

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 11110:2015**

Xuất bản lần 1

**CÓT COMPOSÍT POLYME DÙNG TRONG KẾT CẤU BÊ  
TÔNG VÀ ĐỊA KỸ THUẬT**

*Application of fiber-reinforced polymer bars  
in concrete and geotechnical structures*

**HÀ NỘI – 2015**

## Mục lục

Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	7
4 Ký hiệu và đơn vị đo.....	11
5 Các quy định chung.....	11
6 Sử dụng cốt FRP trong các kết cấu bê tông.....	13
6.1 Các điều kiện và đối tượng áp dụng.....	13
6.2 Các kết cấu bê tông lắp ghép.....	14
6.3 Các yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông và bê tông.....	15
6.4 Các yêu cầu đối với các công tác cốt FRP và bê tông. Kiểm tra và nghiệm thu công tác cốt FRP.....	15
7 Sử dụng FRP làm các liên kết mềm trong các kết cấu bao che.....	16
8 Sử dụng FRP trong các kết cấu địa kỹ thuật.....	19
8.1 Các điều kiện và đối tượng áp dụng.....	19
8.2 Thiết kế và thi công các kết cấu móng.....	21
8.3 Thi công liên kết đỉnh đất.....	24
8.4 Thi công nền đất đường sắt và đường ô tô.....	33
8.5 Thi công các công trình bảo vệ bờ.....	38
8.6 Thi công tường chắn.....	40
8.7 Thi công liên kết neo.....	44
8.8 Gia cố đất theo tuyến đào hầm.....	47
8.9 Gia cố hầm mỏ bằng các neo GFRP.....	48
9 Các nguyên tắc an toàn khi thực hiện các công việc có sử dụng FRP.....	50
Phụ lục A (Tham khảo) Một số ví dụ sử dụng FRP trong các kết cấu bê tông.....	52
Phụ lục B (Tham khảo) Một số ví dụ sử dụng FRP làm các liên kết mềm trong các kết cấu bao che.....	54
Thư mục tài liệu tham khảo.....	62

**Lời nói đầu**

TCVN 11110:2015 được xây dựng trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn CTO 17 HOCTPOЙ 2.6.90-2014 của Nga, do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Cốt composit polyme dùng trong kết cấu bê tông và địa kỹ thuật

*Application of fiber-reinforced polymer bars in concrete and geotechnical structures*

### 1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này quy định các nguyên tắc sử dụng cốt composit polyme (FRP) có gờ, tiết diện đặc và tiết diện ống, làm từ vật liệu sợi thủy tinh hoặc sợi bazan, trong các kết cấu bê tông, gạch đá và địa kỹ thuật trong xây dựng nhà ở, nhà công cộng, các công trình giao thông và các kết cấu chịu lực có yêu cầu về cách điện.

1.2 Tiêu chuẩn áp dụng khi thiết kế và thi công các kết cấu bê tông lắp ghép và toàn khối, cũng như các kết cấu địa kỹ thuật có sử dụng FRP.

1.3 Tiêu chuẩn này quy định việc sử dụng FRP trong các kết cấu làm việc trong các điều kiện bình thường (không xâm thực) và trong các điều kiện có tác động của các môi trường xâm thực (clo, môi trường axit, khí nồng độ cao và tương tự) gây ăn mòn cốt thép theo SP 28.13330<sup>1</sup>, TCVN 9346:2012.

CHÚ THÍCH Theo SP 28.13330, FRP thuộc nhóm III về mức độ nguy hiểm hư hỏng do ăn mòn (nhóm I nguy hiểm nhất).

1.4 Tiêu chuẩn này quy định việc sử dụng FRP trong các kết cấu bê tông làm việc trong điều kiện tác động nhiệt có hệ thống của môi trường xung quanh không thấp hơn âm 60 °C và không cao hơn giá trị nhiệt độ sử dụng giới hạn quy định bởi nhà sản xuất FRP.

1.5 Tiêu chuẩn này không cho phép dùng FRP trong kết cấu chịu lực phần thân (cột, dầm, vách) của nhà và công trình trong các vùng có động đất lớn hơn cấp 6 theo thang MSK-64 (xem TCVN 9386:2012), trừ khi có các nghiên cứu riêng.

### 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 1651:2008, *Thép cốt bê tông*

TCVN 1598:1974, *Khẩu trang chống bụi*

## TCVN 11110:2015

- TCVN 1849:1976, *Dây thép các bon thấp chất lượng*
- TCVN 2606:1978, *Phương tiện bảo vệ tay – Phân loại*
- TCVN 2607:1978, *Quần áo bảo hộ lao động – Phân loại*
- TCVN 2290:1978, *Thiết bị sản xuất – Yêu cầu chung về an toàn*
- TCVN 2291:1978, *Phương tiện bảo vệ người lao động – Phân loại*
- TCVN 2682:2009, *Xỉ măng poóc lăng – Yêu cầu kỹ thuật*
- TCVN 3100:1979, *Dây thép tròn làm cốt ứng suất trước*
- TCVN 3101:1979, *Dây thép các bon thấp kéo nguội dùng làm cốt thép bê tông*
- TCVN 3164:1979, *Các chất độc hại – Phân loại và những yêu cầu chung về an toàn*
- TCVN 3288:1979, *Hệ thống thông gió – Yêu cầu chung về an toàn*
- TCVN 3254:1989, *An toàn cháy – Yêu cầu chung*
- TCVN 4447:2012, *Công tác đất, thi công và nghiệm thu*
- TCVN 4453:1995, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – Quy phạm thi công và nghiệm thu*
- TCVN 5082:1990 (ISO 4849-1981), *Phương tiện bảo vệ mắt – Yêu cầu kỹ thuật*
- TCVN 5308:1991, *Quy phạm kỹ thuật an toàn trong xây dựng*
- TCVN 5508:2009, *Không khí vùng làm việc – Yêu cầu về điều kiện vi khí hậu và phương pháp đo*
- TCVN 5573:2012, *Kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*
- TCVN 5574:2012, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*
- TCVN 5575:2012, *Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế*
- TCVN 5938:2005, *Chất lượng không khí – Nồng độ tối đa cho phép của một số chất độc hại trong không khí xung quanh*
- TCVN 6067:2004, *Xỉ măng poóc lăng bền sun phat – Yêu cầu kỹ thuật*
- TCVN 6284:1997 (ISO 6934:1991), *Thép cốt bê tông dự ứng lực*
- TCVN 6516:1999 (ISO 4854), *Phương tiện bảo vệ mắt cá nhân*
- TCVN 7305:2003 (ISO 4427:1996), *Ống nhựa polyetylen dùng để cấp nước – Yêu cầu kỹ thuật*
- TCVN 7711:2007, *Xỉ măng hỗn hợp bền sun phat – Yêu cầu kỹ thuật*
- TCVN 7951:2008, *Hệ chất kết dính gốc nhựa epoxy cho bê tông – Yêu cầu kỹ thuật*
- TCVN 8826:2012, *Phụ gia hóa cho bê tông*
- TCVN 9340:2012, *Hỗn hợp bê tông trộn sẵn – Yêu cầu cơ bản đánh giá chất lượng và nghiệm thu*
- TCVN 9346:2012, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển*

TCVN 9362:2012, *Nền nhà và công trình – Tiêu chuẩn thiết kế*

TCVN 9386:2012, *Thiết kế công trình chịu động đất*

TCVN 9391:2012, *Lưới thép hàn dùng trong kết cấu bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế, thi công lắp đặt và nghiệm thu*

TCVN 10304:2014, *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*

TCVN 11109:2015, *Cốt composite polyme*

ATSM A416/A416M-12a, *Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete (Yêu cầu kỹ thuật đối với cáp thép 7 sợi không bám dính cho bê tông ứng suất trước)*

GOST 30244-94\*, *Материалы строительные – Методы испытаний на горючесть (Vật liệu xây dựng – Các phương pháp thử tính cháy)*

SP 28.13330.2012\*, «SNIP 2.03.11-85 *Защита строительных конструкций от коррозии*» (Bảo vệ kết cấu xây dựng chống ăn mòn)

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN 11109:2015, và các thuật ngữ, định nghĩa sau:

#### 3.1

**Bước gờ ngang** (Transverse legde spacing)

Khoảng cách giữa tâm hai gờ ngang liên tiếp, được đo song song với trục dọc của thanh.

#### 3.2

**Cọc khoan bơm mini** (Injection-bored micropile)

Dạng cọc khoan nhỏ có đường kính nhỏ đường kính nhỏ (từ 40 mm đến 170 mm) và được thi công bằng phương pháp bơm vữa xi măng vào lỗ khoan theo một hoặc nhiều giai đoạn.

#### 3.3

**Cốt composite polyme, cốt FRP** (Fiber-reinforced polymer bar)

Vật liệu composite dạng thanh được sản xuất từ các sợi dọc đơn hướng kết dính với nhau bằng vật liệu polyme đóng rắn.

#### 3.4

**Cốt composite polyme có gờ, cốt FRP có gờ** (Periodic profile fiber-reinforced polymer bar)

Thanh FRP có các gờ ngang xoắn hoặc vằn phân bố đều trên bề mặt dưới một góc so với trục dọc để tăng bám dính của chúng với bê tông (vữa, đất).

**3.5**

**Chiều cao gờ ngang (Transverse ledge height)**

Khoảng cách từ đỉnh gờ ngang đến chu vi của đường kính danh định của thanh có gờ.

**3.6**

**Đất có cốt (Reinforced soil)**

Đất đắp được tạo bằng cách đắp từng lớp đất được đầm chặt và giữa chúng đặt cốt, lưới vải địa kỹ thuật để chịu các ứng suất kéo do áp lực của các lớp đất nằm trên và tải trọng ngoài.

**3.7**

**Đinh đất (Soil nail)**

Cấu kiện có cốt dạng thanh, nằm ngang hoặc nghiêng, được gắn kết vào đất trong quá trình thi công hố đào (mái dốc).

**3.8**

**Đinh ma sát (Submersible nail)**

Cấu kiện có cốt, được đóng, ép, xoắn trực tiếp vào đất.

**3.9**

**Đường kính danh định (số hiệu) của FRP (Nominal diameter (mark) of FRP)**

Đường kính của thanh tròn trơn cùng diện tích tiết diện ngang có kể đến các sai lệch cho phép.

CHÚ THÍCH: Đường kính danh định được ghi trong ký hiệu của thanh.

**3.10**

**Đường kính tính toán (Design diameter)**

Đường kính trong của thanh tiết diện đặc trừ đi phần bị lõm do uốn gờ.

CHÚ THÍCH: Đường kính tính toán dùng để xác định diện tích tính toán của thanh cốt trong tính toán thiết kế. Với các thanh tiết diện ống thì diện tích tính toán được xác định dựa trên diện tích vành khuyên có kể đến phần bị lõm do uốn gờ.

**3.11**

**Giới hạn bền khi kéo (Tension strength)**

Giá trị ứng suất trong thanh ứng với tải trọng lớn nhất ngay trước khi đứt.

CHÚ THÍCH: Giới hạn bền khi kéo,  $\sigma_t$ , MPa, được ghi trong ký hiệu của thanh cốt và được dùng trong tính toán kết cấu.

**3.12**

**Hệ số dẫn nhiệt (Coefficient of heat conductivity)**

Thông số vật lý đặc trưng cho khả năng dẫn nhiệt của vật liệu và có giá trị bằng nhiệt lượng đi qua một bề mặt cách nhiệt trong một đơn vị thời gian.

CHÚ THÍCH: Đơn vị đo của hệ số dẫn nhiệt là W/(m.K).

**3.13****Kết cấu địa kỹ thuật (Geotechnical structure)**

Kết cấu xây dựng được thi công có sử dụng đất hoặc kết cấu xây dựng đảm bảo sự làm việc đồng thời giữa đất và nền.

CHÚ THÍCH 1: Kết cấu địa kỹ thuật có sử dụng đất: đập đất, đê, đất đắp và tương tự.

CHÚ THÍCH 2: Các kết cấu địa kỹ thuật đảm bảo sự làm việc đồng thời giữa đất và nền: móng, nền cọc, hầm, tường chắn, neo, các công trình ngầm và các kết cấu tương tự.

**3.14****Liên kết đỉnh đất (Soil nail support)**

Kết cấu địa kỹ thuật dùng để đảm bảo ổn định thành đứng và mái dốc lớn của hố đào và taluy đào bằng cách gia cố trong quá trình đào khối đất lân cận bằng hệ cấu kiện có cốt dạng thanh hoặc cọc khoan bơm mini.

**3.15****Lưới địa kỹ thuật (Geotechnical grid)**

Cấu trúc dạng lưới làm từ sợi polyme (hoặc sợi tổng hợp), từ cốt FRP.

CHÚ THÍCH: Lưới địa kỹ thuật được sử dụng trong các kết cấu địa kỹ thuật để gia cố đất, gia cố và tăng ổn định mái dốc, cũng như được sử dụng trong xây dựng đường bộ để gia cố mặt đường bê tông át phan.

**3.16****Lưới địa kỹ thuật ba trục (Triaxial geotechnical grid)**

Kết cấu không gian làm từ băng polyme hoặc băng tổng hợp hoặc tấm có gia cố bằng FRP.

CHÚ THÍCH: Ở trạng thái làm việc, lưới địa kỹ thuật ba trục được lấp đầy bằng sỏi, hỗn hợp cát-sỏi, hỗn hợp bê tông, cát, đất thực vật (khi sử dụng trên các mái dốc). Được sử dụng để gia cố nền yếu, mái dốc lớn, cũng như để bảo vệ chống xói lở và cuốn trôi đất.

**3.17****Móng (Foundation)**

Kết cấu địa kỹ thuật chịu tải trọng do nhà hoặc công trình và truyền nó lên nền tự nhiên hoặc nhân tạo.

**3.18****Mô đun đàn hồi khi kéo (Modulus of elasticity in tension)**

Tỉ số giữa số gia ứng suất và số gia tương ứng của biến dạng đàn hồi ở giai đoạn đầu chất tải thanh.

CHÚ THÍCH: Mô đun đàn hồi khi kéo được ghi trong ký hiệu thanh cốt và được dùng trong tính toán kết cấu.

**3.19****Neo khoan bơm (Injection-bored soil nail)**

Cọc neo khoan bơm mini nằm ngang hoặc nghiêng, có thanh cốt được gắn kết trong lỗ khoan bằng cách bơm vữa xi măng.

**3.20**

**Nền đất đường sắt và đường ô tô (Railroad bed and motorroad bed)**

Tổ hợp các công trình đất dạng đất đắp, đất đào, đường thoát nước, các công trình bảo vệ nền đất chống các quá trình địa vật lý tự nhiên và các biện pháp kết cấu-công nghệ riêng làm tăng ổn định cho nền đất.

**3.21**

**Nhiệt độ sử dụng giới hạn (Limit serviceability temperature)**

Nhiệt độ mà khi vượt quá có thể làm giảm các đặc trưng cơ học của FRP.

**3.22**

**Ống địa kỹ thuật (Geotechnical tube, geotube)**

Kết cấu dạng hình trụ hoặc đa giác khép kín làm từ vải địa kỹ thuật hoặc lưới địa kỹ thuật, sau đó được nhồi đầy bằng đất rời hoặc vật liệu khác.

CHÚ THÍCH: Ống địa kỹ thuật được sử dụng trong xây dựng các công trình thủy công và để bảo vệ bờ. Việc nhồi ống địa kỹ thuật bằng đất rời tại chỗ thường được tiến hành bằng phương pháp áp lực thủy tĩnh hoặc phương pháp cơ học.

**3.23**

**Rọ đá (Gabion)**

Kết cấu không gian làm từ cốt dạng lưới, cốt dạng thanh, được lấp đầy bằng đá hoặc vật liệu thoát nước.

CHÚ THÍCH: Rọ đá được sử dụng để gia cố mái thoải và mái dốc, cũng như làm tường chắn.

**3.24**

**Tường trong đất (Wall in trench)**

Tường dưới đất, được thi công bằng cách đào hào sâu hẹp dùng dung dịch sét (hoặc dung dịch khác), sau đó đổ bê tông toàn khối có cốt hoặc đặt các cấu kiện lắp ghép.

**3.25**

**Vải địa kỹ thuật (Geotextile)**

Tám dệt hoặc không dệt làm bằng các vật liệu tổng hợp, được sử dụng trong các kết cấu địa kỹ thuật.

**3.26**

**Vật liệu chính (Base material)**

Vật liệu làm thanh và lớp bề mặt gồ ghề.

#### 4 Ký hiệu và đơn vị đo

Tiêu chuẩn này sử dụng các ký hiệu và đơn vị đo nêu trong Bảng 1.

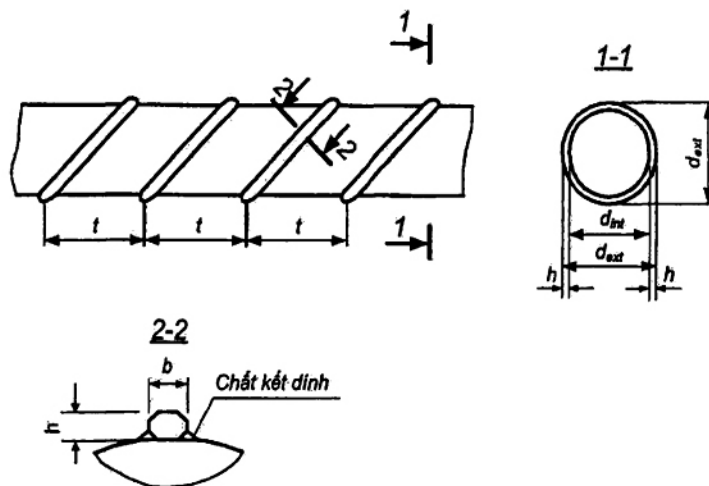
Bảng 1 – Ký hiệu và đơn vị đo của các đại lượng

Ký hiệu	Đơn vị đo	Giải thích
$A$	$\text{mm}^2$	Diện tích tiết diện thanh neo từ FRP
$b$	mm	Chiều rộng gờ ngang của FRP
$d$	mm	Đường kính danh định của FRP
$d_{ext}$	mm	Đường kính ngoài của FRP
$d_{int}$	mm	Đường kính trong của FRP
$E_f$	MPa	Mô đun đàn hồi khi kéo của FRP
$h$	mm	Chiều cao gờ ngang của FRP
$I_s$	–	Chỉ số sệt của đất dính
$P_b$	kN	Lực nén trước
$P_p$	kN	Tải trọng tính toán lên neo
$P_s$	kN	Tải trọng ứng với giới hạn bền khi kéo của thanh neo FRP
$R_c$	MPa	Cường độ nén một trục của đất
$t$	mm	Bước gờ ngang của thanh FRP
$\gamma_c$	–	Hệ số điều kiện làm việc đối với thanh kéo khi tính toán độ bền theo tiết diện không giảm yếu
$\gamma_l$	–	Hệ số độ tin cậy về tải trọng
$\gamma_m$	–	Hệ số độ tin cậy về vật liệu thanh kéo khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ nhất

#### 5 Các quy định chung

5.1 Để làm cốt cho các kết cấu bê tông và các kết cấu địa kỹ thuật, thông thường cần sử dụng FRP có bề mặt gờ ghè dạng gờ, với chiều cao các gờ ngang không nhỏ hơn 0,5 mm. Hình dạng điển hình của FRP được thể hiện trên Hình 1.

CHÚ THÍCH: Bề mặt ngoài của các thanh được sản xuất bởi các nhà sản xuất khác nhau có thể nhẵn hoặc gờ, kể cả có gờ, với các đầu mở rộng để neo, phủ bằng vật liệu nhám (thông thường là cát). Nhà sản xuất cần chỉ rõ các đặc điểm gờ ghè trong tài liệu kỹ thuật cho từng nhãn hiệu cụ thể của thanh và trong các hướng dẫn sử dụng thanh.



**CHÚ DẪN:**

- $d_{ext}$  - Đường kính ngoài;                       $t$  - Bước gờ ngang;
- $d_{int}$  - Đường kính trong;                       $b$  - Chiều rộng gờ ngang.
- $h$  - Chiều cao gờ ngang;

**Hình 1 – Tiết diện điển hình của FRP có gờ ở mặt bên**

5.2 Tính toán và cấu tạo kết cấu bê tông, gạch đá và gạch đá cốt thép có sử dụng FRP cần được tiến hành phù hợp với TCVN 5574:2012, TCVN 5573:2011 và có kể đến các khuyến nghị nêu trong các tài liệu riêng đối với loại cốt này, của điều 7 và các đặc trưng theo TCVN 11109:2015, phản ánh các tính chất đặc thù của loại cốt này, và đặc điểm làm việc của nó trong bê tông.

5.3 Trong các kết cấu bê tông và địa kỹ thuật, FRP có thể được sử dụng dưới dạng các thanh riêng rẽ, lưới phẳng hoặc khung không gian.

5.4 Trong các tấm tường ngoài, FRP có thể được sử dụng chủ yếu dưới dạng lưới. Trong trường hợp không thể làm các lưới chế tạo sẵn thì chúng được chế tạo tại nơi sử dụng.

5.5 Cần chế tạo các lưới với các nút buộc tại các chỗ giao cắt các thanh, sau đó phủ lớp epôxi theo TCVN 7951:2008 và để đóng rắn. Cho phép buộc các thanh của lưới bằng các dây thép không gỉ hoặc dây được phủ bằng lớp chống gỉ (ví dụ, mạ kẽm...).

5.6 Chiều dày lớp bê tông bảo vệ kết cấu cần được lựa chọn theo điều kiện làm việc đồng thời của FRP và bê tông, cũng như các yêu cầu về khả năng chịu lửa và an toàn cháy, phù hợp với 6.4.9 đến 6.4.12. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ kết cấu cần được lựa chọn theo điều kiện làm việc đồng thời của FRP và bê tông, cũng như các yêu cầu về khả năng chịu lửa và an toàn cháy, phù hợp với 6.4.9 đến 6.4.12.

5.7 Các thanh FRP có thể được nối dọc đối đầu bằng các đầu kẹp polyme hoặc thép, miễn là đảm bảo mối nối có cùng cường độ, cũng như có thể bằng nối chồng. Chiều dài nối chồng các thanh cốt phải đảm bảo truyền nội lực tính toán từ thanh này sang thanh kia.

**5.8** Trong các kết cấu bê tông và địa kỹ thuật, khi có cơ sở phù hợp, cho phép sử dụng các thanh FRP cùng với các thanh cốt thép ứng suất trước hoặc không ứng suất trước (theo TCVN 1651:2008, TCVN 5574:2012, ASTM A416), các chi tiết đặt sẵn.

**5.9** Trong các kết cấu có sử dụng FRP, làm việc trong các điều kiện tác động của môi trường xâm thực, cần sử dụng các sản phẩm thép và các chi tiết đặt sẵn bằng thép không gỉ hoặc có lớp bảo vệ phù hợp với yêu cầu chống ăn mòn theo TCVN 9346:2012 và SP 28.13330.

**5.10** FRP có thể được sử dụng trong các kết cấu làm từ bê tông nặng, bê tông cốt liệu nhỏ, bê tông nhẹ, bê tông tổ ong, bê tông rỗng. Đối với các kết cấu bê tông dùng FRP, nên sử dụng bê tông có cấp độ bền chịu nén không thấp hơn B15 theo TCVN 5574:2012.

**5.11** Không quy định chiều rộng vết nứt giới hạn đối với các kết cấu dùng FRP theo yêu cầu chống ăn mòn (xem SP 28.13330). Chiều rộng vết nứt giới hạn cho phép lấy phù hợp với TCVN 5574:2012 theo các yêu cầu cấu tạo và yêu cầu sử dụng, thẩm mỹ, độ thấm của kết cấu, cũng như phụ thuộc vào tác dụng dài hạn của tải trọng. Đối với các công trình thủy công dạng khối, giá trị chiều rộng vết nứt cho phép không được vượt quá 0,5 mm.

**5.12** Độ võng giới hạn và chuyển vị giới hạn của các kết cấu bê tông có cốt FRP nên phù hợp với các yêu cầu trong TCVN 5574:2012 dựa trên các yêu cầu cấu tạo, công nghệ, sinh lý và thẩm mỹ - tâm lý.

**5.13** Việc tính toán và cấu tạo móng, đường hầm, cầu, tường chắn, các công trình và kết cấu địa kỹ thuật khác sử dụng FRP cần được tiến hành phù hợp với các yêu cầu của các tiêu chuẩn riêng đối với từng loại kết cấu và các yêu cầu trong các điều từ 5 đến 8.

## **6 Sử dụng cốt FRP trong các kết cấu bê tông**

### **6.1 Các điều kiện và đối tượng áp dụng**

**6.1.1** Khả năng sử dụng FRP trong các loại kết cấu bê tông chịu lực cụ thể nên được xác định theo các kết quả của công việc thiết kế có kinh nghiệm tương ứng với thí nghiệm hiện trường và quan trắc trong quá trình sử dụng.

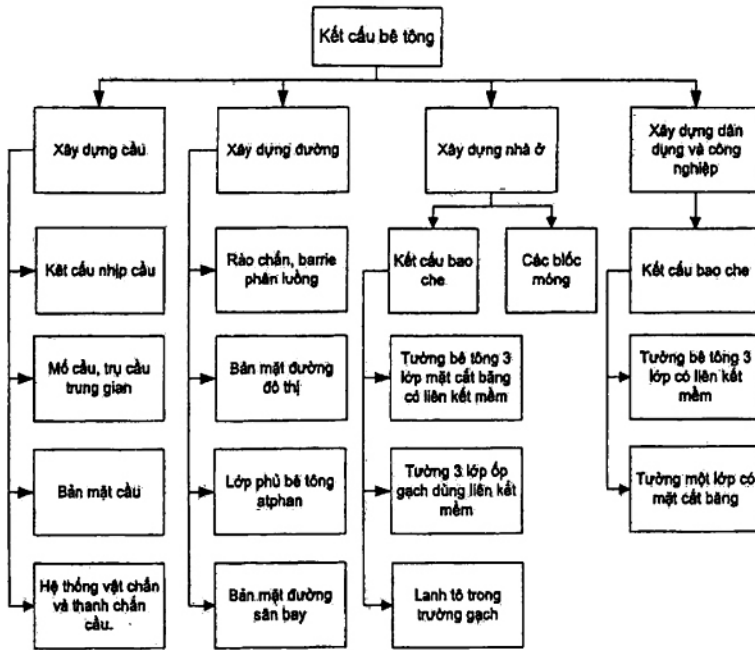
**6.1.2** Cần xem xét sử dụng tối đa các tính chất độ bền và cơ lý của vật liệu làm cốt được lựa chọn trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của các phương án khả thi.

**6.1.3** Phạm vi sử dụng hợp lý và thích hợp nhất của FRP là các kết cấu làm việc trong các môi trường xâm thực.

**6.1.4** Thanh polyme cốt sợi thủy tinh (GFRP) được sử dụng thích hợp trong các kết cấu bê tông có môi trường trung tính và a xít yếu là môi trường ít xâm thực đối với loại cốt này.

**6.1.5** Có thể sử dụng FRP trong các kết cấu bê tông mà không cần các biện pháp bảo vệ chống ăn mòn đất liền và tổn công sức.

**6.1.6** Phân loại các kết cấu bê tông (theo đối tượng và loại giải pháp kết cấu) mà trong đó có thể sử dụng FRP được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2 – Các kết cấu bê tông có thể sử dụng FRP

**6.2 Các kết cấu bê tông lắp ghép**

6.2.1 Khi có cơ sở tính toán và thực nghiệm phù hợp (kể cả việc bảo đảm bám dính cần thiết với bê tông) trong các giải pháp thiết kế điển hình của các kết cấu bê tông lắp ghép sử dụng đại trà, cho phép thay thế cốt thép bằng cốt FRP có độ bền tương đương với đường kính nhỏ hơn. Các móc cầu của các cấu kiện lắp ghép cần được làm bằng cốt thép.

6.2.2 Đối với các kết cấu bê tông lắp ghép, nên sử dụng FRP thay thế các loại cốt thép:

- Cốt thép cán nóng chịu lực (cốt thép dọc) có cỡ loại CB 400-V theo TCVN 1651-2:2008;
- Cốt thép ngang cấu tạo và cốt thép giá loại CB 300-V theo TCVN 1651-2:2008;
- Dây thép theo TCVN 3101:1979, có đường kính 4 mm và 5 mm.

6.2.3 FRP cần được sử dụng để làm cốt cho các kết cấu lắp ghép như bản mặt đường làm việc trên nền đàn hồi (chịu mỏi), chịu các tải trọng lặp gây ra võng và ứng suất kéo trong cốt.

6.2.4 Các kết cấu bản mặt đường có sử dụng FRP được tính toán với thời hạn sử dụng tối đa mà không cần sửa chữa và chi phí sử dụng, trong đó bao gồm cả các môi trường đất xâm thực.

6.2.5 Việc thiết kế các bản mặt bê tông lắp ghép cho mặt đường đô thị có sử dụng FRP cần được tiến hành theo các tài liệu chuyên ngành riêng.

CHÚ THÍCH: Một số ví dụ về sử dụng FRP trong kết cấu bản mặt đường có thể tham khảo trong Phụ lục A.

6.2.6 FRP có thể được sử dụng trong các kết cấu bao che ít cốt thép làm từ bê tông lỗ rỗng lớn (ví dụ, các bloc tường) và bê tông nhẹ thuộc loại kết cấu – cách nhiệt trên nền cốt liệu rỗng (ví dụ, các tấm

tường).

**6.2.7** FRP được sử dụng thích hợp cho các lanh tổ bê tông trong các tường gạch của nhà ở và nhà công cộng.

### **6.3 Các yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông và bê tông**

**6.3.1** Khi sử dụng FRP để làm cốt cho các kết cấu bê tông, không có các yêu cầu đặc biệt đối với các thành phần hỗn hợp bê tông (xi măng, các cốt liệu, phụ gia). Cho phép sử dụng FRP làm cốt cho bê tông trên nền xi măng poóc lăng theo TCVN 2682:2009 và các biến tính của nó (bê tông bền sun phát, kỵ nước và v.v...), cũng như cho bê tông trên nền xi măng poóc lăng bền sun phát theo TCVN 6067:2004, xi măng poóc lăng xỉ theo TCVN 4316:2007, xi măng xỉ (hỗn hợp) bền sun phát theo TCVN 7711:2007, v.v...

**6.3.2** Chất lượng hỗn hợp bê tông và công nghệ sản xuất phải đảm bảo thu được kết cấu bê tông thỏa mãn các yêu cầu theo các chỉ tiêu chất lượng quy định phù hợp với quy định hiện hành.

**6.3.3** Các giá trị yêu cầu của tỉ lệ nước/xi măng (N/XM), thể tích cuốn khí và lượng tiêu tốn xi măng tối thiểu trong các hỗn hợp bê tông đối với các kết cấu cốt FRP được thiết lập đối với từng loại bê tông riêng biệt phụ thuộc vào các điều kiện làm việc của các kết cấu.

**6.3.4** Để tăng chất lượng và tính kinh tế của bê tông và hỗn hợp bê tông, có thể bổ sung phụ gia. Có thể tham khảo một số phụ gia hóa cho bê tông theo TCVN 8826:2012.

**CHÚ THÍCH:** Trong bê tông có sử dụng FRP, không giới hạn việc lựa chọn các phụ gia làm tăng và điều chỉnh các tính chất của chúng (phụ gia hóa dẻo, cuốn khí, tăng tốc độ ninh kết và đóng rắn của bê tông, v.v...). Đồng thời, có thể không sử dụng phụ gia tăng tính chất bảo vệ cốt thép của bê tông (nitrit natri, chất ức chế Nitrit tetraborat, chất ức chế Catapin và v.v...).

**6.3.5** Việc chế tạo và vận chuyển hỗn hợp bê tông được tiến hành phù hợp với các yêu cầu của TCVN 9340:2012.

**6.3.6** Bê tông cho các kết cấu sử dụng FRP cần được sản xuất phù hợp với tài liệu thiết kế và công nghệ được lựa chọn áp dụng đối với từng công trình cụ thể.

**CHÚ THÍCH:** Các chỉ tiêu của bê tông ở tuổi thiết kế được đặc trưng bởi cấp độ bền chịu nén, chịu kéo dọc trục, chịu kéo khi uốn, mác chống thấm.

### **6.4 Các yêu cầu đối với các công tác cốt FRP và bê tông. Kiểm tra và nghiệm thu công tác cốt FRP**

**6.4.1** Công tác bê tông khi sử dụng FRP làm cốt cho kết cấu cần được tiến hành phù hợp với TCVN 4453:1995, TCVN 11109:2015, với các điều 5, 6 để kể đến các tính chất đặc trưng cho loại cốt này.

**6.4.2** Các hỗn hợp bê tông khi đổ bê tông cho kết cấu cần được đổ thành các lớp nằm ngang có chiều dày bằng nhau không gián đoạn theo một hướng trong tất cả các lớp đổ.

**6.4.3** Khi đầm hỗn hợp bê tông, không cho phép tì đầm rung lên FRP và các chi tiết đặt sẵn.

**6.4.4** Chiều cao rơi tự do của hỗn hợp bê tông vào ván khuôn của kết cấu dùng FRP không được lớn hơn 0,5 m.

**6.4.5** Khi thi công, công tác làm cốt cần tuân thủ TCVN 4453:1995.

**6.4.6** Trong các kết cấu bê tông đặt FRP, việc chế tạo các sản phẩm cốt dạng phẳng và không gian

được thực hiện chủ yếu bằng liên kết không hàn và buộc các vị trí giao nhau của các thanh thép bằng dây sợi tổng hợp sau đó tẩm nhựa epôxy và để nhựa epôxy đóng rắn. Cũng cho phép buộc các thanh tại các nút giao chữ thập bằng các dây thép các bon thấp theo TCVN 1849:1976 hoặc mạ kẽm có bằng móc hoặc bằng phương pháp cơ khí dùng súng buộc tự động chuyên dụng.

**6.4.7** Khi chế tạo các sản phẩm cốt (khung và lưới) bằng FRP và khi nghiệm thu chúng, các sai lệch thực tế của các kích thước thẳng của chúng không được vượt quá các sai lệch cho phép ghi trong hồ sơ thiết kế.

**6.4.8** Khi không có các chỉ dẫn trong hồ sơ thiết kế đối với các sản phẩm làm từ FRP, các giá trị sai lệch giới hạn của các thông số hình học của chúng phải phù hợp với các yêu cầu của TCVN 4453:1995 đối với cốt thép.

**6.4.9** Chiều dày lớp bảo vệ cần được lựa chọn có kể đến:

- Việc đảm bảo điều kiện làm việc đồng thời của FRP và bê tông phù hợp với các yêu cầu của TCVN 5574:2012;
- Khả năng thi công các mối nối các thanh FRP;
- Các yêu cầu về khả năng chịu lửa và an toàn cháy đối với từng loại kết cấu.

**6.4.10** Chiều dày lớp bê tông bảo vệ không được nhỏ hơn đường kính thanh FRP và không nhỏ hơn 10 mm.

**6.4.11** Chiều dày lớp bê tông bảo vệ khi nhiệt độ nung nóng từ 100 °C đến 200 °C phải được tăng thêm 5 mm và lấy không nhỏ hơn 1,5 lần đường kính thanh FRP. Không quy định chiều dày lớp bê tông bảo vệ FRP về khía cạnh ăn mòn.

**6.4.12** Khi đổ bê tông các kết cấu sử dụng FRP, chiều dày thiết kế của lớp bê tông bảo vệ được đảm bảo bằng việc bố trí cốt pha hoặc đặt các côn kê bằng vữa xi măng cát, bằng các vật liệu polyme bền nhiệt và bền kiềm, ví dụ ống polyethylene theo TCVN 7305:2003.

## **7 Sử dụng FRP làm các liên kết mềm trong các kết cấu bao che**

**7.1** Các thanh FRP có thể được sử dụng để làm các liên kết mềm (các bộ phận liên kết) trong các kết cấu bao che nhiều lớp trong nhà và công trình có chức năng khác nhau. Liên kết mềm làm từ FRP phải đảm bảo liên kết được tường chịu lực với các lớp ốp và các lớp cách nhiệt bên trong của kết cấu bao che.

**CHÚ THÍCH:** Việc sử dụng liên kết mềm làm từ FRP loại trừ được sự hình thành "cầu lạnh" làm giảm mát mát nhiệt và tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của tòa nhà.

**7.2** Các liên kết mềm làm từ FRP được sử dụng trong các kết cấu xây dựng sau đây:

- Tường gạch, đá 3 lớp và các tường hỗn hợp bằng các viên xây;
- Tường bê tông toàn khối được ốp gạch, đá hoặc viên xây nhỏ khác;
- Tấm tường bê tông cốt thép lắp ghép 3 lớp trong xây dựng nhà tấm lớn;
- Bloc 3 lớp cách nhiệt hiệu quả trong xây dựng nhà thấp tầng.

**7.3** Đối với các liên kết mềm sử dụng FRP, thông thường sử dụng các thanh làm từ sợi bazan có cường độ cao và chịu được tác động của môi trường kiềm của vữa xi măng và bê tông.

**CHÚ THÍCH:** Theo các số liệu nghiên cứu thực nghiệm sau 50 năm sử dụng trong bê tông bảo hòa ẩm, chiều dày lớp bề mặt bị hỏng của thanh làm từ cốt sợi bazan (BFRP) do kiềm nhỏ hơn 11 micro mét, tức là gần như không ảnh hưởng đến độ bền và độ cứng của liên kết.

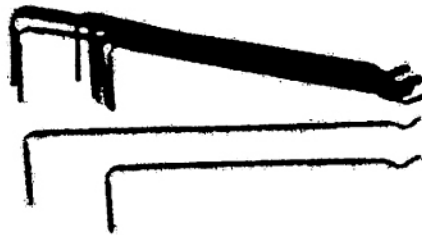
Cho phép sử dụng các thanh cốt sợi thủy tinh có chứng nhận kỹ thuật thích hợp về khả năng sử dụng làm liên kết mềm.

**7.4** Giải pháp kết cấu – công nghệ của liên kết mềm làm từ FRP phải đảm bảo:

- Liên kết chắc chắn trong các mạch vữa của tường gạch, trong bê tông tường;
- Cường độ chịu kéo và uốn;
- Bền với môi trường kiềm của vữa xi măng và bê tông;
- Tính đồng nhất về khả năng chịu nhiệt của tường.

**7.5** Cần sử dụng các cấu tạo của các liên kết mềm làm từ FRP thỏa mãn các yêu cầu trong 7.4 và phù hợp với các tiêu chuẩn kỹ thuật riêng.

**7.6** Để đảm bảo bám dính với bê tông hoặc vữa xi măng, ở các đầu thanh cần có các neo dạng uốn móc (xem Hình 3 a) và dạng mở rộng đầu (kể cả bằng phủ cát, xem Hình 3 b), dạng chốt hoặc đinh vít (xem Hình 3 c, d). Thanh FRP có thể có lớp cát phủ bề mặt dọc theo toàn bộ chiều dài (xem Hình 3 e). Cấu tạo liên kết có thể bao gồm ghim hãm để tạo khe thông khí, đầu nhựa để xuyên thủng được lớp cách nhiệt (xem Hình 4).



a) Neo dạng uốn móc ở đầu

Hình 3 – Cấu tạo các liên kết mềm làm từ BFRP

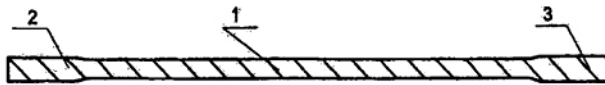


b) Dạng mở rộng đầu c) Dạng chốt ở đầu d) Dạng đính vít ở đầu e) Dạng phủ cát dọc theo toàn bộ chiều dài thanh

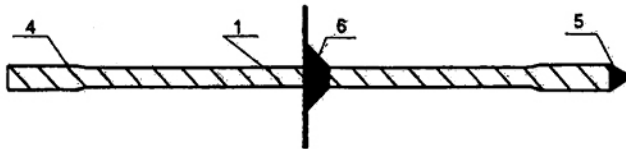
CHÚ DẪN:

- 1 – Thanh BFRP đường kính 6 mm; 4 – Phần neo phủ cát;
- 2 – Thanh BFRP đường kính 6 mm phủ cát; 5 – Chốt có bề mặt gồ ghề;
- 3 – Thanh BFRP đường kính 4 mm phủ cát; 6 – Chốt có ren;
- 7 – Chốt tạo khe thông gió.

Hình 3 (kết thúc)



a) Thanh đường kính thanh 4 mm cho các block tường 3 lớp hiệu quả nhiệt



b) Thanh đường kính 5,5 mm cho tường gạch, đá 3 lớp và tường hỗn hợp



c) Thanh đường kính 7,5 mm cho panen bê tông cốt thép 3 lớp

CHÚ DẪN:

- 1 – Thanh GFRP; 2 – Đầu neo mở rộng đường kính 5,6 mm; 3 – Đầu neo mở rộng vát đầu; 4 - Đầu neo mở rộng đường kính 7,7 mm; 5 – Đầu vát bằng nhựa; 6 – Lông đen hãm; 7 – Đầu neo mở rộng đường kính 10,5 mm; 8 - Ống hãm.

Hình 4 – Cấu tạo của liên kết mềm làm từ GFRP

**7.7** Đối với tường gạch, chiều sâu ngàm tối thiểu của "liên kết mềm" làm từ FRP vào mạch vữa của tường trong bằng 90 mm, chiều sâu ngàm tối đa là 150 mm. Chiều sâu cắm vào mạch vữa tường ngoài là 90 mm (xem Phụ lục B).

**7.8** Đối với tường toàn khối ốp gạch, chiều sâu ngàm vào lớp chịu lực phù hợp với chiều dài chốt, còn ngàm vào lớp ốp là 90 mm (xem Phụ lục B).

**7.9** Số lượng các thanh liên kết mềm trên  $1 \text{ m}^2$  tường đặc phải không ít hơn 4.

**7.10** Khi cách nhiệt cho tường gạch hoặc tường bê tông bằng các tấm vật liệu bông khoáng, bước của liên kết mềm bằng FRP theo phương thẳng đứng phải bằng chiều cao của tấm (từ 500 mm đến 600 mm, còn theo phương ngang – 500 mm. Khe thông gió giữa các tấm vật liệu khoáng và lớp ốp được tạo ra trên thanh FRP cố định bởi tấm chịu va đập (xem Hình 3 b, c).

**7.11** Khi cách nhiệt cho tường gạch bằng các tấm từ Polystyrene hoặc Polyuretan, bước của liên kết mềm làm từ FRP theo phương đứng lấy bằng chiều cao tấm, nhưng không lớn hơn 1000 mm, bước theo phương ngang lấy bằng 250 mm. Các thông số đặt liên kết mềm được chính xác lại theo điều kiện bố trí chúng trên mặt phẳng tường, thông thường 4 chiếc /  $1 \text{ m}^2$  tường.

**7.12** Khi cách nhiệt cho các tường bê tông cốt thép và khi sản xuất các sản phẩm bê tông cốt thép, bước liên kết mềm làm từ FRP theo phương đứng lấy bằng 500 mm.

**7.13** Các liên kết mềm làm từ FRP cần được đặt với bước 300 mm theo chu vi lỗ mở, ở các khe biến dạng, thanh dố, cũng như tại các góc nhà.

## **8 Sử dụng FRP trong các kết cấu địa kỹ thuật**

### **8.1 Các điều kiện và đối tượng áp dụng**

**8.1.1** Các kết cấu địa kỹ thuật chống tạm sử dụng GFRP dưới tác động của máy đào hầm cơ giới và thiết bị vận chuyển đất, có thể dễ dàng phá hủy so với sử dụng cốt thép, do độ bền chịu tải trọng ngang khi cắt và bừa thấp.

CHÚ THÍCH: Tính hợp lý về kinh tế-kỹ thuật của việc sử dụng FRP cho các kết cấu địa kỹ thuật là do khả năng chống ăn mòn cao đối với môi trường xâm thực và cường độ chịu kéo cao.

**8.1.2** BFRP nằm trong các kết cấu địa kỹ thuật có thể được sử dụng mà không cần các biện pháp chống ăn mòn đất tiền và tổn công sức.

**8.1.3** Việc sử dụng FRP trong các kết cấu chịu lực của công trình địa kỹ thuật (cầu, hầm, móng, tường chắn, neo và các kết cấu tương tự) phải được thực hiện trên cơ sở tính toán, và khi cần thiết, tiến hành thử nghiệm riêng.

**8.1.4** Phạm vi sử dụng thích hợp và hợp lý nhất của FRP là các kết cấu làm việc trong các môi trường xâm thực, ví dụ, trong các bản mặt đường, phần đường xe chạy của cầu, các lan can chắn, tường chắn, đất đắp, collector và các kết cấu tương tự.

**8.1.5** Các dạng và phân loại kết cấu địa kỹ thuật mà trong đó có thể sử dụng FRP được thể hiện trên Hình 5.



## 8.2 Thiết kế và thi công các kết cấu móng

### 8.2.1 Chỉ dẫn về sử dụng FRP trong các kết cấu móng

8.2.1.1 Việc thiết kế nền và móng sử dụng FRP có thể được thực hiện có kể đến các yêu cầu trong TCVN 9362:2012, TCVN 4447:2012, TCVN 10304:2014. Cần tính đến việc sử dụng tối đa các tính chất về độ bền và cơ lý của vật liệu làm cốt đã được lựa chọn trên cơ sở các phương án so sánh các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật.

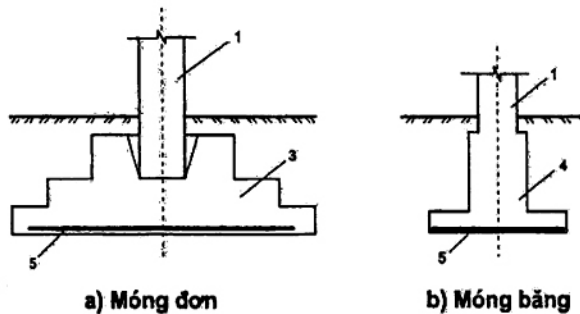
8.2.1.2 Các kết cấu móng sử dụng FRP được tính toán cho thời hạn sử dụng tối đa mà không cần sửa chữa thường xuyên và tổn chi phí trong quá trình khai thác sử dụng, kể cả trong các môi trường đất xâm thực.

8.2.1.3 Móng nông sử dụng FRP có thể được thực hiện theo phương án đổ toàn khối trực tiếp trong hố đào hoặc theo phương án làm từ các cấu kiện lắp ghép.

8.2.1.4 Đối với các móng băng và móng bè toàn khối, cần tính khả năng không thể uốn cấu tạo các thanh FRP trên công trường khi thực hiện công tác cốt FRP. Có thể sử dụng các đầu thép cấu tạo được uốn cong.

8.2.1.5 Việc sử dụng FRP là hiệu quả khi làm cốt cho các bản móng phẳng hoặc bản bậc của các móng nông mềm để chịu các ứng suất kéo xuất hiện khi bản bị uốn (xem Hình 6).

CHÚ THÍCH: Đối với các móng mềm, tỉ số giữa chiều rộng bậc và chiều cao của nó (kích thước nhỏ nhất của đế bản bậc (móng)), cũng như tỉ số giữa phần cánh móng và chiều cao móng (khoảng cách từ mặt đất quy hoạch đến đế móng) không được nhỏ hơn 1,5.



CHÚ DẪN:

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| 1 – Cột;                   | 4 – Phần bản phẳng; |
| 2 – Tường;                 | 5 – Lưới FRP.       |
| 3 – Phần bản bậc của móng; |                     |

Hình 6 – Sơ đồ đặt cốt cho bản móng

8.2.1.6 Đối với các kết cấu móng, cho phép sử dụng FRP thay cho các loại cốt thép sau:

- Cốt thép chịu lực (cốt thép dọc) cán nóng có gờ theo TCVN 5574:2012 và TCVN 1651-2:2008;

- Cốt thép ngang cấu tạo và cốt thép giá (thí công) theo TCVN 5574:2012 và TCVN 1651-2:2008;
- Dây thép có đường kính từ 6 mm đến 8 mm theo TCVN 3100:1979 và TCVN 6284:1997.

8.2.1.7 Khi có cơ sở tính toán và thực nghiệm phù hợp (kể cả kể đến việc đảm bảo bám dính với bê tông) trong các giải pháp kết cấu bê tông của móng sử dụng đại trà, cho phép thay thế cốt thép bằng cốt FRP cùng độ bền với đường kính nhỏ hơn. Việc bố trí các lưới FRP cần được tiến hành theo 5.5 đến 5.7.

8.2.1.8 Đối với các móng bê tông sử dụng FRP, khi có mặt của nước ngầm xâm thực, cần sử dụng loại xi măng phù hợp hoặc bố trí lớp cách nước.

8.2.1.9 Khi thi công móng bê tông toàn khối và móng lắp ghép sử dụng FRP, phải sử dụng bê tông cấp độ bền chịu nén không thấp hơn B15 theo TCVN 5574:2012.

8.2.1.10 Có thể sử dụng FRP làm cốt cho khối xây gạch và đá hộc khi làm móng băng và tường tầng hầm (xem Hình 5).

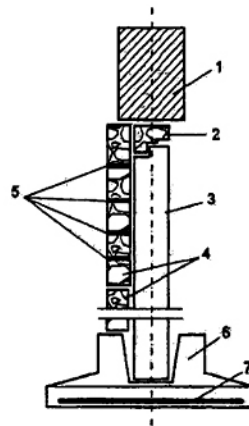
## 8.2.2 Các ví dụ về sử dụng FRP cho các kết cấu móng

### 8.2.2.1 Thi công móng đơn

8.2.2.1.1 Trong móng đơn lắp ghép (móng cọc), FRP có thể được sử dụng làm liên kết chịu kéo đối với tấm chắn, cũng như làm các lưới cốt cho bản móng (xem Hình 7).

#### CHÚ DẪN:

- 1 – Tường trên mặt đất;
- 2 – Dầm móng;
- 3 – Cột;
- 4 – Tấm chắn;
- 5 – Liên kết mềm làm từ FRP;
- 6 – Móng cọc;
- 7 – Cốt FRP của bản móng.



Hình 7 – Móng cọc sử dụng FRP dưới tường

### 8.2.2.2 Thi công móng băng

8.2.2.2.1 Khi sử dụng FRP cho móng băng toàn khối (xem Hình 6 b), nên đặt cốt ở bản móng dưới và không đặt cốt ở tường móng làm việc chịu nén và truyền tải trọng xuống nền..

8.2.2.2.2 Các móng lắp ghép gồm các bản móng (cốt FRP) đặt liên tục hoặc gián đoạn và tường gạch bloc bê tông (xem Hình 8). Nhờ tính chống ăn mòn cao của vật liệu composit nên các bản được đặt lưới đơn hoặc các mảng lưới phẳng làm từ FRP có thể được đặt dưới mực nước ngầm.



CHÚ DẪN:

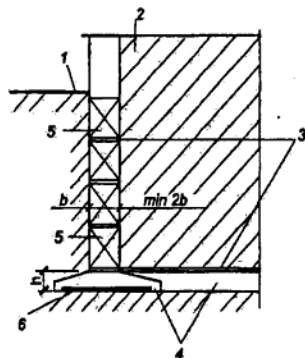
- |                                |                                                                    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1 – Mặt đất;                   | 5 – Cốt FRP của bản nền (lưới);                                    |
| 2 – Gạch bloc bê tông;         | 6 – Các liên kết mềm FRP (dạng thanh) đặt giữa các bloc;           |
| 3 – Các bản móng;              | 7 – Thanh cốt FRP đặt trong các khoảng đất chèn giữa các bản móng. |
| 4 – Đất chèn giữa các bản móng |                                                                    |

CHÚ THÍCH: b là chiều rộng móng băng; c là chiều rộng khoảng đất chèn giữa các bản móng.

Hình 9 (kết thúc)

8.2.2.4 Thi công chỗ tiếp giáp

8.2.2.4.1 Trong trường hợp tường gạch tiếp giáp với tường móng lắp ghép làm từ các bloc bê tông (xem Hình 10), liên kết giữa các tường dọc và tường ngang có thể được thực hiện bằng cách đặt vào các mạch vữa ngang các lưới làm từ các thanh FRP.



CHÚ DẪN:

- |                          |
|--------------------------|
| 1 – Mặt đất;             |
| 2 – Tường gạch;          |
| 3 – Lưới FRP;            |
| 4 – Các bản móng;        |
| 5 – Gạch bloc bê tông;   |
| 6 – Cốt FRP của bản nền. |

Hình 10 – Tiếp giáp tường gạch với tường bloc bê tông

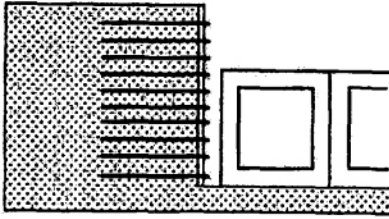
8.2.2.5 Thi công móng trụ tháp

8.2.2.5.1 Do khả năng chống ăn mòn cao, độ dẫn nhiệt thấp, các tính chất dẫn điện và độ bền, nên cho phép sử dụng FRP trong các móng trụ tháp (các cột đèn, trụ đường dây tải điện và các cánh tay đòn cách điện của các đường dây tải điện).

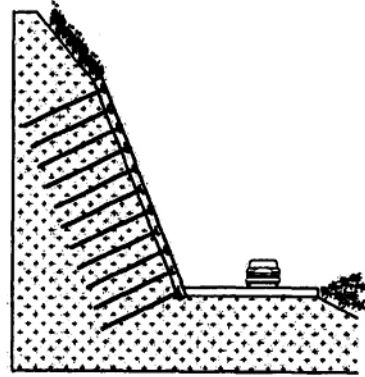
8.3 Thi công liên kết đỉnh đất

8.3.1 Chỉ dẫn về sử dụng FRP cho liên kết đỉnh đất

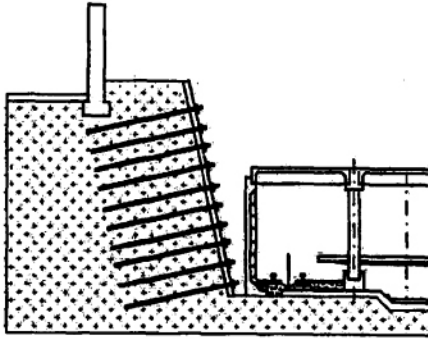
8.3.1.1 Liên kết đỉnh đất dùng FRP phải đảm bảo độ ổn định cho các thành đứng, cũng như các mái dốc có góc nghiêng lớn của các hố đào và đất đào có độ sâu, thông thường, không lớn hơn 15 m bằng cách gia cố khối đất xung quanh trong quá trình đào bằng hệ cấu kiện gia cường hoặc các cọc mini (neo trong đất) và thi công lớp bảo vệ bề mặt thành (mái dốc). Các ví dụ về sử dụng liên kết đỉnh đất được thể hiện trên Hình 11.



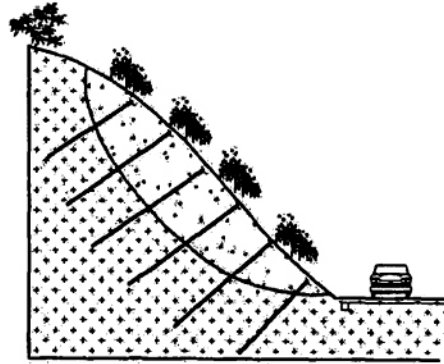
a) Gia cố thành đứng của hố đào



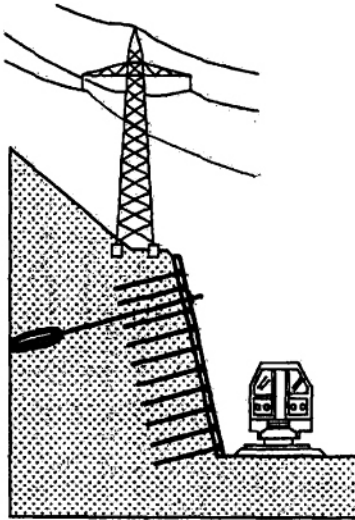
d) Gia cố cố định mái dốc đường ô tô



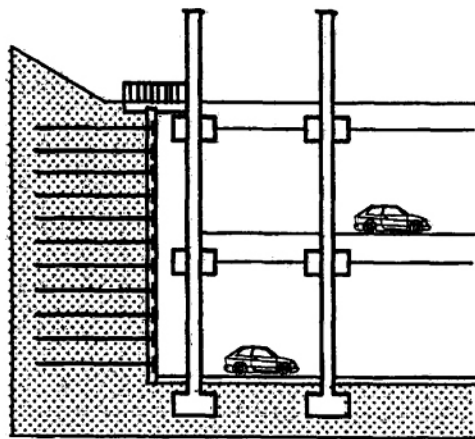
b) Gia cố mái dốc của hố đào



e) Gia cố cố định mái dốc có đất không ổn định



c) Gia cố cố định mái dốc đường sắt



f) Gia cố cố định tường chắn

Hình 11 – Các ví dụ về sử dụng liên kết đinh đất dùng FRP để gia cố hố đào và mái dốc

**8.3.1.2** Khi thiết kế và thi công liên kết đỉnh đất sử dụng FRP, cần tuân theo TCVN 9362:2012, TCVN 4447:2012 và tiêu chuẩn riêng.

**8.3.1.3** Liên kết đỉnh đất, như một phương pháp kinh tế, không đòi hỏi thi công kết cấu chắn vây (tường cọc vây, tường cừ, tường vây bê tông cốt thép và các tường chắn khác) được gia cố bằng các neo hoặc các thanh căng, được sử dụng khi có luận chứng kinh tế-kỹ thuật phù hợp trong tất cả các trường hợp, khi mà điều đó có thể theo các điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn, còn khi đào hố có mái dốc tự nhiên mà không thể hoặc không hợp lý theo các điều kiện xây dựng hiện hữu.

**8.3.1.4** Cho phép thi công liên kết đỉnh đất sử dụng FRP trong đất sét bụi dính (á cát, á sét, sét) ở trạng thái cứng, nửa cứng, dẻo cứng (chỉ số sét  $I_s \leq 0,5$ ), trừ đất lún sụt và đất trương nở, cũng như trong đất nén chặt nhân tạo ở thể nằm tự nhiên có khả năng giữ ổn định bề mặt mái dốc với độ dốc cho trước trong quá trình thi công, chiều cao không nhỏ hơn bước tính toán của neo theo phương đứng và đảm bảo sự bám dính cần thiết theo tính toán với cấu kiện đặt cốt (neo).

**8.3.1.5** Liên kết đỉnh đất sử dụng FRP có thể là kết cấu tạm thời (trước khi xây dựng công trình và đổ đất lại vào hố đào) hoặc cố định, khi không cần sửa chữa và chi phí sử dụng, kể cả trong các môi trường xâm thực.

**8.3.1.6** Liên kết đỉnh đất sử dụng FRP có thể được thực hiện theo phương pháp toàn khối kết hợp phun bê tông bề mặt hoặc theo phương pháp lắp ghép với tường bảo vệ làm từ các tấm.

**8.3.1.7** Đối với các bộ phận chịu lực của các đỉnh ma sát và neo khoan bơm, cho phép sử dụng FRP tiết diện đặc và tiết diện ống thay cho các loại cốt thép sau:

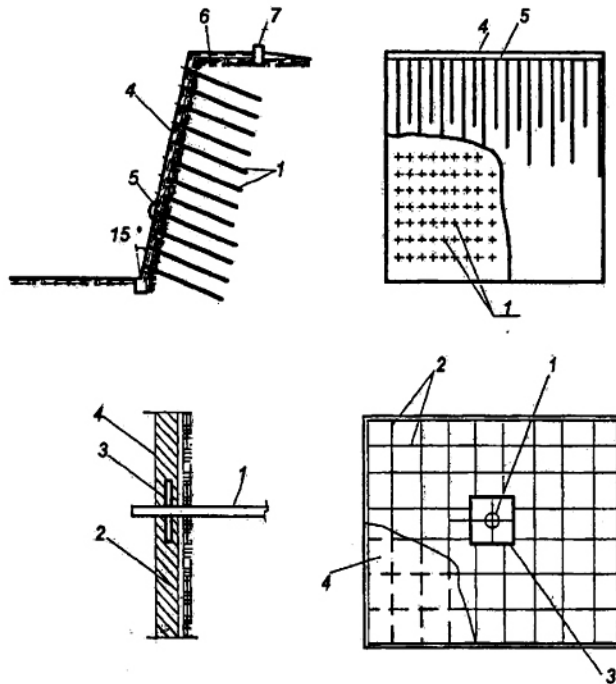
- Cốt thép cán nóng có gờ theo TCVN 5574:2012 và TCVN 1651-2:2008;
- Cốt thép có gờ gia công nhiệt;
- Cốt thép có gờ dạng xoắn ren.

**8.3.1.8** Để đặt cốt cho lớp bê tông phun bề mặt mái dốc, các thành đứng hoặc các tấm lắp ghép, sử dụng các lưới làm từ FRP thay cho cốt thép có độ bền tương đương.

### **8.3.2 Các ví dụ sử dụng liên kết đỉnh đất**

#### **8.3.2.1 Thi công liên kết đỉnh đất kết hợp phun bê tông bề mặt**

**8.3.2.1.1** Liên kết đỉnh đất kết hợp bê tông phun bề mặt, khi sử dụng các thanh lõi FRP chôn trực tiếp vào đất, thông thường được sử dụng để làm các kết cấu chống tạm trong đất dính ổn định (á sét, sét) cho các hố đào và ta luy đào sâu tới 8 m. Phương án điển hình của kết cấu liên kết đỉnh đất được thể hiện trên Hình 12, các thông số kỹ thuật được ghi trong Bảng 4.

**CHÚ DẪN:**

1 – Thanh cốt FRP; 2 – Lưới FRP; 3 – Bản đệm; 4 – Lớp bê tông phun; 5 – Lớp bê tông;  
6 – Lớp đá sỏi đảm chặt vào đất; 7 – Bê tông chặn.

**Hình 12 – Kết cấu điển hình của liên kết đinh đất kết hợp bê tông phun bảo vệ bề mặt mái dốc của hố đào**

**Bảng 4 – Các thông số kỹ thuật của liên kết đinh đất kết hợp bê tông phun bề mặt và các đinh đất làm từ FRP**

Thông số kết cấu	Giá trị
Chiều cao mái dốc cần gia cố, m	3 đến 8
Độ dốc, °	70 đến 90
Chiều dài neo, m	2 đến 7
Loại thanh FRP có chiều cao gờ, mm	Tiết diện đặc hoặc tiết diện ống có gờ với chiều cao gờ không nhỏ hơn 2
Đường kính các thanh lõi neo FRP, mm	20 đến 50
Cường độ chịu kéo của các thanh lõi neo, kN	70 đến 400
Bước neo, m	0,6 đến 1,0
Góc nghiêng của neo so với phương nằm ngang, °	0 đến 30
Chiều dày lớp bê tông phun, mm	50 đến 70

**8.3.2.1.2** Thành phần công việc gia cố thành hố đào và mái dốc bằng phương pháp chôn các thanh lõi neo FRP vào đất kết hợp bê tông phun bảo vệ bề mặt bao gồm:

- Đào đất bằng cơ giới đến chiều sâu bằng một hoặc hai tầng đào (từ 0,6 m đến 2,0 m), sau đó chỉnh mái dốc đến độ dốc thiết kế phù hợp với đồ án thi công.
- Chôn các thanh lõi neo FRP vào mái dốc;
- Treo và liên kết các lưới hoặc khung cốt FRP;
- Phun bê tông bề mặt;
- Cố định các thanh lõi neo trên bề mặt mái dốc.

Chu trình công việc được lặp lại cho các tầng đào tiếp theo cho đến khi đạt độ sâu thiết kế.

**8.3.2.1.3** Cho phép sử dụng liên kết đỉnh đất dùng neo khoan bơm bằng FRP kết hợp bê tông phun bề mặt làm kết cấu chống tạm cũng như kết cấu chống cố định trong đất dính ở trạng thái khô (á cát, á sét, sét) cho các hố đào và ta luy đào sâu, thông thường, tới 15 m. Các thông số kỹ thuật được ghi trong Bảng 5. Đối với các neo khoan bơm sử dụng thanh lõi neo FRP, nên sử dụng các thanh nguyên có tiết diện ống để cố thể bơm vữa qua lõi ống mà không cần sử dụng ống bơm bổ sung.

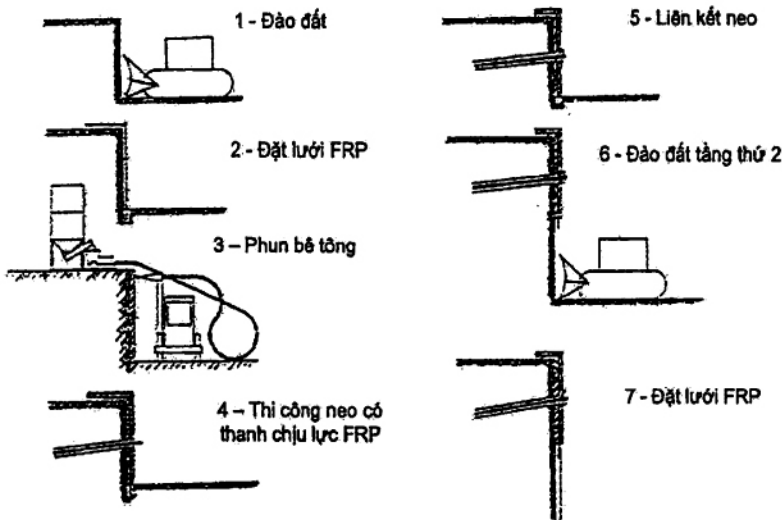
**Bảng 5 – Các thông số kỹ thuật của liên kết đỉnh đất kết hợp bê tông phun và neo khoan bơm làm từ FRP**

Thông số kết cấu	Giá trị
Chiều sâu mái dốc cần gia cố, m	7 đến 15
Độ dốc, °	70 đến 90
Đường kính lỗ khoan, mm	60 đến 70
Chiều dài neo, m	5 đến 12
Loại thanh lõi FRP	Tiết diện ống có gờ hoặc đầu neo tù
Đường kính thanh lõi FRP, mm	20 đến 36
Cường độ chịu kéo của thanh lõi FRP, kN	70 đến 360
Bước neo, m	1,0 đến 1,5
Góc dốc của neo so với phương nằm ngang, °	0 đến 30
Chiều dày lớp bê tông phun, mm	60 đến 150

**8.3.2.1.4** Thành phần công việc gia cố thành hố đào và các mái dốc dùng neo khoan bơm có các thanh lõi FRP tiết diện ống kết hợp bê tông phun bề mặt bao gồm (xem Hình 13):

- Đào đất bằng cơ giới đến độ sâu một hoặc hai tầng đào (từ 1,0 m đến 3,0 m) dọc tuyến đào, sau đó chỉnh mặt dốc đến độ dốc thiết kế phù hợp với đồ án thi công.
- Đặt các lưới cốt FRP và phun bê tông đoạn mái dốc đất đã chuẩn bị trước;

- Khoan các lỗ nằm ngang hoặc xiên (với góc từ 0° đến 30°), sau đó chôn các thanh lõi FRP;
- Bơm vữa xi măng gia cố có tỉ lệ N/XM từ 0,4 đến 0,6 qua lõi thanh FRP;
- Cố định các thanh lõi trên bề mặt bê tông phun;
- Khi cần thiết, phun lớp bê tông thứ hai;
- Đào đất các tầng tiếp theo và lặp lại các bước trên đến khi đào xong toàn bộ hố đào.



**Hình 13 – Công nghệ thi công liên kết đỉnh đất kết hợp phun bê tông bề mặt và neo khoan bơm có thanh chịu lực bằng FRP**

**8.3.2.1.5** Việc liên kết các neo trên bề mặt cần tiến hành bằng cách vận chặt các đai ốc cố định trên đầu nối ren hoặc hàn các đầu thò ra của thanh FRP với đai thép thông qua tấm đệm đặt sẵn. Việc liên kết cần tiến hành sau khi lớp bê tông phun đạt cường độ không nhỏ hơn 1,5 MPa (khoảng sau 12 giờ).

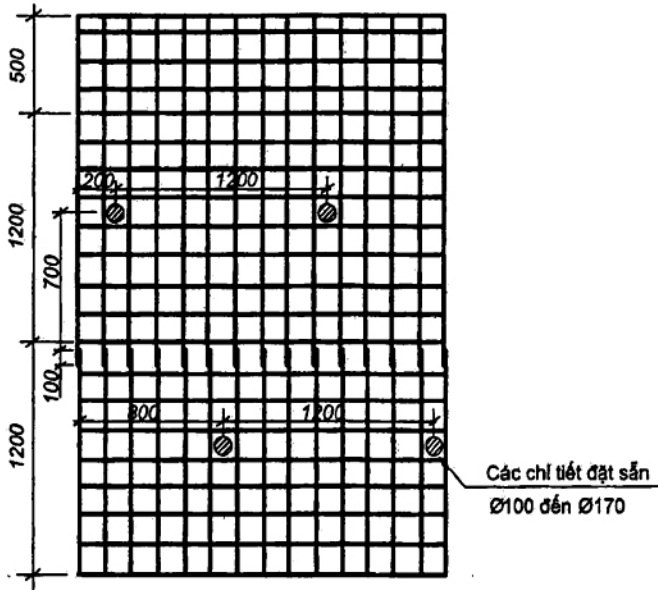
**8.3.2.1.6** Khung cốt của lớp mặt bảo vệ mái dốc (thành) được phép làm từ một hoặc hai lớp lưới FRP đặt so le các ô lưới một khoảng bằng một nửa khoảng cách giữa trục các thanh lõi neo theo phương đứng và phương ngang.

**8.3.2.1.7** Khung cốt của các tầng đào tiếp theo phải được buộc chặt với các đầu chò của khung cốt của tầng đào trước đó.

**8.3.2.1.8** Trong khung cốt, tại các vị trí đặt neo phải có các chi tiết đặt sẵn, ví dụ, dưới dạng các đoạn ống hoặc đoạn gỗ, nhựa ....., phù hợp với đường kính khoan (Hình 14).

**8.3.2.1.9** Đầu dưới cùng của lưới của mỗi tầng đào cần được chôn sâu vào đáy tầng đào một đoạn 20 cm để không phải chèn toàn khối hóa khi phun bê tông.

Kích thước tính bằng milimét



CHÚ THÍCH: Các kích thước chỉ để tham khảo.

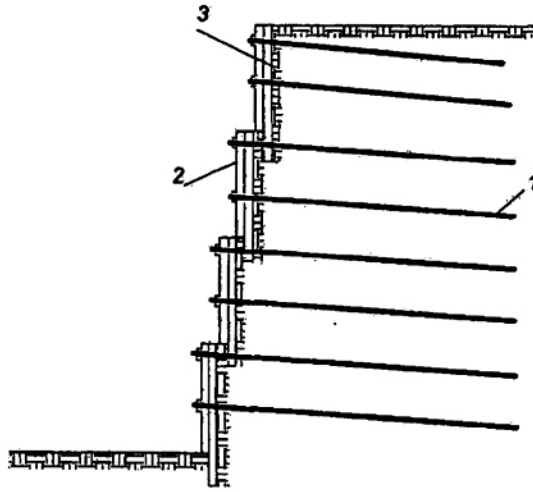
Hình 14 – Kết cấu lưới cốt FRP với các chi tiết đặt sẵn

### 8.3.2.2 Thi công liên kết đỉnh đất kết hợp các tấm chắn bảo vệ

8.3.2.2.1 Cho phép sử dụng liên kết đỉnh đất dùng các tấm chắn lắp ghép kết hợp thanh FRP (xem Hình 15) làm kết cấu chống tạm hoặc kết cấu chống cố định trong đất dính ổn định (sét, á sét, á cát) cho các hố đào và ta luy đào sâu tới 15 m.

8.3.2.2.2 Kết cấu neo là kết cấu các tường chắn làm từ các khung chắn liên kết với các neo khoan bơm có thanh chịu lực FRP được thi công từng tầng (xem Hình 16). Tường chắn bao gồm các trụ đứng chịu lực được liên kết với các dầm ngang của các đai dọc, và các tấm chắn được neo vào đất đã được gia cố, thông thường, bằng các neo khoan bơm. Trong các dầm ngang của các đai dọc phải có các lỗ riêng để lắp đặt các trụ đứng dạng cọc ống hoặc dầm chữ I.

8.3.2.2.3 Để làm các tấm chắn, thông thường cần sử dụng các tấm bê tông mỏng dày từ 60 mm đến 80 mm có cốt bằng lưới FRP. Khi có cơ sở thích hợp, cho phép sử dụng các tấm kim loại hoặc các tấm vật liệu composit. Các thông số kỹ thuật của liên kết đỉnh đất được ghi trong Bảng 6.

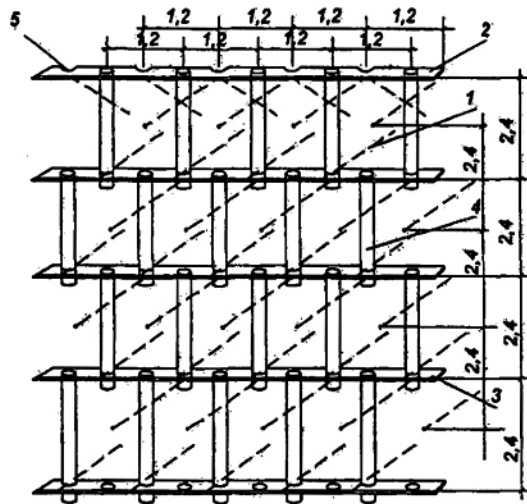


CHÚ DẪN:

1 – Neo làm từ FRP; 2 – Các tấm chắn có cốt bằng lưới FRP; 3 – Cọc trụ.

Hình 15 – Kết cấu điển hình của liên kết đỉnh đất với tấm chắn lắp ghép có sử dụng FRP

Kích thước tính bằng mét



CHÚ DẪN:

1 – Neo trong đất có thanh lõi FRP; 2 – Dầm ngang của đài cọc;  
 3 – Lỗ cỡ để xô trụ; 4 – Trụ đứng;  
 5 – Rãnh nối.

Hình 16 – Thi công kết cấu chịu lực của liên kết đỉnh đất

**Bảng 6 – Các thông số kỹ thuật của kết cấu đỉnh đất  
kết hợp tấm chắn bảo vệ lắp ghép sử dụng FRP**

Các thông số kết cấu	Giá trị
Chiều cao tường chắn, m	5 đến 15
Chiều dài neo, m	4 đến 12
Kích cỡ thanh kéo	Các thanh cốt thép đường kính từ 12 đến 32 mm loại AII (C-II) đến A-VI; ống vít thành mỏng đường kính từ 30 mm đến 60 mm
Bước neo, m	1 đến 1,5
Góc nghiêng của neo, °	0 đến 30
Đường kính các trụ đứng, mm	80 đến 160
Chiều dài các trụ đứng, m	2,9 đến 3,9
Kích thước tấm chắn, m	Từ 1×2 đến 1,5×3
Chiều sâu đào một tầng đào của hố đào, m	Đến 3,0
Thời gian giữ thành hố đào bằng các tấm chắn bảo vệ, giờ	Không chậm hơn 8 đến 24
Khoảng nhiệt độ làm việc, °C	- 10 đến + 40

**8.3.2.2.4** Thành phần công việc thi công liên kết đỉnh đất dùng tường bảo vệ lắp ghép bao gồm:

- Lắp đặt các dầm ngang trên cùng của đai dọc tầng đào thứ nhất và neo nó vào đất bằng các neo xiên;
- Khoan các lỗ thẳng đứng qua các lỗ cũ của đai dọc, chôn các thanh chịu lực của các trụ và đổ toàn khối;
- Đào đất tầng thứ nhất bằng cơ giới;
- Đào tĩa thủ công và làm sạch đất gần thành hố đào, đặt các tấm chắn vào vị trí thiết kế;
- Thi công hàng neo tiếp theo và cố định nó vào các tấm chắn;
- Lắp đặt dầm dưới cùng của tầng thứ nhất sát với các trụ đứng và so le với dầm trên cùng;
- Neo dầm dưới cùng vào đất bằng các neo xiên;
- Lắp lại các bước trước theo trình tự như vậy đến khi đào tới đáy hố đào theo thiết kế.

**8.3.2.2.5** Chiều sâu chôn các trụ đứng vào đất không được nhỏ hơn 1/3 chiều cao đào đất tầng thứ nhất. Sai lệch của trục dọc các lỗ khoan dưới các trục so với vị trí thiết kế không được lớn hơn 1°. Để làm các trụ có thể sử dụng các ống thép, cọc khoan nhồi mini có khung cốt FRP hoặc các cọc đứng.

**8.3.2.2.6** Các trụ đứng và neo cần được bố trí theo ô cờ. Mỗi tấm chắn sau khi lắp đặt vào vị

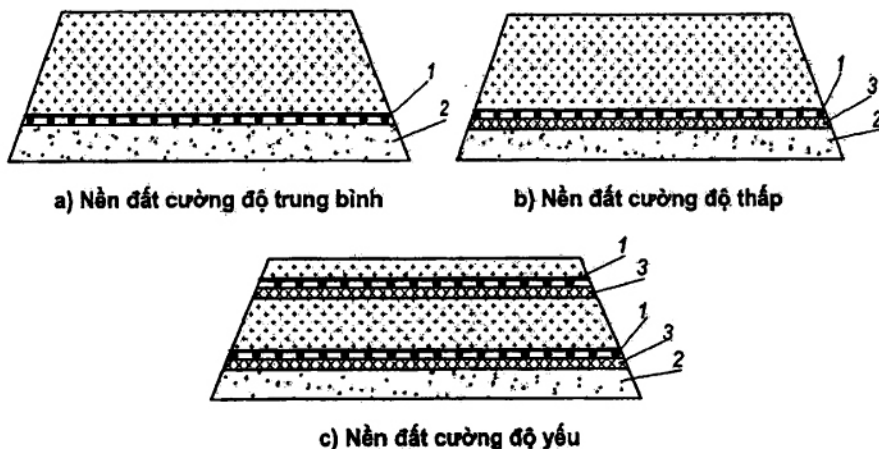
trí thiết kế phải được neo chặt vào đất bằng các neo.

#### 8.4 Thí công nền đất đường sắt và đường ô tô

8.4.1 Khi thí công nền đất của đường sắt và đường ô tô, cũng như đất đắp và đất đào với các chức năng khác nhau, FRP có thể được sử dụng để:

- Gia cố nền cho nền đất;
- Làm cốt cho thân nền đất, đất đắp, đất đào;
- Bảo vệ và gia cố các mái dốc đất đắp, đất đào, đường ống dẫn nước thải;
- Làm neo lắp dựng và neo cấu tạo các lưới địa kỹ thuật ba trục trên các phần còn của các trục đường dẫn nước và các cầu nhỏ, cũng như trong các trường hợp tương tự khác.

8.4.2 Việc sử dụng FRP để gia cố nền đất đắp của đường ô tô và đường sắt trong các điều kiện đất khác nhau được thể hiện trên Hình 17. Đối với đất nền có cường độ trung bình theo TCVN 9362:2012 (cường độ nén một trục  $R_c$  từ 15 MPa đến 50 MPa), cần đặt lưới FRP ở lớp thấm nước như trên Hình 17 a. Đối với đất nền cường độ thấp theo TCVN 9362:2012 (cường độ nén một trục  $R_c$  từ 5 MPa đến 15 MPa), lưới FRP trong nền đất đắp cần được đặt trong một lớp vật liệu vải địa kỹ thuật như trên Hình 17 b. Đối với nền đất cường độ yếu của đất đắp theo TCVN 9362:2012 (cường độ nén một trục  $R_c$  từ 3 MPa đến 5 MPa), việc đặt lưới FRP trong nền đất cần được thực hiện bằng cách lót lớp vật liệu vải địa kỹ thuật và đặt lưới FRP trong lớp đất thấm nước trung gian hoặc lớp vật liệu lót là vải địa kỹ thuật trong phần giữa của đất đắp, như trên Hình 17 c. Chiều dày lớp đất thấm nước vào khoảng từ 0,5 m đến 1,0 m để thu và thoát nước.



CHÚ DẪN:

1 – Lưới cốt FRP; 2 – Lớp đất thấm nước; 3 – Vật liệu vải địa kỹ thuật.

Hình 17 – Sử dụng cốt FRP để gia cố nền đất ta luy đắp

8.4.3 Để làm lưới gia cố nền đất đắp, sử dụng FRP có đường kính danh định từ 8 mm đến 12 mm.

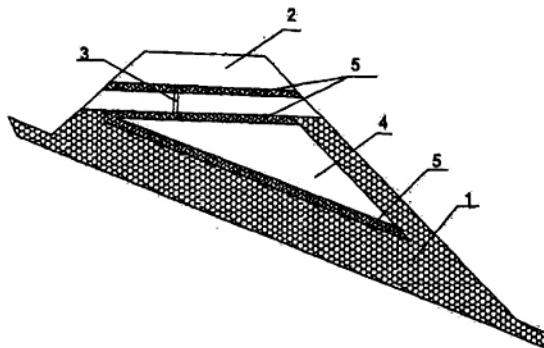
8.4.4 FRP có thể được sử dụng để gia cố nền đất dưới các kết cấu xây dựng khác nhau, kể cả dưới các công trình xả nước nằm trong thân đất đắp có chức năng khác.

8.4.5 Sơ đồ điển hình của công trình xả nước hai tầng bao gồm lớp đất lọc ngược nằm trong tầng thứ nhất (vị trí 2 trên Hình 18) và lớp đất đắp chứa ống thoát nước kim loại trong lớp đất có cốt (vị trí 3 trên Hình 18) nằm ở tầng thứ hai.

Tầng thứ nhất (vị trí 2 trên Hình 18) được đắp bằng cách ném tự do đá vỡ hoặc sỏi có mô đun độ lớn đến 0,3 m, các đất đá không mềm.

Trên mặt lớp đất lọc thấm của tầng thứ nhất, đặt lớp lọc ngược (vị trí 4 trên Hình 18) để loại trừ sụt lún đất đắp trong mặt cắt phần đất lọc và tích tụ các hạt nhỏ. Lớp lọc ngược được thực hiện dưới dạng các lớp vật liệu rời thấm nước được lèn chặt chồng lên nhau với chiều dày không nhỏ hơn 400 mm, trong lớp bao bằng vật liệu tổng hợp (vị trí 3 trên Hình 18). Để làm lớp bao, sử dụng vải địa kỹ thuật dệt hoặc không dệt hoặc tổ hợp vật liệu composit với các vật liệu vải địa kỹ thuật. Đắp lên lớp lọc ngược tầng thứ hai với ống lượn sóng.

Trong nền đất đặt ống thoát nước kim loại (thông thường, dạng lượn sóng), cũng như trong lớp đất đắp nằm trên ống, đặt lớp cốt (vị trí 5 trên Hình 18) dạng lưới FRP (sợi thủy tinh hoặc sợi bazan) có đường kính từ d từ 8 mm đến 12 mm để phân bố áp lực do đất đắp.



**CHÚ DẪN:**

- |                                                |                    |
|------------------------------------------------|--------------------|
| 1 – Lớp đất đắp tầng thứ hai có ống lượn sóng; | 4 – Lớp lọc ngược; |
| 2 – Lớp đất đắp tầng thứ nhất;                 | 5 – Lớp cốt.       |
| 3 – Lớp đất có cốt;                            |                    |

**Hình 18 – Kết cấu công trình xả nước nằm trên nền được gia cố bằng FRP**

8.4.6 Kết cấu ta luy đắp bằng đất có cốt được tạo bằng cách đắp từng lớp đất đầm chặt, sau đó đặt vào giữa các lớp đất này các lưới cốt FRP (hoặc lưới thép), vải địa kỹ thuật, các bản thép nằm ngang và có khả năng tiếp nhận lực kéo đáng kể so với đất.

CHÚ THÍCH: Ưu điểm kinh tế - kỹ thuật của kết cấu đất đắp bằng đất có cốt FRP là:

- Không cần phải thi công móng sâu;

- Giảm lượng kim loại tiêu tốn;
- Tăng khả năng chống ăn mòn trong đất xâm thực khi tăng cường độ chịu kéo ở các vùng tiếp giáp của nền đất có cốt.

**8.4.7** Khi sử dụng các thanh FRP có gờ làm các phần tử gia cố, đất để đắp cần thỏa mãn các khuyến nghị sau:

- Không có tạp chất hữu cơ;
- Thành phần hạt nhỏ hơn 0,015 mm không được vượt quá 15 % theo khối lượng;
- Thành phần hạt lớn hơn 0,015 mm không được quá vượt 25 % theo khối lượng;
- Không có thành phần hạt lớn hơn 0,035 mm.

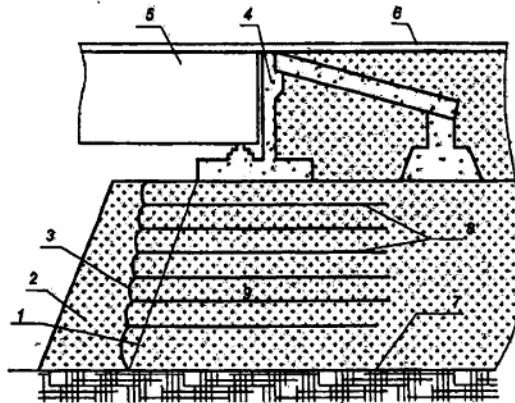
**8.4.8** Cho phép sự có mặt của Cl<sup>-</sup> và sun phát trong đất đắp vì FRP có các tính chất chống ăn mòn cao.

**8.4.9** Sơ đồ công nghệ thi công kết cấu đất có cốt bao gồm các bước theo trình tự sau:

- Chuẩn bị nền;
- Lắp đặt cốt;
- Lắp đặt hàng thứ nhất của các lớp ốp ngoài của mái dốc;
- Vận chuyển, đưa vào, cán phẳng và đầm lớp đất đắp thứ nhất (dưới cùng), sau đó san phẳng;
- Lặp lại chu trình như vậy đến khi đạt chiều cao đắp thiết kế.

Việc thi công được thực hiện từ phía trong ta luy đất đắp để loại trừ được việc sử dụng các công cụ công nghệ bổ sung (ví dụ: giàn giáo).

**8.4.10** Phương án kết cấu đất đắp bằng đất có cốt FRP dưới các mô cầu dạng đi văng trên các nền đất tali được minh họa trên Hình 19.



**Hình 19 – Kết cấu đất đắp bằng đất có cốt dưới mô cầu dạng đi văng**

CHÚ DẪN:

- |                                              |                                                                 |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 – Đường phân phối áp lực do blocc đi văng; | 6 – Bàn chuyển tiếp bằng bê tông cốt composit;                  |
| 2 – Lớp bảo vệ mặt;                          | 7 – Các cấu kiện có cốt (các lớp vải địa kỹ thuật và lưới FRP); |
| 3 – Bề mặt của nền đất có cốt;               | 8 – Nền tự nhiên có đặt lưới BFRP phía trên;                    |
| 4 – Kết cấu nhjip cầu;                       | 9 – Nền đất có cốt.                                             |
| 5 – Blocc đi văng;                           |                                                                 |

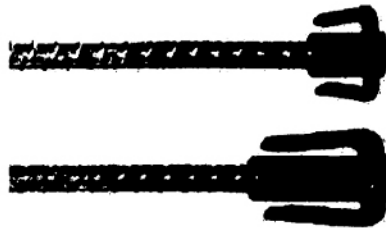
Hình 19 (kết thúc)

**8.4.11 Sử dụng các thanh FRP làm neo lắp dựng hoặc neo cấu tạo để đặt và liên kết lưới địa kỹ thuật ba trục trong các kết cấu địa kỹ thuật**

**8.4.11.1** Neo giữ lưới địa kỹ thuật ba trục phải gồm các thanh FRP có gờ với đường kính từ 8 mm đến 12 mm được chụp đầu neo nhựa chịu va đập (xem Hình 20). Đầu neo nhựa phải gắn chặt với thanh cốt. Khi đóng neo vào đất, không được đóng vào đầu neo nhựa mà đóng trực tiếp vào thanh FRP.

CHÚ THÍCH: Các neo composit của lưới địa kỹ thuật ba trục có các ưu điểm sau:

- Trọng lượng nhỏ;
- Độ bền cao trong khoảng nhiệt độ rộng;
- Không bị ăn mòn;
- Có khả năng sử dụng trong đất lẫn đá cuội, sỏi, đá mở côi và tương tự.

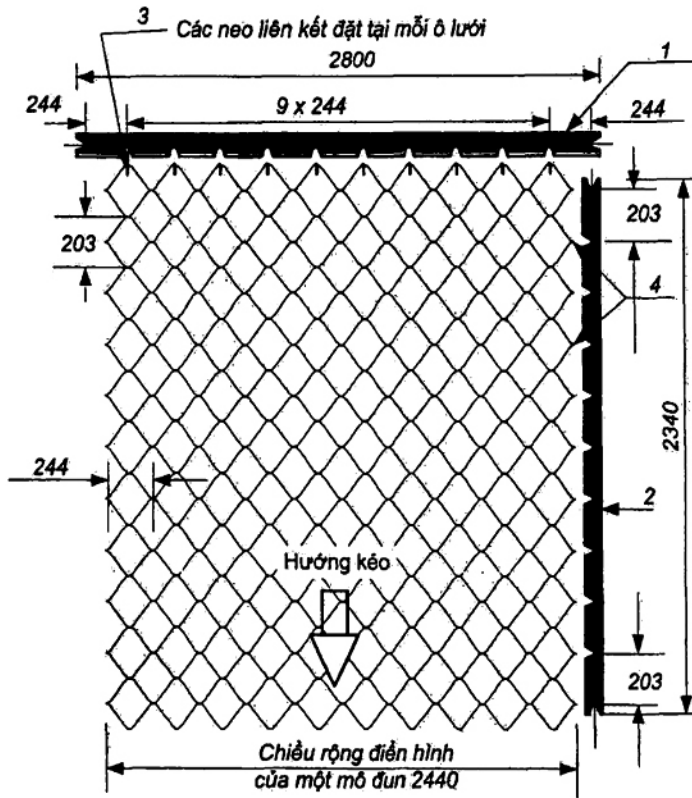


Hình 20 – Neo giữ lưới địa kỹ thuật ba trục

**8.4.11.2** Việc đặt lưới địa kỹ thuật ba trục trên mái dốc có sử dụng các neo đóng bằng FRP để giữ cần được thực hiện theo trình tự sau:

- Tại vị trí đặt lưới địa kỹ thuật ba trục, dọc theo mép trên của mảnh lưới, đóng các neo một nửa chiều dài của chúng vào đất với bước bằng chiều rộng ô lưới (xem Hình 21);
- Kéo đoạn lưới địa kỹ thuật ba trục và chum từng ô lưới hàng ngoài cùng của đoạn lưới vào neo tương ứng của nó;
- Đóng các neo FRP ngang bằng với mép trên của lưới địa kỹ thuật ba trục;
- Kéo toàn bộ đoạn lưới địa kỹ thuật ba trục xuống dưới dọc theo mái dốc (xem Hình 22).

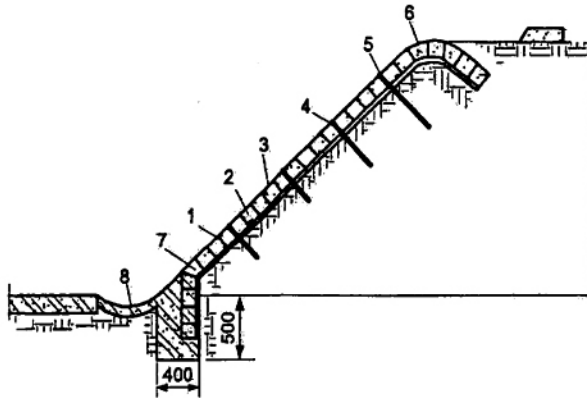
Kích thước tính bằng milimét

**CHÚ DẪN:**

- 1 – Mép trên của mảnh lưới địa kỹ thuật ba trục;
- 2 – Mép biên của mảnh lưới địa kỹ thuật ba trục;
- 3 – Các neo bằng FRP để giữ mép trên lưới địa kỹ thuật ba trục;
- 4 – Các neo biên bằng FRP để giữ mép biên của lưới địa kỹ thuật ba trục.

CHÚ THÍCH: Các kích thước trên hình chỉ mang tính chất minh họa.

**Hình 21 – Sơ đồ trải đoạn lưới địa kỹ thuật ba trục trên bề mặt mái dốc**



CHÚ DẪN:

- |                                       |                              |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 – Lớp đất đầm chặt;                 | 5 – Neo chịu lực làm từ FRP; |
| 2 – Vật liệu không dẹt;               | 6 – Vật liệu lấp đầy ô lưới; |
| 3 – Mô đun lưới địa kỹ thuật ba trục; | 7 – Gói;                     |
| 4 – Neo lắp dựng làm từ FRP;          | 8 – Máng thoát nước thải.    |

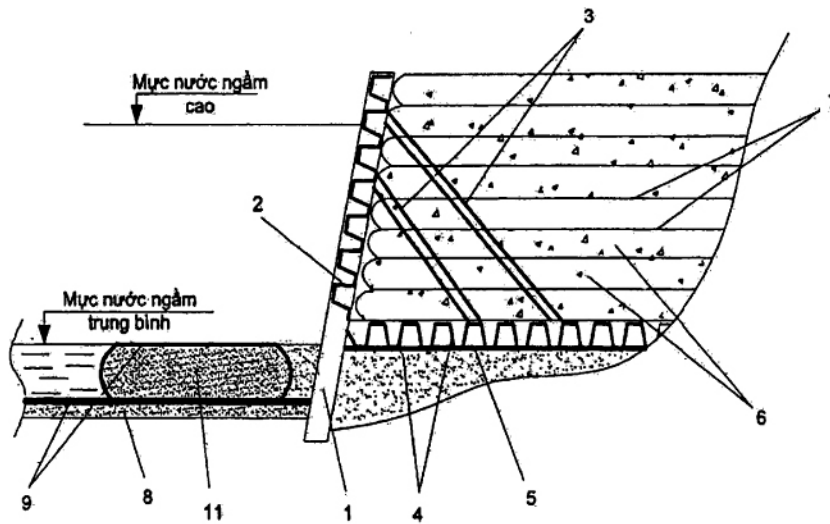
**Hình 22 – Kết cấu gia cố mái dốc tay luy đào và ta luy đắp có sử dụng lưới địa kỹ thuật ba trục và neo làm từ cốt sợi thủy tinh**

### 8.5 Thi công các công trình bảo vệ bờ

8.5.1 Đối với các công trình bảo vệ bờ cho các bãi tắm tự nhiên (nhân tạo) và bảo vệ khỏi xói các bờ dốc, có thể sử dụng FRP để làm cốt cho các tường chắn bê tông và các bờ chắn sóng, đê, đập đất và khối ta luy đắp sau tường trọng lực; để thi công rọ đá và các ống địa kỹ thuật mềm; để gia cố bảo vệ nền dưới các công trình khỏi bị lún và xói lở.

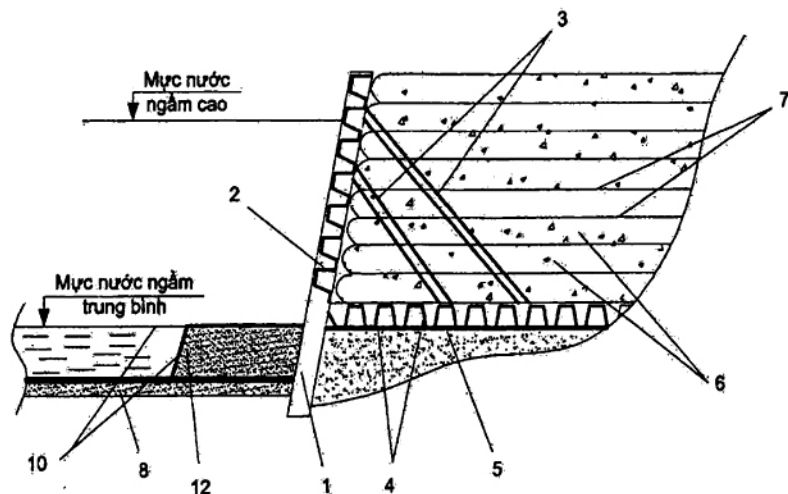
8.5.2 Có thể sử dụng tổ hợp FRP cho các phương án kết cấu công trình bảo vệ bờ được sử dụng như là công trình gia cố bờ dốc và công trình chắn giữ để bảo vệ các bờ khỏi các tác động sóng (xem các hình 23 và 24).

Kết cấu bao gồm tường lấp ghép phía trước làm từ các trụ đứng chịu lực bằng thép lượn sóng (vị trí 2 trên các hình 23 và 24) và các cấu kiện dọc (vị trí 3 trên các hình 23 và 24), được liên kết thành các mô đun (vị trí 4 trên Hình 24). Nền của lưới được tựa trên lớp đất sỏi làm phẳng (vị trí 5 trên các hình 23 và 24) bằng các trụ nghiêng (vị trí 6 trên các hình 23 và 24). FRP được sử dụng để thi công kết cấu đất có cốt phía sau tường (vị trí 7 trên các hình 23 và 24) có cấu tạo từ các lớp đất thoát nước đầm chặt (vị trí 8 trên các hình 23 và 24) có các lưới cốt hoặc các tấm vải dẹt bằng vật liệu vải địa kỹ thuật. Có thể sử dụng tổ hợp các vật liệu composit và vật liệu vải địa kỹ thuật.

**CHÚ DẪN:**

- |                                     |                                                                 |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 – Các trụ thép phía trước;        | 7 – Các lưới địa kỹ thuật làm từ FRP;                           |
| 2 – Các cấu kiện thép lượn sóng;    | 8 – Lưới địa kỹ thuật làm từ FRP để gia cố nền từ phía có nước; |
| 3 – Các thanh thép nổi;             | 9 – Các lưới làm từ FRP của ống địa kỹ thuật;                   |
| 4 – Các cấu kiện gối tựa trong nền; | 10 – Các lưới địa kỹ thuật ba trục làm từ FRP của các rọ đá;    |
| 5 – Lớp làm phẳng bằng đất lẫn sỏi  | 11 – Đất nhồi ống địa kỹ thuật;                                 |
| 6 – Các lớp đất thấm nước đảm chặt; | 12 – Vật liệu lấp đầy rọ đá.                                    |

**Hình 23 – Công trình chắn giữ bảo vệ bờ có phần sau tường bằng đất có cốt FRP và ống địa kỹ thuật**



**CHÚ DẪN:**

- |                                     |                                                                 |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 – Các trụ thép phía trước;        | 7 – Các lưới địa kỹ thuật làm từ FRP;                           |
| 2 – Các cấu kiện thép lượn sóng;    | 8 – Lưới địa kỹ thuật làm từ FRP để gia cố nền từ phía có nước; |
| 3 – Các thanh thép nối;             | 9 – Các lưới làm từ FRP của ống địa kỹ thuật;                   |
| 4 – Các cấu kiện gối tựa trong nền; | 10 – Các lưới địa kỹ thuật ba trục làm từ FRP của các rọ đá;    |
| 5 – Lớp làm phẳng bằng đất lẫn sỏi  | 11 – Đất nhồi ống địa kỹ thuật;                                 |
| 6 – Các lớp đất thấm nước đảm chặt; | 12 – Vật liệu lấp đầy rọ đá.                                    |

**Hình 24 – Công trình chắn giữ bảo vệ bờ có rọ đá đặt ở phía có nước**

**8.6 Thi công tường chắn**

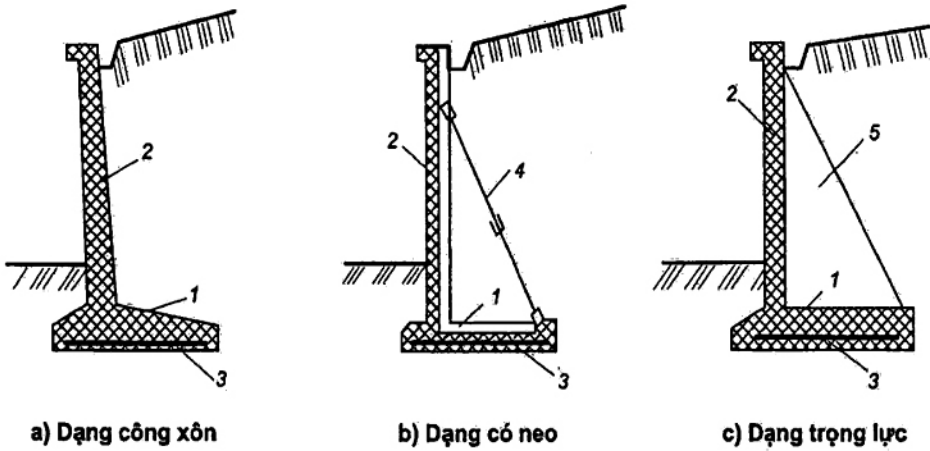
**8.6.1** Tính thích hợp của việc sử dụng FRP trong các kết cấu tường chắn cần được xác định từ các phương án so sánh về kinh tế - kỹ thuật có kể đến các điều kiện sử dụng (sự có mặt của các môi trường xâm thực, sự cần thiết bố trí các lỗ mở), khả năng giảm lượng tiêu tốn kim loại và giá thành xây dựng. Việc thiết kế các dạng tường chắn khác nhau có sử dụng FRP được thực hiện phù hợp với các yêu cầu của TCVN 9362:2012, TCVN 5574:2012, TCVN 4447:2012 và các tiêu chuẩn và hướng dẫn thiết kế riêng.

**8.6.2** Việc sử dụng FRP cần được xem xét đối với các dạng tường chắn sau đây:

- Tường chắn thành mỏng hình chữ L (dạng công xôn, dạng có neo, dạng đối trọng);
- Tường chắn mềm (công xôn, phản lực hoặc có liên kết neo);
- Tường chắn trọng lực bằng đất có cốt.

**8.6.3** Đối với tường chắn dạng chữ L gồm các bản mặt tường và bản móng liên kết cứng hoặc khớp (xem Hình 25), FRP được thích hợp sử dụng để làm cốt cho các bản móng dưới tường.

**CHÚ THÍCH:** Trong các kết cấu lắp ghép toàn phần, các bản mặt tường và bản móng được làm từ các cấu kiện đúc sẵn. Trong các kết cấu bán lắp ghép, bản mặt tường là lắp ghép, còn bản móng là toàn khối. Có thể thi công tường chắn toàn khối hoàn toàn.



CHÚ DẪN:

- |                                        |                        |
|----------------------------------------|------------------------|
| 1 – Bản móng;                          | 4 – Các thanh neo FRP; |
| 2 – Tấm mặt tường;                     | 5 – Đối trọng cứng.    |
| 3 – Cốt FRP trong bản móng dưới tường; |                        |

Hình 25 – Tường chắn dạng chữ L

**8.6.4** Cần xem xét đặt cốt cho các bản móng của các tường chắn có sử dụng FRP bằng các lưới phẳng được làm theo TCVN 9391:2012, theo 5.4 và 8.2.2.2.2 của tiêu chuẩn này.

**8.6.5** Đối với các tường toàn khối các loại, có thể đặt cốt bằng các thanh riêng lẻ. Khi đó, các thanh FRP được sử dụng để làm cốt chịu co ngót cho các bản mặt tường và làm cốt bổ sung cho khe bê tông tại vị trí liên kết giữa đế móng và tường.

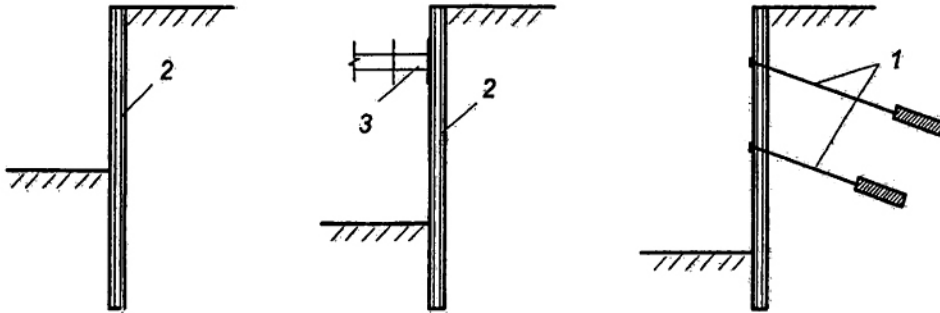
**8.6.6** Đối với các thanh neo kéo (xem Hình 25 b) dùng để liên kết các bản móng với bản mặt tường, có thể sử dụng BFRP để thay thế các loại cốt thép theo TCVN 5574:2012 và TCVN 1651-2:2008.

**8.6.7** Chiều dày lớp bê tông bảo vệ đối với thanh FRP chịu lực của tường chắn dạng chữ L cần lấy không nhỏ hơn 30 mm và không nhỏ hơn đường kính thanh cốt. Trong các bản móng toàn khối, khi không có lớp bê tông lót, chiều dày lớp bê tông bảo vệ đối với thanh BFRP chịu lực phía dưới nên lấy không nhỏ hơn 50 mm.

**8.6.8** Đối với các tường chắn mỏng dạng chữ L và các tường chắn mềm sử dụng FRP, nên sử dụng bê tông có cấp độ bền chịu nén không thấp hơn B20.

**8.6.9** Đối với các tường chắn mềm và tường vây tạm làm bằng cọc nhồi hoặc bằng phương pháp “tường trong đất” (xem Hình 26), thích hợp dùng FRP để:

- Thi công các lỗ mở trong tường đặc để chờ cho hệ thống thông tin, để đảm bảo lối vào (lối ra) của khiên đào (xem 8.6.10);
- Cho các thanh kéo chịu lực của các neo trong đất hoặc cọc neo để đảm bảo độ bền và ổn định của tường chắn, tường vây hố đào (xem 8.7).



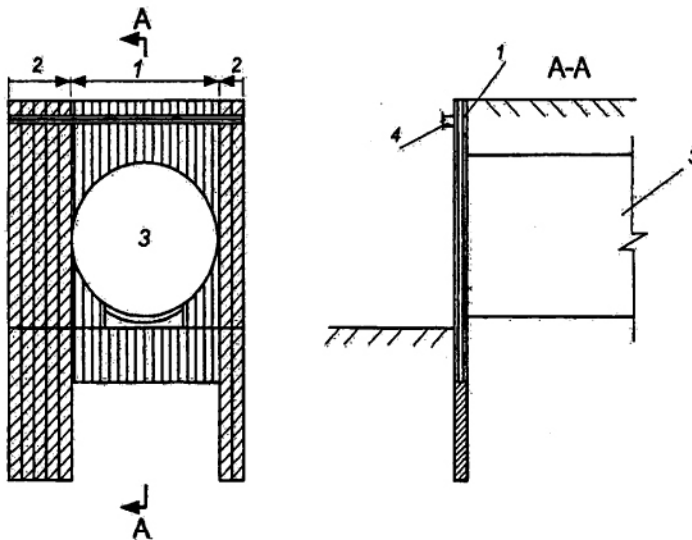
a) Tường chắn công xôn b) Tường chắn có liên kết c) Tường chắn có neo trong đất

CHÚ DẪN:

1 – Thanh néo của neo liên kết bằng FRP; 2 – Khung cốt FRP; 3 – Các cấu kiện neo.

Hình 26 – Các sơ đồ tường chắn mềm

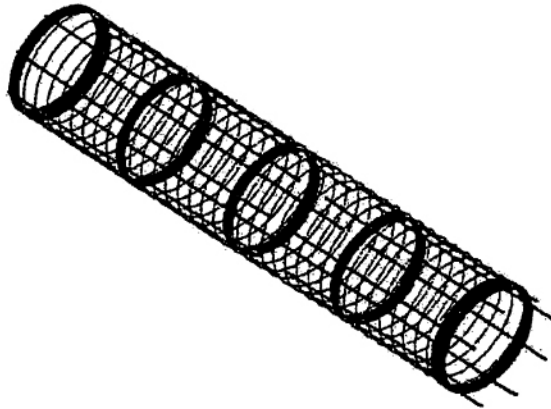
8.6.10 Sơ đồ đặt cốt GFRP cho tường cọc vây của khoang đào trong vùng đầu cắt của máy đào được thể hiện trên Hình 27. Trong sơ đồ này các khung cốt thép truyền thống làm từ cốt thép có đường kính từ 20 mm đến 32 mm theo TCVN 5574:2012 và TCVN 1651-2:2008 được thay thế bằng khung cốt GFRP không gian. Cấu tạo và chi tiết khung cốt GFRP được thể hiện trên các hình 28 và 29.



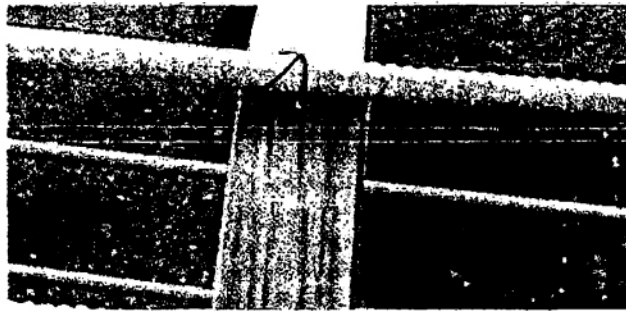
CHÚ DẪN:

1 – Các cọc vây có khung cốt GFRP; 3 – Vùng đầu cắt của máy đào;  
2 – Các cọc vây có khung cốt thép; 4 – Đai dọc.

Hình 27 – Sơ đồ đặt cốt cho tường vây của khoang đào trong vùng đầu cắt của máy đào hầm



Hình 28 – Kết cấu khung cốt FRP của cọc nhồi

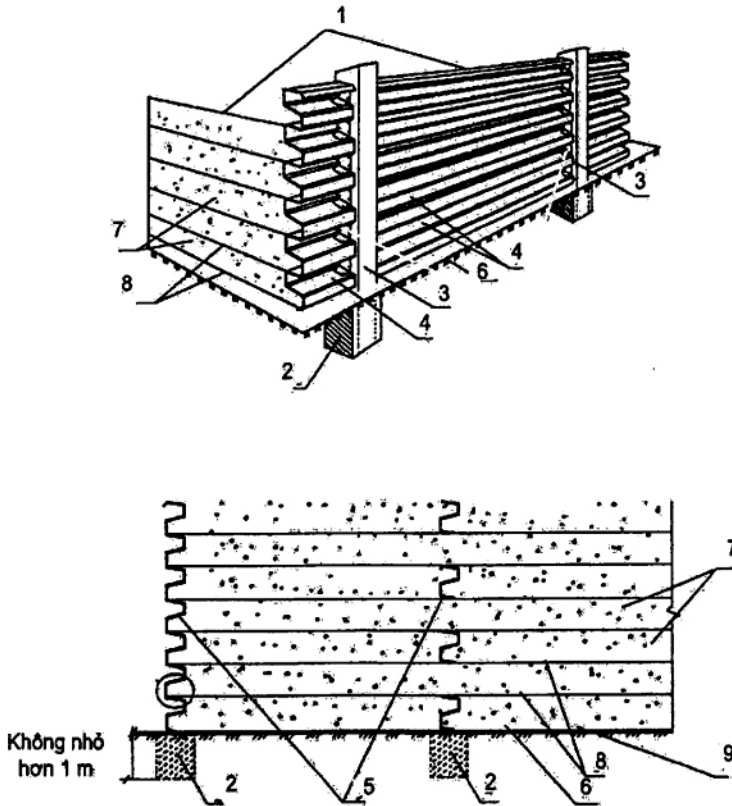


Hình 29 – Chi tiết liên kết cốt chịu lực GFRP với vòng đai cứng

#### 8.6.11 Đặc điểm và ví dụ kết cấu tường chắn trọng lực

8.6.11.1 Các kết cấu tường chắn trọng lực dạng khối sử dụng FRP thường phải gồm khối đất đắp hoặc khối đất tự nhiên được đặt cốt bằng các lưới hoặc các thanh FRP riêng rẽ và tường bảo vệ bề mặt dạng phẳng hoặc lượn sóng. Loại tường chắn này có thể làm việc trong các điều kiện địa chất công trình phức tạp.

8.6.11.2 Kết cấu tường chắn trọng lực không gian với phần sau tường được đặt cốt FRP (xem Hình 30) có thể được sử dụng trong xây dựng giao thông và xây dựng dân dụng và công nghiệp trong các điều kiện địa chất công trình phức tạp.



**CHÚ DẪN:**

- |                                           |                                                  |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 – Kết cấu đất có cốt sau tường;         | 6 – Lớp cát-sỏi làm phẳng dày 150 mm đến 200 mm; |
| 2 – Móng bê tông;                         | 7 – Lớp đất thấm nước được đầm chặt;             |
| 3 – Các trụ đứng bằng thép lượn sóng;     | 8 – Các lưới cốt FRP;                            |
| 4 – Các cấu kiện dọc bằng thép lượn sóng; | 9 – Nền đất tự nhiên.                            |
| 5 – Các đoạn tường bảo vệ;                |                                                  |

**Hình 30 – Tường chắn không gian có phần sau tường được đặt cốt FRP**

**8.7 Thi công liên kết neo**

**8.7.1** Các neo trong đất và các cọc neo dùng các thanh kéo chịu lực bằng FRP có thể được sử dụng để gia cố tường chắn, thành hố đào, đáy vũng sửa chữa tàu và giếng đào, cột đèn chiếu sáng và đường dây tải điện, móng và trụ các loại, và v.v...

**8.7.2** Neo tường chắn và các kết cấu bằng neo trong đất hoặc cọc neo, trong đó các thanh kéo chịu lực làm từ FRP, phải đảm bảo được độ bền, ổn định và tính biến dạng ít của chúng trong suốt thời gian sử dụng.

**8.7.3** Khi thiết kế và thi công liên kết neo sử dụng FRP, cần tuân theo các yêu cầu của TCVN 9362:2012, TCVN 4447:2012, TCVN 10304:2014 và theo các chỉ dẫn chuyên ngành riêng.

8.7.4 Neo trong đất có các thanh kéo bằng FRP phải được ứng suất trước. Giá trị lực nén trước  $P_b$ , kN, phải thỏa mãn điều kiện:

$$0,8P_p \leq P_b \leq 1,2P_p \quad (1)$$

trong đó:

$P_p$  là tải trọng nhỏ tính toán tác dụng vào neo, được xác định ở giai đoạn thiết kế theo 8.7.3, kN.

Giá trị lực nén trước của neo được xác định theo đồ án.

8.7.5 Các cọc neo có các thanh kéo FRP trước khi gắn vào tường chắn (kết cấu che chắn hoặc kết cấu khác) phải được kéo trước bằng kích với lực  $P_s$  bằng  $0,1P_s$  đến  $0,2P_s$ , trong đó  $P_s$  là tải trọng ứng với giới hạn bền khi kéo của thanh kéo FRP, kN.

8.7.6 Để đảm bảo độ neo chắc chắn, tải trọng nhỏ tính toán của neo  $P_p$ , kN, trong giai đoạn sử dụng neo, không được vượt quá cường độ chịu kéo của thanh FRP, có kể đến các hệ số an toàn tương ứng:

$$P_p \leq \frac{\gamma_c \sigma_t A}{\gamma_m \gamma_f} \quad (2)$$

trong đó:

$\gamma_c$  là hệ số điều kiện làm việc đối với thanh kéo khi tính toán độ bền theo tiết diện không giảm yếu, theo TCVN 5575:2012,  $\gamma_c = 0,9$ ;

$\sigma_t$  là giá trị giới hạn bền khi kéo của thanh FRP;

$A$  là diện tích tiết diện tính toán của thanh kéo làm từ FRP, mm<sup>2</sup>;

$\gamma_m$  là hệ số độ tin cậy về vật liệu của thanh kéo khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ nhất, lấy bằng 1,1 đến 1,2;

$\gamma_f$  là hệ số độ tin cậy về tải trọng,  $\gamma_f = 1,5$ .

8.7.7 Để làm các thanh kéo chịu lực của các neo tạm, cho phép sử dụng cả GFRP và BFRP. Trong điều kiện xây dựng đô thị, các thanh kéo của neo tạm gia cố hố đào phải sử dụng GFRP.

CHÚ THÍCH: Các đặc trưng độ bền chịu cắt và chịu ép cục bộ của các thanh kéo GFRP cho phép đặt các hệ thống thông tin ngầm trong các điều kiện đô thị chật hẹp mà không rút neo ra.

8.7.8 Đối với các thanh kéo chịu lực của các neo cố định và cọc cố định giữ tường chắn, cũng như các neo và cọc dùng để đảm bảo ổn định cho công trình khỏi trượt, cần sử dụng thanh BFRP có độ bền lâu và cường độ cao hơn.

8.7.9 Trong điều kiện độ bền tương đương và giới hạn biến dạng dưới tải trọng, FRP có thể được sử dụng để thay thế các loại cốt thép sau đây:

- Thép cán nóng có gờ với đường kính từ 25 mm đến 40 mm theo TCVN 5574:2012;
- Cốt thép gia công nhiệt loại có gờ theo TCVN 5574:2012 và dạng xoắn ren với đường kính từ 18 mm đến 36 mm;

- Cáp 7 sợi theo TCVN 5574:2012 và ASTM A416M-12a, hoặc tương đương;
- Thép ống dạng vít.

**8.7.10** Đối với thanh kéo của neo trong đất và cọc neo nên ưu tiên sử dụng FRP có khả năng chịu lực kéo tính toán từ 300 kN đến 900 kN, bao gồm:

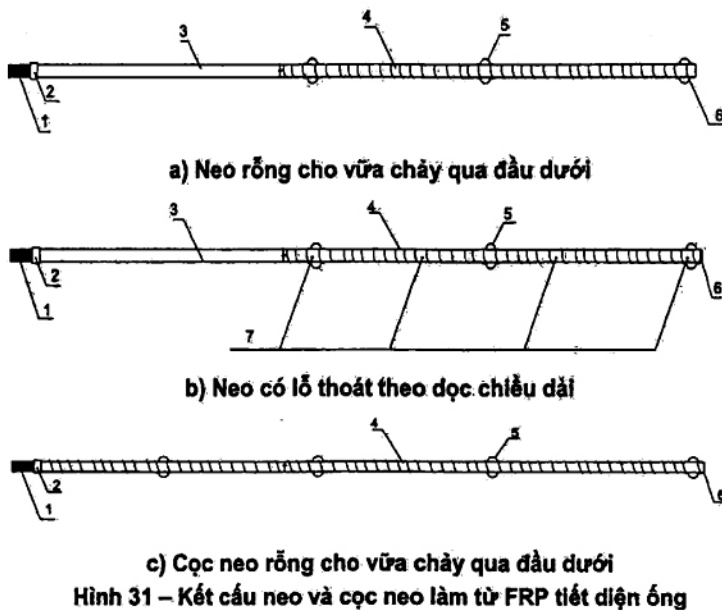
- Các thanh cốt tiết diện ống làm từ sợi thủy tinh hoặc sợi bazan có bề mặt nhẵn hoặc gờ ghè;
- Các thanh cốt composit tiết diện đặc có mô đun đàn hồi nâng cao;
- Các thanh cốt có gờ làm từ sợi thủy tinh.

**8.7.11** Để liên kết neo hoặc cọc neo có thanh néo làm từ FRP vào đất, cần sử dụng các phương pháp bơm phun, trong đó ngậm được tạo bằng cách phun vào vùng làm việc dung dịch đóng rắn trên nền xi măng pooc lăng PC30, PC40 theo TCVN 2682:2009.

**8.7.12** Sơ đồ công nghệ thi công neo và cọc neo sử dụng FRP phải bao gồm các công việc thực hiện theo trình tự sau:

- Khoan lỗ khoan xiên đến toàn bộ chiều dài;
- Tập kết neo trên công trường xây dựng và đưa nó vào lỗ khoan đã khoan trước;
- Tạo liên kết thân neo trong đất;
- Giữ neo đến khi vữa xi măng đạt cường độ thiết kế;
- Thí nghiệm và liên kết neo vào kết cấu che chắn;

**8.7.13** Các kết cấu neo và cọc neo làm từ FRP tiết diện ống để neo tường chắn và che chắn hố đào được thể hiện trên Hình 31.



Hình 31 – Kết cấu neo và cọc neo làm từ FRP tiết diện ống

## CHÚ DẪN:

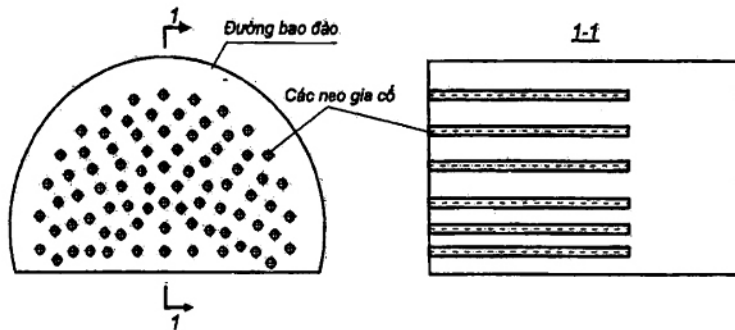
- |                                                             |                                                 |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1 – Đầu cốt thép có ren;                                    | 5 – Gá chặn;                                    |
| 2 – Khớp nối;                                               | 6 – Giá giữ tạm thời;                           |
| 3 – Thanh kéo (phần tròn trơn của thanh);                   | 7 – Các lỗ rỗng có đường kính từ 5 mm đến 8 mm; |
| 4 – Thanh kéo (phần gờ ghè, chiều cao gờ từ 3 mm đến 5 mm); | 8 – Đầu bịt cố định.                            |

Hình 31 (kết thúc)

## 8.8 Gia cố đất theo tuyến đào hầm

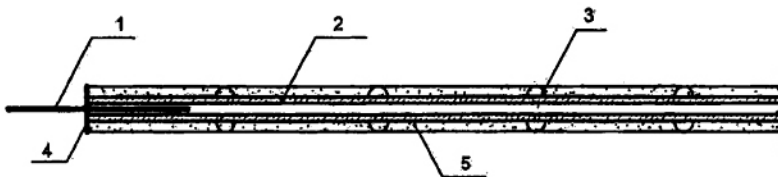
8.8.1 Khi đào hầm giao thông hoặc khai thác hầm bằng cơ giới bằng phương pháp khoan đào liên tục, để ngăn ngừa sụt, lở và lún bề mặt, các cấu kiện có cốt làm từ GFRP có thể được sử dụng để gia cố đất trong quá trình đào theo tuyến đào (xem Hình 32).

CHÚ THÍCH: Các cấu kiện cốt GFRP với cường độ chịu kéo cao, cường độ chịu cắt và nén ép thấp, dễ bị phá hoại bởi bộ phận chịu lực của máy đào hầm cơ giới hoặc lưới xúc của máy đào, còn các đoạn GFRP bị phá hoại không làm ảnh hưởng và an toàn cho các cơ cấu khi làm việc.



Hình 32 – Gia cố hầm đào theo tuyến đào bằng các cấu kiện cốt GFRP

8.8.2 Các cấu kiện cốt GFRP (xem Hình 33) được đặt vào các khoang đã được khoan trước (nghiêng một góc nhỏ tới 5°), trong đó, thông thường, được gia cố bằng bơm vữa xi măng. Trong đất ổn định hơn, các thanh GFRP có thể được đóng, ép, vắn trực tiếp vào đất.

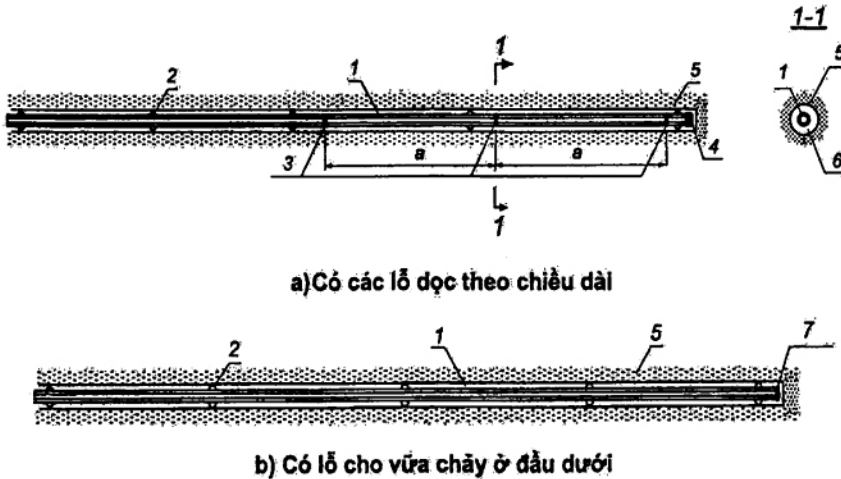


## CHÚ DẪN:

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1 – Ống bơm;    | 4 – Đầu bịt;     |
| 2 – Thanh GFRP; | 5 – Vữa xi măng. |
| 3 – Định tâm;   |                  |

Hình 33 – Cấu tạo cấu kiện cốt GFRP

8.8.3 Đối với các cấu kiện có cốt được gắn trên nền vữa xi măng, thích hợp sử dụng GFRP tiết diện ống có các lỗ bơm, đai bảo vệ, hoặc lỗ cho vữa chảy qua đầu dưới của thanh. Đầu thanh được bịt bảo vệ tạm thời (xem Hình 34).



a) Có các lỗ dọc theo chiều dài

b) Có lỗ cho vữa chảy ở đầu dưới

**CHÚ DẪN:**

- 1 – Cấu kiện có cốt FRP;
- 2 – Ke nhựa;
- 3 – Các lỗ bơm có d bằng 5 mm đến 8 mm;
- 4 – Đầu bịt cố định;
- 5 – Khối đất;
- 6 – Lỗ khoan;
- 7 – Nút bịt tạm.

**CHÚ THÍCH:**

a – khoảng cách giữa các lỗ bơm vữa (a = 1,2 m đến 2,0 m).

**Hình 34 – Cấu tạo cấu kiện có cốt GFRP tiết diện ống**

8.8.4 Tần suất bố trí các cấu kiện có cốt GFRP theo diện tích đào được xác định bởi đồ án thiết kế thi công phụ thuộc vào các đặc trưng của lớp đất đào qua và phải nằm trong khoảng, thông thường, từ 0,6 m đến 1,0 m đối với các thanh đóng và từ 1,0 m đến 1,5 m đối với các thanh được neo trong các lỗ khoan.

8.8.5 Chiều dài các cấu kiện có cốt GFRP được xác định bởi tiến độ thi công và các điều kiện địa chất công trình cụ thể dọc theo tuyến máy đào cơ giới đi qua, thông thường, bằng từ 8 m đến 15 m.

**8.9 Gia cố hầm mỏ bằng các neo GFRP**

8.9.1 Các neo làm từ GFRP (neo GFRP) thích hợp sử dụng để gia cố tạm thời hoặc cố định cho mái và vách của hầm mỏ chuẩn bị, hầm cố định và hầm dạng bậc, cũng như cho các mái dốc ta luy đào và ta luy đắp.

CHÚ THÍCH: Ưu điểm của GFRP loại này là: trọng lượng không lớn, cường độ chịu kéo cao, không có kim loại trong kết cấu (sẽ loại trừ được khả năng mất ma sát khi khoan), bao gồm cả khả năng chống ăn mòn cao trong các môi trường xâm thực, khả năng dễ phá.

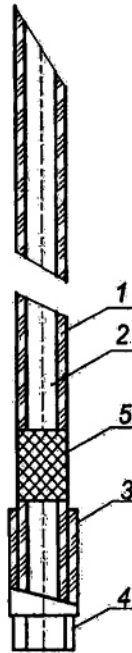
**8.9.2** Kết cấu của neo GFRP và các thông số của nó phải phù hợp với các điều kiện sử dụng và phải đảm bảo trạng thái ổn định cho mái và vách của hầm mỏ trong thời hạn sử dụng chúng (không ít hơn 10 năm).

**8.9.3** Trong thành phần kết cấu neo GFRP để gia cố hầm mỏ (xem Hình 35), thông thường, phải bao gồm các cấu kiện sau:

- Các thanh GFRP có gờ tiết diện đặc (hoặc ống) có đường kính ngoài từ 16 mm đến 26 mm (đầu cuối của thanh được vát nhọn);
- Ống nối có đầu đa giác với đường kính từ 40 mm đến 60 mm và chiều dài không nhỏ hơn 80 mm;
- Bàn đệm có đường kính từ 100 mm đến 150 mm làm từ sợi thủy tinh hoặc thép.

CHÚ DẪN:

- 1 – Thanh GFRP tiết diện ống;
- 2 – Rãnh trong;
- 3 – Ống nối;
- 4 – Đầu dưới;
- 5 – Bàn chặn.



Hình 35 – Neo GFRP để gia cố hầm mỏ

**8.9.4** Chiều dài GFRP không được nhỏ hơn 1,2 m. Chiều dài tối đa của neo GFRP được xác định bởi các điều kiện địa chất công trình và các kích thước đào hầm. Thông thường, sử dụng neo GFRP dài đến 3,0 m.

**8.9.5** Các đặc trưng độ bền cơ bản của GFRP làm neo GFRP để gia cố hầm mỏ phải phù hợp với các yêu cầu trong Bảng 7.

Bảng 7 – Các đặc trưng độ bền của GFRP

Đặc trưng	Giá trị tính toán
Giới hạn bền khi kéo, MPa, không nhỏ hơn	600
Giới hạn bền khi cắt ngang, MPa, không nhỏ hơn	150
Mô men xoắn giới hạn, Nm, không nhỏ hơn	40

**8.9.6** Gắn chặt neo GFRP vào các lỗ khoan đã được khoan trước được thực hiện bằng phương pháp bơm hoặc các phương pháp phụt các thành phần đóng rắn nhanh trên nền chất kết dính xi măng hoặc polyme. Việc neo thanh neo cần được tiến hành trên toàn bộ chiều dài lỗ khoan. Đường kính lỗ khoan để đặt GFRP phải lớn hơn đường kính thanh neo một đại lượng, thông thường, bằng từ 6 mm đến 20 mm.

**8.9.7** Với phương pháp bơm phun, lỗ đã khoan cần được bơm vữa liên kết đầy 2/3 chiều dài, sau đó đưa neo GFRP vào. Theo tiến trình đưa neo GFRP vào lỗ, vữa bơm sẽ tràn ra và lỗ sẽ được lấp đầy hoàn toàn.

**8.9.8** Với phương pháp phụt, một lượng ống vữa liên kết cần thiết được đưa vào lỗ đã khoan với sự trợ giúp của thanh thông lỗ. Thanh neo được đưa vào phần lỗ còn lại ngoài ống. Gắn đầu ngoài GFRP vào đầu của cơ cấu xoay (mũi khoan, và tương tự). Trong khoảng từ 15 giây đến 30 giây, đẩy đều neo tự xoay và lỗ khoan.

**8.9.9** Ở đầu ngoài của neo GFRP trong lỗ khoan gắn lưới thép hoặc lưới polyme ép hoàn toàn vào bề mặt của hầm đào, taluy đắp hoặc mái dốc thông qua các tấm đệm và các bộ phận ghim (óc, ống).

## 9 Các nguyên tắc an toàn khi thực hiện các công việc có sử dụng FRP

**9.1** Các công việc xây dựng sử dụng FRP cần được thực hiện phù hợp với các yêu cầu của TCVN 5308:1991 và các tài liệu tiêu chuẩn hiện hành khác liên quan đến dịch tễ, an toàn cháy.

**9.2** Khi sử dụng nhựa epôxy để tẩm các chỗ giao nhau của các thanh FRP khi chế tạo lưới, phải tuân thủ các yêu cầu về an toàn lao động đối với loại cốt này.

**9.3** Thiết bị được sử dụng phải phù hợp với các yêu cầu an toàn trong TCVN 2290:1978.

**9.4** Việc bảo vệ tĩnh điện trong sản xuất phải tuân theo các quy định hiện hành.

**9.5** Các thông số vi khí hậu cần được tuân theo TCVN 5808:2009.

**9.6** Khi làm việc với các sản phẩm từ nhựa thủy tinh phải tuân thủ các yêu cầu về an toàn cháy trong TCVN 3254:1989 và các tiêu chuẩn liên quan khác.

Theo tính cháy quy định trong GOST 30244-94, vật liệu FRP thuộc loại nhóm F4.

**CHÚ THÍCH:** Khi cháy sợi thủy tinh sẽ sinh ra khí các bon, mê tan. Không có khả năng gây cháy và nổ khi có tác động của nước, hidro và các chất khác. Khi xuất hiện đám cháy, cần sử dụng các phương tiện chữa cháy sau đây: nước, bọt, cát, các phương tiện chữa cháy bằng khí CO<sub>2</sub>, bọt, bột.

**9.7** Khi làm việc với FRP phải sử dụng các phương tiện cá nhân bảo vệ da tay theo TCVN 2606:1978 và quần áo bảo hộ chuyên dụng theo TCVN 2607:1978 và TCVN 2291:1978. Khi cắt

thanh cốt, sử dụng thêm các phương tiện bảo vệ các cơ quan hô hấp theo TCVN 1598:1974 và bảo vệ mắt theo TCVN 5082:1990 và TCVN 6516:1999.

9.8 Trong quá trình bảo quản và sử dụng, FRP không sinh ra các chất độc hại cho con người và môi trường xung quanh, và thuộc nhóm nguy hiểm 4 (các chất ít nguy hiểm) theo TCVN 3164:1979. Khi làm việc với FRP, lượng các hóa chất độc hại sinh ra không được vượt quá nồng độ giới hạn cho phép trung bình ngày đêm đối với không khí khí quyển của các điểm dân cư phù hợp với quy định hiện hành. Nồng độ giới hạn cho phép của một số chất độc hại khi người làm việc với FRP được ghi trong Bảng 8.

**Bảng 8 – Nồng độ giới hạn cho phép của các chất độc hại khi người làm việc với FRP**

Tên các chất	Nồng độ giới hạn cho phép vùng làm việc, mg/m <sup>3</sup>	Nồng độ giới hạn cho phép của không khí, mg/m <sup>3</sup>	Nhóm nguy hiểm
Epichlorohydrin	1,0	0,20	2
Toluen	50,0	0,60	3
Phomaldehyt	0,5	0,01	2
Khí cac bon	20,0	3,00	4
Axit axetic	5,0	0,06	3

9.9 Nồng độ giới hạn cho phép của bụi trong không khí của vùng làm việc phải phù hợp với các yêu cầu của TCVN 5938:2005, các quy định hiện hành khác và không được vượt quá 4 mg/m<sup>3</sup>.

9.10 Để đẩy các chất độc hại ra, các gian phòng làm việc với FRP phải được trang bị thông gió cơ khí, còn các vị trí làm việc – thông gió cưỡng bức cục bộ theo TCVN 3288:1979.

**Phụ lục A**  
(Tham khảo)

**Một số ví dụ sử dụng FRP trong các kết cấu bê tông**

**A.1 Sử dụng FRP trong các bản mặt đường**

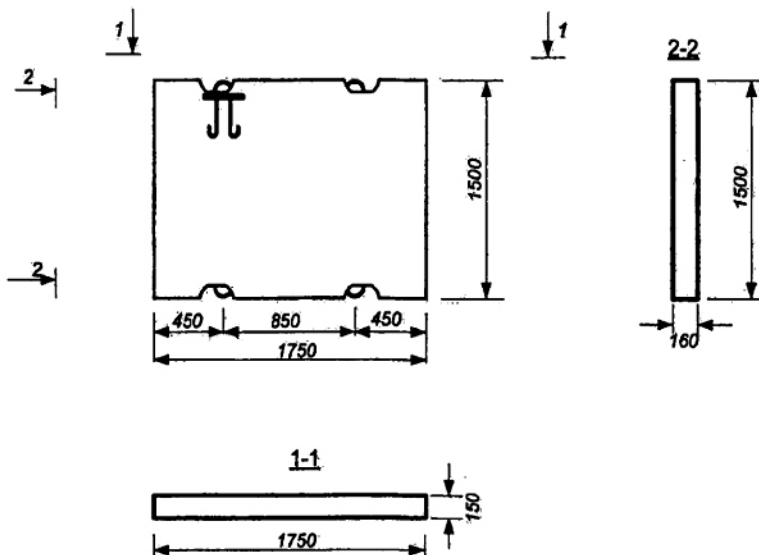
A.1.1 Theo lĩnh vực sử dụng, các bản mặt đường sử dụng FRP được chia thành các loại sau:

- Bản mặt đường trong công trường và đường nội thị;
- Bản mặt đường đô thị.

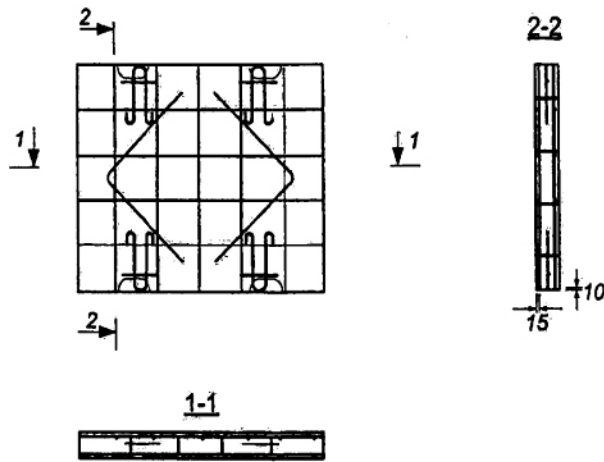
A.1.2 Bản mặt đường trong công trường và đường nội thị có kích thước 3,0 m × 1,75 m × 0,14 m được đặt lưới BFRP. Bản mặt đường đô thị cố định và tạm thời dưới tải trọng ô tô H10 được làm từ bê tông nặng.

A.1.3 Bản mặt đường được đặt các lưới phẳng, gồm các thanh đường kính giống nhau 6, 8 hoặc 10 mm; 4 thanh theo phương dọc và 5 thanh theo phương ngang. Bước thanh theo hai phương là 300 mm. Các lưới được bố trí ở phần trên và dưới của bản. Chiều dày lớp bảo vệ là 30 mm. Hai khung phẳng thẳng đứng cấu tạo làm từ các thanh BFRP đường kính 5 mm được dùng để định vị lưới trên. Vị trí thiết kế của các lưới khi chế tạo các bản được đảm bảo bằng các ke nhựa.

A.1.4 Bản vẽ ván khuôn và đặt cốt FRP cho bản được thể hiện trên các hình A.1 và A.2.



**Hình A.1 – Bản vẽ ván khuôn bản mặt đường**



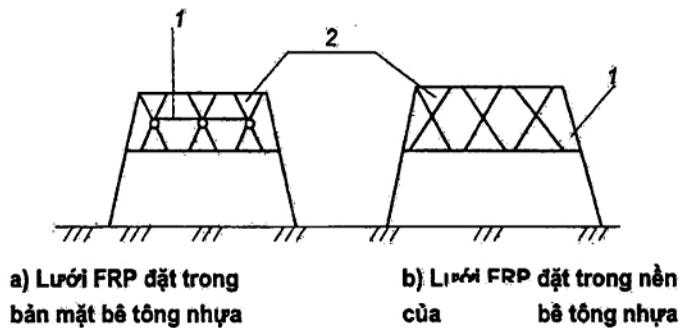
Hình A.2 – Bản vẽ đặt cốt của bản mặt đường

## A.2 Sử dụng FRP làm cốt cho mặt bê tông nhựa

**A.2.1** Việc sử dụng FRP làm cốt cho mặt bê tông nhựa giải quyết được các bài toán sau đây để tăng chất lượng của nó:

- Tối ưu hóa vết nứt;
- Đảm bảo nối các dải mới của bản mặt bê tông nhựa với dải cũ (nối theo khe dọc);
- Có khả năng rải các mặt bê tông nhựa, bê tông xi măng hoặc bản mặt đường nằm trên các đường thông tin và các khe ngang;
- Có khả năng đặt cốt cho một trong số các lớp bê tông nhựa để tăng khả năng chịu lực khi xây dựng mới.

**A.2.2** Các phương án sử dụng lưới FRP làm cốt để gia cố mặt bê tông nhựa của đường ô tô được thể hiện trên Hình A.3.



CHÚ DẪN

1 – Lưới FRP; 2 – Bê tông nhựa.

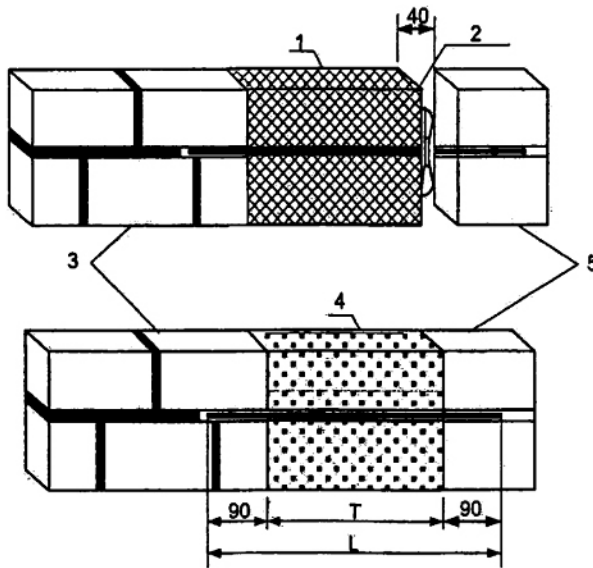
Hình A.3 – Các phương án đặt cốt cho mặt bê tông nhựa

**Phụ lục B**  
**(Tham khảo)**  
**Một số ví dụ sử dụng FRP**  
**làm các liên kết mềm trong các kết cấu bao che**

**B.1 Sử dụng BFRP trong các tường gạch 3 lớp**

**B.1.1** Các thanh liên kết mềm BFRP đường kính 6 mm được dùng để liên kết lớp chịu lực với lớp ốp trong các tường gạch 3 lớp với lớp cách nhiệt bên trong (xem sơ đồ Hình B.1).

Kích thước tính bằng bằng milimét



**CHÚ DẪN:**

1 – Tấm khoáng; 2 – Khe thông gió; 3 – Tường chịu lực; 4 – Polystyrene; 5 – Tường ốp.

**CHÚ THÍCH:** 90 là chiều dài neo vào tường chịu lực và tường ốp (khuyến nghị); T là chiều dày lớp cách nhiệt; 40 là chiều rộng khe thông gió; L là chiều dài thanh liên kết mềm.

**Hình B.1 – Sơ đồ bố trí các thanh liên kết mềm**

B.1.2 Các đặc trưng kỹ thuật của thanh liên kết mềm BFRP sử dụng cho Hình B.1 được ghi trong Bảng B.1.

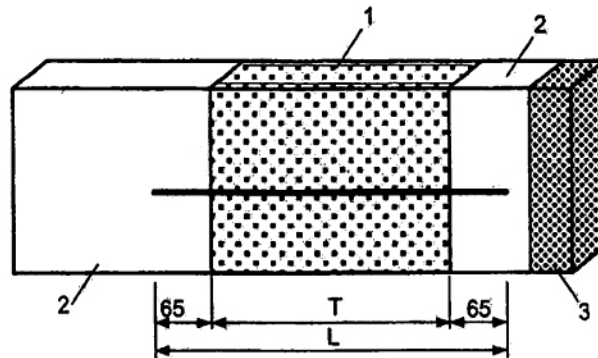
**Bảng B.1 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm BFRP đường kính 6 mm**

Các chỉ tiêu	Giá trị
Đường kính, mm	6
Chiều dài neo tối thiểu, mm	90
Mô đun đàn hồi khi kéo, MPa	51 000
Ứng suất kéo đứt, MPa, không nhỏ hơn	1 000
Ứng suất phá hoại khi uốn, MPa, không nhỏ hơn	1 000
Lực kéo đứt từ vữa M10, N	4 000
Biến dạng tương đối khi đứt, %, không nhỏ hơn	3
Hệ số dẫn nhiệt, W/(m.K)	0,46

## B.2 Sử dụng các thanh liên kết mềm BFRP để sản xuất các khối cách nhiệt

B.2.1 Các thanh liên kết mềm BFRP đường kính 4 mm làm từ sợi bazan được dùng để sản xuất các khối cách nhiệt và được sử dụng trong xây dựng nhà thấp tầng (xem Hình B.2).

Kích thước tính bằng bằng milimét



### CHÚ DẪN:

1 – Polystyrene; 2 – Bê tông rỗng keramzit, bê tông và các vật liệu khác; 3 – Lớp ốp trang trí.

CHÚ THÍCH: 65 là chiều dài neo vào tường chịu lực và tường ốp (khuyến nghị); T là chiều dày lớp cách nhiệt; 40 là chiều rộng khe thông gió; L là chiều dài thanh liên kết mềm.

**Hình B.2 – Sơ đồ bố trí các thanh liên kết mềm để sản xuất các khối cách nhiệt hiệu quả**

B.2.2 Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm sử dụng trên Hình B.2 được ghi trong Bảng B.2.

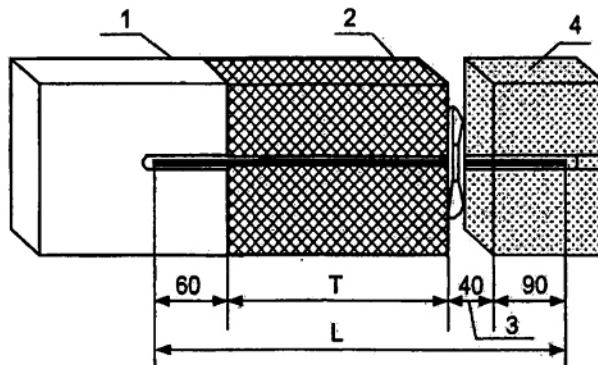
**Bảng B.2 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm BFRP đường kính 4 mm**

Các chỉ tiêu	Giá trị
Đường kính, mm	4
Chiều dài neo tối thiểu, mm	65
Mô đun đàn hồi khi kéo, MPa	51 000
Ứng suất kéo đứt, MPa, không nhỏ hơn	1 000
Ứng suất phá hoại khi uốn, MPa, không nhỏ hơn	1 200
Lực kéo đứt từ bê tông B25, N, không nhỏ hơn	2 000
Hệ số dẫn nhiệt, W/(m.K)	0,46

**B.3 Sử dụng các thanh liên kết mềm BFRP để liên kết tường chịu lực toàn khối với lớp ốp thông qua lớp cách nhiệt**

B.3.1 Các thanh liên kết mềm đường kính 6 mm để liên kết tường chịu lực toàn khối với lớp ốp thông qua lớp cách nhiệt (xem sơ đồ Hình B.3).

Kích thước tính bằng bảng milimét



**CHÚ DẪN:**

1 – Tường bê tông chịu lực; 2 – Tấm khoáng; 3 – Khe thông gió không nhỏ hơn 40 mm; 4 - Tường ốp.

CHÚ THÍCH: 60 là chiều dài neo vào tường chịu lực (khuyến nghị); 90 là chiều dài neo vào tường ốp (khuyến nghị); T là chiều dày lớp cách nhiệt; 40 là chiều rộng khe thông gió; L là chiều dài thanh liên kết mềm.

**Hình B.3 – Sơ đồ bố trí các thanh liên kết mềm để cách nhiệt và ốp tường toàn khối**

**B.3.2** Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm sử dụng trên Hình B.3 được ghi trong Bảng B.3.

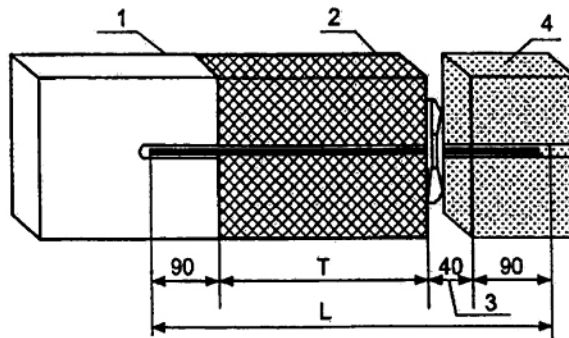
**Bảng B.3 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm**

Các chỉ tiêu	Giá trị
Đường kính, mm	6
Chiều dài neo tối thiểu, mm	90
Mô đun đàn hồi khi kéo, MPa	51 000
Ứng suất kéo đứt, MPa, không nhỏ hơn	1 000
Ứng suất phá hoại khi uốn, MPa, không nhỏ hơn	1 000
Lực kéo đứt từ bê tông B25, N, không nhỏ hơn	700
Lực kéo đứt từ vữa M10, N	12 010
Biến dạng tương đối khi đứt, %, không nhỏ hơn	3
Hệ số dẫn nhiệt, W/(m·K)	0,46

**B.4** Sử dụng các thanh liên kết mềm BFRP để liên kết lớp ốp bằng gạch đất sét nung với tường chịu lực bằng bê tông khí

**B.4.1** Các thanh liên kết mềm được dùng để liên kết lớp ốp bằng gạch đất sét nung với tường chịu lực bằng bê tông khí (xem Hình B.4).

Kích thước tính bằng bằng milimét



**CHÚ DẪN:**

1 – Bê tông khí; 2 – Lớp cách nhiệt; 3 – Khe thông gió; 4 – Tường ốp.

**CHÚ THÍCH:** 90 là chiều dài neo vào tường chịu lực và tường ốp (khuyến nghị); T là chiều dày lớp cách nhiệt; 40 là chiều rộng khe thông gió; L là chiều dài thanh liên kết mềm.

**Hình B.4 – Sơ đồ bố trí các thanh liên kết mềm cho bê tông khí**

B.4.2 Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm sử dụng trên Hình B.4 được ghi trong Bảng B.4.

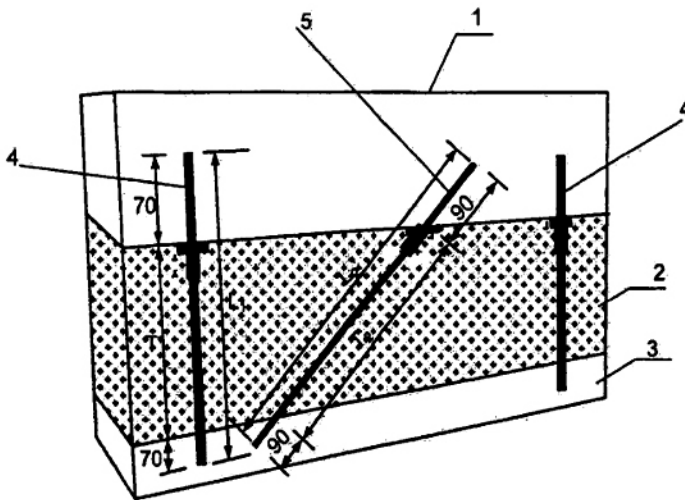
Bảng B.4 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm

Mác bê tông khí theo khối lượng thể tích	Lực kéo đứt, N, không nhỏ hơn	Ứng suất uốn phá hoại, MPa, không nhỏ hơn	Ứng suất kéo phá hoại, MPa, không nhỏ hơn
D400	2 500	1 000	1 000
D500	3 000	1 000	1 000
D600	4 000	1 000	1 000

**B.5 Sử dụng các thanh liên kết mềm BFRP cho panen 3 lớp**

B.5.1 Các thanh liên kết mềm BFRP được sử dụng để chế tạo panen bê tông cốt thép dạng "Sandwich" trong xây dựng nhà tấm lớn (xem Hình B.5).

Kích thước tính bằng bằng milimét



**CHÚ DẪN:**

- 1 – Lớp ngoài của panen; 2 – Lớp cách nhiệt; 3 – Lớp trong của panen;
- 4 – Thanh kéo; 5 – Thanh xiên.

CHÚ THÍCH: 70 là chiều dài neo của thanh kéo vào lớp ngoài và lớp trong của panen (khuyến nghị); T là chiều dày lớp cách nhiệt; 90 là chiều dài neo của thanh xiên vào lớp ngoài và lớp trong của panen; L<sub>1</sub> là chiều dài thanh kéo; L<sub>2</sub> là chiều dài thanh xiên.

Hình B.5 – Sơ đồ bố trí các thanh liên kết mềm BFRP cho tường 3 lớp dạng "Sandwich"

**B.5.2** Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm sử dụng trên Hình B.5 được ghi trong Bảng B.5.

**Bảng B.5 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm BFRP**

Các chỉ tiêu	Giá trị
Đường kính, mm	6
Chiều dài neo tối thiểu, mm	70
Mô đun đàn hồi khi kéo, MPa	51 000
Ứng suất kéo đứt, MPa, không nhỏ hơn	1 000
Ứng suất phá hoại khi uốn, MPa, không nhỏ hơn	900
Lực kéo đứt từ bê tông, N, không nhỏ hơn	6 000
Biến dạng tương đối khi đứt, %, không nhỏ hơn	3
Hệ số dẫn nhiệt, W/(m·K)	0,46

**B.6** Sử dụng các thanh liên kết mềm GFRP để chế tạo các bloc cách nhiệt 3 lớp hiệu quả

**B.6.1** Các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 4 mm

**B.6.1.1** Các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 4 mm được dùng để chế tạo các bloc cách nhiệt hiệu quả 3 lớp.

**B.6.1.2** Cấu tạo bao gồm:

- Đầu neo mở rộng đường kính 5,6 mm để đảm bảo bám dính với bê tông;
- Thanh cốt sợi thủy tinh đường kính 4 mm;
- Đầu neo mở rộng có đầu nhọn để xuyên thủng lớp cách nhiệt.

**B.6.1.3** Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 4 mm được ghi trong Bảng B.6.

**Bảng B.6 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 4 mm**

Các chỉ tiêu	Giá trị
Đường kính thanh liên kết mềm, mm	4,0
Chiều dài neo khuyến nghị, mm	50 đến 60
Lực kéo đứt khi chiều dài neo bằng 50 mm, N	7 000
Hệ số dẫn nhiệt, W/(m·K)	0,48
Cường độ chịu uốn, MPa	1 500
Lực kéo đứt, N	9 850
Thời hạn sử dụng, năm	100

**B.6.2 Các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 5,5 mm**

**B.6.2.1** Các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 5,5 mm được sử dụng cho tường đá 3 lớp, tường gạch và tường hỗn hợp.

**B.6.2.2** Cấu tạo bao gồm:

- Đầu neo phình đường kính 7,7 mm đối với bảm dính chắc chắn của cốt với bê tông hoặc vữa xây dựng;
- Thanh cốt sợi thủy tinh đường kính 5,5 mm;
- Tấm đệm để tạo khe thông gió;
- Đầu chụp bằng nhựa để chọc thủng được lớp cách nhiệt.

**B.6.2.3** Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm đường kính 5,5 mm được ghi trong Bảng B.7.

**Bảng B.7 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 5,5 mm**

Các chỉ tiêu	Giá trị
Đường kính thanh liên kết mềm, mm	5,5
Chiều dài neo tối thiểu, mm	90
Lực kéo đứt khi chiều dài neo 90 mm, N	9 970
Hệ số dẫn nhiệt, W/(m.K)	0,48
Cường độ chịu uốn, MPa	1 500
Mô đun đàn hồi, MPa, không nhỏ hơn	50 000
Lực kéo đứt, N	21 500
Thời hạn sử dụng, năm	100
Khoảng nhiệt độ làm việc, °C	-60 đến +93

**B.6.3 Các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 7,5 mm**

**B.6.3.1** Các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 7,5 mm được sử dụng cho panen bê tông cốt thép 3 lớp.

**B.6.3.2** Cấu tạo bao gồm:

- Đầu neo mở rộng đường kính 10,5 mm để đảm bảo bảm dính chắc chắn của cốt với bê tông;
- Đầu định vị công nghệ để lắp đặt liên kết vào vị trí thiết kế; .
- Thanh cốt sợi thủy tinh đường kính 7,5 mm;
- Đầu chụp bằng nhựa để chọc thủng lớp cách nhiệt.

Thường có 2 loại cấu tạo: nằm ngang và nghiêng.

B.6.3.3 Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm đường kính 7,5 mm được ghi trong Bảng B.8.

**Bảng B.8 – Các đặc trưng kỹ thuật của các thanh liên kết mềm GFRP đường kính 7,5 mm**

Các chỉ tiêu	Giá trị
Đường kính thanh liên kết mềm, mm	7,5
Chiều dài neo, mm, không nhỏ hơn	40
Cường độ chịu kéo, MPa	700
Cường độ chịu nén, MPa	700
Cường độ chịu uốn, MPa	900

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- [1] СТО НОСТРОЙ 2.6.90-2014, *Применение в строительных бетонных и геотехнических конструкциях неметаллической композитной арматуры (Sử dụng cốt composit phi kim loại trong kết cấu bê tông và địa kỹ thuật)*
- [2] ТР 013-1-04, *Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях – Технические рекомендации (Các khuyến nghị kỹ thuật về sử dụng cốt composit phi kim loại có gờ trong kết cấu bê tông – Các khuyến nghị kỹ thuật)*
- [3] ТУ 2296-001-20994511-06, *Арматура стеклопластиковая – Технические условия (Cốt sợi thủy tinh – Các yêu cầu kỹ thuật)*
- [4] ТУ 2296-003-23475912-00, *Связи базальтопластиковые гибкие цементостойкие для кирпичной кладки– (Các liên kết mềm cốt sợi bazan bền xi măng cho khối xây gạch)*
- [5] ТУ 5714-007-13101102-2009, *Арматура композитная "ROCKBAR" – Технические условия (Cốt composit "ROCKBAR" – Các yêu cầu kỹ thuật)*
- [6] ТУ 5714-008-13101102-2011, *Гибкие связи "Гален" для трехслойных панелей типа "сэндвич" – Технические условия (Các liên kết mềm "Galen" cho tấm tường 3 lớp "Sandwich")*
- [7] ТУ 5714-010-13101102-2011, *Гибкие связи "Гален" из базальтопластика – Технические условия (Các liên kết mềm "Galen" làm từ cốt sợi bazan)*
- [8] ТУ 5714-013-13101102-2012, *Гибкие связи "Гален" для газобетона – Технические условия (Các liên kết mềm "Galen" cho bê tông khí)*
- [9] ТУ 5769-001-83269053-2010, *Арматура композитная периодического профиля Технические условия (Cốt phi kim loại có gờ – Các yêu cầu kỹ thuật)*
- [10] ТУ 5769-248-35354501-2007, *Арматура неметаллическая композитная периодического профиля (Cốt phi kim loại có gờ – Các yêu cầu kỹ thuật)*
- [11] Львович Ю.М. *Геотехнические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве. М., 2002. – 116 с.: ил. (Автомоб. дороги: Обзорн. Информ./Информавтодор; Вып.7) (Lvovich, U.M., Các vật liệu địa kỹ thuật và nhựa địa kỹ thuật trong xây dựng đường. Mátxcova, 2002).*
- [12] *Основания, Фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектирования. М., Стройиздат, 1985 (Nền, móng và các công trình ngầm, Sổ tay thiết kế, Mátxcova. NXB Stroiizdat, 1985).*
-