

BỘ XÂY DỰNG

**TÀI LIỆU KỸ THUẬT
CHỈ DẪN THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ NGHIỆM
THU HỆ BAO CHE BẰNG ĐÁ**

(Ban hành kèm theo Quyết định số 862/QĐ-BXD ngày 05 tháng 10 năm 2022 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng)

Năm 2022

MỤC LỤC

| | |
|---|----|
| LỜI NÓI ĐẦU | 5 |
| PHẦN 1: THIẾT KẾ HỆ BAO CHE BẰNG ĐÁ | 9 |
| 1.1. Đối tượng và phạm vi áp dụng | 9 |
| 1.2. Vật liệu | 9 |
| 1.3. Phân loại đá sử dụng trong xây dựng | 12 |
| 1.4. Thiết kế hệ bao che bằng đá | 21 |
| 1.5. Thiết kế liên kết | 25 |
| PHẦN 2: THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU HỆ BAO CHE BẰNG ĐÁ | 47 |
| 2.1. Gia công chế tạo | 47 |
| 2.2. Lắp đặt hệ bao che bằng đá | 48 |
| 2.3. Nghiệm thu | 49 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO | 56 |

LỜI NÓI ĐẦU

Tài liệu kỹ thuật này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học do Viện Khoa học công nghệ xây dựng chủ trì thực hiện.

Tài liệu kỹ thuật gồm 02 mục:

1. Thiết kế hệ bao che bằng đá
2. Thi công và nghiệm thu hệ bao che bằng đá

Giới thiệu chung

Chỉ dẫn này bao gồm các nội dung dùng để tham khảo khi thiết kế hệ bao che bằng đá. Nội dung của yếu đưa ra các giải pháp kỹ thuật nhằm thiết kế kết cấu chính của các hệ bao che. Ngoài ra, để đảm bảo các yêu cầu về cách âm, cách nhiệt, thông gió, chiếu sáng, tiết kiệm năng lượng... thì cần tuân thủ các yêu cầu bổ sung của các tài liệu, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật tương ứng khác có liên quan.

PHẦN 1: THIẾT KẾ HỆ BAO CHE BẰNG ĐÁ

1.1. Đối tượng và phạm vi áp dụng

Phần 1 bao gồm các nội dung dùng để tham khảo khi thiết kế hệ bao che bằng đá. Nội dung của yếu tố đưa ra các giải pháp kỹ thuật nhằm thiết kế kết cấu chính của các hệ bao che. Ngoài ra, để đảm bảo các yêu cầu về cách âm, cách nhiệt, thông gió, chiếu sáng, tiết kiệm năng lượng... thì cần tuân thủ các yêu cầu bổ sung của các tài liệu, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật tương ứng khác có liên quan.



Hình 1.1 – Tòa nhà Vietcombank tại TP. Hồ Chí Minh. Nguồn: internet

1.2. Vật liệu

1.2.1. Tổng quát

Do sự thay đổi tự nhiên của vật liệu đá, có thể có sự sai lệch so với các giá trị khai báo. Trong trường hợp việc xử lý đá có khả năng thay đổi các đặc tính của vật liệu ban đầu (ví dụ, sử dụng chất độn hoặc bất kỳ sản phẩm tương tự nào khác để sửa chữa các lỗ tự nhiên, vết rạn, vết nứt...), điều này phải được tính đến khi xác định các đặc tính được yêu cầu.

Các đặc điểm sau phải được khai báo khi được yêu cầu.

1.2.2. Diện mạo trực quan

Đặc tính này phải luôn luôn được khai báo.

Màu sắc, vân, chất liệu (texture) ... của đá nên được xác định một cách trực quan, thường là bằng một mẫu tham chiếu của cùng một loại đá, có khả năng đưa ra một mô tả chung về diện mạo trực quan.

Mẫu tham chiếu phải được cung cấp bởi nhà cung ứng.

1.2.3. Mẫu tham chiếu

Một mẫu tham chiếu phải bao gồm đủ số lượng khối đá tự nhiên có kích thước đủ để thể hiện được hình dáng chung của sản phẩm hoàn chỉnh. Diện tích của các khối khác nhau phải nằm trong khoảng từ 0,01 m² đến 0,25 m² và nó phải bao gồm toàn bộ phạm vi xuất hiện có thể, liên quan đến màu sắc, các vân, kết cấu vật lý và bề mặt hoàn thiện. Cụ thể, mẫu tham chiếu phải thể hiện các đặc tính cụ thể của đá, chẳng hạn như lỗ đối với đá travertine, lỗ sâu đục đối với đá cẩm thạch, vết bản, vết pha lê và vết gi.

Mẫu tham chiếu không ngụ ý sự bắt buộc phải có tính đồng nhất nghiêm ngặt giữa bản thân mẫu và đá được cung cấp thực tế; luôn luôn có thể có các thay đổi tự nhiên.

Ví dụ, nếu việc xử lý đá liên quan đến việc sử dụng hỗn hợp để sửa chữa, chất độn hoặc bất kỳ sản phẩm tương tự nào khác cho các lỗ, vết rạn hoặc vết nứt tự nhiên, mẫu tham chiếu cũng phải thể hiện được tác động của những yếu tố này đối với bề mặt hoàn thiện.

Tất cả các đặc tính được minh họa bằng mẫu tham chiếu phải được coi là điển hình của đá và không phải là khuyết tật; do đó, chúng không là một nguyên nhân để loại bỏ, trừ khi sự tập trung của chúng quá mức và tính chất riêng của đá bị mất đi.

Tên và chi tiết liên lạc của nhà sản xuất hoặc nhà cung cấp, cũng như tên của vật liệu phải xuất hiện trên mẫu tham chiếu.

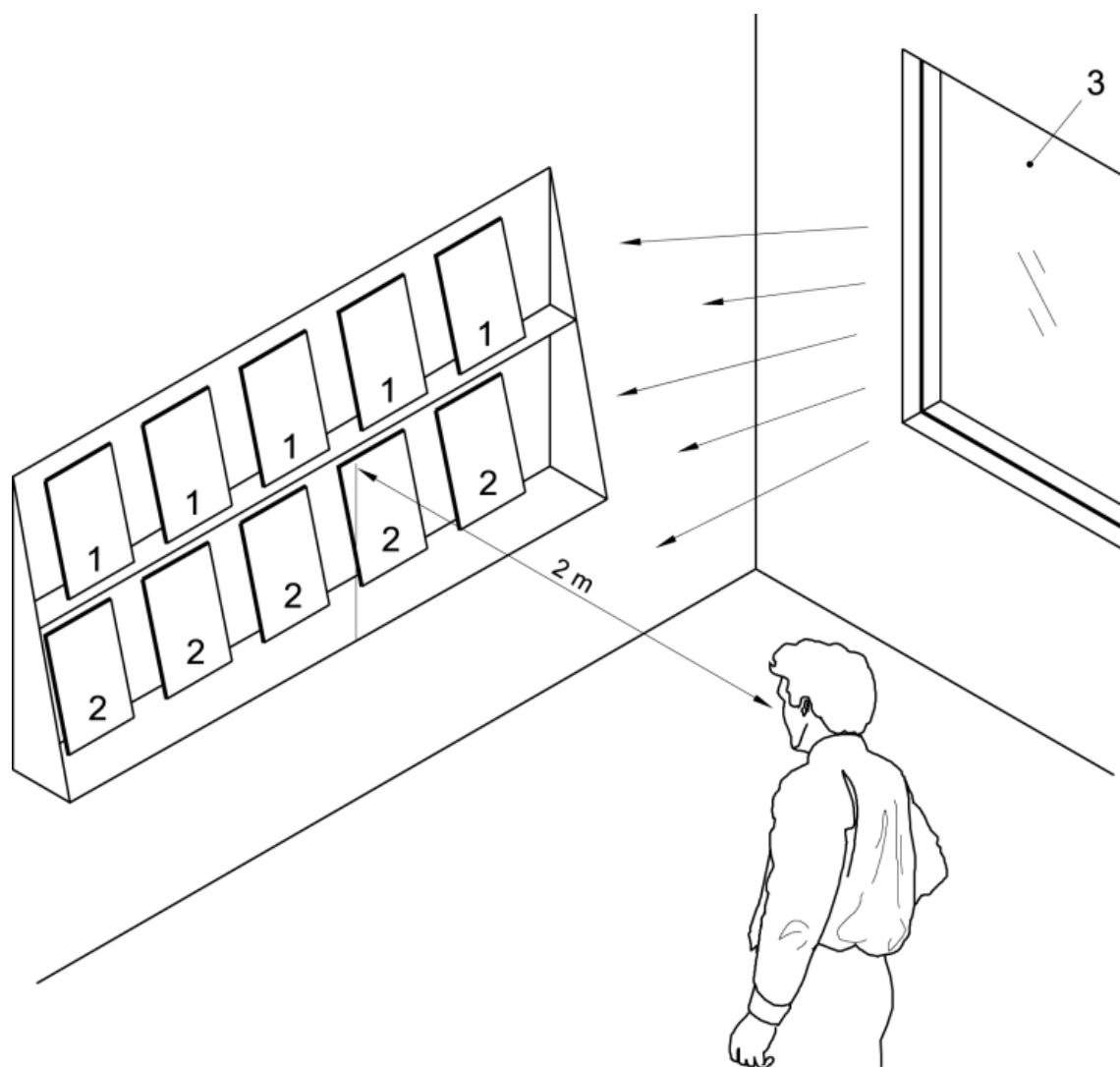
Bất kỳ so sánh giữa mẫu tham chiếu và mẫu sản xuất nên được thực hiện sau khi kết hợp hai mẫu, quan sát chúng ở khoảng cách khoảng hai mét trong điều kiện bình thường, dưới ánh sáng ban ngày. Bất kỳ sự khác biệt có thể nhìn thấy được thiết lập giữa các đặc tính của hai mẫu đá phải được ghi lại.

1.2.4. Cường độ chịu uốn

Độ bền uốn phải được xác định bằng phương pháp thử được nêu trong TCVN 6415-4:2005 (ISO 10545-4:2004), EN 12372 hoặc EN 13161 và các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác.

1.2.5. Hấp thụ nước ở áp suất khí quyển

Độ hấp thụ nước phải được xác định bằng phương pháp thử nghiệm được nêu trong TCVN 6415-3:2005 (ISO 10545-3:1995), EN 13755 và các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác.



CHÚ DẪN:

- 1 Mẫu tham chiếu
- 2 Mẫu sản xuất
- 3 Ánh sáng ban ngày

Hình 1.2 – So sánh giữa mẫu sản xuất và mẫu tham chiếu [2]

1.2.6. Phản ứng với lửa

Đá tự nhiên được coi là thuộc nhóm A1 khi tiếp xúc với lửa, với các trường hợp ngoại lệ sau:

a. đá tự nhiên có hàm lượng nhựa đường lớn hơn 1% theo khối lượng hoặc theo thể tích (giá trị bất lợi nhất được lấy), và việc sử dụng cuối cùng phải tuân theo các quy định về hỏa hoạn, phải được kiểm tra phản ứng với lửa và được phân loại theo EN 13501-1;

b. khi xử lý đá liên quan đến việc sử dụng hỗn hợp để sửa chữa, chất độn hoặc bất kỳ sản phẩm tương tự nào khác cho các lỗ tự nhiên, rạn, vết nứt hoặc các đặc tính tương tự khác, lớn hơn 1% theo khối lượng hoặc theo thể tích (giá trị bất lợi nhất được lấy), và khi việc sử dụng cuối cùng của đá phải tuân theo các quy định về hỏa hoạn, chúng phải

được thử nghiệm lửa và được phân loại theo EN 13501-1.

1.2.7. Hấp thụ nước bởi mao dẫn

Sự hấp thụ nước bằng mao dẫn phải được xác định bằng phương pháp thử được nêu trong EN 1925.

Không thực hiện thử nghiệm này trên đá với độ rỗng mở dưới 1,0%.

1.2.8. Khối lượng thể tích và độ rỗng mở

Khối lượng thể tích và độ rỗng mở phải được xác định bằng phương pháp thử nghiệm được nêu trong TCVN 6415-3:2005 (ISO 10545-3:1995), EN 1936 và các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác.

1.2.9. Khả năng chống sốc nhiệt

Độ bền của các chu kỳ nhiệt phải được xác định bằng phương pháp thử nghiệm được nêu trong EN 14066 và các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác, và các thay đổi về khối lượng và mô đun đàn hồi động cần được xác định.

1.2.10. Cường độ nén

Cường độ nén phải được xác định bằng phương pháp thử nghiệm được nêu trong EN 1926, EN 772-1 và các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác.

1.3. Phân loại đá sử dụng trong xây dựng

1.3.1. Đá granit (đá hoa cương)

Đá granit là một loại đá mácma xâm nhập phổ biến có thành phần axit. Đá hoa cương có kiến trúc hạt trung tới thô, khi có các tinh thể lớn hơn nằm nổi bật trong đá thì gọi là kiến trúc porphia hay nổi ban. Đá hoa cương có màu hồng đến xám tối hoặc thậm chí màu đen, tùy thuộc vào thành phần hóa học và khoáng vật cấu tạo nên đá. Các khối đá hoa cương lộ ra trên mặt đất ở dạng khối và có xu hướng tròn cạnh khi bị phong hóa. Đá hoa cương đôi khi xuất hiện ở dạng trứng tròn được bao bọc bởi các dây đồi được hình thành từ quá trình biến chất tiếp xúc nhiệt hay sừng hóa.

Đá hoa cương hầu hết có cấu tạo khối, cứng và xù xì, và được sử dụng rộng rãi làm đá xây dựng. Tỷ trọng riêng trung bình là $2,75 \text{ g/cm}^3$. Độ nhớt ở nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn là $\sim 4.5 \times 10^{19} \text{ Pa.s}$.

Đá granit dùng trong hệ bao che phải tuân thủ theo tiêu chuẩn kỹ thuật ASTM C-615 hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

1.3.2. Đá cẩm thạch

Đá cẩm thạch là một loại đá biến chất từ đá vôi có cấu tạo không phân phiến. Thành phần chủ yếu của nó là canxit (dạng kết tinh của cacbonat canxi, CaCO_3). Đá cẩm thạch có thể làm tăng độ bóng.

Đá cẩm thạch dùng trong hệ bao che phải tuân thủ theo tiêu chuẩn kỹ thuật ASTM C503 hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

1.3.3. Đá sa thạch (cát kết)

Đá sa thạch hay đá cát kết là đá trầm tích vụn cơ học với thành phần gồm các hạt cát chủ yếu là fenspat và thạch anh được gắn kết bởi xi măng silic, canxi, oxit sắt... Tùy theo từng loại xi măng mà cát kết có màu sáng, xám, lục đỏ.

Đá sa thạch dùng trong hệ bao che phải tuân thủ theo tiêu chuẩn ASTM-616 hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

1.3.4. Đá vôi

Đá vôi loại một loại đá trầm tích, về thành phần hóa học chủ yếu là khoáng vật canxit và aragonit (các dạng kết tinh khác nhau của cacbonat canxi CaCO_3). Đá vôi ít khi ở dạng tinh khiết, mà thường bị lẫn các tạp chất như đá phiến silic, silica và đá mácma cũng như đất sét, bùn, cát, bitum... nên nó có màu sắc từ trắng đến màu tro, xanh nhạt, vàng và cả màu hồng sẫm, màu đen. Đá vôi có độ cứng 3, khối lượng riêng $2600 \div 2800 \text{ kg/m}^3$, cường độ chịu nén $1700 \div 2600 \text{ kg/cm}^2$, độ hút nước $0,2 \div 0,5\%$.

Đá vôi dùng trong hệ bao che phải tuân thủ theo tiêu chuẩn ASTM C-568 hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

1.3.5. Đá xanh bluestone

Đá xanh (bluestone) là đá sa thạch biến chất hạt mịn. Nó có màu sắc từ xanh lam, xám, xanh lá cây, nâu và đỏ, với bề mặt màu sắc ngẫu nhiên : màu đồng đỏ, vàng đồng và nâu.

1.3.6. Đá phiến lớp (đá bảng, slate)

Đá phiến lớp là một loại đá trầm tích hạt mịn. Nó có tính phân phiến.

Đá phiến lớp có màu xám, đen, tím, xanh lá cây, đỏ và nâu.

1.3.7. Đá phiến

Đá phiến là một loại đá biến chất cấp trung bình.

Đá phiến bao gồm các hạt dạng tấm phẳng trung bình đến lớn được sắp xếp theo một phương nhất định (các hạt gần nhau gần như song song nhau). Nó được xác định khi có hơn 50% khoáng vật phẳng và kéo dài, thường xen kẽ giữa thạch anh và feldspar. Các khoáng vật dạng tấm này bao gồm mica, clorit, talc, hornblend, graphit, và các loại khác. Thạch anh thường ở dạng hạt kéo dài tạo thành dạng được gọi là đá phiến thạch anh hoặc điệp thạch thạch anh. Đá phiến thường chứa granat. Đá phiến hình thành ở nhiệt độ cao hơn và có hạt lớn hơn phyllit.

1.3.8. Sử dụng đá tự nhiên

Đối với hệ bao che, thường sử dụng đá xanh (bluestone), đá granite và các loại đá mácma vì chúng bền hơn, chịu được các tác động của thời tiết tốt hơn.

Khả năng chịu mài mòn của đá được xác định theo phương pháp thử nghiệm nêu trong tiêu chuẩn ASTM C-24 hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác 1.

Tốc độ hấp thụ nước thấp, cường độ kháng uốn cao cùng với khả năng chịu được các tác động của thời tiết là các đặc tính quan trọng nhất khi lựa chọn đá cho hệ bao che.

1.3.9. Tính chất đá tự nhiên

Bảng 1.1 đưa ra các giá trị liên quan đến tính chất vật lý và cơ học của đá. Tuy nhiên, các giá trị được đưa ra trong bảng này chỉ mang tính tham khảo, như một chỉ dẫn để nhận dạng đá.

Bảng 1.1 - Tính chất vật lý và cơ học của đá [1]

| Nhóm | Loại đá | Khối lượng riêng | Độ hút nước ở áp suất khí quyển | Cường độ nén dọc trục | Hệ số giãn nở vì nhiệt |
|--------------|--------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | (Kg/m ³) | (% khối lượng) | (MPa) | (mm/mK) |
| Đá lửa | Granite | 2.500-2.800 | 0.1-0.9 | 130-270 | 0.008 |
| | Syenite | 2.600-2.800 | 0.2-0.9 | 160-240 | 0.008 |
| | Diorite | 2.800-3.000 | 0.2-0.4 | 170-300 | 0.009 |
| | Gabbro | 2.800-3.000 | 0.2-0.4 | 170-300 | 0.009 |
| | Pcirodite | 2.500-2.800 | 0.2-0.7 | 180-300 | 0.013 |
| | Basalt | 2.900-3.000 | 0.1-0.3 | 240-400 | 0.1-0.3 |
| | Diabase | 2.800-2.900 | 0.1 - 0.4 | 180-250 | 0.1-0.4 |
| Đá trầm tích | Breccia | 2.600-2.750 | 0.1 -1.0 | 50-160 | 0.003 |
| | Conglomerate | 2.200-2.500 | 0.8-1.0 | 20-160 | 0.002-0.003 |
| | Sandstone | 2.000-2.700 | 0.2-10 | 30-150 | 0.012 |
| | Limestone | 2.600-2.900 | 0.1 -3.0 | 75-240 | 0.004-0.001 |
| | Dolomite | 2.600-2.900 | 0.1 -3.0 | 75-240 | 0.005 |
| | Travertine | 2.400-2.500 | 2.0-5.0 | 20-60 | 0.007 |
| Metamorphic | Marble | 2.600-2.900 | 0.1-3.0 | 75-240 | 0.003-0.006 |
| | Migmatite | 2.600-3.000 | 0.3-0.4 | 100-200 | 0.005-0.008 |
| | Slate | 2.600-2.800 | 0.2-0.4 | 140-200 | 0.005-0.001 |
| | Quartzite | 2.600-2.700 | 0.2-0.5 | 150-300 | 0.0125 |
| | Gneiss | 2.600-3.000 | 0.3-0.45 | 100-200 | 0.005-0.008 |

1.3.10. Các thử nghiệm

1.3.10.1. Tính đồng nhất của đá

Đá là một sản phẩm của tự nhiên, do đó, tính chất nó thay đổi rất nhiều. Các tính chất của đá được khai thác từ một phần của mỏ đá có thể không đại diện được cho cùng một loại đá được khai thác từ một phần khác của mỏ. Một số Kiến trúc sư chỉ định mẫu thử nghiệm cường độ từ mỗi mỏ để xác minh tính đồng nhất đủ để đưa đá vào sử dụng.

1.3.10.2. Thử nghiệm ướt/khô

Đối với hầu hết các thử nghiệm, mẫu đá được thử khô. Tuy nhiên, vì cường độ có thể thay đổi khi đá ướt, nên các thử nghiệm về cường độ (xác định cường độ nén, cường độ uốn, mô đun phá hủy) đôi khi được thực hiện bằng cách sử dụng mẫu đá ướt. Trong điều kiện khô, các mẫu đá được sấy khô trong lò ở $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ($140^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$) trong ít nhất 48 giờ hoặc cho đến khi trọng lượng không thay đổi khi sấy thêm. Trong điều kiện ẩm ướt, các mẫu đá được ngâm trong nước ở $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ($72^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$) trong 48 giờ, lau và thử ngay lập tức.

1.3.10.3. Kiểm tra song song/vuông góc với khe nứt

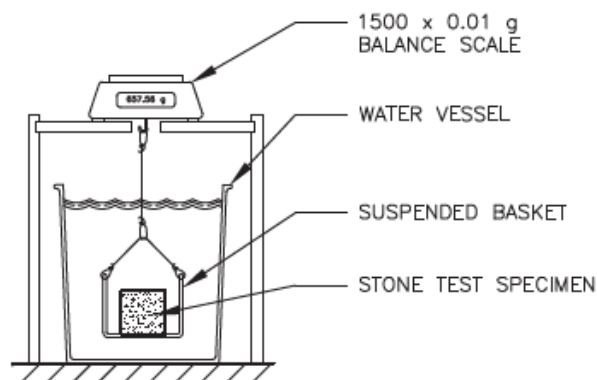
Cường độ của đá cũng thay đổi theo chiều tác dụng của tải trọng hoặc lực với hướng khe nứt của đá. Khe nứt là mặt phẳng phân tách dễ dàng nhất của đá. Đá sẽ yếu hơn nếu tải trọng tác dụng có xu hướng làm cho các lớp đá trượt lên nhau, so với khi tải trọng tác dụng có xu hướng ép các lớp với nhau. Sự thay đổi về cường độ khi đá có nhiều khe nứt (ví dụ như một loại đá trầm tích) có thể lớn hơn là trong đá có ít khe nứt hơn (ví dụ như một số đá mácma). Sự thay đổi cũng phụ thuộc vào mức độ gắn kết của các lớp với nhau. Để xác định sự thay đổi, các thử nghiệm về cường độ được tiến hành với tải trọng tác dụng song song và vuông góc với khe nứt. Khi mẫu thử được gửi để thử nghiệm như vậy, cần đánh dấu rõ khe nứt. Các thử nghiệm về cường độ có thể được tiến hành dưới bốn điều kiện, ướt hoặc khô và với tải trọng song song hoặc vuông góc với khe nứt.

1.3.10.4. Độ hấp thụ nước

Độ hấp thụ nước là một cách để đo độ rỗng của đá và có thể là một chỉ số phản ánh tính dễ bị hư hại của nó trong quá trình đóng băng. Đá có khả năng hấp thụ nước lớn hơn cũng sẽ có xu hướng hấp thụ các vết bẩn lỏng dễ dàng hơn. Độ hấp thụ được xác định bằng phần trăm thay đổi trọng lượng do hấp thụ nước. Độ hấp thụ nước tối đa cho phép đối với từng loại đá được quy định trong thông số kỹ thuật tiêu chuẩn cho loại đá đó. Độ hấp thụ nước nằm trong khoảng từ 0,20% đối với đá cẩm thạch đến 12% đối với đá vôi mật độ thấp.

Độ hút nước có thể được xác định theo TCVN 6415-3 : 2005, ASTM C97 [5] hoặc tiêu chuẩn phù hợp khác. Theo tiêu chuẩn ASTM C97 [5], để xác định tỉ trọng đá, cần chuẩn bị ít nhất 3 mẫu thử. Các mẫu thử được sấy khô và cân. Cần đảm bảo là bề mặt đá

không bị nứt bởi quá trình cắt bởi vì những vết nứt này sẽ làm tăng khả năng hấp thụ nước. Các mẫu thử nghiệm sau đó được ngâm trong nước trong 48 giờ, lau khô và cân lại. Sự khác biệt về trọng lượng được chia cho trọng lượng khô và nhân với 100 để có được tỷ lệ phần trăm của sự hấp thụ nước. Việc lau mẫu thử nghiệm ẩm trước khi cân sẽ tạo ra những sự sai khác trong kết quả. Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn mô tả việc lấy mẫu ra khỏi nước và làm khô bề mặt bằng một miếng vải ẩm, nhưng điều này mang tính hơi chủ quan. Một mẫu thử ẩm khô hơn sẽ dẫn đến độ hấp thụ nước thấp hơn (Hình 1.3).



Hình 1.3 – Sơ đồ thí nghiệm độ hút nước của đá theo ASTM C97 [5]

Độ dày của mẫu thử:

Mẫu thử được yêu cầu có chiều dày tối thiểu là 2,5 cm. Tuy nhiên, vẫn có thể thử nghiệm với mẫu thử mỏng hơn. Tùy thuộc vào độ rỗng của đá, việc kiểm tra các mẫu thử mỏng hơn có thể dẫn đến độ hấp thụ nước “biểu kiến” cao hơn so với khi sử dụng mẫu có kích thước tiêu chuẩn. Trong quá trình ngâm, nước có thể không thể xâm nhập vào trung tâm của mẫu chuẩn, nhưng lại có thể được hấp thụ vào trung tâm của mẫu thử mỏng hơn.

Đá phiến lớp:

Tiêu chuẩn ASTM C121 [6] Thử nghiệm xác định độ hấp thụ nước đối với đá phiến lớp (slate) sử dụng các mẫu thử nghiệm có kích thước khác nhau. Mẫu thử có kích thước 10 cm² và chiều dày khe nứt khoảng 0,6 cm đến 1 cm. Quy trình thử nghiệm là như nhau.

1.3.10.5. Khối lượng riêng

Khối lượng riêng của đá có thể được xác định theo TCVN 6415-3 : 2005 , ASTM C97 [5] hoặc tiêu chuẩn phù hợp khác. Trọng lượng riêng của đá cho biết trọng lượng đơn vị của đá, thông số này cần thiết cho Kỹ sư dùng để thiết kế neo. Các chỉ dẫn kỹ thuật tiêu chuẩn quy định các giá trị trọng lượng riêng tối thiểu. Trọng lượng riêng tối thiểu được sử dụng để phân loại đá. Ví dụ, có ba loại đá vôi, mỗi loại có trọng lượng riêng khác nhau cũng như yêu cầu về cường độ khác nhau. Thường đá có trọng lượng riêng cao hơn sẽ cứng hơn, ít rỗng hơn và cường độ lớn hơn, nhưng điều này không phải lúc nào cũng đúng. Lưu ý rằng không có giá trị trọng lượng riêng nào quy định cho đá

phiến lớp (slate) trong tiêu chuẩn ASTM C629 [7], mặc dù nó có thể được xác định, bằng cách sử dụng quy trình của ASTM C97 [5] hoặc tiêu chuẩn phù hợp khác.

1.3.10.6. Trọng lượng khô và ướt

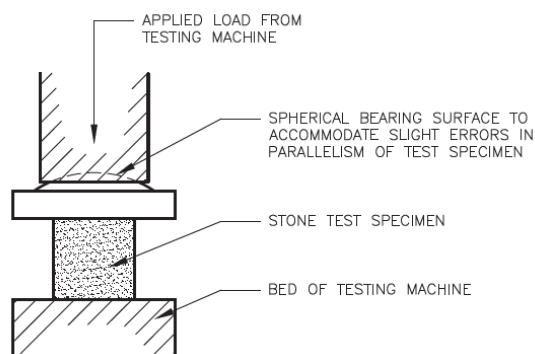
Trọng lượng khô của mẫu đá được chia cho thể tích của nó. Mẫu thử có thể là hình lập phương, hình trụ, hoặc các khối đều khác, với kích thước nằm trong khoảng 5 cm đến 7,5 cm. Bề mặt mẫu thử cần nhẵn. Cần thử nghiệm với ít nhất ba mẫu thử và kết quả được lấy trung bình. Trọng lượng khô của mỗi mẫu thử được xác định sau khi sấy 48 giờ. Đá sau đó được ngâm nước trong 48 giờ, lau gần khô và cân. Sau đó nó được treo trong nước bằng dây mảnh và trọng lượng treo được đo. Sự khác biệt giữa hai phép đo trọng lượng (tính bằng gam) chính là thể tích tính bằng centimet khối (một centimet khối nước có khối lượng 1 gam). Trọng lượng khô tính bằng gam chia cho thể tích tính bằng centimet khối là trọng lượng riêng.

Phương pháp đo thể tích này dựa trên nguyên tắc một vật lơ lửng trong nước có trọng lượng giảm chính bằng với thể tích nước bị chiếm chỗ. 1 centimet nước có trọng lượng 1 gram. Nói cách khác, có một lực đẩy nổi tác dụng lên vật thể bằng trọng lượng của nước bị chiếm chỗ.

1.3.10.7. Thử nghiệm xác định cường độ nén của đá

Cường độ nén phản ánh khả năng chống lại tải trọng nén vỡ. Cường độ nén là tải trọng tối đa trên một đơn vị diện tích mà đá có thể chịu mà không bị phá hủy. Cường độ nén càng cao, đá có thể chịu được tải trọng nén cao hơn. Cường độ nén nằm trong khoảng 12,45 MPa (đối với đá cẩm thạch) đến 131 MPa (đối với đá granit). Để xác định cường độ nén, cần thử nghiệm ít nhất 5 mẫu thử theo tiêu chuẩn ASTM C170 [8]. Mẫu thử là các hình lập phương có kích thước tối thiểu 5 – 7,5 cm mỗi cạnh. Mỗi mặt phải phẳng hoàn toàn và phải song song hoặc vuông góc với nhau. Các mặt phải nhẵn không có dấu dụng cụ và không được có bất kỳ dấu hàn hay vết nứt ở các góc. Các mặt phải được mài giữa hoặc đánh bóng, không có vết cưa hoặc vết dụng cụ khác lưu lại. Bất kỳ khuyết tật nào trong mẫu thử đều có thể dẫn đến cường độ nén thấp hơn. Trong một số trường hợp, phòng thử nghiệm có thể phải hoàn thiện lại các mẫu thử để tạo ra các bề mặt đủ phẳng để thử nghiệm.

Cường độ nén có thể được xác định trong điều kiện khô hoặc ướt và với tải tác dụng song song hoặc vuông góc với khe nứt. Đối với điều kiện khô và ẩm ướt, mẫu thử được sấy khô hoặc ngâm trong 48 giờ như mô tả trong thử nghiệm xác định trọng lượng riêng. Đối với thử nghiệm cường độ nén, mẫu thử được đặt trên tấm phẳng của máy thử nghiệm và gia tải trên đỉnh của mẫu thử thông qua một tấm phẳng khác. Thiết bị thử nghiệm cho phép tấm trên cùng xoay trên khớp bi để điều chỉnh bất kỳ độ dốc nhỏ nào trên đỉnh của mẫu thử (Hình 1.4). Khe nứt của mẫu thử phải thẳng đứng để tải trọng song song với khe nứt, hoặc ngang để tải trọng vuông góc với khe nứt.

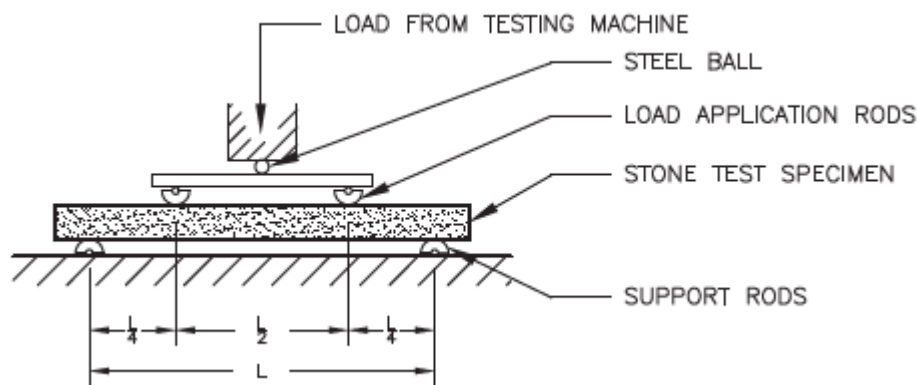


Hình 1.4 – Sơ đồ thí nghiệm cường độ nén của đá theo ASTM C170 [8]

1.3.10.8. Thử nghiệm xác định cường độ uốn của đá

Cường độ uốn của đá có thể được xác định theo TCVN 6415-4, ASTM C880 [9] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

Thử nghiệm xác định cường độ uốn (ASTM C880 [9]) xác định cường độ của đá khi uốn. Đá dùng trong hệ bao che phải chịu uốn giữa các điểm neo, từ tải trọng gió bên ngoài hoặc người dựa vào hệ bao che bên trong. Mẫu thử được đặt trên các gối bố trí ở gần đầu và tải trọng hướng thẳng đứng đặt lên mẫu thử. Các thử nghiệm xác định mô đun phá hoại nêu trong tiêu chuẩn ASTM C99 [10] và ASTM C120 [11] quy định đặt tải trọng tại một điểm duy nhất ở giữa nhịp. Trong thử nghiệm xác định cường độ uốn theo tiêu chuẩn ASTM C880 [9], tải trọng được đặt đồng thời tại hai điểm, mỗi điểm cách mỗi đầu gối tựa một khoảng bằng một phần tư của nhịp (Hình 1.5). Cường độ uốn được biểu thị bằng Pascal (Pa). Cường độ uốn tối thiểu nằm trong khoảng từ 2,8 MPa (đối với đá vôi mật độ thấp) đến 10,3 MPa (đối với đá granit).



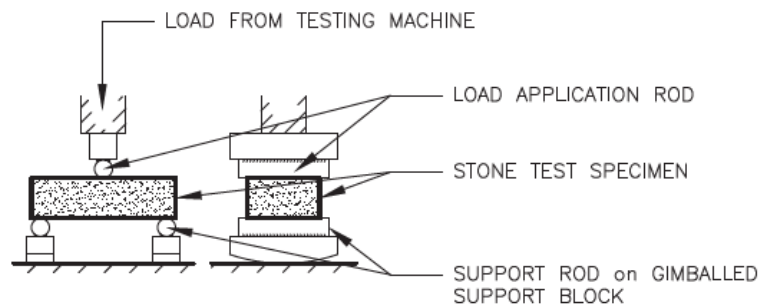
Hình 1.5 – Sơ đồ thí nghiệm cường độ uốn của đá theo ASTM C880 [9]

1.3.10.9. Mô đun phá hoại

Các thử nghiệm xác định mô đun phá hoại có thể sử dụng TCVN 6415-4 (độ bền uốn gãy) ASTM C99 [10] và ASTM C120 [11] cho đá phiến lớp hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác. Tiêu chuẩn ASTM C99 [10] yêu cầu tối thiểu 3 mẫu có kích thước 10 cm x 20 cm x 5,5 cm (4in x 8in x 2,25in). Tất cả các mặt, ngoại trừ các đầu, phải phẳng và song song hoặc vuông góc với nhau. Các mặt phải nhẵn, không có dấu hằn

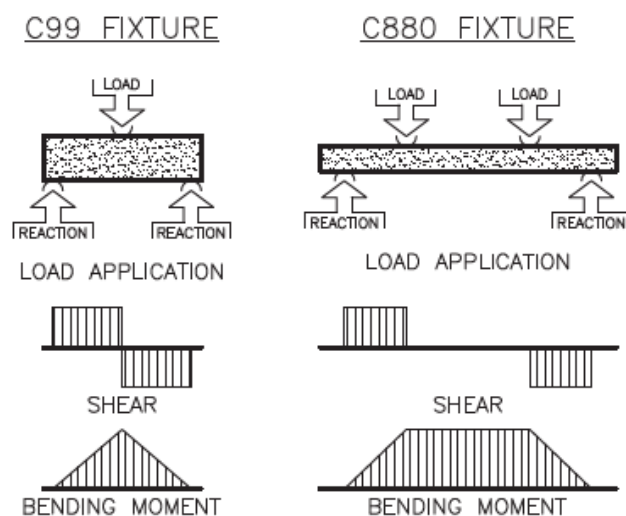
dụng cụ và không được có các vết nứt ở các góc. Các mặt phải được mài giữa hoặc đánh bóng, không có dấu cưa hoặc các dấu hằn dụng cụ khác. Bất kỳ sai sót nào trong mẫu thử có thể dẫn đến mô đun phá hoại thấp. Độ bền uốn có thể được thử trong điều kiện khô hoặc ướt và với tải tác dụng song song hoặc vuông góc với vết nứt. Mẫu thử phải được sấy khô hoặc ngâm trong 48 giờ. Đối với thử nghiệm xác định mô đun phá hoại, mẫu đá được đặt phẳng trên hai cạnh thép song song cách nhau khoảng 17,5 cm (7 in). Nhịp 17,5 cm (7 in) cho phép mẫu thử dài 20 cm (8 in). Tải trọng hoặc lực thử được đặt tại chính giữa của mẫu thử thông qua một thanh ngang. Tải được tăng cho đến khi mẫu thử bị phá vỡ (Hình 1.6). Cường độ uốn sau đó được xác định từ một công thức dựa trên các thông số hình học của thử nghiệm.

Nếu các mẫu thử được thử nghiệm với tải trọng vuông góc với khe nứt, thì mặt phẳng khe nứt phải song song với các mặt 10 cm x 20 cm. Nếu các mẫu thử được thử với tải song song với khe nứt, mặt phẳng của khe nứt phải song song với các mặt 5 cm x 10 cm của mẫu thử.



Hình 1.6 – Sơ đồ thí nghiệm xác định mô đun phá hoại của đá theo ASTM C99 [10]

Nói chung, cường độ uốn với tải song song với khe nứt sẽ nhỏ hơn so với tải trọng vuông góc với khe nứt. Sự khác nhau sẽ lớn hơn đối với đá có nhiều vết nứt to, rõ hơn là so với đá nứt nhỏ hơn (Hình 1.7).



Hình 1.7 – Sơ đồ gia tải khi thí nghiệm mô đun phá hoại của đá [10]

1.3.11. Lựa chọn đá

1.3.11.1. Cường độ

Mối quan tâm lớn nhất khi lựa chọn đá là cường độ. Điều này đặc biệt đúng trong các trường hợp đá dùng cho hệ bao che của các tòa nhà cao hơn hai tầng. Cường độ đá là yếu tố quyết định trong trường hợp này.

1.3.11.2. Ứng suất đá

Đá dùng cho hệ bao che phải có khả năng chịu được những tải trọng tác động lên chúng, chẳng hạn như:

- Trọng lượng bản thân, phải được đỡ bởi hệ thống neo.
- Tải trọng gió, tạo ra cả áp lực dương và âm trên các tấm panen, và thường cao hơn tại các góc của tòa nhà và các vùng không liên tục khác.
- Hơi nước, phải được giải phóng để ngăn chặn các vấn đề ngưng tụ và ẩm mốc.
- Sự co ngót của kết cấu, xảy ra trong giai đoạn đóng rắn của bê tông.
- Từ biến, hoặc biến dạng của kết cấu, diễn ra từ từ trong nhiều năm cho đến khi kết cấu đã ổn định.
- Biến dạng đàn hồi, do sự dịch chuyển gây ra khi chất tải lên kết cấu.
- Sự giãn nở, co lại do nhiệt, ảnh hưởng đến đá và các cấu kiện khác.
- Độ hút nước hoặc độ rỗng của đá, là một yếu tố ảnh hưởng đến độ bền và tuổi thọ của đá, cũng như hình dạng bên ngoài của nó.

1.3.11.3. Dữ liệu thử nghiệm

Trong trường hợp khả năng chịu lực là rất quan trọng, dữ liệu thử nghiệm về cường độ nén, cường độ uốn, mô đun đàn hồi và cường độ cắt cần được nghiên cứu. Khi quan tâm đến yếu tố thời tiết, cần nghiên cứu độ hấp hút nước, độ rỗng và tính thấm. Đối với hệ bao che, lựa chọn loại neo sử dụng và thử nghiệm neo là rất quan trọng.

1.3.11.4. Độ bền lâu

Đá dùng cho hệ bao che không được có khuyết tật về kết cấu, không có các vết nứt và các lỗ rỗng. Kích thước của tấm panen nên được kiểm soát để có kết quả tối ưu.

1.3.11.5. Đá granite

Đá granite rất được ưa chuộng để sử dụng cho hệ bao che. Chúng vừa có khả năng chịu lực tốt và ổn định, và bề mặt giữ được độ bóng rất lâu. Theo quy định, các loại đá yếu hơn cần phải được gia cố nhiều hơn và do đó, chi phí tốn kém hơn.

1.3.11.6. Lựa chọn đá ở vùng khí hậu khô và ôn đới

Ở vùng khí hậu khô và ôn đới, những loại đá mềm hơn như đá vôi cũng có thể được sử dụng với độ dày phù hợp. Tuy nhiên, nên tránh sử dụng đá vôi màu xám hoặc đen có thành phần bitum hoặc carbon cho hệ bao che vì tác động của thời tiết sẽ nhanh

chóng làm cho bề mặt bị xuống cấp. Các loại đá opicalcites và breccia nói chung là không phù hợp để sử dụng cho hệ bao che, cũng như tất cả các loại đá có chứa pyrit, vì khi tiếp xúc với không khí và độ ẩm, bề mặt của đá có thể xuất hiện các đốm gỉ.

1.4. Thiết kết hệ bao che bằng đá

1.4.1. Các phương pháp thử nghiệm

– AAMA 501.1 [11]**Error! Reference source not found.** Phương pháp thử nghiệm khả năng lọt nước dưới áp lực động.

– ASTM E283 [12] Phương pháp thử nghiệm xác định độ lọt khí dưới áp lực tĩnh.

– ASTM E-330 [13] Phương pháp thử nghiệm tính năng kết cấu dưới áp lực tĩnh.

– ASTM E-331 [14] Phương pháp thử nghiệm lọt nước dưới áp lực tĩnh.

Bốn phương pháp thử nghiệm trên được sử dụng để kiểm tra khả năng làm việc của các tấm panen đá. Khi thử nghiệm, điều mong muốn là không có phá hoại nào xảy ra cho đến khi gia tải đạt được 4 lần tải trọng thiết kế.

Kiểm tra về độ bền lâu: Không có quy trình thử nghiệm về độ bền cho đá tự nhiên. Tuy nhiên, hiện có tiêu chuẩn ASTM C-666 [15] đề cập đến khả năng chống đông lạnh nhanh và tan băng của bê tông. Tiêu chuẩn này thường được sử dụng với một số chỉnh sửa (tương tự như các điều kiện mà đá sẽ gặp phải khi dùng cho hệ bao che) để kiểm tra độ bền và sự lão hóa của đá nhờ thử nghiệm lão hóa tăng tốc. Nếu các thử nghiệm như này thực hiện với 300 chu kỳ thì sẽ cần gần ba tháng để hoàn thành, thường rất tốn kém.

Thử nghiệm cắt và nhổ neo: Thử nghiệm này để xác định độ bền chống lại sự tách ra khỏi kết cấu đỡ của neo liên kết các panen đá với kết cấu đỡ.

1.4.2. Nguyên tắc thiết kế

1.4.2.1. Hệ bao che bằng đá được thiết kế tính đến các yếu tố sau:

– Chịu được tải trọng gió dự kiến.

– Tất cả dịch chuyển của tòa nhà, biến dạng đàn hồi và từ biến, co ngót của kết cấu, dịch chuyển do nhiệt của kết cấu.

– Thiết kế mối nối để đáp ứng được tổ hợp các dịch chuyển của tòa nhà, sai số gia công, sai số lắp đặt.

– Ngăn ngừa mòn cho các thiết bị neo.

– Thiết kế mối nối.

– Khả năng lọt nước.

– Yêu cầu về thông gió sau các tấm panen .

- Yêu cầu về vận chuyển và tháo dỡ.
- Kế hoạch thử nghiệm.

1.4.2.2. Các tòa nhà làm bằng bê tông cốt thép có thể có những thay đổi về kích thước do:

- Co ngót của kết cấu bê tông.
- Biến dạng đàn hồi và từ biến của kết cấu bê tông dưới tải trọng duy trì.
- Dịch chuyển do nhiệt.
- Dao động của tòa nhà (cao tầng).

1.4.2.2.1 Độ co ngót khô của bê tông đúc tại chỗ có lẽ là yếu tố quan trọng nhất được xem xét khi thiết kế hệ bao che bằng đá. Độ co ngót khô phụ thuộc vào nhiều yếu tố, chẳng hạn như xi măng, cốt liệu và hàm lượng nước của hỗn hợp bê tông, cùng với nhiệt độ môi trường, độ ẩm, v.v ... Một số cốt liệu có thể có đặc tính co ngót rất cao.

Trong điều kiện bình thường, co ngót của bê tông đúc tại chỗ có thể được giả định như sau:

- Trong 2 tuần đầu tiên, co ngót đạt được khoảng 33% tổng độ co ngót.
- Trong 1 tháng đầu tiên, co ngót đạt được khoảng 45% tổng độ co ngót.
- Trong 3 tháng đầu tiên, co ngót đạt được khoảng 66% tổng độ co ngót.
- Trong năm đầu tiên, co ngót đạt được khoảng 90% tổng độ co ngót.

Việc co ngót hoàn toàn có thể diễn ra trong vài năm. Tuy nhiên, do sự co ngót chủ yếu diễn ra trong vòng 3 tháng đầu tiên nên có thể bắt đầu lắp đặt đá sau khi kết cấu bê tông đổ tại chỗ hoàn tất.

Giá trị co ngót trung bình cho bê tông thường nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0009 lần chiều dài. Giá trị co ngót cho bê tông cốt thép có thể được tính bằng một nửa giá trị co ngót của bê tông thường.

1.4.2.2.2 Từ biến của bê tông dưới tải trọng duy trì sẽ tạo ra biến dạng lâu dài, đây cũng là một yếu tố cần xét đến trong quá trình thiết kế.

1.4.2.2.3 Dịch chuyển do nhiệt của kết cấu bê tông cốt thép đổ tại chỗ sử dụng cốt liệu thường tương đối thấp: 0,0006%/100°F.

1.4.2.3. Kết cấu khung thép cũng có thể có những thay đổi về kích thước do:

- Dịch chuyển do nhiệt.
- Biến dạng đàn hồi dưới tải trọng duy trì.
- Dao động.

1.4.2.3.1 Dịch chuyển do nhiệt của khung thép có thể được dự kiến: 0,0007%/100°F. Để tính toán dịch chuyển do nhiệt của kết cấu thép chống cháy được bao che bởi đá, có

thể sử dụng tối đa 70°F.

1.4.2.3.2 Cần xét đến biến dạng đàn hồi của các tòa nhà cao tầng khung thép.

1.4.2.3.3 Nếu hệ bao che được đỡ bởi sàn, hoặc dầm bê tông, cần xét đến độ võng dài hạn.

1.4.2.4. Hệ bao che có thể có những thay đổi về kích thước do nhiệt độ. Hệ bao che thường chịu sự thay đổi nhiệt độ lớn hơn đáng kể so với kết cấu bê tông hoặc thép được bảo vệ của tòa nhà. Nhiệt độ thay đổi trong hệ bao che phụ thuộc vào màu sắc và cấu trúc (texture) của vật liệu.

1.4.2.5. Thiết kế các khe co giãn để đáp ứng được các dịch chuyển của tòa nhà và hệ bao che.

1.4.3. Thiết kế khe nối

1.4.3.1. Keo bịt các khe nối đáp ứng các dịch chuyển của hệ bao che bằng đá và các dịch chuyển truyền từ kết cấu đến hệ bao che. Hầu hết các loại keo đều cần sơn lót để có độ bám dính tốt. Cần vệ sinh các khe nối để đảm bảo bám dính tốt.

1.4.3.2. Khe co giãn với keo bịt được thiết kế để đáp ứng các dịch chuyển động dọc, cũng như ngang của tòa nhà. Các khe co giãn là cần thiết trong các khớp ở dưới đỡ các thép góc để tránh sự tập trung ứng suất do dịch chuyển theo phương thẳng đứng không đều giữa hệ bao che và kết cấu chính của tòa nhà, hoặc dịch chuyển do nhiệt, hoặc do dao động. Cần đảm bảo rằng các miếng chêm hoặc bất kỳ vật cứng nào khác không bị bỏ lại trong các khe co giãn. Các khe co giãn dọc phải được thiết kế để đáp ứng được các dịch chuyển ngang do nhiệt hoặc các dịch chuyển ngang của hệ bao che hoặc các gói đỡ.

1.4.3.3. Khi thiết kế chiều rộng khe nối, sai số gia công và sai số lắp đặt phải được kể đến. Đối với các tấm panen sản xuất sẵn như đá đúc sẵn hoặc đá gắn vào các khung, các tấm panen dạng unitized, các mối nối giữa các tấm panen đá nên được hàn trong nhà máy với các điều kiện được kiểm soát. Chỉ các mối nối giữa các đơn vị đúc sẵn nên được hàn lại tại công trường và sử dụng cùng một hợp chất hàn được sử dụng trong nhà máy. Khi thiết kế mối nối, cần xét đến cả các vấn đề tiềm ẩn do chất tải, vận chuyển, dỡ tải và lắp dựng.

Kích thước khe nối nên được thiết kế một cách thực tế. Yêu cầu về mặt chức năng cần được chú trọng hơn về mặt thẩm mỹ. Thiết kế khớp quá nhỏ, có thể gây ra các vấn đề chức năng nghiêm trọng.

Rò rỉ nước có thể dẫn đến những vấn đề nghiêm trọng như làm hỏng hệ thống neo. Nước bị kẹt trong các khe neo có thể làm nứt đá và gây ra phá hoại hệ thống neo.

Do đó, các mối nối đá bên ngoài phải được thiết kế và bơm keo đúng cách để chống rò rỉ.

Tòa nhà càng cao, càng cần phải để ý đến độ lệch do uốn, co ngót, từ biến và

chuyển động do nhiệt của kết cấu.

Khi thiết kế các mối nối giữa các đơn vị panen, cần phải xem xét các thay đổi về kích thước ở các phần của tòa nhà được lắp đặt hệ bao che.

Các tấm đá càng lớn thì ứng suất tạo ra do các dịch chuyển cơ học và nhiệt của kết cấu lên các mối nối nhỏ càng lớn. Tuy nhiên, giảm kích thước panen đá sẽ làm tăng số lượng mối nối. Nhiều mối nối hơn cũng dẫn đến khả năng xảy ra lỗi lắp đặt cao hơn, cũng như sự ăn mòn nhiều hơn của chất trám khe.

Việc bơm keo phải tuân thủ các chỉ dẫn kỹ thuật, với các chi tiết thiết kế và với khuyến nghị của nhà sản xuất keo.

Vấn đề hay gặp phải trong quá trình bơm keo là sự thay đổi kích thước khe nối, do dung sai của đá. Trước khi bơm keo, cần kiểm tra các điều kiện mối nối và khắc phục các mối nối không phù hợp.

1.4.4. Hệ số an toàn khuyến nghị dùng để thiết kế neo và panen đá cho hệ bao che

1.4.4.1. Khi thử nghiệm đá tự nhiên, kết quả thử nghiệm với tấm đá có kích thước nhỏ cho thấy tấm đá có tính chất vật lý đồng đều hơn, trong khi kết quả thử nghiệm với tấm đá có kích thước lớn hơn cho thấy tính chất của đá thay đổi nhiều trong mẫu thử đó.

Sử dụng hệ số an toàn lớn là cần thiết không chỉ để tính đến sự thay đổi của cường độ của đá, mà còn để dự phòng cho sự suy giảm khả năng của đá sau khi nó chịu tác động của môi trường, sự co giãn do thay đổi nhiệt độ, các ngoại lực khác và quá trình lão hóa.

Do các đặc tính vật lý và hóa học cơ bản của đá quyết định cường độ và độ bền của nó, nên khi tính toán độ dày của tấm panen đá chịu tải trọng gió hay khi thiết kế neo, các hệ số an toàn khác nhau được sử dụng cho các loại đá khác nhau (đá trầm tích, đá biến chất, và đá mácma). Do đó, hệ số an toàn sẽ phản ánh không chỉ phạm vi phân tán kết quả thử nghiệm mà còn phụ thuộc vào các đặc tính hóa học và vật lý chung của đá.

Khi thử nghiệm, sử dụng tối thiểu 5 mẫu thử, tốt nhất là các mẫu được lấy từ các khối đá và tấm đá khác nhau. Các hệ số an toàn được xác định từ độ phân tán kết quả thử nghiệm như trong Bảng 1.2 sau:

Bảng 1.2 – Hệ số an toàn dùng trong tính toán chiều dày panen đá và thiết kế neo

| Độ phân tán kết quả thử nghiệm | Tải trọng gió | Neo |
|---------------------------------------|----------------------|------------|
| Đá mácma | | |
| ≤ 10% | 3.0 | 4.5 |
| Trong khoảng từ 10 – 20% | 4.0 | 6.0 |
| > 20% | 6.0 | 8.0 |
| Đá biến chất | | |

| Độ phân tán kết quả thử nghiệm | Tải trọng gió | Neo |
|---------------------------------------|----------------------|------------|
| ≤ 10% | 4.0 | 6.0 |
| Trong khoảng từ 10 – 20% | 5.0 | 7.5 |
| > 20% | 7.0 | 10.0 |
| Đá trầm tích | | |
| ≤ 10% | 5.0 | 7.5 |
| Trong khoảng từ 10 – 20% | 6.0 | 9.0 |
| > 20% | 8.0 | 12.0 |

Cần phải thử nghiệm hệ thống neo đúng kích thước thật trong phòng thí nghiệm thay vì chỉ dựa vào tính toán. Dựa trên tối thiểu 5 kết quả thử nghiệm nhỏ neo, người ta có thể sử dụng các hệ số an toàn tương tự cho trong Bảng 1.2 để tính toán độ dày của panen đá chịu tải trọng gió.

Theo nguyên tắc chung, đá có cường độ cao hơn theo hướng vuông góc với mặt phân lớp so với bất kỳ hướng nào khác. Do đó, khuyến nghị rằng khi thử nghiệm đá để xác định các hệ số an toàn, các thử nghiệm phải được thực hiện trên các mẫu thử được gia công để thử nghiệm theo hướng song song với mặt phân lớp.

Thông số kỹ thuật của đá sẽ được đưa ra và việc kiểm tra sẽ được kiểm soát. Thực tế là tất cả các khối đá được xẻ theo hướng song song với mặt phân lớp.

Khi đá được sử dụng làm vật liệu chịu tải, nên tăng 100% các hệ số an toàn như được nêu trong Bảng 1.2 để tính toán độ dày của đá.

Các đặc tính vật lý và hóa học của đá quyết định độ bền, khả năng chống ẩm và chống các chất ô nhiễm trong khí quyển. Do đó, không sử dụng các hệ số an toàn chung cho các loại đá mácma, đá biến chất và đá trầm tích.

Hầu hết các phá hoại xảy ra tại vị trí các neo hoặc gần các vị trí đó. Khi các thử nghiệm nhỏ neo được tiến hành đúng cách mà lại cho các kết quả khác nhau, cần sử dụng các hệ số an toàn lớn hơn khi tính toán độ dày đá để neo, hơn là tính toán độ dày đá chịu tác động của gió. Độ bền uốn và độ bền cắt của neo kim loại đồng nhất có thể được tính toán một cách an toàn bất kể nguồn gốc của tải trọng. Tuy nhiên, đá tự nhiên không đồng nhất, do đó, các khu vực yếu tại vị trí các neo hoặc gần với các neo có thể dẫn đến phá hoại từ rất sớm.

1.5. Thiết kế liên kết

1.5.1. Tổng quan

Ngày nay có nhiều phương pháp khác nhau để gắn hệ bao che bằng đá tự nhiên vào kết cấu chính của tòa nhà, có thể kể đến:

- Phương pháp trực tiếp - tiếp xúc bề ngoài, liên kết bởi vật liệu xi măng;
- Phương pháp gián tiếp - neo cơ học sử dụng bulông, ốc vít.

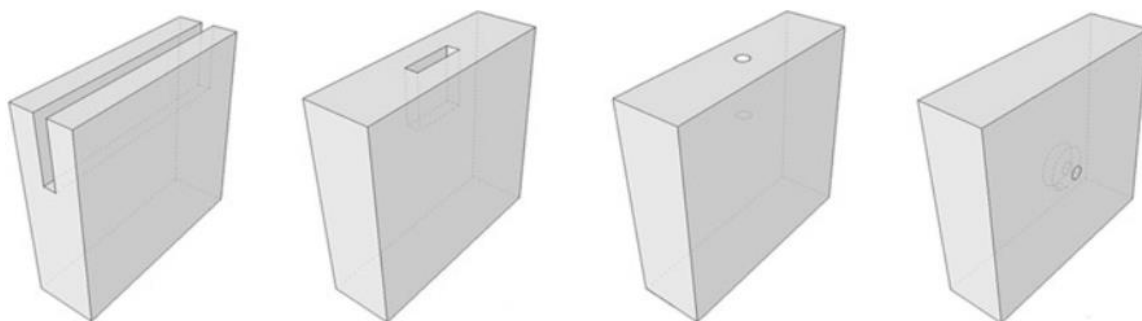
Với phương pháp trực tiếp, các vật liệu cần được sắp xếp một cách có trật tự nhằm mục đích chính là có được một hệ cứng.

Với phương pháp gián tiếp, việc sử dụng neo đòi hỏi khắt khe hơn nhiều về mặt lựa chọn đá với tham chiếu đến các phương pháp nhằm vào đặc tính cơ học và đánh giá về mặt cơ học của vật liệu đá. Do đó, khi sử dụng neo để liên kết hệ bao che bằng vào kết cấu chính của tòa nhà, cần phải tính đến các đặc điểm cơ học, chủ yếu là các đặc điểm liên quan đến cường độ và nứt gãy.

1.5.2. Neo

Đối với các điểm neo, các vết cắt và lỗ được thực hiện phù hợp với loại neo (Hình 1.8). Các hình dạng cắt được sử dụng nhiều nhất là:

- Kerf cho các gờ đỡ góc hoặc gờ đỡ chữ T kép;
- Khe cắt (slot) cho các gờ đỡ dạng đĩa. Thông thường mỗi đĩa đỡ hai tấm nếu chúng đặt ở cạnh dọc; khi các khe được tạo ở các cạnh ngang, trọng lượng bản thân được phân bố trong hai neo đĩa (disk anchor) cho mỗi tấm đá.
- Lỗ để chèn chốt.



Hình 1.8 – Các hình dạng vết cắt để bắt neo, từ trái qua phải: kerf, khe cắt, lỗ và undercut [1]

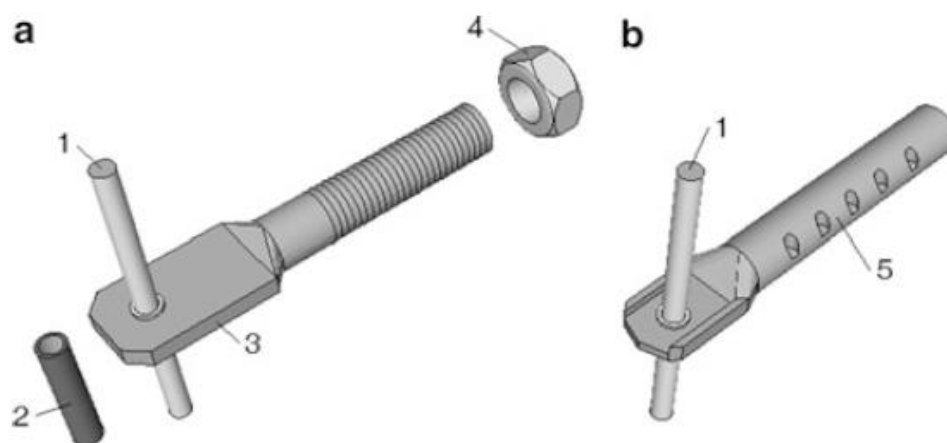
1.5.3. Neo dạng chốt

Neo dạng chốt thích hợp dùng trong trường hợp các tấm panen có chiều dài không quá 1 m. Hệ neo dạng chốt gồm bốn chốt được gài vào các lỗ hình trụ đến độ sâu bằng một nửa chiều dày của tấm, trên hai cạnh song song của tấm. Các lỗ có thể được định vị ở vị trí ngang hoặc dọc.

Mỗi cạnh song song chứa hai lỗ cách đều nhau với độ sâu gài bằng khoảng 2/3 độ dày của panen đá, tùy thuộc vào đường kính của chốt.

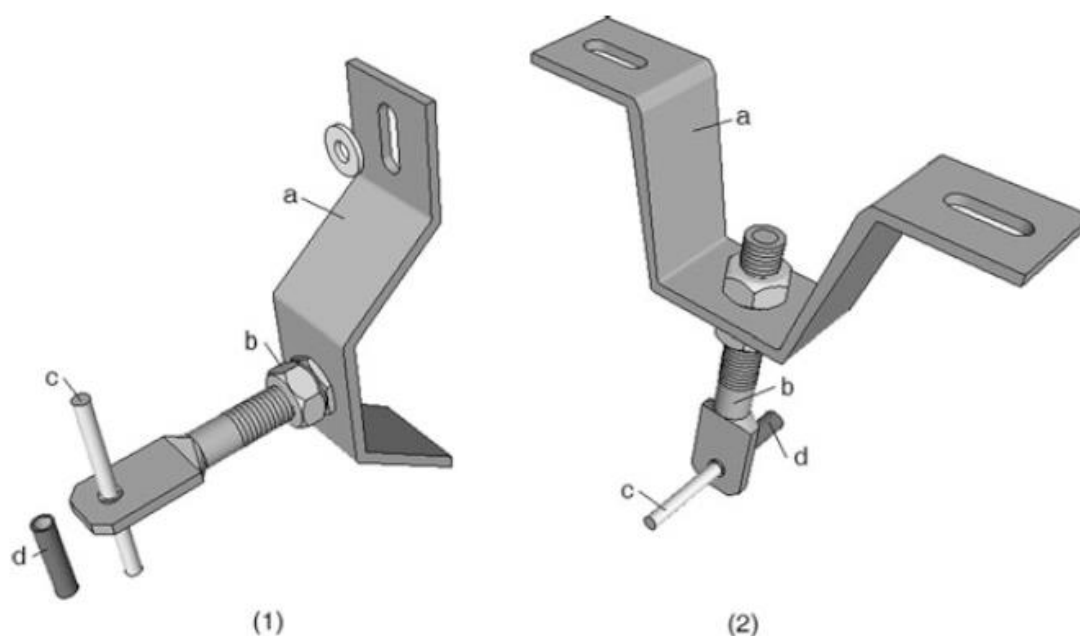
Các chốt làm việc cùng với một thanh hoặc trục vuông góc, thông thường là một bu lông định vị có đai ốc để cố định trong thân neo hoặc trong một mỏ neo chèn vữa tiết diện hình ống như minh họa trong Hình 1.9.

Khoảng cách từ thân neo đến panen đá được điều chỉnh bằng bu lông định vị với khả năng xoay neo đáng kể, do đó đáp ứng được yêu cầu điều chỉnh tại chỗ nếu cần thiết.



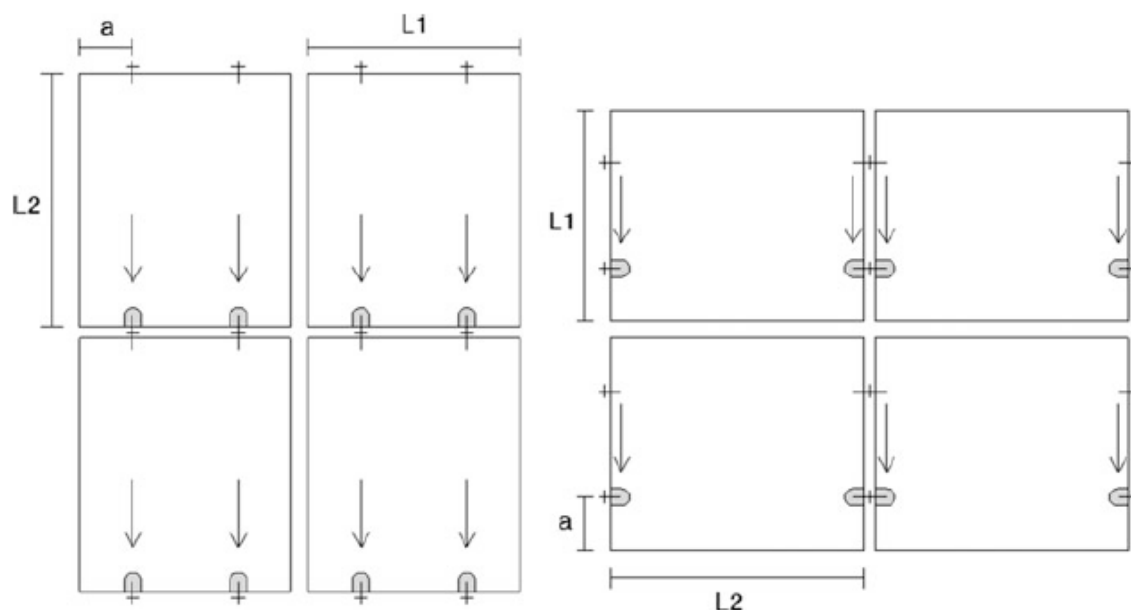
Hình 1.9 – Hệ thống neo dạng chốt điển hình: (a) phần gắn với thiết bị đỡ; (b) hệ neo chèn vữa [1]

Ghi chú: (1) Chốt cài; (2) Ống bọc ngoài; (3) Bu lông định vị; (4) Đai ốc; (5) Neo chèn vữa



Hình 1.10 – Các loại thân neo: (1) dùng cho liên kết thẳng đứng hoặc liên kết ngang; (2) dùng để cố định panen đá tại các vị trí ngang [1]

Ghi chú: (a) thân neo; (b) đai ốc; (c) chốt cài; (d) ống bọc ngoài



Hình 1.11 – Kích thước panen, vị trí neo, số lượng neo trên mỗi cạnh [1]

Cần chú ý đến số lượng và cách sắp xếp các neo. Mỗi panen luôn có bốn neo, mỗi cạnh có 2 để các cạnh được gắn theo chiều ngang hoặc chiều dọc. Mỗi neo có một hoặc hai chốt.

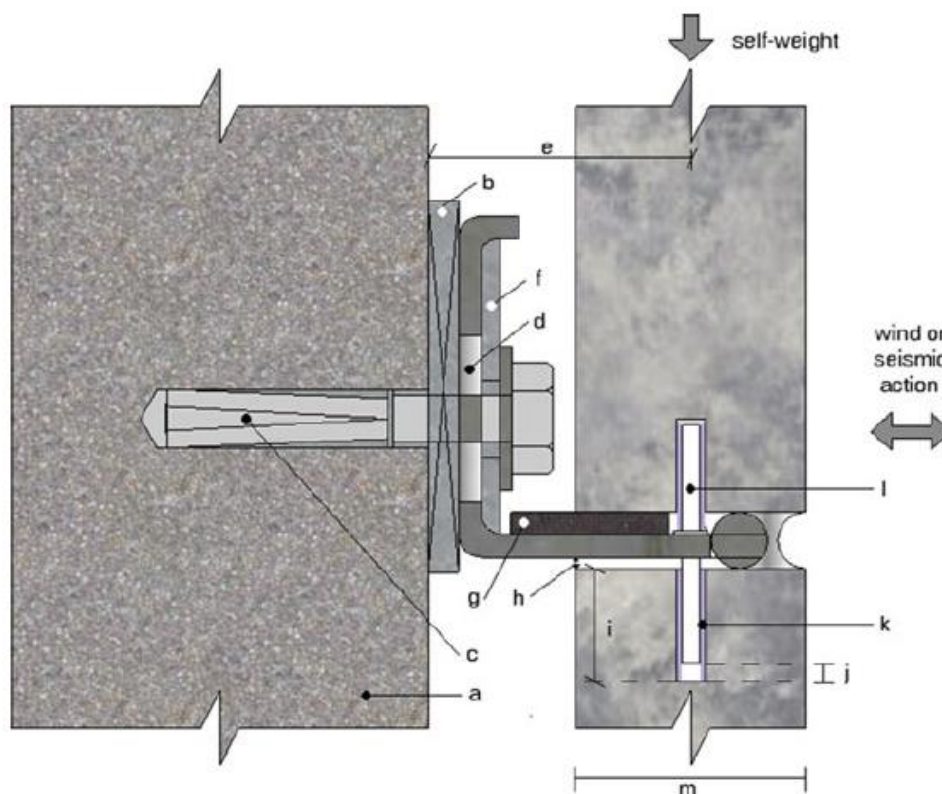
Trọng lượng bản thân chỉ được đỡ bởi các neo thấp hơn cho dù trên các cạnh dọc hoặc ngang. Tải trọng bên (ví dụ, tải trọng gió) được đỡ đồng đều bởi tất cả các neo. Do đó, các neo ở vị trí thấp hơn cần phải có khả năng chịu lực tốt hơn bởi vì chúng phải chịu toàn bộ trọng lượng bản thân. Không có nhiều hơn hai neo trên mỗi cạnh để tránh các trạng thái quá ứng suất đến từ việc bố trí không hợp lý vị trí các neo.

Hình 1.11 minh họa hai cách bố trí neo, trong đó a là khoảng cách từ tâm của neo đến cạnh gần nhất của tấm panen; L_1 , L_2 lần lượt là kích thước của cạnh có neo đỡ và không có neo đỡ.

Đường kính chốt thường khoảng 6-7 mm và chiều dài của nó thường khoảng 30-60 mm.

Mỗi chốt được gắn vào lỗ khoan lớn hơn khoảng 2 đến 3 mm so với đường kính chốt để có không gian cho ống bọc ngoài.

Một mặt cắt ngang điển hình được minh họa trong Hình 1.12. Lưu ý rằng các neo ngang có thể đỡ được trọng lượng bản thân của panen và các tải trọng bên (tải trọng gió hoặc tải trọng động đất), còn neo dọc chỉ chịu tác dụng của các tải trọng bên.



Hình 1.12 - Mặt cắt điển hình của hệ neo dạng chốt [1]

CHÚ DẪN:

(a) Kết cấu chính của tòa nhà; (b) Miếng nêm điều chỉnh; (c) Neo với kết cấu chính; (d) Lỗ ở thân neo để điều chỉnh ngang và dọc; (e) Khoảng cách từ trọng tâm panen đến kết cấu chính; (f) Gioăng; (g) Vật liệu đàn hồi; (h) Khoảng không thân neo; (i) Chiều sâu lỗ; (j) Khoảng không để tránh đặt lực vào đầu chốt; (k) Ống bọc ngoài; (l) Chốt

Khi thiết kế panen đá, hệ bao che cần được coi là một kết cấu riêng biệt. Panen đá được coi như một tấm phẳng làm việc một chiều, đặt trên các neo là các gối đơn giản ngăn cản chuyển động vuông góc với bề mặt tấm panen.

Tấm panen chịu chủ yếu tải trọng gió và tải trọng động đất. Các tải trọng này gây ra uốn. Các tải trọng khác như trọng lượng bản thân và biến dạng do nhiệt thường được bỏ qua, vì tác động của chúng không ảnh hưởng đến trạng thái ứng suất của các panen được đặt theo chiều thẳng đứng.

1.5.3.1. Thiết kế chịu uốn

Để đảm bảo rằng các tải trọng được truyền từ panen đến các gối đỡ, các lỗ khoan phải được lấp đầy bằng vật liệu đàn hồi để đảm bảo sự phân chia đồng đều lực giữa tất cả các điểm tiếp xúc, nếu không, có thể hình thành hệ thống gối ba điểm. Khi đó, các giả thiết trong thiết kế không được tuân thủ.

Nhờ có ống bọc ngoài làm bằng vật liệu đàn hồi, những sai lệch (nếu có) trong các lỗ khoan sẽ được khắc phục và các rung động tạo ra bởi gió hoặc bởi phương tiện giao thông nặng di chuyển gần các tòa nhà cũng sẽ được giảm bớt. Để tối ưu hóa khả năng

chịu lực của panen, khoảng cách a (xem Hình 1.11) có thể được xác định bằng cách giả sử rằng mô men uốn dương và âm cực đại có cùng độ lớn. Khoảng cách a có thể được xác định từ biểu thức sau:

$$a = \frac{\frac{1}{2} L_1 \sqrt{2}}{2 + \sqrt{2}} \approx 0,21 L_1 \quad (1-1)$$

Nếu kích thước L_1 của cạnh có neo đỡ lớn hơn kích thước L_2 của cạnh không có neo đỡ, phương trình sau đây đưa ra giá trị giới hạn của tỷ lệ các kích thước của panen nhằm xác định ứng suất uốn lớn nhất trên panen theo phương nào:

$$\frac{L_2}{L_1} \leq \frac{1}{1 + \sqrt{2}} \approx 0,41 \quad (1-2)$$

Nếu các điều kiện của phương trình (1-1) và phương trình (1-2) được thỏa mãn, có thể xác định được mômen uốn lớn nhất là:

$$M_{sd} = \frac{q_{sd} L_2^2}{8} \quad (1-3)$$

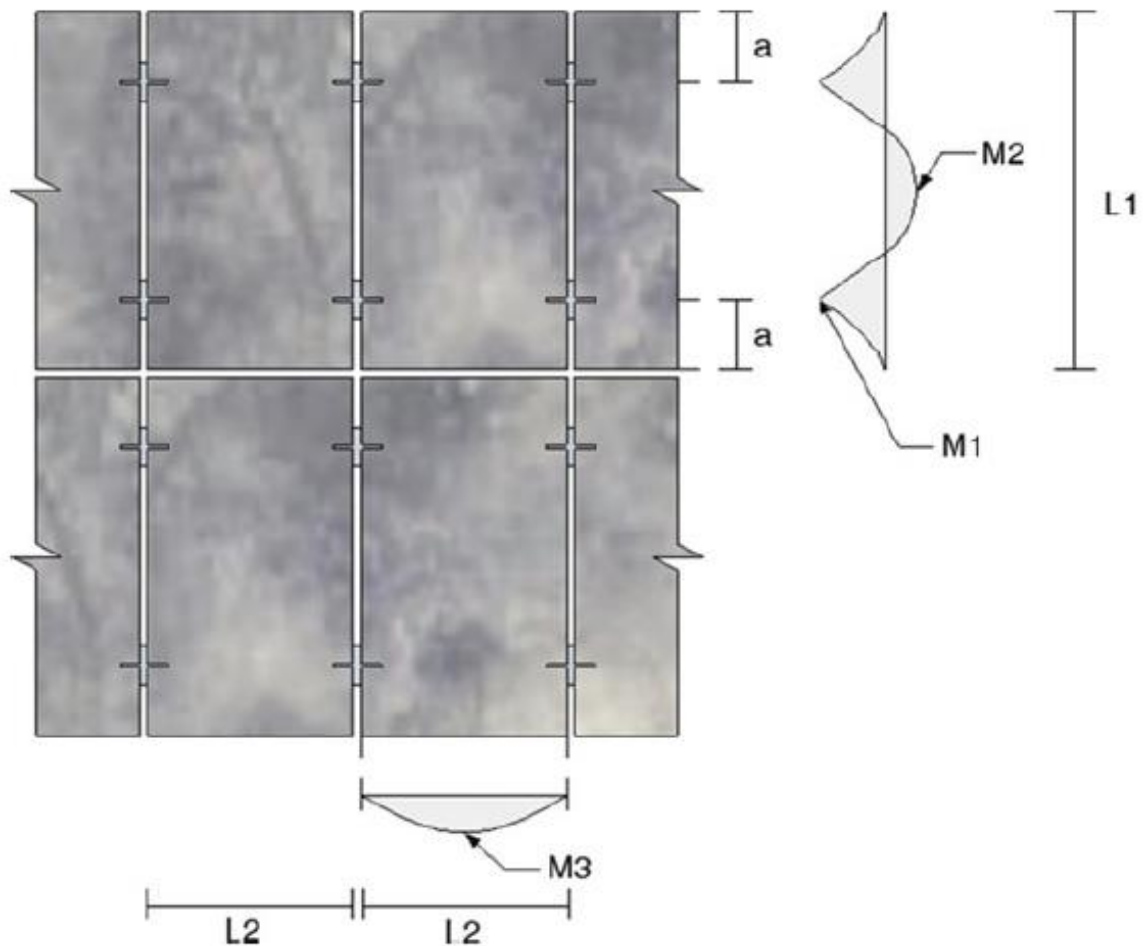
trong đó:

q_{sd} (N/m²) là tải trọng gió tính toán

M_{sd} là mô men tính toán tính trên một đơn vị chiều dài L_1 .

Để tính đến sự tập trung ứng suất dọc theo vùng có neo, giá trị của tỷ lệ được đưa ra trong biểu thức (1-4) cần được điều chỉnh cho phù hợp.

Sử dụng ký hiệu trong Hình 1.13, nếu $L_2/L_1 > 0,5$, mômen uốn lớn nhất (M_3) song song với L_2 , nếu không, $L_2/L_1 < 0,5$, mô men uốn lớn nhất (M_2 hoặc M_1) song song với L_1 , với điều kiện là phương trình (1-1) thỏa mãn.



Hình 1.13 – Tỷ lệ kích thước panen theo khoảng cách từ lỗ khoan đến cạnh và kích thước cạnh panen [1]

1.5.3.1.1 Trạng thái giới hạn cực hạn

Trong hầu hết các trường hợp, mô men uốn lớn nhất trên tiết diện song song với cạnh L_2 và ứng suất uốn lớn nhất tại giữa nhịp dọc theo dải nối các neo. Điều này xảy ra do sự phân bố không đồng đều của mô men uốn trên tiết diện song song với cạnh L_1 . Cần xét đến sự tập trung ứng suất khi tính ứng suất kéo uốn lớn nhất.

Các hệ số tập trung ứng suất thường được xác định từ lý thuyết đàn hồi, sử dụng phương pháp giải tích, phân tích thực nghiệm hoặc phương pháp phần tử hữu hạn. Các hệ số này bằng tỉ số giữa ứng suất lớn nhất σ_{\max} và ứng suất tham chiếu, trong trường hợp này lấy bằng ứng suất trung bình σ_{med} , như minh họa trong Hình 1.14.

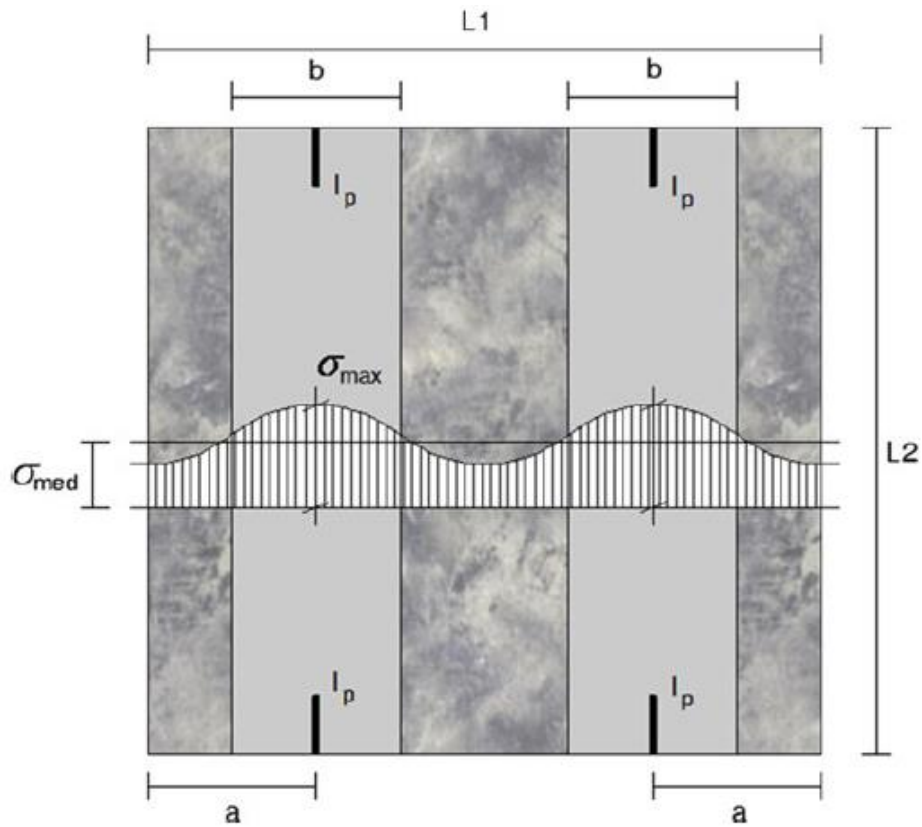
Ứng suất uốn tính toán lớn nhất là:

$$\sigma_{sd} = \frac{3 \cdot q_{sd} \cdot L_2^2 \cdot k_{d2}}{4 \cdot t^2} \quad (1-5)$$

trong đó:

k_{d2} là hệ số tập trung ứng suất;

t là chiều dày danh định của panen.



Hình 1.14 – Bố trí neo điển hình [1]

Hệ số tập trung ứng suất k_{d2} phụ thuộc vào một số yếu tố, ví dụ như chiều dài chốt và vật liệu làm ống bao bên ngoài chốt. Với điều kiện gô đỡ điển hình, k_{d2} có thể lấy bằng 1,30; do đó ứng suất uốn lớn nhất được tính đơn giản hóa là:

$$\sigma_{sd} = \frac{0,975 \cdot q_{sd} \cdot L_2^2}{t^2} \quad (1-6)$$

Giá trị cường độ uốn của đá σ_{Rd} đã biết, chiều dày của tấm panen đá có thể ước tính, với giả thiết $\sigma_{sd} \leq \sigma_{Rd}$:

$$t \geq L_2 \sqrt{\frac{0,975 \times q_{sd}}{\sigma_{Rd}}} \approx L_2 \sqrt{\frac{q_{sd}}{\sigma_{Rd}}} \quad (1-7)$$

Với trường hợp ít phổ biến hơn, khi $L_2/L_1 < 0,5$, hướng của mô men uốn lớn nhất (M_2 hoặc M_1 , xem Hình 1.13) song song với L_1 , và ứng suất uốn lớn nhất bằng:

$$\sigma_{sd} = \frac{3 \cdot q_{sd} \cdot a^2 \cdot k_{d1} \cdot t}{t^3 - \phi^3} \quad (1-8)$$

trong đó:

k_{d1} là hệ số tập trung ứng suất, xét đến sự thay đổi hình học của gô đỡ;

ϕ là đường kính của lỗ khoan. k_{d1} thường lấy bằng 1,50.

Do đó, biểu thức (1-9) đơn giản hóa là:

$$\sigma_{sd} = \frac{9 \cdot q_{sd} \cdot a^2 \cdot t}{2 \times (t^3 - \phi^3)} \quad (1-10)$$

1.5.3.1.2 Trạng thái giới hạn sử dụng

Dịch chuyển ngang lớn nhất f_{\max} của panen dưới tác dụng của tổ hợp tải trọng tựa tĩnh (quasi-permanent) không được lớn hơn 1/250 của chiều dài nhịp. Giả thiết $L_2/L_1 \geq 0,5$:

$$f_{\max} = \frac{5 \cdot q_{sd} \cdot L_2^4}{32 \times E \cdot t^3} (1 + \psi) \leq \frac{L_2}{250} \quad (1-11)$$

trong đó:

L_2 là chiều dài nhịp không được đỡ bởi neo;

E là mô đun đàn hồi của đá; t là chiều dày tấm đá;

q_{sd} là giá trị tính toán của tổ hợp tải trọng tựa tĩnh tác dụng lên panen;

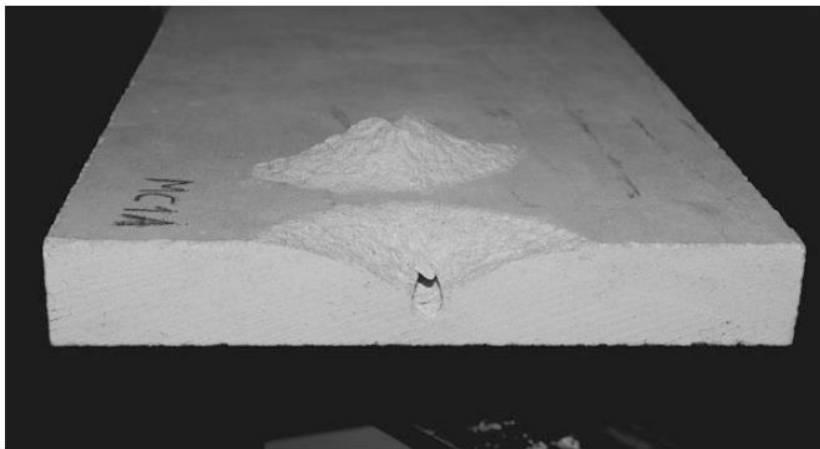
ψ là hệ số từ biến của đá, có thể lấy bằng 2.

1.5.3.2. Thiết kế chịu nhỏ

Do ứng suất tập trung lớn hơn tại các vùng gần với các gờ đỡ, độ dày của đá phụ thuộc nhiều vào thiết kế chịu nhỏ hơn là thiết kế chịu uốn. Đây là lý do giải thích cho việc tập trung vào cường độ uốn của các tấm đá gây bất lợi cho thiết kế neo, là nguyên nhân gây phá hoại hệ mặt dựng bằng đá.

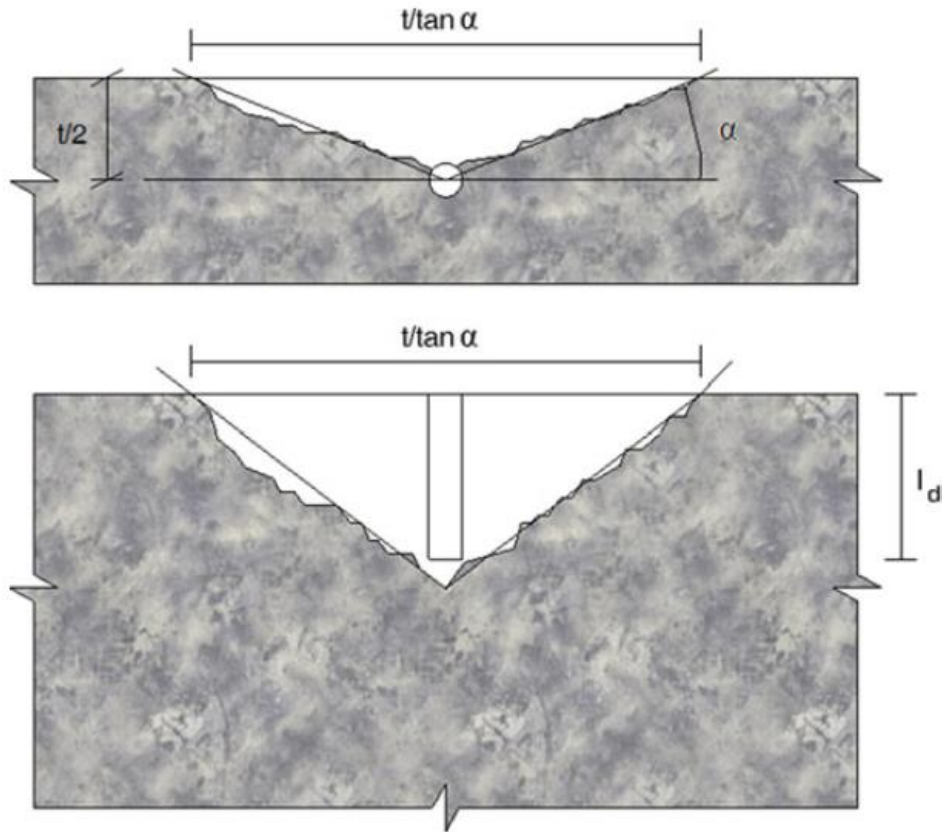
Cần phải tiến hành các tính toán để xác nhận lại khả năng chịu lực của neo. Tuy nhiên, không dễ dàng để mô hình hóa vấn đề này.

Khả năng chịu lực của neo dạng chốt bị giới hạn bởi một số tham số như đường kính của lỗ chốt, khoảng cách từ mép đá đến mép lỗ, khoảng cách mà chốt được chèn vào lỗ khoan, độ sâu mà chốt chốt thực sự tiếp xúc với đá. Trong thực tế, độ cứng tương đối giữa panen, thiết bị neo và kết cấu chính của tòa nhà ảnh hưởng đến cách mà thiết bị neo chống lại tác động được truyền đến toàn bộ liên kết.

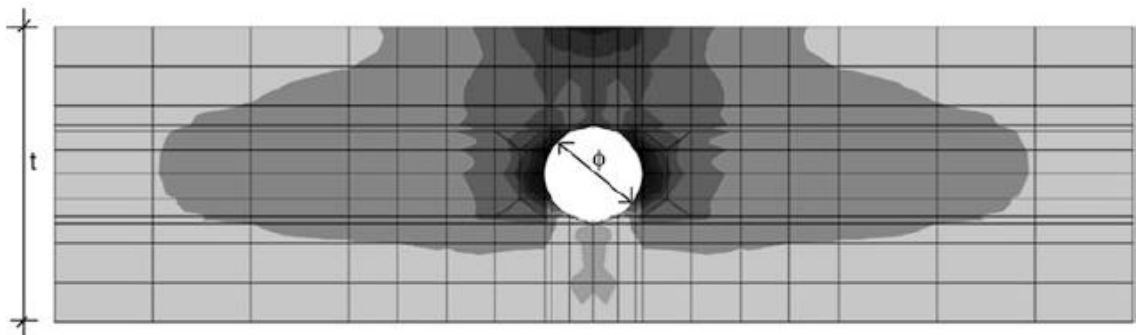


Hình 1.15 – Phá hoại hình côn sau thử nghiệm nhỏ neo của mẫu thử bằng đá cẩm thạch (marble) [1]

Sự tập trung ứng suất xuất hiện trong vùng xung quanh lỗ và nhanh chóng tiêu tan, cho thấy rằng sự phá hủy neo bị ảnh hưởng bởi sự phân bố ứng suất không đồng đều trên bề mặt hư hỏng. Hướng của ứng suất chính lớn nhất nằm liền kề với lỗ gần như vuông góc với bề mặt hư hỏng quan sát được trong các thử nghiệm, nghĩa là phá hủy bắt đầu tại vị trí này (Hình 1.17).



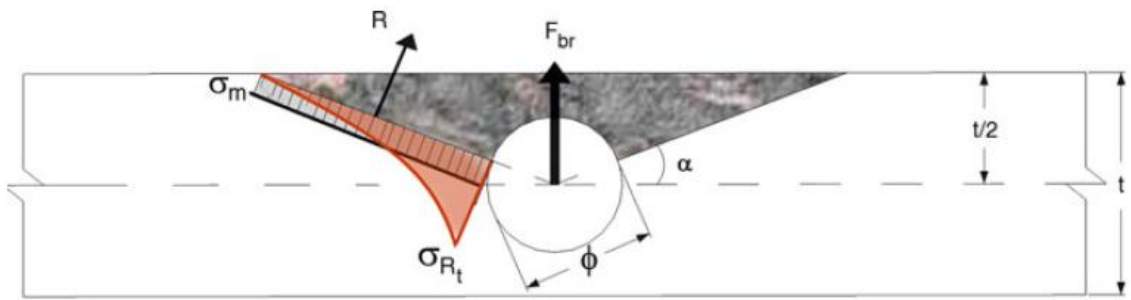
Hình 1.16 – Hình dạng phá hoại lý tưởng hóa của thử nghiệm nhỏ neo [1]



Hình 1.17 – Ứng suất trên mặt khoan lỗ chốt tính toán bởi phần mềm phần tử hữu hạn cho thấy sự tập trung ứng suất (vùng màu đậm hơn có ứng suất kéo lớn hơn) [1]

1.5.3.2.1 Công thức đơn giản hóa

Xét trường hợp đơn giản nhất, giả sử liên kết giữa chốt và lỗ là liên kết cứng hoàn hảo.



Hình 1.18 – Sự phân bố ứng suất và hợp lực trên cạnh khoan lỗ [1]

Hợp lực R được xác định bởi:

$$R = A \times \frac{\sigma_{Rt}}{K_1} \quad (1-12)$$

trong đó:

A là một nửa diện tích hình chiếu của mảnh vỡ phá hoại;

σ_R là cường độ kéo của đá;

K_1 là hệ số tập trung ứng suất, được xác định bằng tỉ số giữa ứng suất lớn nhất σ_{Rt} và ứng suất trung bình σ_m (xem Hình 1.18).

Giá trị lực phá vỡ F_{br} có thể được xác định bằng công thức sau:

$$F_{br} = 2 \times R \cos \alpha \quad (1-13)$$

Các nghiên cứu thực nghiệm đã cho phép xác định giá trị của α trong các điều kiện khác nhau (Hình 1.16 và Hình 1.18), giá trị A của một nửa diện tích hình chiếu của mảnh vỡ phá hoại cho bởi:

$$A = \frac{1}{4} \left(\frac{t}{\sin \alpha} - \phi \right) \times l_d \quad (1-14)$$

trong đó:

ϕ là đường kính của lỗ khoan;

t là chiều dày của panen đá;

l_d là chiều dài tiếp xúc của chót;

α xác định như trong Hình 1.18.

Diện tích A được tính toán như trong biểu thức (59) với giả thiết là mảnh vỡ có hình chóp được đơn giản hóa, có cùng chiều cao với chiều dài tiếp xúc của chót.

Kết hợp các công thức (57), (58), (59), giá trị lực phá vỡ là:

$$F_{br} = \frac{\sigma_{Rt} \cdot l_d (t - \phi \times \sin \alpha)}{2 \times K_1 \times \tan \alpha} \quad (1-15)$$

Khi ống bọc chót làm bằng vật liệu đàn hồi, ví dụ như cao su EPDM, sự tập trung

ứng suất lớn hơn so với trong liên kết cứng, do đó cần hiệu chỉnh hệ số tập trung ứng suất để tính đến hiệu ứng và công thức (60).

Trong trường hợp các lỗ hình trụ, hệ số tập trung ứng suất K_1 được lấy xấp xỉ bằng 3. Do đó, lực phá vỡ tại lỗ chốt F_{br} xác định từ cường độ kéo của đá và hệ số lão hóa là:

$$F_{br} = \frac{\sigma_{Rtk} \times l_d \times (t - \phi \times \sin \alpha)}{6 \times K_2 \times \tan \alpha} \times \frac{\eta}{\gamma_M} \quad (1-16)$$

trong đó:

- σ_{Rtk} là cường độ kéo tiêu chuẩn của đá
- t là chiều dày của panen đá
- Φ là đường kính của lỗ khoan
- l_d là chiều dài tiếp xúc của chốt
- K_2 là hệ số tập trung ứng suất, tính đến hiệu ứng gây ra bởi ống bọc chốt làm bằng vật liệu đàn hồi
- γ_M là hệ số an toàn của vật liệu (đá)
- η là hệ số lão hóa, tính đến sự mất mát cường độ của đá (Xem Bảng 1.4)

Bảng 1.3 – Hệ số tập trung ứng suất K_2 và góc α (sử dụng trong biểu thức (7-14)) [1]

| Loại đá | α | K_2 |
|---------------------|----------|-------|
| Đá granit hạt mịn | 30° | 1,2 |
| Đá vôi | 21° | 1,3 |
| Đá hoa kết tinh | 19° | 1,4 |
| Đá vôi bán kết tinh | 22° | 1,6 |

Bảng 1.4 – Hệ số lão hóa [1]

| Loại đá | Điều kiện môi trường | |
|---------------------------------|------------------------|---|
| | Môi trường ẩm có sương | Môi trường ẩm ướt có sương và muối phá băng |
| Đá granit hạt mịn đến hạt trung | 1,00 | 0,95 |
| Đá vôi | 0,90 | 0,85 |
| Đá marble hạt mịn đến hạt trung | 0,85 | 0,75 |

1.5.3.2.2 Quy trình tính toán

Giá trị tính toán của lực truyền đến neo dạng chốt có thể xác định theo công thức sau:

$$F_{Sd} = \frac{w_{Sd} \cdot L_1 \cdot L_2}{4} \quad (1-17)$$

trong đó:

w_{Sd} là giá trị tải trọng theo phương ngang (tải trọng gió, động đất) phân bố đều tác dụng lên panen;

L_1, L_2 là các kích thước của panen.

Với điều kiện $F_{brd} \geq F_{Sd}$, chiều dày của panen đá cần thỏa mãn:

$$t \geq 1,5 \times w_{Sd} \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot K_2 \frac{\tan \alpha}{\sigma_{Rtd} \cdot l_d} + \phi \times \sin \alpha \quad (1-18)$$

Với $\sigma_{Rtd} = \frac{\sigma_{Rkt}}{\gamma_M} \cdot \eta$, cường độ kéo tính toán của đá.

1.5.3.3. Ví dụ trường hợp nghiên cứu

Xét một trường hợp nghiên cứu đã được thực hiện bằng cách sử dụng đá granit. Đá (Hình 1.19) là một loại đá granit hạt mịn đến trung bình, hơi sần sùi, màu xám nhạt và xanh nhạt, kết hợp hai loại mica.



Hình 1.19 – Đá granit [26]

Đá granit này đã được thử nghiệm để xác định:

- Cường độ nén một trục (theo tiêu chuẩn EN 1926: 2006 [20]); 70 mẫu đã được thử nghiệm, các mẫu được thử nghiệm trong điều kiện ngâm hoặc điều kiện khô.
- Mật độ biểu kiến và độ rỗng mở (theo tiêu chuẩn EN 1936:2006 [17]);
- Cường độ uốn dưới tải trọng tập trung và dưới mô men không đổi (theo tiêu chuẩn EN 13161: 2007 [18], EN 12372: 1999 [19]); thử nghiệm đã được thực hiện với

100 mẫu thử.

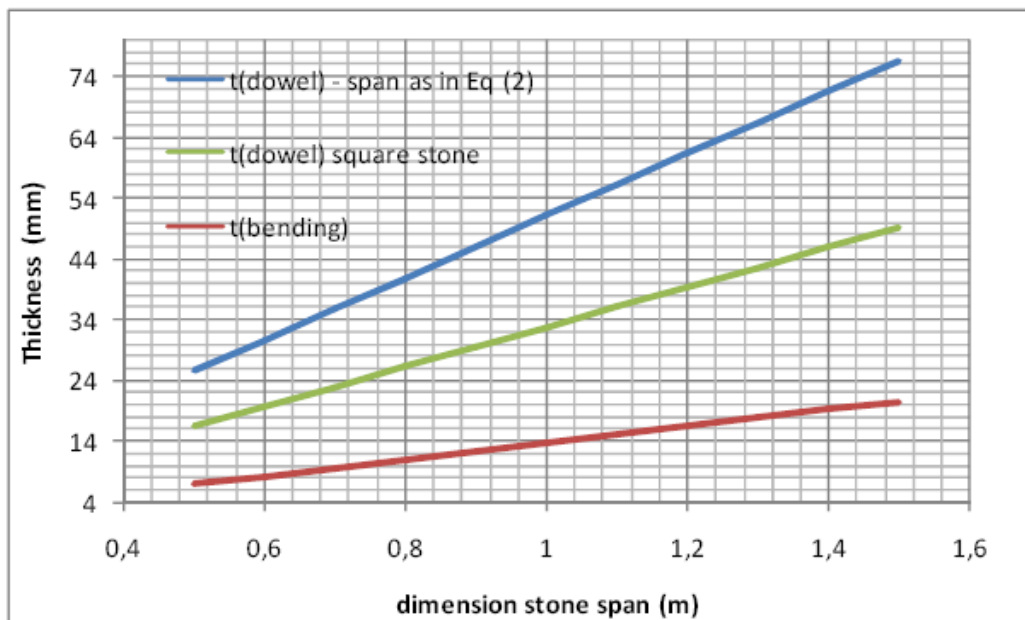
– Tải trọng phá vỡ tại neo (Hình 1.20) (theo tiêu chuẩn EN 13364:2002 [21]); 118 mẫu thử (200mm × 200 mm × 30 mm) đã được thử nghiệm.



Hình 1.20 – Thử nghiệm neo [26]

Kết quả:

Hai tình huống đã được xét đến. Tình huống thứ nhất với chiều dài cạnh không được đỡ là L_2 và giả sử tỷ lệ L_1/L_2 thỏa mãn phương trình (49). Tình huống thứ hai, xét một tấm đá hình vuông. Độ dày tính toán được thể hiện trong Hình 1.21, đã được xác thực bằng mô hình tính toán 3D bằng phần tử hữu hạn [26].

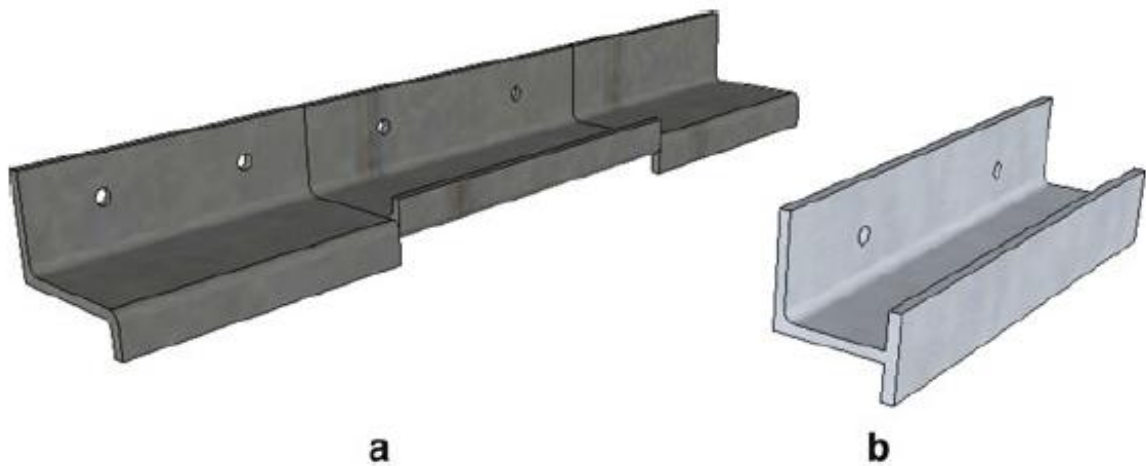


Hình 1.21 - So sánh giữa độ dày tính toán với tải trọng phá vỡ và với cường độ uốn [26]

Hình 1.21 cho thấy việc tính toán độ dày của panen với giả thiết chỉ chịu mô men uốn, mà không tính đến lực ở neo là không an toàn.

1.5.4. Neo Kerf

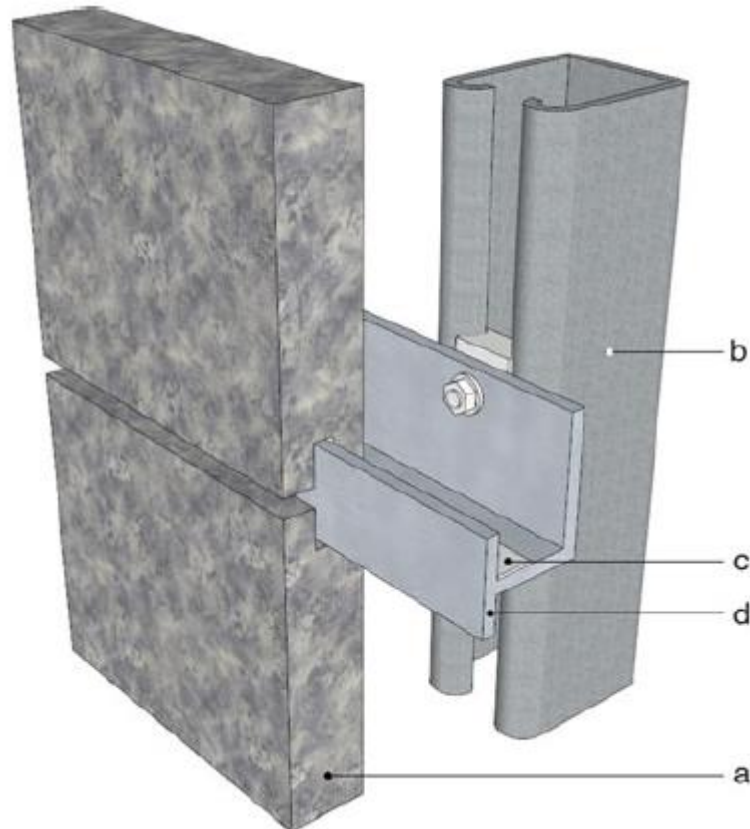
Neo kerf điển hình thường được làm bằng thép không gỉ hoặc nhôm định hình. Neo kerf có thể liên tục hoặc không liên tục và thường nằm ở trên cùng và dưới cùng của các cạnh tấm đá để dễ dàng tiếp cận và căn chỉnh trong quá trình lắp đặt (Hình 1.22).



Hình 1.22 – Neo kerf dạng rời (a) và dạng liên tục (b) [1]

Neo kerf được gắn chặt vào khung đỡ hoặc gắn trực tiếp kết cấu chính của tòa nhà bằng bu lông.

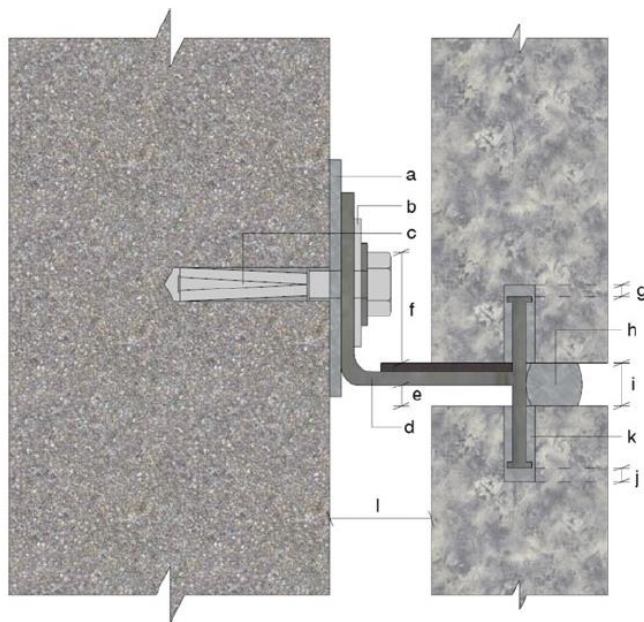
Trong hầu hết các trường hợp, neo kerf được gắn vào các đố đứng được cố định vào kết cấu chính của tòa nhà (Hình 1.23).



Hình 1.23 – Neo Kerf; (a) Đá; (b) Đố đứng; (c) Dải vật liệu đàn hồi; (d) Thanh

ngang [1]

Cần đặt một miếng đệm bằng vật liệu dẻo hoặc kim loại có kích thước lớn hơn mặt được bắt vít của neo (Hình 1.24 (a)) và vòng đệm (/gioăng) (Hình 1.24 (b)) để ngăn kết nối không bị trượt sau khi căn chỉnh theo chiều dọc; gắn neo vào kết cấu chính bằng bu lông, ốc vít (c).



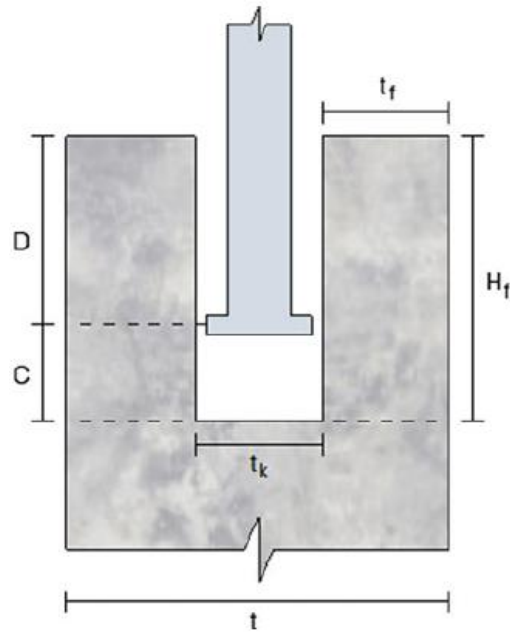
Hình 1.24 – Mặt cắt điển hình của neo kerf [1]

Cần phải:

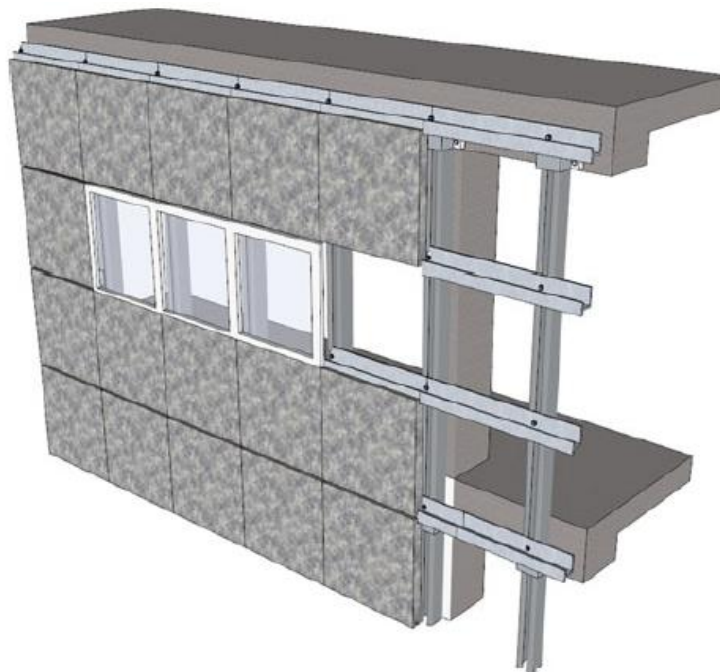
- giữ khe hở để tránh neo kerf (d) tiếp xúc với đá do sự truyền trọng lượng và để đáp ứng các dịch chuyển do từ biến, giãn nở và sai số gia công và sai số lắp đặt (e);
- đặt một miếng đệm chịu lực bằng vật liệu dẻo hoặc cao su cứng để ngăn cách, ngăn chặn sự chịu lực của đá trong phạm vi neo (f);
- giữ khoảng hở tránh điểm đặt lực của neo kerf lên phần trên cùng (g) và phần dưới cùng của đá (j);
- đặt thanh xếp chèn khe (backer rod) hoặc băng keo bọt ở vị trí thích hợp (h) để tránh liên kết keo ba mặt (trong trường hợp cần phải bơm keo).

Ngoài ra, phải lấp đầy lỗ neo kerf (k) với chất trám kín để ngăn tích tụ độ ẩm. Cần giảm khoảng cách (l) giữa mặt sau của panen đá với kết cấu chính để làm giảm trọng lượng lệch tâm lên neo.

Các thông số chính ảnh hưởng đến khả năng của neo được minh họa trong Hình 1.25, bao gồm chiều rộng khe kerf t_k ; độ dày t_f của tấm đá còn lại sau khi khoan lỗ, tính từ mặt bên trong của neo kerf đến mặt tấm đá (lấy giá trị nhỏ hơn); độ sâu tiếp xúc H_f và chiều dài tiếp xúc của chân chốt D.



Hình 1.25 – Lỗ neo kerf [1]



Hình 1.26 – Hệ mặt dựng bằng đá lắp dựng với neo kerf liên tục [1]

1.5.4.1. Thiết kế chịu uốn

Giả thiết: vết cắt kerf nằm ở giữa chiều dày của tấm đá, không có sự khác biệt giữa tác động hướng vào trong hay hướng ra ngoài khi tính toán độ bền uốn.

Phản lực tại gối đồng đều dọc theo ray ngang như minh họa ở Hình 1.26.

Mô men uốn tính toán M_{Sd} tại tiết diện ngang giữa nhịp của tấm được xác định theo công thức sau:

$$M_{sd} = \frac{q_{sd}L^2}{8} \quad (1-19)$$

trong đó:

q_{sd} là tải trọng gió tính toán;

L là khoảng cách giữa 2 gối.

Giả thiết ứng suất phân bố tuyến tính dọc theo cạnh panen không được đỡ, với t là chiều dày danh định của panen, ứng suất lớn nhất xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{sd} = \frac{3 \cdot q_{sd} \cdot L^2}{4 \cdot t^2} \quad (1-20)$$

1.5.4.1.1 Trạng thái giới hạn cực hạn

Với giả thiết $\sigma_{sd} \leq \sigma_{Rd}$, chiều dày nhỏ nhất của tấm đá được xác định như sau:

$$t \geq L \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \times \frac{q_{sd}}{\sigma_{Rd}}} \quad (1-21)$$

q_{sd} xác định theo tổ hợp tải trọng cơ bản

1.5.4.1.2 Trạng thái giới hạn sử dụng

Dịch chuyển ngang lớn nhất f_{max} của panen dưới tác dụng của tổ hợp tải trọng tựa tĩnh (quasi-permanent) không được lớn hơn 1/250 của chiều dài nhịp:

$$f_{max} = \frac{5 \cdot q_{sd} \cdot L^4}{32 \times E \cdot t^3} (1 + \psi) \leq \frac{L}{250} \quad (1-22)$$

trong đó:

L là chiều dài nhịp không được đỡ bởi neo;

E là mô đun đàn hồi của đá;

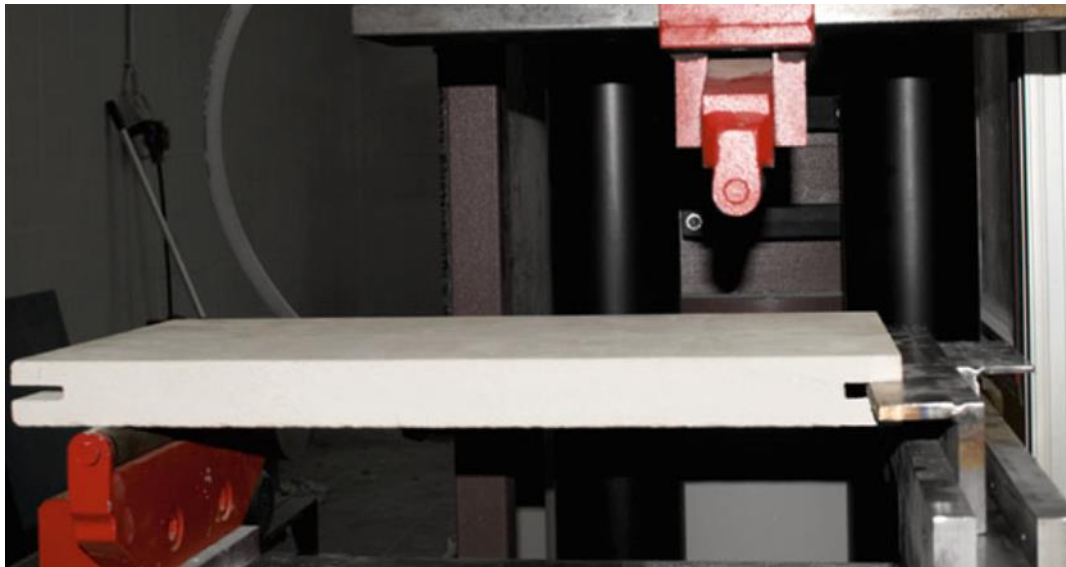
t là chiều dày tấm đá;

q_{sd} là giá trị tính toán của tổ hợp tải trọng tựa tĩnh (quasi-permanent) tác dụng lên panen;

ψ là hệ số từ biến của đá, có thể lấy bằng 2.

1.5.4.2. Độ bền neo kerf

Quy trình thử nghiệm độ bền neo kerf được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C1354. Mẫu thử nghiệm được xẻ cả hai mặt, như minh họa trong Hình 1.27. Neo kerf chỉ được lắp ở một trong các cạnh của mẫu đá; cạnh đối diện được đặt trên gối con lăn. Tải trọng được đặt tại vị trí cách neo kerf một khoảng bằng $t + H_f$, (xem Hình 1.25). Tải trọng thực đặt lên neo, nhỏ hơn tổng tải trọng tác dụng, được tính toán theo sơ đồ tĩnh định đơn giản.



Hình 1.27 – Thử nghiệm neo Kerf [1]

Trong thực tế, khi độ cứng của thanh ray (phụ thuộc vào bản thân thanh ray, mômen quán tính của tiết diện ngang và môđun đàn hồi) nhỏ hơn độ cứng của mẫu đá (được xác định bởi độ dày của đá và môđun đàn hồi) dọc theo nhịp của đá, thanh ray sẽ không được coi là một gối đỡ liên tục. Thường thì thanh ray được làm bằng nhôm và không tạo ra gối đỡ liên tục cho đá, trừ khi nó cứng hơn nhiều so với tấm đá.

Như vậy, cần đưa ra các giả thiết về điều kiện gối tựa, phụ thuộc vào chiều rộng tiếp xúc hữu hiệu giữa thiết bị neo và đá.

Khi độ cứng của phần tấm đá có độ dày t_f (xem Hình 1.25) cao hơn so với thanh ray tiếp xúc với đá, chiều rộng tiếp xúc hữu hiệu, B_{eff} , được giả định ở mỗi phần tư của các đầu của tấm đá.

Mặt khác, toàn bộ chiều rộng của tấm đá cùng tham gia chịu các lực tác dụng. Do đó, cần có một hệ số tiếp xúc δ để xác định chiều rộng tiếp xúc hữu hiệu cho hệ gối đỡ liên tục:

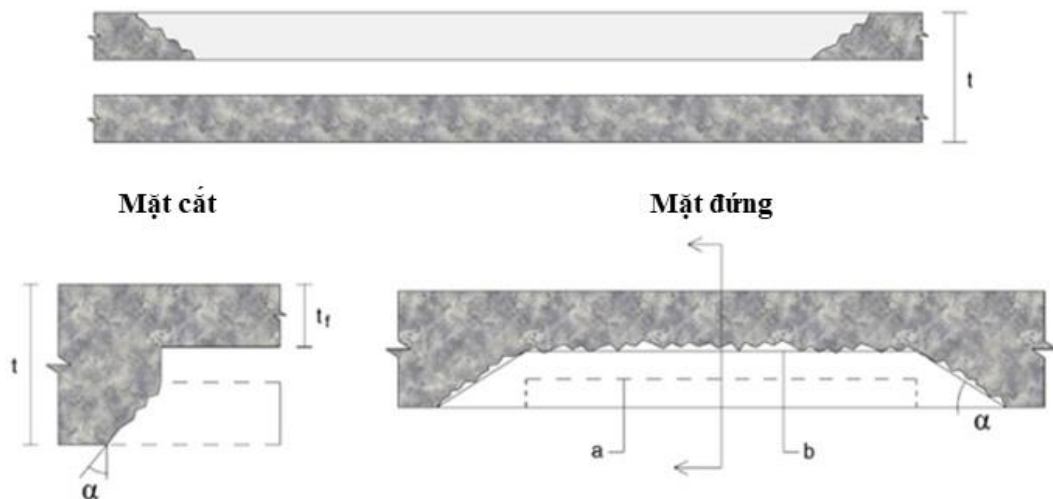
$$\delta = \frac{B_{eff}}{B} \quad (1-23)$$

Dựa trên các nghiên cứu đã có, gối được cho là liên tục trên toàn bộ chiều rộng khi biến dạng của thanh ray nhỏ hơn 0,1% chiều rộng của tấm đá và trong trường hợp này, hệ số tiếp xúc δ có thể lấy bằng 0,5.

Khi neo cấu thành từ các đoạn khác nhau, tức là không liên tục, chiều rộng hiệu dụng được xác định có xét đến chiều dài của các đoạn neo và dạng phá hoại ở mép tấm đá (xem Hình 8.7).



Hình 1.28 - Cạnh của tấm đá sau khi được thử nghiệm với một neo đơn [1]



Hình 1.29 - Dạng phá hoại lý tưởng của một cạnh tấm đá tại vị trí của một neo đơn [1]

Chiều rộng tiếp xúc hữu hiệu có thể được xác định như sau:

$$B_{eff} = L_{anc} + 2 \times d_{eff} \cdot \cot \alpha \quad (1-24)$$

trong đó:

L_{anc} là chiều dài của neo dạng rời;

α là góc tách;

d_{eff} là chiều dài hữu hiệu của neo, bằng $H_f - t_f \tan \alpha$;

H_f và t_f được định nghĩa trong Hình 1.25.

Các khoảng giá trị của góc tách α thống kê được từ các nghiên cứu thực nghiệm được cho trong Bảng sau:

Bảng 1.5 – Góc tách α [1]

| Loại đá | α |
|---------------------------------|-----------|
| Đá granit hạt mịn đến hạt trung | 35° - 40° |
| Đá marble | 40° - 45° |

1.5.4.3. Hệ số tập trung ứng suất

Hệ số tập trung ứng suất của một số loại đá được cho trong bảng sau:

Bảng 1.6 – Hệ số tập trung ứng suất [1]

| Loại đá | K_{eff} |
|---------------------------------|-----------|
| Đá granit hạt mịn đến hạt trung | 2,9 |
| Đá marble | 3,2 |

1.5.4.4. Tính toán**1.5.4.4.1 Ký hiệu**

L là khoảng cách giữa các gôi;

B là chiều rộng panen đá;

B_{eff} là chiều rộng tiếp xúc hiệu dụng của panen đá;

$\delta = \frac{B_{eff}}{B}$ là hệ số tiếp xúc;

t là chiều dày của panen đá;

C là khoảng hở tính từ đáy chốt neo đến đáy lỗ cắm chốt;

t_f là chiều dày của tấm đá còn lại sau khi khoan lỗ, tính từ mặt bên trong của neo kerf đến mặt tấm đá (lấy giá trị nhỏ hơn),

t_k là chiều rộng của lỗ kerf;

α là góc tách;

K_{eff} là hệ số tập trung ứng suất;

σ_{Rd} là cường độ uốn tính toán của đá, xác định bởi $\sigma_{Rd} = \frac{\sigma_{Rk}}{\gamma_M \cdot \eta}$;

σ_{Rk} là cường độ uốn tiêu chuẩn của đá;

γ_M là hệ số an toàn từng phần của đá;

η là hệ số lão hóa, tính đến sự mất mát cường độ của đá (Xem Bảng 1.4)

1.5.4.4.2 Ứng suất kéo lớn nhất được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{Sd} = \frac{3 \times q_{Sd} \cdot L \cdot C + \sqrt{q_{Sd}^2 \cdot L^2 (9 \times C^2 + t_f^2)}}{2 \times \delta \cdot t_f^2} \times K_{eff} \quad (1-25)$$

1.5.4.4.3 Độ dày nhỏ nhất của panen đá được xác định theo công thức sau:

$$t = 2 \times t_f + t_k;$$

$$t_f \geq \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{q_{Sd} \cdot L \cdot K_{eff} (q_{Sd} \cdot L \cdot K_{eff} + 12 \times \sigma_{Rd} \cdot \delta \cdot C)}}{\sigma_{Rd} \cdot \delta} \quad (1-26)$$

1.5.4.4.4 Giá trị lớn nhất của khoảng hở C được xác định theo công thức sau:

$$C \leq \frac{1}{12} \times \frac{(2 \times \sigma_{Rd} \cdot \delta \cdot t_f)^2 - (q_{Sd} \cdot L \cdot K_{eff})^2}{\sigma_{Rd} \cdot \delta \cdot K_{eff} \cdot q_{Sd} \cdot L} \quad (1-27)$$

1.5.4.4.5 Trong trường hợp sự dịch chuyển của kết cấu có thể bỏ qua hoặc bằng 0, C có thể lấy bằng 0. Khi đó chỉ có ứng suất do cắt. Giá trị t_f được xác định như sau:

$$t_f \geq \frac{1}{2} \times \frac{q_{Sd} \cdot L \cdot K_{eff}}{\sigma_{Rd} \cdot \delta} \quad (1-28)$$

PHẦN 2: THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU HỆ BAO CHE BẰNG ĐÁ

2.1. Gia công chế tạo

2.1.1. Đối với các dự án lớn, cần đến thăm nhà máy sản xuất đá để kiểm tra xem loại đá cần dùng có sẵn hay không.

Đề có được vẻ ngoài đồng nhất và thẩm mỹ hơn, cũng như cường độ đồng đều hơn, tất cả các khối đá phải được khai thác với kích thước mà cho phép xẻ các tấm đá một cách đồng đều so với mặt phân lớp của đá. Hầu hết các loại đá có độ bền uốn cao hơn nếu được xẻ song song với mặt phân lớp. Đá trầm tích, chẳng hạn như đá vôi và đá sa thạch, luôn phải được xẻ song song với mặt phân lớp.

2.1.2. Việc chế tạo phải tuân theo các bản thuyết minh và bản vẽ shop drawings đã được phê duyệt. Phải tuân thủ các yêu cầu về sai số cho phép được mô tả trong bản thuyết minh. Kiểm tra việc gia công chế tạo tại nhà máy rất được khuyến nghị để bảo vệ tất cả các bên khỏi các tranh chấp có thể xảy ra sau này, về màu sắc, nhãn hiệu, lỗi kết cấu hoặc độ dày không phù hợp. Lỗ neo, lỗ cắt cho các hạng mục khác và lỗ để tạo điểm nâng trong quá trình vận chuyển sẽ được tạo tại nhà máy chứ không phải tại công trường.

Đối với các dự án lớn, một mô hình hệ mặt dựng thực nên được lắp dựng trong nhà máy như một hướng dẫn để kiểm soát sự đồng nhất của màu sắc và cấu trúc (texture) đá. Nếu không có hệ mặt dựng mẫu này, các tấm đá có màu sắc hoặc kết cấu không phù hợp có thể được cắt theo kích thước cuối cùng và được vận chuyển đến công trường nơi chúng có thể được lắp đặt. Tại thời điểm này, việc loại bỏ các tấm không đạt yêu cầu và lắp đặt lại có thể rất tốn kém.

Để tránh việc lắp đặt các tấm có chất lượng, màu sắc hoặc kết cấu không phù hợp, một mô hình hệ mặt dựng thực nên được lắp dựng tại công trường. Khi chất lượng, vẻ ngoài của đá và phương pháp lắp đặt của nó được chấp thuận, vẫn cần phải tiếp tục giám sát để đảm bảo tránh được việc lắp đặt không đúng chỉ dẫn hoặc việc sử dụng các tấm đá nằm ngoài phạm vi màu sắc, cấu trúc và chất lượng của mô hình.

Để kiểm soát chất lượng đồng nhất của đá, cần thận trọng khi áp dụng các thử nghiệm tại xưởng gia công được thiết kế đặc biệt cho một lượng nhất định các tấm được sử dụng trong dự án. Thử nghiệm tại xưởng gia công như vậy thường được thực hiện bằng cách đặt tải phân bố đều lên các tấm, hoặc bằng cách sử dụng một buồng thử nhỏ để tạo áp suất tĩnh.

2.1.3. Đối với các tấm panen composite, chẳng hạn như bê tông đúc sẵn có phủ đá tự nhiên, hoặc các tấm đá được lắp ráp sẵn trên khung thép hoặc vì kèo, nên kiểm tra việc lắp ráp để đảm bảo tuân thủ thuyết minh và bản vẽ chi tiết thiết kế. Trong nhiều trường hợp, không được để lộ các neo, cốt thép, vật liệu cách nhiệt và các thành phần khác. Hậu quả của việc lắp ráp không đúng cách chỉ có thể thấy rõ sau nhiều năm sau khi lắp đặt panen.

2.1.4. Cần phải đặc biệt cẩn thận khi vận chuyển và cất giữ các tấm panen composite, để tránh bị cong vênh, sứt mẻ và các hư hỏng khác.

2.2. Lắp đặt hệ bao che bằng đá

2.2.1. Trình tự chế tạo, đóng kiện và vận chuyển cần phải theo đúng thứ tự để duy trì tiến độ, tối đa hóa năng suất và giảm thiểu việc vận chuyển lại các tấm. Cần phải phối hợp trình tự này với việc lắp đặt đá tại công trường với tất cả các hạng mục xây dựng khác.

2.2.2. Cần đặc biệt thận trọng trong việc vận chuyển, cất giữ các tấm đá để tránh bị cong, nứt, sứt mẻ và ố màu. Các giá đỡ phải được thiết kế để tránh xuất hiện sự quá ứng suất trong các tấm đá hoặc nứt trong quá trình cất giữ và vận chuyển. Sự tập trung ứng suất do vận chuyển không đúng cách có thể nối liền các vết nứt vi mô hoặc vĩ mô có nguồn gốc địa chất có thể có trong các tấm đá. Độ ẩm và chu kỳ nhiệt có thể gây ra sự co và hồng hóc sau này cho các tấm như vậy trên hệ bao che của tòa nhà.

2.2.3. Việc lắp ráp trước đá trên khung thép, hoặc bê tông đúc sẵn được thực hiện trong nhà máy trong các điều kiện được kiểm soát.

Nếu có thể, các tấm panen được lắp ráp sẵn phải được vận chuyển ở các vị trí tương tự như các vị trí mà chúng sẽ được lắp đặt.

2.2.4. Việc chuẩn bị thiết bị cầu lắp phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- a) Phải dựa vào panen để lựa chọn thiết bị cầu lắp thích hợp để lắp đặt chắc chắn vào hệ kết cấu chính;
- b) Trước khi sử dụng thiết bị cầu lắp, phải tiến hành kiểm tra chất lượng, an toàn tổng thể;
- c) Việc thiết kế thiết bị cầu phải làm sao cho trong quá trình cầu không được gây ra lực theo phương ngang giữa các tấm panen;
- d) Phải điều khiển được tốc độ cầu, đồng thời phải có biện pháp an toàn bảo vệ;
- e) Thiết bị cầu phải có biện pháp chống xoay lắc của panen khi cầu.

2.2.5. Việc vận chuyển cấu kiện panen phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- a) Trước khi vận chuyển phải đánh số các tấm panen và phải làm tốt công tác bảo vệ thành phẩm;
- b) Trong quá trình xếp dỡ, vận chuyển, phải sử dụng đệm đàn hồi và giá đỡ có đủ sức chịu tải và độ cứng, để đảm bảo các tấm tách rời nhau và cố định tương đối, không được để các tấm đè lên nhau, cần thận trọng để bảo vệ đá không bị ố vàng trong quá trình vận chuyển;
- c) Đối với panen có vượt quá kích thước vận chuyển cho phép thì phải có giải pháp đặc biệt để xử lý;
- d) Các panen phải được đặt cân bằng theo thứ tự, không được làm biến dạng tấm

mặt hoặc các thanh;

e) Trong quá trình vận chuyển, phải có biện pháp giảm xóc.

2.2.6. Khi cất giữ các panen ở hiện trường phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- a) Nên bố trí chỗ cất giữ riêng biệt, và phải có biện pháp bảo vệ an toàn;
- b) Nên đặt trên các giá đỡ;
- c) Phải dựa vào thứ tự lắp đặt để sắp xếp;
- d) Không được xếp chồng trực tiếp lên nhau;
- e) Không xếp dỡ thường xuyên.

2.2.7. Việc cầu và định vị phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- a) Điểm cầu và điểm treo phải thỏa mãn yêu cầu thiết kế, số điểm cầu không được ít hơn 2 điểm. Khi cần thiết có thể bố trí thêm điểm cầu gia cường và cầu thử;
- b) Khi cầu các panen phải làm sao để lực phân bố đều trên mỗi điểm cầu, phải đảm bảo giữ ổn định cho panen trong suốt quá trình cầu;
- c) Không được để panen xoay lắc trong quá trình cầu, không được để va chạm với các vật thể khác;
- d) Phải có biện pháp để đảm bảo mặt trang trí không bị mài và mòn trong quá trình cầu;
- e) Khi đưa panen vào vị trí, trước tiên phải treo panen vào kết cấu chính, trước khi cố định panen không được tháo rời thiết bị cầu.

2.2.8. Việc hiệu chỉnh và cố định phải được tiến hành theo các quy định sau:

- a) Sau khi đưa panen vào vị trí phải tiến hành hiệu chỉnh ngay;
- b) Sau khi hiệu chỉnh xong, phải cố định với vị trí liên kết luôn, đồng thời tiến hành nghiệm thu các hạng mục lắp kín;
- c) Sai số sau khi lắp đặt cố định hệ bao che bằng đá dạng panen phải thỏa mãn yêu cầu trong Bảng 2.4;
- d) Sau khi cố định panen có thể tháo rời thiết bị cầu, đồng thời phải tiến hành làm sạch các khe, lỗ của thanh khung của panen.

2.2.9. Nếu tạm thời dừng lắp đặt trong quá trình thi công, thì phải tiến hành bảo vệ các vị trí khe lỗ; đối với panen lắp đặt xong thì phải tiến hành bảo vệ thành phẩm kịp thời.

2.3. Nghiệm thu

2.3.1. Sai số gia công [2]

2.3.1.1. Yêu cầu về chiều dày

Dung sai về chiều dày không được vượt quá các giá trị cho trong bảng sau:

Bảng 2.1 – Dung sai chiều dày danh định [1]

| | |
|--|---------------------------------|
| Chiều dày danh định (mm) | Dung sai |
| Từ 15 mm đến 30mm | $\pm 10\%$ ^{a)} |
| Từ 30 mm đến 80 mm | $\pm 3\text{ mm}$ ^{b)} |
| Lớn hơn 80 mm | $\pm 5\text{ mm}$ ^{c)} |
| ^{a)} Trong trường hợp cấu kiện cần lắp ghép, dung sai về chiều dày là $\pm 0,5\text{ mm}$ ^{b)} Trong trường hợp cấu kiện cần lắp ghép, dung sai về chiều dày là $\pm 1\text{ mm}$ ^{c)} Trong trường hợp cấu kiện cần lắp ghép, dung sai về chiều dày là $\pm 2\text{ mm}$ | |

Yêu cầu chặt chẽ hơn về dung sai có thể được khai báo bởi nhà cung ứng.

Chiều dày yêu cầu của cấu kiện bằng đá được xác định bằng cách phân tích kết cấu, có tính đến các đặc tính cơ học và vật lý của đá.

2.3.1.2. Yêu cầu về độ phẳng của bề mặt

Sự chênh lệch về độ phẳng của bề mặt (ngoại trừ đối với các mặt chẻ theo thớ tự nhiên) không được vượt quá 0,2 % chiều dài và không được lớn hơn 3 mm. Đối với các mặt chẻ theo thớ tự nhiên, dung sai về độ phẳng của bề mặt phải được khai báo bởi nhà cung ứng.

2.3.1.3. Yêu cầu về chiều dài và chiều rộng

Dung sai về chiều dài hoặc chiều rộng không được vượt quá các giá trị cho trong bảng sau:

Bảng 2.2 – Dung sai về chiều dài và chiều rộng [1]

| Chiều dài và chiều rộng danh định (mm) | < 600 | ≥ 600 |
|--|-------------------|-------------------|
| Chiều dày $\leq 80\text{ mm}$ | $\pm 2\text{ mm}$ | $\pm 3\text{ mm}$ |
| Chiều dày $\geq 80\text{ mm}$ | $\pm 4\text{ mm}$ | $\pm 5\text{ mm}$ |

Yêu cầu chặt chẽ hơn về dung sai có thể được quy định bởi nhà cung ứng.

2.3.1.4. Yêu cầu về góc và hình dạng đặc biệt

Sai số cho phép tại một điểm bất kỳ như được khai báo trong Bảng 2.2.

Mỗi góc phải tương ứng với hình dạng đã thỏa thuận. Sự phù hợp của các yếu tố có hình dạng đặc biệt (ví dụ: cong) với hình dạng được yêu cầu phải được kiểm tra bằng thước đo thích hợp, dung sai cho phép tại bất kỳ điểm nào phải được khai báo trong Bảng 2.2. Khi trên cùng một phần tử cong, độ dày lớn hơn 80 mm tại một số điểm nhất định và nhỏ hơn giá trị này tại các điểm khác, dung sai phải luôn luôn áp dụng trong trường hợp giá trị độ dày nhỏ hơn 80 mm.

2.3.2. Sai số lắp đặt

2.3.2.1. Sai số cho phép khi lắp đặt cấu kiện liên kết phải thỏa mãn quy định tại Bảng 2.3.

Bảng 2.3 - Sai số cho phép khi lắp đặt cấu kiện liên kết [1]

| Nội dung | Sai số cho phép mm | Phương pháp kiểm tra |
|--|---|-------------------------|
| 1. Cao độ | $\pm 1,0$ ($\pm 2,0$ nếu có thể điểm chỉnh lên xuống) | Máy thủy bình |
| 2. Độ bằng phẳng 2 đầu cấu kiện liên kết | $\leq 1,0$ | Thước thép |
| 3. Khoảng cách theo phương ngang đến trục lắp đặt | $\leq 1,0$ | Thước thép |
| 4. Sai lệch theo phương đứng (sai lệch độ thẳng đứng của hai đầu cấu kiện liên kết) | $\pm 1,0$ | Thước thép |
| 5. Khoảng cách giữa đường tâm của hai cấu kiện liên kết tại vị trí điểm liên kết | $\pm 1,0$ | Thước thép |
| 6. Sai lệch dưng chéo đầu trên và dưới của hai cấu kiện liên kết | $\pm 1,0$ | Thước thép |
| 7. Sai lệch của ba cấu kiện liên kết (trên dưới, trái phải) | $\pm 1,0$ | Thước thép |

2.3.2.2. Sai số cho phép khi lắp đặt hệ bao che bằng đá phải thỏa mãn quy định tại Bảng 2.4.

Bảng 2.4 - Sai số cho phép khi lắp đặt hệ bao che bằng đá [1]

| Nội dung | Sai số cho phép mm | Phương pháp kiểm tra |
|---|---------------------------|------------------------------|
| 1. Độ thẳng đứng của hệ bao che bằng đá (theo chiều cao của hệ bao che bằng đá H) | $H \leq 30$ m | ≤ 10 |
| | 30 m < H ≤ 60 m | ≤ 15 |
| | 60 m < H ≤ 90 m | ≤ 20 |
| | $H > 90$ m | ≤ 25 |
| 2. Độ bằng phẳng của hệ bao che bằng đá | $\leq 2,5$ | Thước 2 m, thước thép bản |
| 3. Độ thẳng hàng của khe đứng | $\leq 2,5$ | Thước 2 m, thước thép bản |

Bảng 2.4 - Sai số cho phép khi lắp đặt hệ bao che bằng đá [1]

| Nội dung | | Sai số cho phép mm | Phương pháp kiểm tra |
|--|-------------------------|--------------------|---------------------------|
| 4. Độ thẳng hàng của khe ngang | | $\leq 2,5$ | Thước 2 m, thước thép bản |
| 5. Bề rộng của khe (so với giá trị thiết kế) | | ± 2 | Thước kẹp |
| 6. Độ thẳng hàng của khe bịt keo chịu thời tiết | $L \leq 20$ m | 1 | Thước thép |
| | 20 m $< L \leq 60$ m | 3 | |
| | 60 m $< L \leq 100$ m | 6 | |
| | $L > 100$ m | 10 | |
| 7. Sai lệch cao độ giữa hai tấm liền kề | | $\leq 1,0$ | Thước đo chiều sâu |
| 8. Cao độ của phụ kiện trong cùng một tầng | Bề rộng ≤ 35 m | $\leq 3,0$ | Máy laze hoặc máy kinh vĩ |
| | Bề rộng > 35 m | $\leq 5,0$ | |
| 9. Sai lệch cao độ bề mặt của hai phụ kiện liền kề | | $\leq 1,0$ | Thước đo chiều sâu |
| 10. Chiều dài nối khe của hai phụ kiện (so với giá trị thiết kế) | | $\pm 1,0$ | Thước kẹp |
| 11. Khoảng cách đến đáy khe của hai phụ kiện (so với giá trị thiết kế) | | $\pm 1,0$ | Thước kẹp |

2.3.3. Sửa chữa

Trong quá trình chế tạo, vận chuyển và lắp dựng tấm đá có thể xảy ra hư hỏng, vỡ. Đá bị hư hỏng có thể được sửa chữa trong những giới hạn nhất định.

Ngoài ra, các vết nứt, vỡ có thể phát triển, hoặc có thể được phát hiện sau khi đã lắp đặt đá. Những tấm đá này có thể được sửa chữa dưới sự giám sát của một chuyên gia về đá có kinh nghiệm. Công việc sửa chữa như vậy nên được thực hiện bởi những thợ có chuyên môn, những người đã được hướng dẫn về quy trình, cách sử dụng vật liệu một cách thích hợp và nắm rõ các phương pháp sửa chữa.

2.3.3.1. Không thể sửa chữa

Bất kỳ tấm đá nào có vết nứt, vụn hoặc vỡ gây ảnh hưởng hoặc theo bất kỳ cách

nào ảnh hưởng đến tính toàn vẹn của kết cấu hoặc neo tấm đá với kết cấu chính, đều KHÔNG được sửa chữa - mà phải được thay thế.

2.3.3.2. Có thể sửa chữa

Tấm đá bị hư hỏng được xác định là có thể sửa chữa theo ý kiến của chuyên gia, có thể được sửa chữa bằng một trong các phương pháp sau:

- Vá: dùng vôi vết nứt vỡ sâu nhỏ hơn 2 cm.
- Làm đầy và vá: dùng vôi các vết nứt vỡ sâu lớn hơn 2cm.
- Dán: dùng chất kết dính liên kết đá với đá.

2.3.3.3. Vá

Đây là một quá trình mà các khu vực đá bị nứt mẻ hoặc vỡ ra được sửa chữa bằng cách vá khoảng vỡ bằng hỗn hợp vữa epoxy. Phương pháp này được sử dụng khi không có sẵn các mảnh đá vỡ và/hoặc vùng bị nứt mẻ sâu chưa đến 2 cm.

Vùng cần vá sẽ được kiểm tra để xác định xem kích thước của vết vỡ có đảm bảo hay không, hoặc có thể chứa được các neo dạng chốt hay không.

- a) Nếu vùng cần vá có kích thước không đủ để chôn lấp các chốt thép bằng hỗn hợp vữa, sử dụng phương pháp thay thế bằng cách khoan vài lỗ có đường kính 0,5 cm, sử dụng các mũi khoan kim cương ($\pm 1,5-2,5$ cm). Việc này sẽ tạo ra một liên kết cơ học ngoài độ kết dính thu được bởi hỗn hợp vữa.
- b) Nếu vùng cần vá có kích thước đủ để chôn lấp các chốt thép, chuẩn bị khu vực để vá bằng cách khoan các lỗ có đường kính 0,5 cm, sử dụng các mũi khoan kim cương.

Lấp đầy các lỗ bằng hỗn hợp vữa epoxy và đặt vào lỗ chốt pin bằng thép không gỉ có đường kính 0,3 cm.

- c) Khu vực cần vá phải sạch sẽ, không có bụi và khô ráo. Khu vực này phải được giữ tránh tiếp xúc với độ ẩm trong tối thiểu 24 giờ trước khi vá. Thận trọng hơn, khu vực vá có thể được làm khô thêm bằng cách sử dụng máy sấy thổi khí nóng trong ít nhất 5 phút ngay trước khi tiến hành vá.
- d) Chuẩn bị "hỗn hợp vữa epoxy" bao gồm chất kết dính và các hạt đá nền, trộn đến khi độ sệt không chảy; lấp đầy lỗ và sau đó lấp vùng bị nứt mẻ hoặc vỡ với một lượng thích hợp. Cấu trúc (texture) bề mặt của vết vá này giống với lớp sơn hoàn thiện liền kề nó. Khi vữa epoxy đã đông kết hoàn toàn, làm nhám hoặc mài nhẵn bề mặt để phù hợp với lớp hoàn thiện.

Khi sửa chữa các bề mặt đã đánh bóng, sử dụng vải polyetylen chống nhăn để có được bề mặt bóng mịn hoặc đánh bóng bằng tay nếu cần.

2.3.3.4. Làm đầy và vá

Nếu khu vực bị nứt mẻ hoặc vỡ sâu lớn hơn 2 cm và không có sẵn các mảnh đá vỡ,

các khu vực này được lấp đầy bằng vật liệu được sản xuất và chế tạo chuyên biệt, sau đó, được vá bằng "hỗn hợp vữa epoxy".

- a) Chuẩn bị khu vực cần lấp đầy: bằng cách sử dụng một thanh giằng, lắp các chốt dowel pin uốn cong có đường kính 0,3 cm trong đá nền.
- b) Đặt và cố định khung theo yêu cầu.
- c) Làm sạch và làm khô khu vực.
- d) Chuẩn bị "hỗn hợp lấp đầy" chỉ gồm chất kết dính (không có bất kỳ cốt liệu nào) và lấp đầy hoàn toàn các khoảng trống, trừ phần trên cùng ($\pm 1,5$ cm).
- e) Để "hỗn hợp lấp đầy" đông cứng tối thiểu trong 24 giờ. Sau đó vá khu vực còn lại.

2.3.3.5. Dán

Phương pháp dán được sử dụng khi có sẵn một mảnh của đá vỡ để gắn lại và dán lại vị trí ban đầu.

- a) Đặt và giữ tạm thời miếng đá vỡ đúng vị trí trên tấm đá và khoan các lỗ có đường kính 0,5 cm qua miếng vỡ vào trực tiếp tấm đá nền. Các lỗ này được khoan ở các vị trí dày nhất của mảnh đá vỡ. Các lỗ này xuyên sâu vào tấm đá nền khoảng 2 cm.
- b) Sau khi khoan lỗ, cả hai mảnh đá (mảnh đá vỡ rời ra và đá nền) phải được làm sạch và làm khô kỹ bằng máy sấy thổi khí nóng.
- c) Chuẩn bị "hỗn hợp kết dính" chỉ bao gồm chất kết dính mà không có thêm bất kỳ cốt liệu nào. Lấp tất cả các lỗ đã khoan trước cũng như cả hai bề mặt của đá sẽ tiếp xúc với nhau bằng hỗn hợp chất kết dính. Nhấn vừa khít các mảnh được dán với nhau và chèn chốt bằng thép không gỉ sao cho chốt nằm trong mỗi mảnh đá là 50%. Các lỗ lộ ra phải được vá bằng hỗn hợp vữa epoxy với các hạt cốt liệu có màu đồng nhất với khu vực lân cận. Lau sạch phần nước dư thừa và gắn các kẹp giữ lại nếu cần.

2.3.3.6. Kỹ thuật hàn dính

Khi phát hiện đá bị nứt hoặc vỡ sau khi lắp đặt, có thể sửa chữa bằng cách "hàn dính" lại nếu nó được chuyên gia xác định là có thể sửa chữa được.

Các bước tiến hành:

- a) Tạo một đường cắt dạng kerf ở mặt tiếp xúc của đá, có độ sâu bằng một nửa chiều dày của đá, sử dụng một công cụ lưỡi kim cương.
- b) Vết cắt phải theo hướng vuông góc với vết nứt, có kích thước đủ để chứa được chốt bằng thép không gỉ có đường kính 0,3 cm, dài 5 cm.
- c) Lắp đặt chốt vào tấm đá với hỗn hợp epoxy trộn với bột đá để tạo màu cho epoxy càng gần với màu ban đầu của đá càng tốt. Nên sử dụng tối thiểu một chốt bằng thép không gỉ cho mỗi vết nứt dài 15 cm.

- d) Nếu vết nứt dày từ 1mm trở lên, thì ngoài việc sử dụng chốt bằng thép không gỉ để “hàn dính” tấm đá, cần tạo rãnh chữ "V" sâu khoảng 0,6 cm dọc theo vết nứt và lấp đầy nó bằng hỗn hợp epoxy trộn với bột đá.

2.3.3.7. Sử dụng chốt

Ngoài kỹ thuật hàn dính, hoặc ở vị trí của "đường hàn dính", đá bị nứt, vỡ hoặc bị long ra có thể được chốt chặt lại, nếu được chuyên gia xác định là có thể sửa chữa được. Các bước tiến hành:

- a) Khoan một lỗ có đường kính khoảng 1,5 cm dốc xuống khoảng 22°, xuyên qua đá và vào kết cấu bê tông chính của tòa nhà.
- b) Làm sạch lỗ bằng không khí và bơm epoxy có độ đặc thấp vào lỗ trên tấm đá.
- c) Nhúng thanh thép không gỉ đã cắt sẵn vào epoxy và đặt nó vào lỗ của bê tông và đá, sâu khoảng 0,7 cm so với mặt hoàn thiện của đá.
- d) Đổ đầy keo epoxy và bột đá đến mặt hoàn thiện của đá.

2.3.3.8. Vật liệu và công cụ

- a) Vá: Sử dụng "hỗn hợp vữa epoxy" bao gồm chất kết dính với cốt liệu từ mịn đến trung bình, là các hạt đá của dự án nhằm mục đích đạt được sự tương thích với đá ban đầu của dự án.
- b) Làm đầy và vá: "Hỗn hợp trộn" chỉ gồm chất kết dính mà không cần thêm cốt liệu.
- c) Dán: Hỗn hợp kết dính phải được làm từ chất kết dính đã được phê duyệt.
- d) Cốt liệu đá: Cốt liệu đá khô, được đóng gói sẵn, có màu sắc thích ứng để tạo ra hỗn hợp vữa trùng với màu đá của dự án.
- e) Thiết bị khác: Mũi khoan kim cương, máy sấy khí nóng, kẹp, dao phay, polyetylen, băng keo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Stone Cladding Engin – Rui de Sousa Camposinhos.
- [2] NF EN 12059+A1 Natural stone products — Dimensional stone work — Requirements.
- [3] ASTM – American Society for Testing Materials (2010) Standard guide for selection, design, and installation of dimension stone attachment systems, vol ASTM C1242 – 10. American Standard of Testing Materials, West Conshohocken
- [4] ASTM – American Society for Testing Materials (2010) Standard guide for selection of dimension stone for exterior use, vol ASTM C1528 – 10. American Standard of Testing Materials, West Conshohocken
- [5] ASTM C97 / C97M - 18 Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone
- [6] ASTM C121 / C121M - 20 Standard Test Method for Water Absorption of Slate
- [7] ASTM C629 / C629M - 15 Standard Specification for Slate Dimension Stone
- [8] ASTM C170 / C170M - 17 Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone
- [9] ASTM C880 / C880M - 18 Standard Test Method for Flexural Strength of Dimension Stone
- [10] ASTM C99 / C99M - 18 Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone
- [11] ASTM C120 / C120M - 19 Standard Test Methods for Flexure Testing of Structural and Roofing Slate
- [12] ASTM E283 / E283M - 19 Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Skylights, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen
- [13] ASTM E330 / E330M - 14 Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain Walls by Uniform Static Air Pres
- [14] ASTM E331 - 00(2016) Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference
- [15] ASTM C666 / C666M - 15 Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing
- [16] BS 8298–2:2010 British Standards Institute (2010) Code of practice for the design and installation of natural stone cladding and lining. Traditional handset external cladding. BSI, London

- [17] EN 1936:2006 Natural stone test methods. Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity
- [18] EN 13161 Natural stone test methods - Determination of flexural strength under constant moment
- [19] EN 12372:1999 Natural stone test methods - Determination of flexural strength under concentrated load
- [20] EN 1926:2006 Natural stone test methods. Determination of uniaxial compressive strength
- [21] EN 13364:2002 Natural stone test methods. Determination of the breaking load at dowel hole
- [22] BS EN 10143:2006 Continuously hot-dip coated steel sheet and strip. Tolerances on dimensions and shape
- [23] BS EN 573-3:2019 Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products. Chemical composition and form of products
- [24] BS EN 10143:2006 Continuously hot-dip coated steel sheet and strip. Tolerances on dimensions and shape
- [25] BS EN 485-4:1994 Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate. Tolerances on shape and dimensions for cold-rolled products
- [26] Rui Camposinhos (2008) Conference: 2nd International Congress on Dimension Stones (ICDS). Dimension stone cladding design – Dowel Anchorage Design, At: Carrara (Italy).