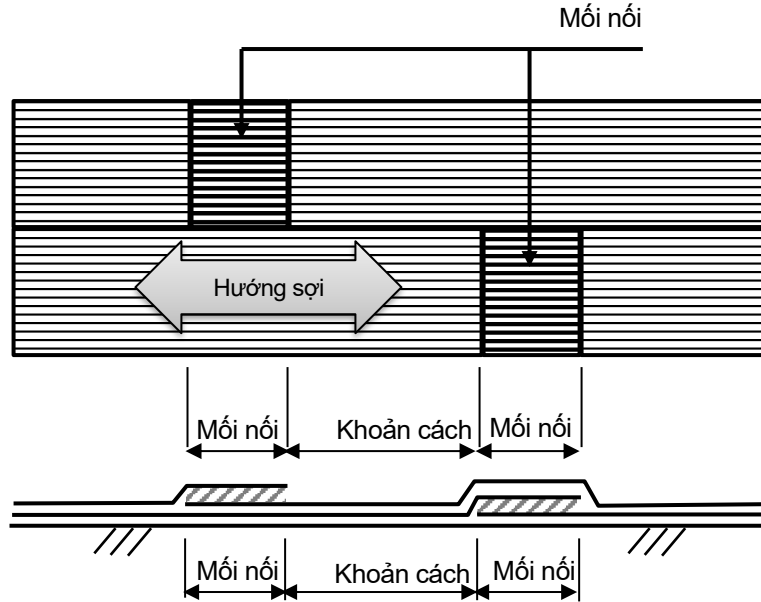


Fig. 2-7 Mối nối

Chiều dài mối nối và khoảng cách giữa các mối nối được xác định theo hướng dẫn của đơn vị thiết kế và bản vẽ

Tab. 2-6 Chiều dài mối nối theo tiêu chuẩn Nhật (Tham khảo)

Kết cấu	Mục tiêu gia cường	Chiều dài mối nối L(mm)	Khoảng cách giữa các mối nối L_d (mm)
Tòa nhà	Chịu uốn, chịu kéo, địa chấn	≥ 200	Không yêu cầu
Kết cấu giao thông	Chịu uốn, chịu cắt	≥ 200	≥ 300
Hầm	Chống bong tróc	≥ 100	≥ 100

b) Khoảng cách giữa các tấm CFS

Khi thi công các tấm CFS cạnh nhau, độ dài khe hở giữa các cạnh của tấm CFS là từ 0 đến 5 mm

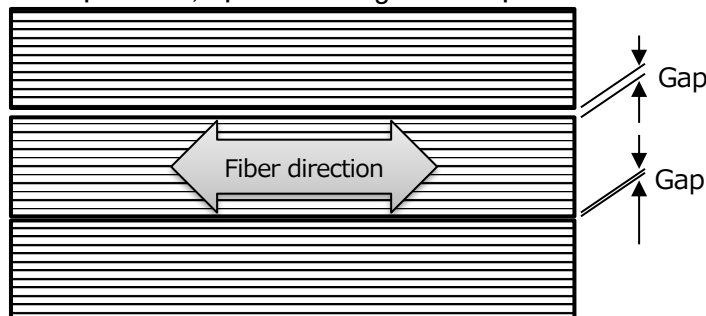


Fig. 2-8 Gap

(5) Phương pháp gia cường xung quanh vật cản

Khi có chướng ngại vật như ống thoát nước và khe hở nhỏ trong khu vực dán CFS, cần phải dán

CFS đồng thời tránh chướng ngại vật. Vì CFS bị cắt và không dán liên tục, khả năng gia cường của CFS có thể bị giảm một phần. Biện pháp đối phó, gia công các tấm CFS để dán xung quang chướng ngại vật. Ngoài ra, vì tấm CFS có tính dẫn điện nên cần phải có khoảng cách xấp xỉ 10mm từ mặt bên của hộp đầu ra đến tấm CFS.

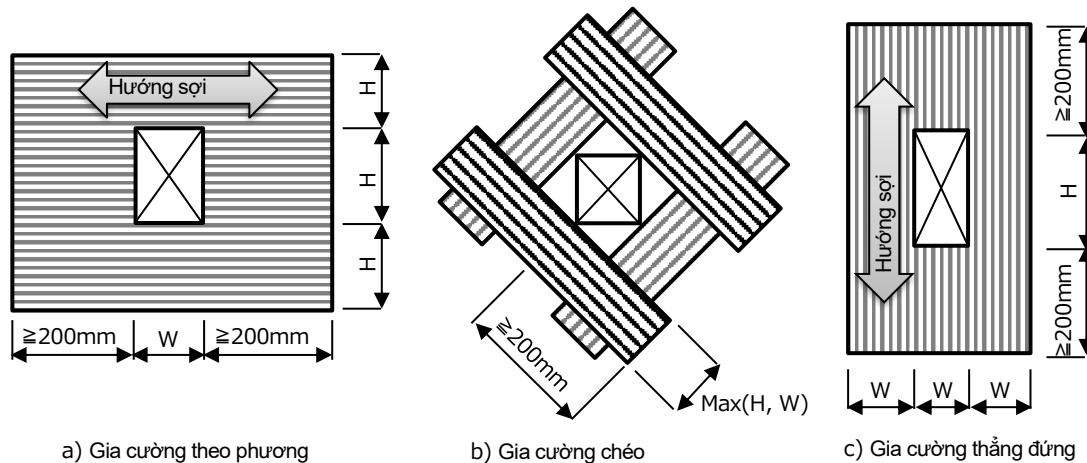


Fig. 2-9 Bố trí bổ sung tấm CFS xung quanh chướng ngại vật

(6) Giám sát hiện trường (Đánh giá và nghiệm thu)

a) Kiểm tra trực quan (Hướng sợi và độ phẳng)

- Hướng sợi sau khi thi công được đánh giá bằng cách kiểm tra trực quan tại hiện trường.
- Tấm CF được nghiệm thu khi độ lệch nhỏ hơn 5 độ (khoảng 75 mm/m) so với quy định trên bản vẽ thiết kế.

Nếu tấm CF có độ lệch lớn hơn 5 độ so với bản vẽ thiết kế, cần báo cáo cho đơn vị thiết kế để đánh giá và nghiệm thu.

- Kiểm tra bề mặt xem có hiện tượng phồng dộp không. Có khả năng tách lớp không.

b) Khuyết tật (tách lớp)

- Khuyết tật tách lớp có thể kiểm tra thông qua tiếng gõ trên bề mặt bằng thanh gõ.
- Delaminations are evaluated in accordance with the criteria of delaminations of CFRP are shown in the table below.
- Khuyết tật tách lớp được đánh giá theo bảng 2-7
- Nếu có tiêu chuẩn riêng của dự án về khuyết tật tách lớp thì làm theo tiêu chuẩn đó.

Tab. 2-7 Tiêu chí khuyết tật tách lớp^{*1}

Kích thước phân tách	Diện tích khuyết tật	Đánh giá	Hành động khắc phục
Nhỏ (Diện tích: $\leq 1,300\text{mm}^2$)	$\leq 5\%$ tổng diện tích CFRP Và ≤ 10 tấm/ m^2	Nghiệm thu	-
	$\geq 5\%$ tổng diện tích CFRP Hoặc ≥ 10 mẫu / m^2	Không nghiệm thu	Rạch bỏ và Bơm keo vào bên trong
Trung bình ($1,300\text{mm}^2 < \text{diện tích khuyết tật} < 16,000\text{mm}^2$)	Tất cả		Dán và CFS che phủ khuyết tật
Lớn (Diện tích: $\geq 16,000\text{mm}^2$)			

Notes:

*1 ACI 440.2R-17 Hướng dẫn thiết kết và thi công hệ thống FRP dán ngoài để gia cường kết cấu bê tông

(7) Sửa chữa khuyết tật CFRP

a) Bơm keo

- ① Tạo một số lỗ ở góc cạnh lớp phân tách. Kích thước lỗ bằng đường kính ngoài của của đầu kim phun.
- ② Đưa đầu kim phun vào lỗ.
- ③ Bơm nhựa thấm nhập cho đến khi xuất hiện rò rỉ ở tất cả các lỗ thoát.
- ④ Kết thúc bơm, bảo dưỡng cho đến khi nhựa cứng lại.

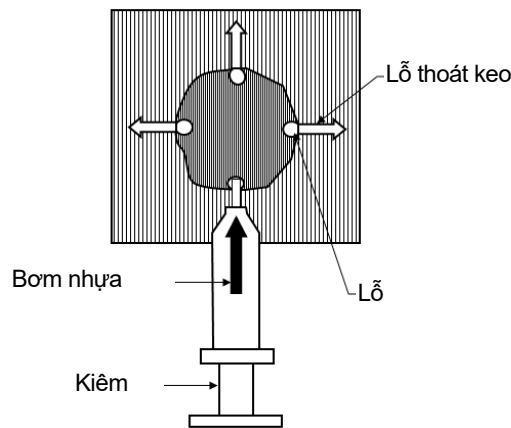


Fig. 2-10 Bơm nhựa

b) Cắt rọc

- ① Phương pháp này chỉ áp dụng đối với vải CFS đơn hướng và trước khi nhựa tạo độ cứng.
- ② Cắt một số sợi ngang và tạo khía dọc theo hướng tấm CF. Hãy cẩn thận không cắt hoặc làm hỏng tấm CF.
- ③ Bổ sung nhựa thấm nhập lên bề mặt tách lớp và bổ sung nhựa thấm nhập vào bên trong các vết cắt rọc CFS.
- ④ Bảo dưỡng cho đến khi nhựa cứng lại.
- ⑤ Phương pháp cắt rọc là phương pháp sửa chữa hiệu quả cho các khuyết tật phân tách xuất hiện ở các nếp nhăn hoặc chảy xệ tấm CFS.

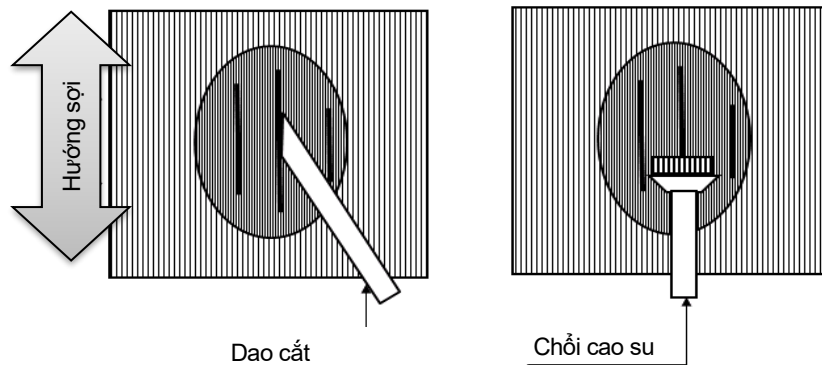


Fig. 2-11 Cắt rọc

c) Dán và tấm CFRP

- ① Phương pháp này được áp dụng sau khi nhựa hình thành độ cứng

- ② Loại bỏ lớp khuyết tật bằng máy mài.
- ③ Xác định phạm vi tấm vá. Số lượng tấm vá CFS bằng số lượng CFS ban đầu. Ngoài ra, cần xem xét chiều dài mối nối. Nếu chiều dài mối nối được quy định bởi tiêu chuẩn hoặc đơn vị thiết kế, thì áp dụng theo.
- ④ Tạo nhám khu vực vá bằng giấy nhám và làm sạch.
- ⑤ Lấp đầy các phần loại bỏ bằng bột trét và tạo phẳng sao cho vừa với bề mặt của CFR ban đầu.
- ⑥ Thi công dán lớp vá CFS thấm nhựa lên trên khu vực khuyết tật.
- ⑦ Bảo dưỡng đến khi hình thành độ cứng

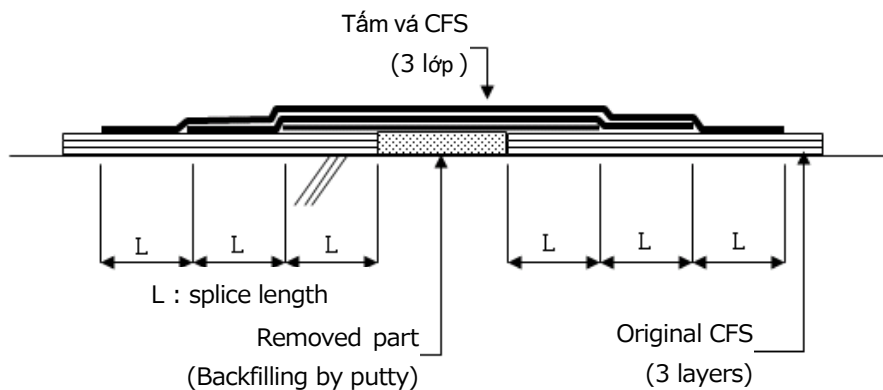


Fig. 2-12 Dán vá tấm CFRP

(8) Thí nghiệm kiểm tra chất lượng

Thông thường, thí nghiệm kéo và thí nghiệm dính bám được thực hiện để kiểm tra chất lượng gia cường CFRP.

a) Thí nghiệm kéo

Thí nghiệm kéo được thực hiện tại phòng thí nghiệm để kiểm tra đặc tính kỹ thuật của CFRP về cường độ chịu kéo, mô đun đàn hồi và độ giãn dài kéo đứt.

b) Thí nghiệm độ dính bám

thí nghiệm độ dính bám được thực hiện tại hiện trường để kiểm tra cường độ dính bám và hình dạng phá hủy.

(9) Lưu trữ và xử lý vật liệu

a) Lưu trữ vật liệu

Bột trét, nhựa ngậm tấm, và các vật liệu khác thường phải được bảo quản theo luật địa phương. Tránh để vật liệu tiếp xúc trực tiếp với ánh nắng mặt trời, nhiệt độ cao và độ ẩm.

b) Chất thải

Chất thải do công trình gia cố CFS thải ra được xử lý chính xác là chất thải công nghiệp theo luật địa phương.

(10) Bảo trì

Kiểm tra ngoại quan và kiểm tra bằng tiếng gõ như đã đề cập mục (6). Nếu phát hiện khuyết tật thì tiến hành sửa chữa theo mục (7)

3. An toàn lao động

Hiểu đầy đủ các đặc tính của từng loại vật liệu, và chú ý đầy đủ đến điều kiện thi công và môi trường làm việc để đảm bảo an toàn. Phải tuân theo các biện pháp phòng ngừa như sau.

- 1) Đọc MSDS (Bảng dữ liệu an toàn) cho từng vật liệu để xác nhận thông tin an toàn.
- 2) Thực hiện sau khi xác nhận cách sử dụng, lưu trữ và kiểm soát.
- 3) Chuẩn bị giàn giáo, điều kiện đường xá và các môi trường làm việc khác.
- 4) Mang mặt nạ bảo hộ, kính bảo hộ, găng tay và dây an toàn, v.v.



- 5) Khi sử dụng dung môi hữu cơ, hoặc ngay cả khi chỉ sử dụng nhựa epoxy, hãy chú ý đầy đủ đến hệ thống thông gió khi làm việc trong không gian kín. Việc thông gió bằng quạt gió hoặc ống dẫn là cần thiết.
- 6) Một số loại nhựa epoxy như sơn lót, bột trét và nhựa ngấm tẩm có thể ảnh hưởng đến cơ thể con người. Các biện pháp đối phó sau đây sẽ được yêu cầu.
 - a) Sau khi tiếp xúc với mắt: Rửa sạch bằng nhiều nước trong ít nhất 15 phút và đến cơ sở y tế ngay lập tức.
 - b) Sau khi tiếp xúc với da: Rửa ngay bằng xà phòng và nước. Nếu bị viêm hoặc ngứa, hãy đi khám ngay lập tức.
 - c) Sau khi nuốt phải: Rửa sạch khoang và đến gặp bác sĩ ngay lập tức.
 - d) Sau khi hít phải: Cung cấp không khí trong lành. Nếu tình trạng rối loạn nhịp thở xảy ra, hãy đến gặp bác sĩ ngay lập tức.Vì một số người bị dị ứng với nhựa epoxy, hãy cố gắng thiết lập quy trình làm việc không tiếp xúc trực tiếp với nhựa epoxy.



- 7) Vì sợi carbon có tính dẫn điện, sợi carbon phân tán có thể làm ngắn mạch các thiết bị điện. Do đó, điều quan trọng là phải bịt kín phần mở của thiết bị để ngăn các sợi tiếp xúc với cáp.



- 8) Mặc dù các viện nghiên cứu trên thế giới nói rằng sợi carbon rải rác không gây hại cho cơ thể con người, hãy đeo một lớp xạ hương chống bụi, v.v ... để không hít phải sợi carbon vào cơ thể.



- 9) Chất thải CFRP, chất kết dính, vv nên được xử lý như chất thải công nghiệp theo luật địa phương.
- 10) Chú ý đến lửa. Khi xử lý đám cháy phải chọn nơi an toàn và chuẩn bị các phương tiện chữa cháy tại chỗ.



- 11) Trộn nhựa thông theo từng phần nhỏ. Nếu nhựa được trộn cùng một lúc, nhiệt và khói sẽ được tạo ra.

4. Tham khảo

- (1) Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA, 1999), Seismic Retrofitting Design and Construction Guidelines for Existing Reinforced Concrete (RC) and Steel-encased Reinforced Concrete (SRC) Buildings with FRP Materials (in Japanese).
- (2) Carbon Fiber Repair and Reinforcement Research Association (2004), Quality control manual for upgrading of concrete structures by using CFRP (in Japanese).
- (3) American Concrete institute (ACI, 2008), Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Reinforcing Concrete Structures.