

NGHIÊN CỨU KHOẢNG CÁCH CHỐT NỐI TRONG CÁC MỐI NỐI CẤU KIỆN GỖ (LOẠI CÓ MANG SUỐT)

TS. TRẦN MINH ĐỨC, KS. LÊ ANH DŨNG

Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Những công bố kết quả nghiên cứu gần đây /1/ cho phép xác định hiệu quả của các loại mối nối cấu kiện gỗ. Vai trò các thông số như: khoảng cách giữa các chốt nối, khoảng cách từ chốt tới các mặt cấu kiện, kích thước chốt... cũng rất có ý nghĩa đối với khả năng chịu tải của các mối nối đó. Một số nghiên cứu về khoảng cách giữa các chốt liên kết trong mối nối đã được Viện KHCN Xây dựng thực hiện.

1. Đặt vấn đề

Trong công tác bảo tồn di tích kiến trúc gỗ người ta cần giữ lại càng nhiều càng tốt các chi tiết, cấu kiện ban đầu của công trình (cấu kiện gốc); những phần đã hỏng được thay thế bằng gỗ mới và nối với các phần gỗ cũ qua “liên kết” (mối nối). Giới kỹ thuật tu bổ di tích ngày càng quan tâm nhiều đến các kiểu mối nối, đến cả các vấn đề của chốt trong liên kết, nhất là khi nối các cấu kiện chịu uốn dạng dầm (xà, trên, kèo...) vì đây là các liên kết xung yếu. Kết quả nghiên cứu /1/ đã chỉ ra các dạng mối nối hợp lý; nhưng khoảng cách giữa các chốt nối có vai trò như thế nào, giá trị nào của chúng là hợp lý? Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu về khoảng cách hợp lý giữa các chốt của một số dạng liên kết trong tu bổ kết cấu dầm gỗ.

2. Mục đích, mẫu thí nghiệm

Mục đích nghiên cứu: tìm ra khoảng cách hợp lý giữa các chốt trong các mối nối chịu uốn thường gặp khi tu bổ kết cấu gỗ trong công trình di tích Việt Nam.

Sơ đồ uốn mô hình cấu kiện: được cho trong hình 1.

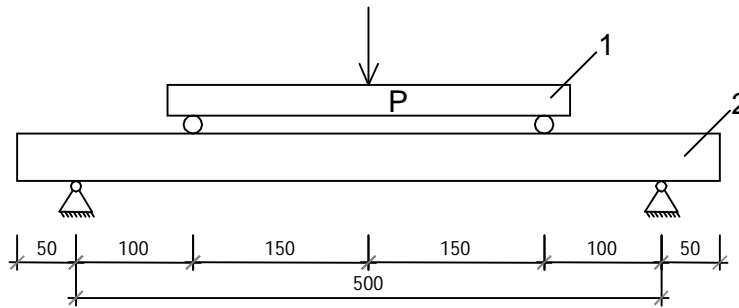
Mẫu: là các mô hình cấu kiện làm bằng gỗ kiên kiên (Hopea Pierre Hence) có kích thước $H = 80 \times B = 80 \times L = 600$ mm. Trong tiết diện ngang (hình 3) có 2 phần: “lõi” là phần gỗ ở giữa chiếm suốt chiều cao tiết diện và có bề rộng (dày) là 40 mm (chiếm 1/2 B) hoặc 60 mm (chiếm 3/4 B); “mang” là 2 phần gỗ còn lại hai bên sườn có cùng chiều cao tiết diện. Nếu mang có độ dài bằng độ dài cấu kiện thì gọi là mang suốt; Nếu mang bị cắt ngắn tại 2 đầu (phần dựa lên gối uốn) thì ta có mô hình cấu kiện mang cụt mà sẽ được khảo sát trong một dịp khác. Một số cấu kiện có 2 đoạn được nối với nhau bằng các mối nối (liên kết). Được nối có thể là hai nửa cấu kiện chịu uốn (xà, dầm...), 2 nửa lõi của dầm, có thể là mang nối với lõi, có thể là 2 nửa lõi nối với nhau và nối với 2 mang ở hai bên.

Các phần cấu kiện - mẫu được nối với nhau bằng các bulông thép (đường kính 6 mm), chúng được luồn qua các lỗ khoan xuyên gỗ, đường kính lỗ khoan 8 mm; khoảng hở giữa vách lỗ và bulông được nhồi đầy composite (bột gỗ 70%, keo epoxy 30%). Ngoài ra các mặt tiếp xúc nhau của phần mộng nối cũng được quét một lớp composite mỏng. Các chốt phân bố trên một chiều dài cấu kiện l , gọi là khoảng nối. Có các chốt dọc và chốt ngang với các khoảng cách tương ứng là C_d và C_n . Chốt dọc nối 2 đoạn mẫu, chốt ngang nối mang với lõi. Trên một chiều dài khoảng nối l thay đổi số chốt (bu lông) để đạt các khoảng cách chốt $0,625H - 1,375H$ (H là chiều cao cấu kiện). Trong thí nghiệm $H = \text{constant}$.

Có các mẫu sau:

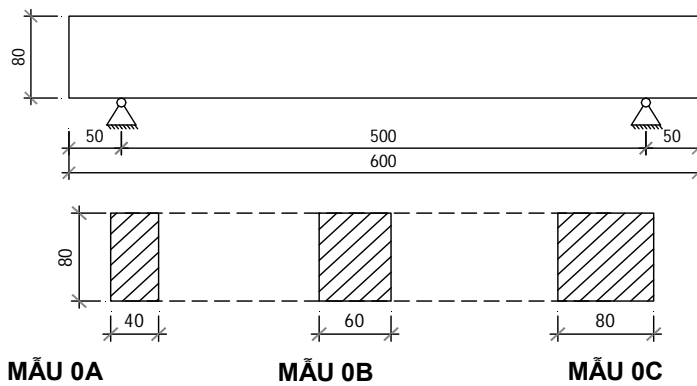
- Mẫu chuẩn: gỗ liền khối – không có mối nối, tiết diện 80×80 mm (hình 2);
- Mẫu nghiên cứu: gỗ có lõi được nối (hình 3 ÷ hình 6). Những kiểu mối nối được trình bày dưới đây là những loại đã được sử dụng trong thực tế thi công. Việc lựa chọn loại này hay loại khác cần cứ vào phần gỗ còn lại của cấu kiện gốc sau khi cắt bỏ phần hư hỏng; trong đó có mục đích bảo tồn các hoa văn họa tiết (phần tinh túy nhất của di tích) được chạm khắc trên gỗ. Trong đó phần “mang” của cấu kiện gốc thường được giữ lại vì có chạm trổ hoa văn, phần “lõi” được cấu thành từ gỗ mới và gỗ gốc được nối với nhau qua “liên kết”. Năng lực của mối nối (tức liên kết) được xác định thông qua kết quả thí nghiệm uốn và so sánh với gỗ liền khối (mẫu chuẩn).

Các mẫu được chế tạo từ một cây gỗ, sau khi keo đóng rắn thì được thử trong Phòng thí nghiệm theo tiêu chuẩn uốn mẫu *TCVN 365 1970. Gỗ. Phương pháp xác định giới hạn bền khi uốn tĩnh*. Trong quá trình uốn quan sát đặc điểm phá hủy, đo biến dạng, xác định ứng suất phá hoại, ứng suất khi độ võng đạt giá trị 1/200. Thí nghiệm tiến hành trên máy uốn nén đa năng B56 có vẽ ghi tự động biểu đồ độ võng. Các dạng mối nối được tạo hình bằng các tổ mẫu, mỗi tổ có 3 mẫu giống nhau. Kết quả thử lấy trung bình của 3 mẫu.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm mô hình dầm
1. Dầm truyền tải 2. Mô hình thí nghiệm 3. P – lực uốn

2.1. Tổ mẫu chuẩn 0A (B, C) – Mẫu 0

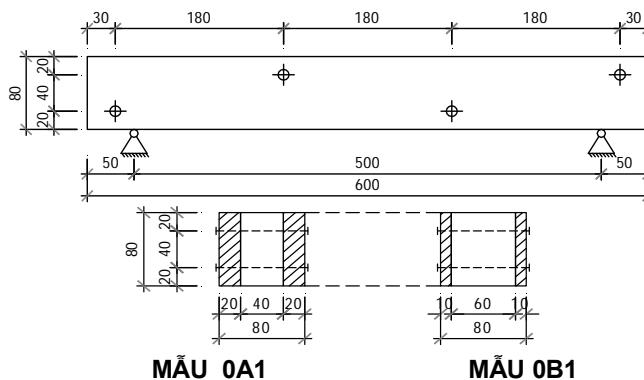


Hình 2. Mẫu chuẩn: gỗ liền khối: lõi liền mang (0C), lõi không ốp mang (0A, 0B)

2.2. Mẫu không nối lõi, ốp mang suốt – Mẫu 0.1

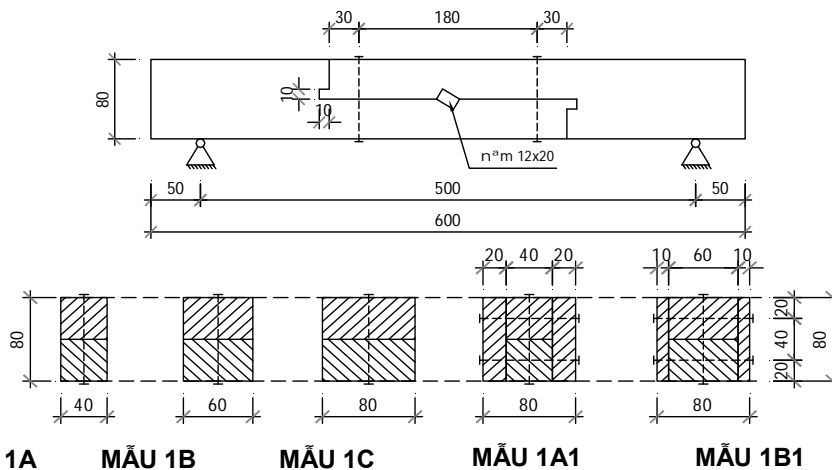
- Nhóm mẫu 0A1, 0B1 (hình 3): số bu lông là 4, khoảng cách giữa các chốt $C_n = 2,25H$;
- Nhóm mẫu 0A1.1 và 0B1.1: số bu lông là 6, khoảng cách giữa các chốt $C_n = 1,375H$;
- Nhóm mẫu: 0A1.2 và 0B1.2: số bu lông 10, $C_n = 0,625H$.

Ký hiệu mẫu chữ số đầu tiên ("0") là ký hiệu tổ mẫu; các chữ (A, B, C) là nhóm mẫu (A, B, C tương ứng là mẫu có chiều ngang tiết diện lõi 40mm, 60mm, 80mm); mẫu C cũng là mẫu có mang liền với lõi). Số 1 sau nhóm mẫu có nghĩa là mẫu có ốp mang (không có số 1 là nhóm mẫu không ốp mang).



Hình 3. Mô hình không nối lõi, ốp mang suốt chiều dài, $C_n = 2,25H$

3.3. Mẫu nối lõi âm dương ngang, có chêm (nêm) – Mẫu 1



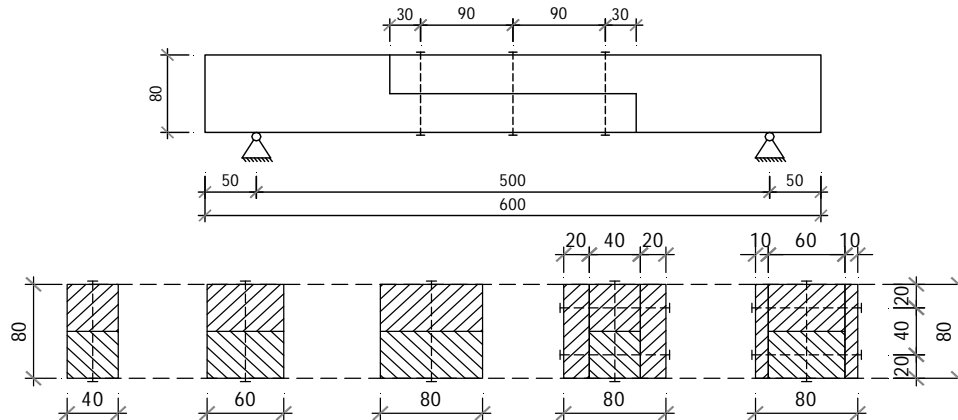
Hình 4. Mô hình lõi nối kiểu âm - dương ngang có chêm, $C_d = 2,25H$, $C_n = 2,25H$

- Nhóm 1A, 1B, 1C nối lõi kiểu âm dương ngang có chêm, không ốp mang, $C_d = 2,25H$;
- Nhóm 1A.2, 1B.2, 1C.2 nối lõi âm dương ngang có chêm, không ốp mang, $C_d = 0,625H$;
- Nhóm 1A1, 1B1 nối lõi như trên, có ốp mang, $C_d = 2,25H$, $C_n = 2,25H$;
- Nhóm 1A1.2, 1B1.2 nối lõi như trên, có ốp mang, $C_n = 1,375H$, $C_d = 0,625H$.

Trong tổ mẫu 1, chốt dọc là chốt nối lõi (khoảng cách C_d), chốt ngang nối mang với lõi (C_n).

2.4. Mẫu nối lõi âm dương ngang, không chêm – Mẫu 2

- Nhóm 2A.1, 2B.1, 2C.1 nối lõi không ốp mang, $C_d = 1,125H$;
- Nhóm 2A.2, 2B.2, 2C.2 nối lõi không ốp mang, $C_d = 0,625H$;
- Nhóm 2A1.1, 2B1.1 nối lõi có ốp mang, $C_n = 2,25H$, $C_d = 1,125H$;
- Nhóm 2A1.2, 2B1.2 nối lõi có ốp mang, $C_n = 1,375H$, $C_d = 0,625H$.

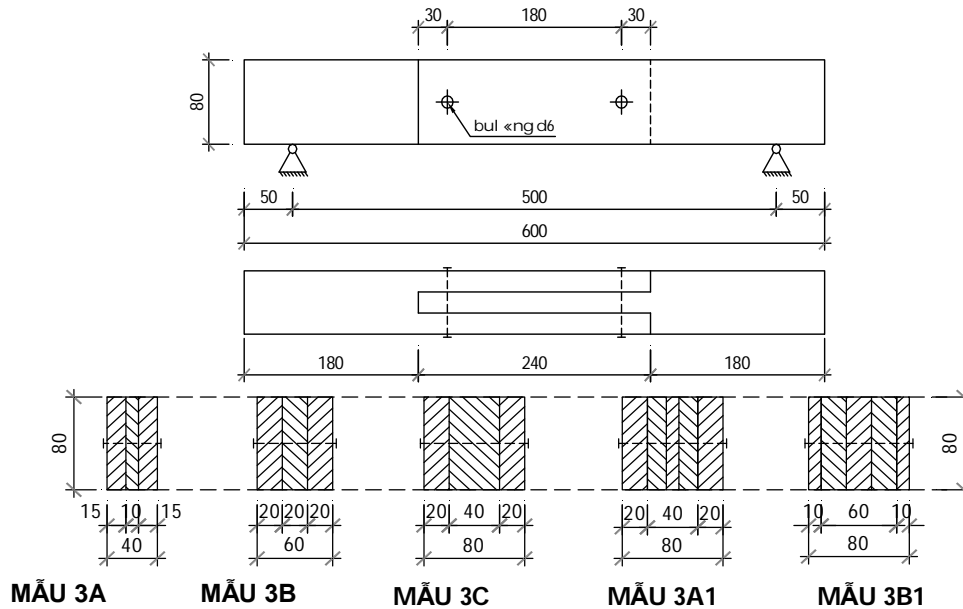


Hình 5. Mô hình nối lõi âm dương ngang không có chêm, $C_n = 2,25H$, $C_d = 1,125H$

2.5. Mẫu nối lõi kiểu “áp má” – Mẫu 3

- Nhóm 3A, 3B, 3C: không ốp mang, $C_n = 2,25H$;
- Nhóm 3A.2, 3B.2: không ốp mang, $C_n = 0,625H$;
- Nhóm 3A1, 3B1: có ốp mang, $C_n = 2,25H$ (vùng nối lõi), $C_n = 3,0H$ (ngoài vùng nối lõi);
- Nhóm 3A1.2, 3B1.2: có ốp mang, $C_n = 0,625$ (phần nối lõi), $C_n = 0,9375H$ (ngoài vùng nối).

Trong tổ mẫu 3 chỉ có chốt ngang, tại vùng nối lõi chốt vừa nối lõi vừa nối mang với lõi.



Hình 6. Mô hình nói lõi kiểu “áp má” chỉ có chốt ngang

3. Kết quả thí nghiệm

3.1. Tổ mẫu chuẩn 0A(B, C) – Mẫu 0

Bảng 1. Các chỉ tiêu của mẫu chuẩn

Tổ mẫu	Khoảng cách chốt	Trung bình giới hạn bền kG/cm ²	Ứng suất tại độ võng tới hạn 1/200	$\frac{\sigma_c^{th}}{\sigma_c^{ph}}$
Chuẩn 0A(B, C)	Không có chốt	$\sigma_c^{ph} = 582,2 = \text{chuẩn}$	$\sigma_c^{ph} = 258,9 = \text{chuẩn}$	44,5%

Độ biến động của kết quả thử không vượt quá 15%

3.2. Mẫu không nói lõi, ốp mang suất – Mẫu 0.1

Bảng 2. Giới hạn bền, ứng suất tại độ võng tới hạn 1/200 của các nhóm mẫu tổ mẫu 0.1

Tổ mẫu	Khoảng cách chốt	Giới hạn bền của tổ σ_0^{ph} (kG/cm ²) và so với chuẩn $\sigma_0^{ph} / \sigma_c^{ph}$	Ứng suất tới hạn σ_0^{th} (kG/cm ²) và so với chuẩn ở điểm tới hạn $\sigma_0^{th} / \sigma_c^{ph}$	So sánh với ứng suất phá hoại của chính mẫu đó $\sigma_0^{th} / \sigma_0^{ph}$
0A(B)1	$C_n = 2,25H$	$\frac{678,2}{116,5\%}$	$\frac{262,6}{101,4\%}$	38,7%
0A(B)1.1	$C_n = 1,375H$	$\frac{692,1}{118,9\%}$	$\frac{296,3}{114,4\%}$	43,5%
0A(B)1.2	$C_n = 0,625H$	$\frac{655,5}{112,6\%}$	$\frac{268,4}{103,7\%}$	42,6%

$\sigma_c^{th}, \sigma_c^{ph}$ – ứng suất tới hạn và ứng suất phá hoại của mẫu chuẩn;

$\sigma_0^{th}, \sigma_0^{ph}$ - ứng suất tới hạn, ứng suất phá hoại của tổ mẫu 0.

Từ các kết quả trong bảng 2, ta nhận thấy:

- Các phương án ốp mang với khoảng cách chốt ngang (0,625 – 2,25)H đều không kém chuẩn (gỗ liền khối), trong đó giá trị giới hạn bền cao nhất là mẫu có $C_n = 1,375H$. Việc giảm khoảng chốt từ 1,375H xuống 0,625H không làm tăng sức chịu lực của mỗi nối. Điều đó cho phép dự đoán phương án tối ưu nằm gần $C_n = 1,0H$;

VẬT LIỆU – MÔI TRƯỜNG – KỸ THUẬT HẠ TẦNG

- Giá trị $\sigma_0^{th}/\sigma_0^{ph}$ cho phép đánh giá tính chất phá hoại (giòn hay dẻo) của mối nối, hoặc biểu thị độ “cứng” của liên kết. Độ cứng 3 mẫu trên là gần nhau (và gần mẫu chuẩn).

3.3. Mẫu nối lõi âm dương ngang, có chêm (nêm) – Mẫu 1

Bảng 3. Giới hạn bền của các nhóm mẫu tổ 1

Tổ mẫu	Khoảng cách chốt	Giới hạn bền σ_1^{ph} (kG/cm ²) và so với chuẩn $\sigma_1^{ph}/\sigma_c^{ph}$	Ứng suất tại biến dạng tới hạn σ_1^{th} (kG/cm ²) và so với chuẩn $\sigma_1^{th}/\sigma_c^{th}$	So sánh với mức ứng suất phá hoại của chính mẫu đó $\sigma_1^{th}/\sigma_1^{ph}$
Không ốp mang				
1A(B, C)	$C_d = 2,25H$	$\frac{375,8}{64,5\%}$	$\frac{170,8}{66,0\%}$	45,4%
1A(B, C).2	$C_d = 0,625H$	$\frac{443,7}{76,2\%}$	$\frac{177,7}{68,7\%}$	40,0%
Ốp mang suốt				
1A(B)1	$C_d = 2,25H$ $C_n = 2,25H$	$\frac{481,9}{82,8\%}$	$\frac{254,4}{98,3\%}$	52,8%
1A(B)1.2	$C_n = 1,375H$ $C_d = 0,625H$	$\frac{561,7}{96,5\%}$	$\frac{268,7}{103,8\%}$	47,8%

Từ các kết quả trong bảng 3, ta nhận thấy:

- Trong mô hình này chốt dọc là chốt nối lõi. Giới hạn bền của các mẫu không ốp mang có giá trị cao khi giảm khoảng cách chốt (nhưng không thể giảm nhỏ tùy ý vì cần giữ khoảng cách đủ không cho ứng suất phá hoại lan truyền theo thớ gỗ). Có thể tạm coi giá trị C_d hợp lý của mẫu không ốp mang vào khoảng (0,625 - 1,0)H;

- Đối với các mẫu ốp mang thì cũng có khoảng cách chốt hợp lý cũng giống như trên (giảm C_d từ 2,25H xuống 0,625H làm tăng giới hạn bền);

- Tại độ võng tới hạn, trong các mẫu *không ốp mang* ứng suất nhỏ hơn chuẩn (66,0 - 68,7% chuẩn), tức khả năng làm việc theo biến dạng kém mẫu gỗ liền khối. Giá trị $\sigma_1^{th}/\sigma_1^{ph}$ thấp hơn chuẩn nhưng không nhiều. Do đó cần hạn chế việc nối không ốp mang;

- Tại độ võng tới hạn, trong các nhóm mẫu *có ốp mang* có ứng suất xấp xỉ giá trị mẫu chuẩn - khả năng làm việc tốt hơn mẫu không ốp mang và gần bằng chuẩn (xấp xỉ 100%). Đồng thời mức giá trị $\sigma_{tb}^{th}/\sigma_{tb}^{ph}$ lại cao hơn chuẩn (có tính “giòn” hơn).

3.4. Mẫu nối lõi âm dương ngang, không chêm – Mẫu 2

Bảng 4. Giới hạn bền, ứng suất tại biến dạng tới hạn của các nhóm mẫu tổ 2

Tổ mẫu	Khoảng cách chốt	Giới hạn bền σ_2^{ph} (kG/cm ²) so với chuẩn: $\sigma_2^{ph}/\sigma_c^{ph}$	Ứng suất tại biến dạng tới hạn σ_2^{th} (kG/cm ²) và so với chuẩn: $\sigma_2^{th}/\sigma_c^{th}$	So sánh với mức ứng suất phá hoại của chính mẫu đó $\sigma_2^{th}/\sigma_2^{ph}$
Không ốp mang				
2A(B, C).1	$C_d = 1,125H$	$\frac{396,5}{68,1\%}$	$\frac{131,7}{50,9\%}$	33,2%
2A(B, C).2	$C_d = 0,625H$	$\frac{359,2}{61,7\%}$	$\frac{151,5}{58,5\%}$	42,2%
Ốp mang suốt				

VẬT LIỆU – MÔI TRƯỜNG – KỸ THUẬT HẠ TẦNG

2A(B)1.1	$C_n = 2,25H$ $C_d = 1,125H$	$\frac{508,3}{87,3\%}$	$\frac{231,1}{89,3\%}$	45,5%
2A(B)1.2	$C_n = 1,375H$ $C_d = 0,625H$	$\frac{566,1}{97,2\%}$	$\frac{237,2}{91,6\%}$	41,9%

Từ các kết quả trong bảng 4, ta nhận thấy:

- Với mẫu không ốp mang giới hạn bền tại giá trị $C_d = 1,125H$ lớn hơn so với $C_d = 0,625H$, điều cho phép nghĩ rằng giá trị tối ưu nằm gần $C_n = 1,0H$. Tại đây xuất hiện tổn thất lớn về giới hạn bền so với chuẩn (đạt dưới 70% chuẩn);

- Tại mẫu có ốp mang khoảng cách chốt khá dày và phân bố hợp lý của các nhóm cho phép đạt giới hạn bền gần chuẩn hơn (cỡ 90%), trong đó 2A1.2 và 2B1.2 cho giá trị cao nhờ khoảng cách chốt ngang hợp lý hơn. Giá trị $C_d = 0,6H - 1,0H$ là hợp lý;

- Tại độ võng tới hạn: mẫu không ốp mang chỉ đạt giá trị cỡ từ 50,0% đến dưới 60,0% so với gỗ liền khối; đồng thời cũng kém mẫu ốp mang: mẫu ốp mang đạt cỡ 90,0% mẫu chuẩn (gỗ liền khối);

- Xét tỷ lệ $\sigma_2^{th}/\sigma_2^{ph}$ mẫu có ốp mang cũng cho hiệu quả kháng uốn cao hơn mẫu không ốp mang.

3.5. Mẫu nối lõi kiểu “áp má” – Mẫu 3

Bảng 5. Giới hạn bền, ứng suất tại biến dạng tới hạn của các nhóm mẫu tổ 3

Tổ mẫu	Khoảng cách chốt	Giới hạn bền σ_3^{ph} (kG/cm ²) và so với chuẩn $\sigma_3^{ph}/\sigma_c^{ph}$	Ứng suất tại biến dạng tới hạn σ_3^{th} (kG/cm ²) và so với chuẩn: $\sigma_3^{th}/\sigma_c^{th}$	So sánh với mức ứng suất phá hoại của chính mẫu đó $\sigma_3^{th}/\sigma_3^{ph}$
Không ốp mang				
3A(B, C)	$C_n = 2,25H$	$\frac{440,2}{75,6\%}$	$\frac{249,0}{96,2\%}$	56,6%
3A(B, C).2	$C_n = 0,625H$	$\frac{502,3}{86,3\%}$	$\frac{245,3}{94,7\%}$	48,8%
Ốp mang suốt				
3A(B)1	$C_n = 2,25H$ $C_{nm} = 3,0H$	$\frac{623,2}{107,0\%}$	$\frac{253,3}{97,8\%}$	40,6%
3A(B)1.2	$C_n = 0,625$ $C_{nm} = 0,9375H$	$\frac{551,5}{94,7\%}$	$\frac{179,0}{69,2\%}$	31,0%

C_n và C_{nm} – khoảng cách chốt ngang trong và ngoài vùng nối lõi.

Từ các kết quả trong bảng 5, ta nhận thấy:

- Giới hạn bền đạt khá cao: trên 75,0% chuẩn với mẫu không ốp mang và xấp xỉ chuẩn với mẫu có ốp mang. Tại bảng 5 giá trị hợp lý của khoảng cách chốt về mặt chịu lực dường như rộng hơn, không chỉ giới hạn quanh $C_n = 1,0H$. Riêng nhóm 3A1.2, 3B1.2 do khoảng cách chốt ngang trong vùng nối nhỏ (0,625H) nên bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng lan truyền phá hoại dọc thớ, cần dẫn các chốt xa nhau hơn (chốt dọc ít bị ảnh hưởng hơn trong hiệu ứng này);

- Xét theo biến dạng thì tổ mẫu này tương đương các tổ 1 và 2; tuy nhiên trong tổ này các nhóm có giới hạn bền cao nói trên (3A1.2, 3B1.2) lại “dẻo” hơn cả ($\sigma_{tb}^{th}/\sigma_{tb}^{ph} = 31,0\%$). Vì vậy tuy có ứng suất tới hạn đạt trên 60% chuẩn thì cũng chỉ nên sử dụng ở chi tiết cho phép có độ võng. Từ điểm này cũng thấy rằng trong vùng nối lõi không nên bố trí các chốt ngang quá gần nhau, khoảng cách chốt phải là từ trên 1,0H.

4. Kết luận

- Khoảng cách chốt hợp lý cần được xem xét từ góc độ kiểu nối và phương bố trí chốt, phải chú ý cả chốt nối lõi và chốt nối mang với lõi. Việc tăng quá dày số chốt trong vùng nối là không cần thiết. Điều này cần được tính đến cả trường hợp mẫu âm dương có ốp mang, vì “số chốt ngang + số chốt dọc” có thể trở nên rất lớn trong vùng nối lõi. Khi chọn kiểu nối và số chốt cần xét đến khả năng biến dạng của mỗi nối;

VẬT LIỆU – MÔI TRƯỜNG – KỸ THUẬT HẠ TẦNG

- Khi nối cấu kiện chịu uốn nên sử dụng kiểu nối có ốp mang;
- Nhìn chung khoảng cách chốt hợp lý nằm xung quanh giá trị $1,0H$, khi nối lõi kiểu áp má cần đảm bảo $C_n = 1,0H$ hoặc lớn hơn. Tốt nhất là chọn phương án an toàn: trong vùng nối lõi có ốp mang thì giới hạn $C_n = 1,0H - 1,5H$ và chốt dọc $C_d = 1,0H$ xen kẽ; không nên bố trí dày chốt dọc (cỡ $0,5 - 0,6 H$). Khoảng cách chốt tối đa không nên vượt quá $2,0H$ cho cả 2 loại dọc và ngang khi sử dụng độc lập một kiểu chốt (dọc hoặc ngang);
- Các khoảng cách khác tuân theo chỉ dẫn tài liệu /2/.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TRẦN MINH ĐỨC và các cộng tác viên. Nghiên cứu để xây dựng hướng dẫn kỹ thuật khảo sát, thiết kế, thi công và nghiệm thu công tác tu bổ kết cấu gỗ trong công trình di tích. *Đề tài nghiên cứu cấp Bộ RD 38-07. Báo cáo tổng kết. Viện KHCN Xây dựng, 2009.*
2. NGUYỄN QUỐC THÁI. Giáo trình kết cấu gỗ. *Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 1996.*