

## Cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép đúc sẵn - Phương pháp thí nghiệm gia tải để đánh giá độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt

*Reinforced Concrete and Prefabricated Concrete Building Products  
Loading test methods. Assessment of strength, rigidity and crack  
resistance*

### 1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp thí nghiệm gia tải tĩnh để đánh giá độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt cho các loại cấu kiện đúc sẵn bằng bê tông và bê tông cốt thép thường, bê tông cốt thép ứng suất trước cùng các cấu kiện hỗn hợp. Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các cấu kiện bê tông, bê tông cốt thép chịu tải trọng nhiệt.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các cấu kiện thiết kế chịu tải trọng tĩnh hoặc chịu tải trọng tạm thời lặp lại nhiều lần (như dầm cầu trục, các tấm mái có treo các thiết bị di động để vận chuyển...).

Tiêu chuẩn này được sử dụng cho các thí nghiệm trong phòng hoặc hiện trường nếu đáp ứng được các điều kiện kỹ thuật mà tiêu chuẩn đề ra.

### 2. Tiêu chuẩn trích dẫn

- TCVN 5574: 91. "Kết cấu bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế".
- TCVN 5440: 91. "Bê tông - Kiểm tra và đánh giá độ bền - Quy định chung".
- TCVN 1651: 85. "Thép cốt bê tông cán nóng".
- TCVN 3101: 79. "Dây thép các bon thấp kéo nguội dùng làm cốt thép bê tông".

### 3. Thuật ngữ và định nghĩa

- 3.1. Thí nghiệm gia tải tĩnh - là thí nghiệm bằng cách chất tải từ từ lên cấu kiện nhằm xác định sự tương quan giữa các giá trị thực tế và thiết kế của độ bền, độ cứng, khả năng chống nứt.
- 3.2. Tải trọng kiểm tra là giá trị tải trọng dùng để đánh giá khả năng làm việc của cấu kiện theo kết quả thí nghiệm bằng gia tải tĩnh.

Tải trọng kiểm tra được phân ra:

Tải trọng kiểm tra độ bền (kí hiệu là  $P_{kt}^b$ ) - là tải trọng ứng với khi cấu kiện bị phá hủy, nghĩa là khi cấu kiện mất khả năng chịu lực (được xác định theo điều 10.1).

Tải trọng kiểm tra độ cứng (kí hiệu là  $P_{kt}^c$ ) - là tải trọng ứng với độ võng đã định trước (được xác định theo điều 10.8).

Tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt (kí hiệu là  $P_{kt}^n$ ) - là tải trọng ứng với sự hình thành vết nứt đầu tiên trong bê tông.

Tải trọng kiểm tra mở rộng vết nứt (kí hiệu là  $P_{kt}^a$ ) - là tải trọng ứng với bề rộng vết nứt đã định trước.

Tải trọng phá hủy thực tế (kí hiệu là  $P_{th}^p$ ) - là giá trị tải trọng thí nghiệm làm cấu kiện thí nghiệm bị phá hủy (biểu hiện như điều 8.14).

- 3.3. Hệ số an toàn C - là hệ số xác định mức độ tăng của giá trị tải trọng kiểm tra so với tải trọng tương ứng với khả năng chịu lực của nó.
- 3.4. Độ võng kiểm tra (kí hiệu là  $f_{kt}$ ) - là giá trị độ võng được dùng để so sánh với độ võng thực tế của cấu kiện dưới tác động của tải trọng kiểm tra độ cứng, qua đó đánh giá khả năng làm việc của cấu kiện về độ cứng. Độ võng kiểm tra  $f_{kt}$  được xác định theo điều 10.9.
- 3.5. Bề rộng vết nứt kiểm tra (kí hiệu là  $a_{kt}$ ) - là giá trị bề rộng vết nứt được dùng để so sánh với bề rộng của vết nứt thực tế dưới tác động của tải trọng kiểm tra mở rộng vết nứt, qua đó đánh giá khả năng làm việc của cấu kiện về khả năng chống nứt.

#### 4. Quy định chung

- 4.1. Thực hiện thí nghiệm gia tải tĩnh nhằm kiểm tra tổng thể các chỉ số về độ bền, độ cứng, khả năng chống nứt của các cấu kiện được chế tạo theo thiết kế.

Việc thí nghiệm gia tải tĩnh phải xác định được các giá trị thực của tải trọng phá hủy theo cường độ (trạng thái giới hạn thứ nhất), các giá trị độ võng và bề rộng vết nứt thực tế dưới tác động của tải trọng kiểm tra (trạng thái giới hạn thứ hai).

Việc thí nghiệm gia tải tĩnh cũng có thể chỉ nhằm xác định một trong những giá trị thực tế vừa nêu trên tùy yêu cầu của khách hàng.

- 4.2. Đánh giá độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt của cấu kiện được thực hiện trên cơ sở so sánh các giá trị thực tế của tải trọng phá hủy, độ võng và bề rộng vết nứt với các giá trị tương ứng của hồ sơ thiết kế.

- 4.3. Việc thí nghiệm kiểm tra bằng gia tải tĩnh được thực hiện theo sơ đồ quy định trong hồ sơ thiết kế tại các thời điểm:

- Trước khi tiến hành sản xuất hàng loạt;
- Thay đổi kết cấu, cấu tạo cấu kiện;

- Thay đổi công nghệ sản xuất;
- Thay đổi loại và chất lượng vật liệu;
- Kiểm tra định kì;
- Khi có sự cố hoặc nghi ngờ chất lượng sản phẩm.

Việc thí nghiệm kiểm tra này không thay thế cho việc kiểm tra và nghiệm thu sản phẩm theo các yêu cầu kĩ thuật của các tiêu chuẩn mà hồ sơ thiết kế quy định đối với cơ sở sản xuất chế tạo.

- 4.4. Thí nghiệm được tiến hành trong điều kiện nhiệt độ dương và cường độ bê tông phải đạt yêu cầu theo thiết kế (xem TCVN 5540 : 91).
- 4.5. Danh mục các yêu cầu kĩ thuật mà hồ sơ thiết kế cần nêu rõ được cho trong phụ lục A.
- 4.6. Việc thí nghiệm gia tải tĩnh cần do cơ quan có tư cách pháp nhân, các kĩ sư, kĩ thuật viên được đào tạo chuyên sâu và có kinh nghiệm về lĩnh vực này tổ chức thực hiện.

## 5. Lấy mẫu thí nghiệm

- 5.1. Số lượng cấu kiện thí nghiệm được lấy theo quy định của tiêu chuẩn hoặc yêu cầu thiết kế cho từng loại sản phẩm, tương ứng với các trường hợp sau:
  - Kiểm tra định kì: lấy theo bảng 5.1.

**Bảng 5.1: Số lượng cấu kiện thí nghiệm**

| Số cấu kiện được chế tạo giữa các đợt thí nghiệm | Số cấu kiện thí nghiệm không nhỏ hơn (cấu kiện) |
|--|---|
| Dưới 250   | 2   |
| Từ 251 đến 1000                                  | 3   |
| Từ 1001 đến 3000                                 | 4   |
| Lớn hơn 3001                                     | 5   |

*Ghi chú: Giai đoạn giữa các đợt thí nghiệm lấy theo quy định của tiêu chuẩn hoặc yêu cầu thiết kế.*

- Khi thay đổi cấu tạo, công nghệ chế tạo cấu kiện, trước lúc sản xuất đại trà, khi có sự cố hoặc nghi ngờ chất lượng sản phẩm: không ít hơn 2 cấu kiện.
- 5.2. Có thể lấy số lượng cấu kiện thí nghiệm nhiều hay ít hơn so với bảng 5.1 tùy theo mục đích yêu cầu thí nghiệm của khách hàng.
  - 5.3. Mẫu thí nghiệm phải cùng loại, cùng mã số và theo quy định của thiết kế. Mẫu thí nghiệm được lấy bất kì trong lô sản phẩm.

## 6. Thiết bị và phương tiện thí nghiệm

- 6.1. Các thiết bị gia tải cần đảm bảo khả năng truyền tải lên cấu kiện theo sơ đồ đã định với sai số nhỏ hơn  $\pm 5\%$  giá trị tải trọng kiểm tra. Có thể gia tải bằng máy ép thủy lực, kích thủy lực, hệ thống đòn bẩy hoặc đặt tải trực tiếp lên cấu kiện bằng các vật nặng, bao cát, bao (thùng) nước hay các vật liệu rời khác.

- 6.2. Đo lực bằng áp lực kế (đồng hồ áp lực), lực kế (lực kế cơ học hay điện tử).
- 6.3. Đo độ võng, chuyển vị bằng các thiết bị đo cơ học có giá trị vạch chia không lớn hơn 0,01mm, các đầu đo điện tử (sensor) hoặc máy thủy chuẩn, độ chính xác 0,1mm (có thể ước đọc được 0,01mm).  
Cần chọn tính năng kỹ thuật của thiết bị phù hợp với giá trị đo độ võng, chuyển vị cần đo.
- 6.4. Đo bề rộng vết nứt bằng kính phóng đại có giá trị vạch chia không lớn hơn 0,05mm hoặc các dụng cụ có tính năng tương đương.
- 6.5. Danh mục thiết bị, phương tiện thí nghiệm có thể tham khảo ở phụ lục C.

## 7. Chuẩn bị thí nghiệm

### 7.1. Sơ đồ gối tựa và gia tải

7.1.1. Sơ đồ gối tựa và gia tải cần tuân thủ theo tiêu chuẩn, hồ sơ thiết kế và cần lựa chọn sao cho phù hợp với sơ đồ làm việc thực tế của cấu kiện và để khi thí nghiệm, cấu kiện đạt được các trạng thái giới hạn cần kiểm tra.

Nếu thí nghiệm theo một sơ đồ mà không đạt được tất cả các trạng thái giới hạn cần kiểm tra thì chọn các sơ đồ thí nghiệm khác nhau để đạt được mục đích trên.

Khi được thiết kế chấp nhận, có thể:

- Dùng sơ đồ gối tựa và gia tải khác sơ đồ trong hồ sơ thiết kế nhưng vẫn đảm bảo nội lực trong các tiết diện kiểm tra tương đương với nội lực trong tính toán thiết kế.
- Khi hồ sơ thiết kế có 2 sơ đồ thí nghiệm để kiểm tra hai trạng thái giới hạn khác nhau, cho phép thực hiện các thí nghiệm trên một cấu kiện song phải tiến hành gia cố cho các vị trí bị hư hỏng sau khi hoàn thành thí nghiệm theo sơ đồ thứ nhất.

7.1.2. Trong trường hợp do điều kiện thí nghiệm không phản ánh đúng trạng thái làm việc thực của cấu kiện, nếu được sự đồng ý của thiết kế, có thể thí nghiệm cấu kiện ở trạng thái khác với một góc  $90^\circ$  hoặc  $180^\circ$  nhưng cấu kiện không được có vết nứt trước khi gia tải và cần thay đổi hướng gia tải và phải tính đến ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cùng các phương tiện thí nghiệm.

7.1.3. Đối với dầm, vì kèo, tấm... một nhịp, chịu uốn, làm việc theo một phương, gối tự do thì khi thí nghiệm phải tạo hai gối tự do ở hai đầu cấu kiện, một gối cố định, một gối di động. Đối với cấu kiện là con sơn hoặc ngàm hai đầu thì phải thí nghiệm theo sơ đồ ngàm một hoặc hai đầu theo yêu cầu thiết kế (theo hình 1, 2, 7).

Đối với tấm kê tự do ở bốn góc, làm việc theo hai phương, phải tạo bốn gối ở bốn góc; hai gối đối xứng theo một đường chéo là gối cầu, trong đó một gối di động và một gối cố định, hai gối còn lại là gối con lăn di động (theo hình 3).

Đối với tấm kê tự do 4 cạnh, làm việc theo hai phương, bố trí gối tựa như sau: các khớp gối di động đặt theo chu vi tấm và ở giữa ba cạnh bố trí ba con lăn (theo hình 4).

Đối với tấm kê tự do ở 3 cạnh, gối cầu và gối con lăn được bố trí tương tự như tấm kê tự do 4 cạnh.

Đối với các tấm có sườn kê bốn góc, làm việc theo phương dọc tấm thì gối tựa được bố trí sao cho vừa bảo đảm cấu kiện xoay được ở các gối và chuyển vị dọc tấm vừa ngăn chặn được chuyển vị của sườn tấm theo phương ngang (theo hình 5).

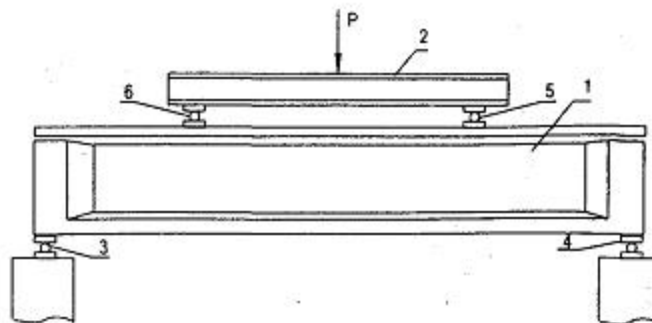
- 7.1.4. Trường hợp các thiết bị gia tải ngăn cản chuyển vị theo phương dọc của cấu kiện thì phải dùng các gối tựa di động.
- 7.1.5. Khi tiến hành thí nghiệm cấu kiện chịu lực tác dụng theo phương ngang, cần bố trí các gối cầu di động đủ số lượng để loại trừ độ võng trong mặt phẳng đứng do tải trọng bản thân gây ra.
- 7.1.6. Nên sử dụng viên bi (cầu) và con lăn bằng thép đặt trên bản đệm thép để làm gối cầu và con lăn. Đối với gối cố định cũng có thể sử dụng các loại trên nhưng có biện pháp ngăn chặn chuyển vị tự do bằng các chi tiết thép hình hoặc dùng trực tiếp thép hình hàn cố định trên bản đệm (theo hình 6).
- 7.1.7. Việc bố trí gối và kích thước gối cần tuân thủ theo thiết kế hoặc xác định theo các số liệu khi tính toán thiết kế.
- 7.1.8. Giữa các cấu kiện thí nghiệm và gối tựa cần có bản đệm thép.

Diện tích bản đệm thép lấy bằng diện tích tối thiểu của gối tựa theo thiết kế quy định. Kích thước của bản đệm thép theo phương khẩu độ của cấu kiện lấy bằng kích thước tối thiểu của gối tựa, chiều dày bản đệm không nhỏ hơn  $1/6$  kích thước nói trên.

Trước khi đặt cấu kiện thí nghiệm cần trải một lớp vữa xi măng cường độ cao lên mặt bản đệm thép để tạo phẳng và đủ sức chịu tải thí nghiệm.

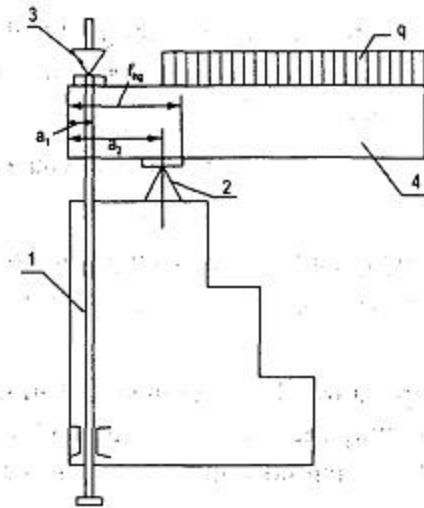
- 7.1.9. Vị trí đặt tải cần được chỉ rõ bằng sơ đồ trên bề mặt cấu kiện thí nghiệm.
- 7.1.10. Tải trọng tập trung được tạo bằng kích hoặc các quả nặng truyền lên cấu kiện thí nghiệm bằng hệ thống đòn bẩy và các dầm phân bố tải (theo hình 1, 8, 9).
- 7.2. Để dễ nhận biết thời điểm xuất hiện vết nứt trong bê tông, trước khi thí nghiệm nên quét vôi hoặc thạch cao loãng lên bề mặt cần theo dõi của cấu kiện.

Sơ đồ gối tựa và gia tải



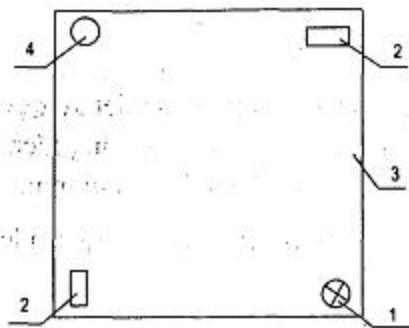
Hình 1: Sơ đồ gối tựa và gia tải cho các dầm, tấm, bản được tính toán là dầm 1 nhịp kê tự do

1. Kết cấu thí nghiệm 2. Dầm phân tải; 3. Gối di động; 4. Gối tựa cố định;  
5. Gối di động của dầm phân tải; 6. Gối cố định của dầm phân tải.



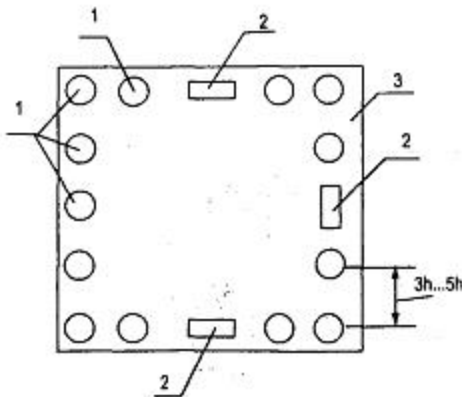
**Hình 2:** Sơ đồ thí nghiệm cấu kiện con-sơn

1. Neo; 2. Gối tựa dưới;
3. Gối tựa trên;
4. Cấu kiện thí nghiệm;
- q - tải trọng phân bố đều trên cấu kiện
- $a_1 = 1/6l_{nc}$ ;  $a_2 = 1/6l_{nc}$



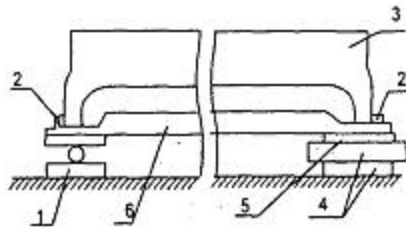
**Hình 3:** Sơ đồ thí nghiệm tấm kê 4 góc

1. Gối cố định; 2. Con lăn;
3. Tấm thí nghiệm; 4. Quả cầu



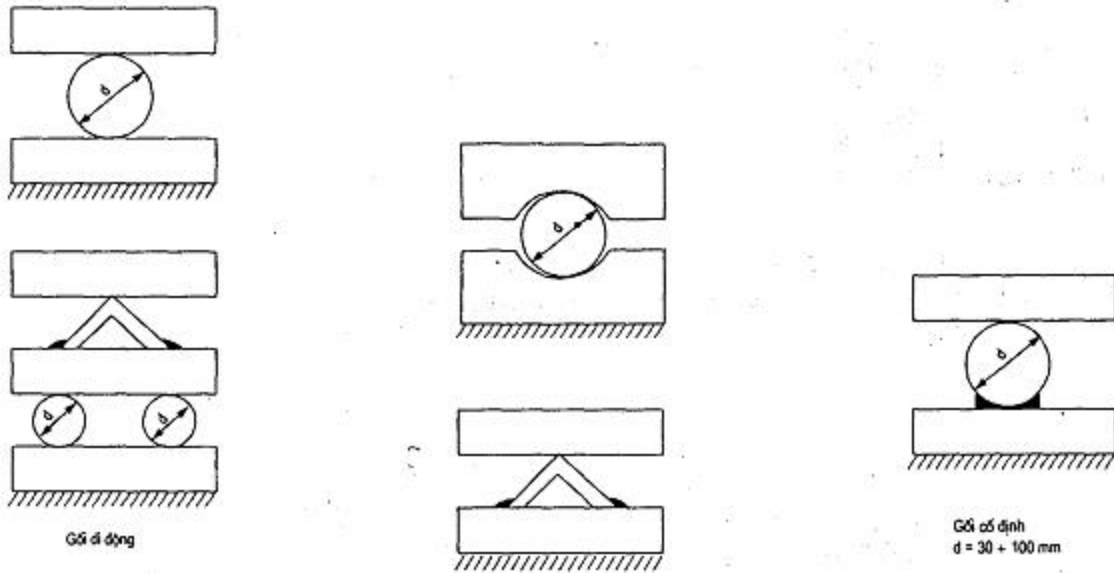
**Hình 4:** Sơ đồ thí nghiệm tấm kê 4 cạnh

1. Quả cầu; 2. Con lăn;
3. Tấm thí nghiệm;
- h. Chiều cao tấm thí nghiệm.

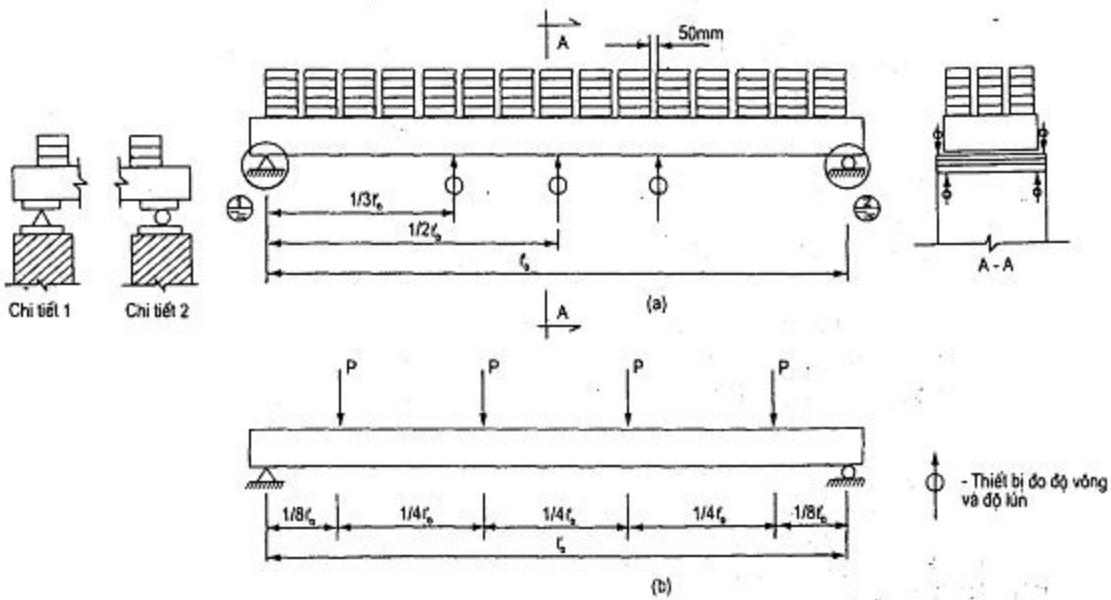


Hình 5: Sơ đồ thí nghiệm tấm có gờ

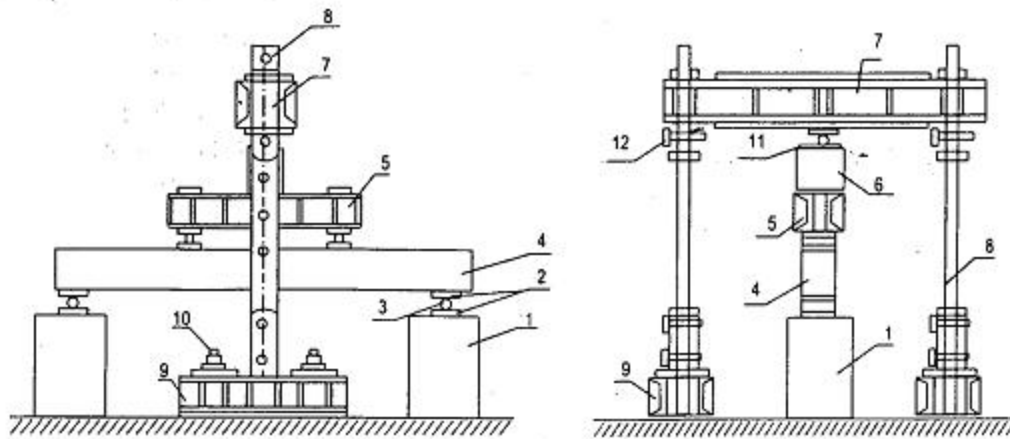
1. Quả cầu;
2. Mối hàn;
3. Tấm thí nghiệm;
4. Tấm đệm thép;
5. Con lăn;
6. Thép góc.



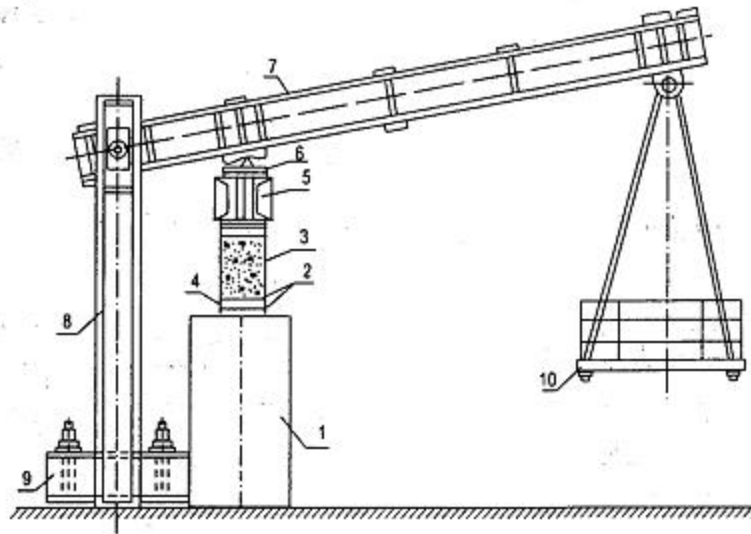
Hình 6: Sơ đồ gối tựa dùng để thí nghiệm cấu kiện chịu uốn



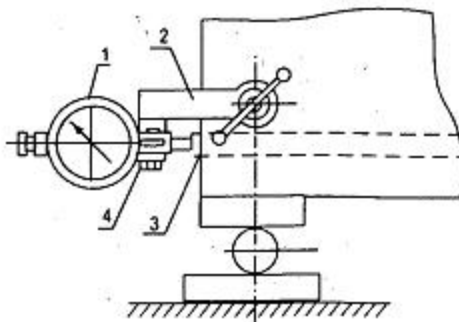
Hình 7: Sơ đồ thí nghiệm cấu kiện chịu uốn bằng tải trọng phân bố đều (a) và thay thế tải trọng phân bố đều bằng tải trọng tập trung (b)



**Hình 8:** Sơ đồ mô để thí nghiệm dầm bằng hai tải trọng tập trung  
 1. Mố; 2. Tấm đệm; 3. Con lăn; 4. Cấu kiện thí nghiệm; 5. Dầm phân tải; 6. Kịch thủy lực;  
 7. Xà ngang; 8. Thanh neo; 9. Xà neo; 10. Bu lông neo; 11. Quả cầu; 12. Chốt trục.

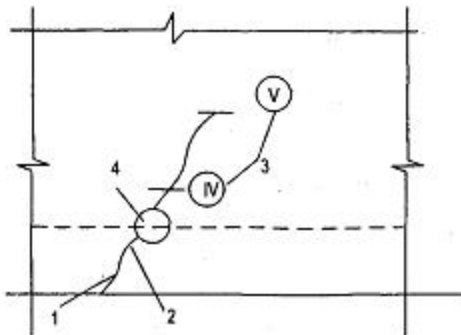


**Hình 9:** Sơ đồ gia tải cho cấu kiện bằng đòn bẩy  
 1. Mố; 2. Tấm đệm thép; 3. Cấu kiện thí nghiệm; 4. Con lăn; 5. Dầm phân tải;  
 6. Khớp cấu hình nệm; 7. Đòn bẩy; 8. Cột neo; 9. Xà neo; 10. Giá đặt tải.



**Hình 10:** Sơ đồ gá lắp thiết bị đo độ tụt cốt thép  
 1. Đồng hồ đo; 2. Phụ kiện gá lắp;  
 3. Cốt thép; 4. Vít gá lắp.





Hình 11: Cách theo dõi sự phát triển vết nứt

1. Vết nứt; 2. Nét bút;
3. Cáp tải trọng;
4. Đánh dấu vị trí đo bề rộng vết nứt.

- 7.3. Với các thiết bị gia tải, đo chuyển vị, độ võng... bằng điện tử, cần xây dựng quy trình gia tải, đo đặc thích hợp với nội dung thí nghiệm và phải nắm vững hướng dẫn sử dụng thiết bị để thực hiện chính xác quá trình gia tải và đo đạc.
- 7.4. Các thiết bị gia tải, dụng cụ đo chuyển vị và các phần mềm điều khiển... cần được bảo dưỡng, hiệu chuẩn định kì theo thuyết minh sử dụng. Trước khi thí nghiệm nên kiểm tra sự làm việc bình thường của chúng.
- 7.5. Việc gá lắp thiết bị đo chuyển vị, độ võng phải đảm bảo là chúng đã tiếp xúc với bề mặt cấu kiện (trị số đọc ban đầu phải khác 0), trục của chúng phải trùng với phương chuyển vị cần đo của cấu kiện tại vị trí đo. Sơ đồ gá lắp thiết bị đo có thể tham khảo hình 7.
- 7.6. Đo độ tụt cốt thép bằng đồng hồ đo chuyển vị. Thân đồng hồ được gá chặt vào đầu cấu kiện còn đầu đo được tì lên cốt thép hoặc ngược lại (theo hình 10).
- 7.7. Trước khi thí nghiệm cần ghi chép hiện trạng thực tế của cấu kiện: kích thước, các vết nứt, rỗ, khuyết tật khác...
- 7.8. Khi chuẩn bị thí nghiệm, cần tuân thủ các yêu cầu đảm bảo an toàn cho người, thiết bị thí nghiệm được nêu ở mục 9.

## 8. Tiến hành thí nghiệm

- 8.1. Gia tải cho cấu kiện thí nghiệm theo sơ đồ thí nghiệm được nêu trong tiêu chuẩn hoặc theo quyết định của thiết kế đưa ra. Khi có sự thỏa thuận của cơ quan thiết kế, được phép thay thế tải phân bố đều bằng tải trọng tập trung tương đương (theo hình 7).
- 8.2. Giá trị tải trọng trong quá trình thí nghiệm được ghi nhận bằng các thiết bị (xem 6.2) hoặc bằng khối lượng tải đã chất lên cấu kiện thí nghiệm.
- 8.3. Khi gia tải bằng vật nặng cần chú ý tuân thủ:
  - Đối với cấu kiện dạng dầm, chiều dài của mỗi hàng tải theo phương khảo độ không được vượt quá  $l/6$  ( $l$  - chiều dài của dầm).
  - Việc gia tải được thực hiện từ gối đến giữa dầm một cách đối xứng và nhẹ nhàng.
  - Khoảng cách giữa các chống tải theo chiều cao không được nhỏ hơn 50mm (theo hình 7).
- 8.4. Khi gia tải bằng vật liệu rời đổ vào các thùng (hộp không có đáy) thì số lượng thùng không được ít hơn 2 nếu thí nghiệm cấu kiện dạng dầm, và không được ít hơn 4 nếu thí

thí nghiệm cấu kiện làm việc theo hai phương. Khoảng cách giữa các thùng theo chiều cao không được nhỏ hơn 0,1l và không được nhỏ hơn 250mm.

- 8.5. Việc gia tải phải tuân theo chỉ dẫn của thiết kế. Trong trường hợp không có chỉ dẫn thì tiến hành như sau:
- a) Xác định trọng lượng bản thân cấu kiện thí nghiệm (bằng tính toán hoặc bằng cân).
  - b) Gia tải theo cấp, mỗi cấp không quá 10% tải trọng kiểm tra độ bền và không quá 20% tải trọng kiểm tra độ cứng.
  - c) Với loại cấu kiện không cho phép nứt trong quá trình sử dụng thì sau khi đã gia tải đến 90% tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt, mỗi cấp tải tiếp theo không được vượt quá 5% tải trọng đã nêu.
  - d) Tải trọng của mỗi cấp cần đồng đều và đặt đúng vị trí theo sơ đồ thí nghiệm.
  - đ) Khi tiến hành thí nghiệm có cả tải ngang và tải đứng, trước tiên phải tạo tải ngang theo mối tương quan với trọng lượng bản thân của cấu kiện.
  - e) Cần gia tải thứ một, hai cấp để kiểm tra sự làm việc của các thiết bị gia tải và thiết bị đo.
- 8.6. Thời gian giữ tải mỗi cấp không dưới 10 phút.
- Ở cấp tải kiểm tra độ cứng, thời gian giữ tải không ít hơn 30 phút.
  - Ở cấp tải kiểm tra hình thành vết nứt, thời gian giữ tải là 30 phút.
  - Ở những cấp tải cuối cùng, phải chờ cho độ võng ổn định mới chất tiếp cấp tải sau.
- 8.7. Trong quá trình thí nghiệm cần ghi chép:
- + Giá trị tải trọng và độ võng tương ứng của từng cấp tải.
  - + Giá trị tải trọng khi xuất hiện vết nứt đầu tiên theo phương vuông góc, khi xuất hiện vết nứt xiên trên cấu kiện và bề rộng của chúng.
  - + Giá trị tải trọng, độ võng và bề rộng vết nứt khi cấu kiện bị phá huỷ cùng những đặc tính phá huỷ.
  - + Giá trị độ võng và bề rộng vết nứt ở cấp tải kiểm tra độ cứng được đọc tại thời điểm vừa chất tải xong và sau khi giữ tải.
- 8.8. Trong thời gian giữ tải cần quan sát cẩn thận cấu kiện thí nghiệm: bề mặt cấu kiện, sự xuất hiện và phát triển vết nứt, tốc độ tăng độ võng, lún gối tựa, sự tụt cốt thép...
- 8.9. Phải tính và vẽ ngay biểu đồ quan hệ giữa độ võng và tải trọng của từng cấp để kịp thời:
- Phát hiện thời điểm hình thành vết nứt.
  - Phát hiện những sự cố bất thường xảy ra trong lúc thí nghiệm.
  - Phát hiện những dấu hiệu mất khả năng chịu lực của cấu kiện thí nghiệm.
- 8.10. Cách đánh dấu sự phát triển vết nứt: dùng bút vẽ một đường song song với vết nứt, đến cuối vết nứt, vạch ngang một nét và ghi cấp tải tương ứng trong một vòng tròn (theo hình 11).

8.11. Đối với cấu kiện chịu uốn, bề rộng vết nứt vuông góc với trục dọc cấu kiện được đo ở hàng cốt thép dọc dưới cùng của vùng chịu kéo, bề rộng vết nứt xiên được đo ở hàng cốt thép dọc dưới cùng, nơi vết nứt xiên cắt cốt đai và cốt xiên.

Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm, bề rộng vết nứt được đo ở hàng cốt thép chịu kéo nhiều nhất. Việc đo bề rộng vết nứt được tiến hành đồng thời với việc đo độ võng, độ lún gối tựa.

8.12. Đối với cấu kiện chịu uốn mà gối hai đầu thì độ võng được đo ở giữa nhịp, ở các vị trí  $l/3$  và đo lún gối tựa, với cấu kiện con sơn độ võng được đo ở đầu tự do và đo độ lún, góc xoay ở gối.

Giá trị độ võng của cấu kiện chịu uốn gối hai đầu sẽ là hiệu số của độ võng giữa nhịp và độ lún gối tựa (lấy giá trị trung bình của hai gối), độ võng của cấu kiện con sơn là hiệu số độ võng ở đầu tự do và độ lún gối, góc xoay gối tựa.

Đối với tấm phẳng gối hai cạnh, độ võng được đo ở tiết diện giữa nhịp và  $1/3$  nhịp tại vị trí giữa bề rộng tấm và 2 mép tấm. Giá trị độ võng của tấm là trị số trung bình của 3 số đo giữa nhịp.

Đối với tấm có sườn, độ võng được đo ở các sườn dọc tại tiết diện giữa tấm và  $1/3$  nhịp, lấy giá trị trung bình số học đo được ở tiết diện giữa nhịp làm độ võng của tấm.

Đối với tấm kê 4 cạnh hay 4 góc, độ võng được đo ở giữa tấm; đối với tấm gối 3 cạnh, độ võng được đo ở điểm giữa cạnh tự do.

8.13. Việc đo độ tụt cốt thép ở đầu cấu kiện được tiến hành đối với cấu kiện ứng suất trước có cốt thép tự neo (không có neo ở đầu cấu kiện).

Việc đo độ tụt cốt thép được thực hiện cho ít nhất là 10% số cốt thép nhưng không ít hơn 2 cốt thép đối với mỗi cấu kiện.

8.14. Việc gia tải được thực hiện cho đến khi cấu kiện xuất hiện dấu hiệu bị phá hủy (mất khả năng chịu lực), thể hiện ở các đặc trưng sau: độ võng tăng liên tục, vết nứt phát triển liên tục khi giữ nguyên tải trọng, cốt thép bị chảy dẻo trước khi bê tông vùng nén bị phá vỡ, hoặc bê tông vùng nén bị phá vỡ và cốt thép vùng kéo bị đứt.

8.15. Trong trường hợp đã thu thập đủ số liệu cần thiết cho việc đánh giá kết quả thí nghiệm theo mục đích đề ra, có thể ngừng gia tải ở cấp tải trọng thích hợp.

8.16. Việc tiến hành thí nghiệm cần tuân thủ các yêu cầu đảm bảo an toàn được nêu ở mục 9.

## 9. Công tác an toàn cho thí nghiệm

9.1. Việc thí nghiệm cấu kiện cần được bố trí ở một khu vực riêng, người không có nhiệm vụ không được qua lại.

Nơi thí nghiệm cần rộng, thoáng, đủ ánh sáng đảm bảo tiện lợi cho việc gia tải và đo đạc.

9.2. Phải có biện pháp để phòng sự phá hỏng của cấu kiện, thiết bị hoặc tải trọng thí nghiệm bị đổ:

- Đặt các giá đỡ dự phòng ở phạm vi giữa và 1/3 nhịp của cấu kiện. Trên các giá đỡ phải có những tấm kê mỏng (bằng gỗ, thép...) hoặc gá các bàn kẹp có thể điều chỉnh độ cao bằng vít...
- Trong quá trình thí nghiệm phải luôn quan sát để giữ khoảng cách nhỏ nhất (1 - 2cm) giữa các giá đỡ dự phòng và mặt đáy cấu kiện thí nghiệm bằng cách rút dần các tấm kê mỏng hoặc điều chỉnh vít để hạ bàn kẹp.
- Các thiết bị gia tải phải được gá lắp chắc chắn ổn định nhưng phải dễ dàng tháo dỡ.

Các biện pháp bảo vệ này không được cản trở độ võng tự do của cấu kiện trong quá trình thí nghiệm cho tới khi cấu kiện bị phá huỷ.

- 9.3. Khi thí nghiệm vì kèo, dầm và các cấu kiện khẩu độ lớn cần có các biện pháp đảm bảo ổn định cho cấu kiện song không được làm cản trở sự chuyển vị của chúng.
- 9.4. Trực tiếp đo độ võng và bề rộng vết nứt cho tới khi đạt 80% tải trọng kiểm tra độ bền. Quá mức tải này, cho phép quan sát các thiết bị đo từ xa bằng ống nhòm, máy thuỷ bình, trắc đạc...
- 9.5. Đến cấp tải gần phá huỷ có thể bỏ bớt thiết bị đo để đảm bảo an toàn.
- 9.6. Tốc độ gia tải ở vài cấp cuối nên chậm lại, vừa chắc, vừa quan sát toàn bộ cấu kiện để kịp thời ngừng gia tải, đảm bảo an toàn cho người, thiết bị đồng thời xác định chính xác thời điểm phá huỷ cấu kiện.

#### 10. Tính toán các giá trị kiểm tra: tải trọng, độ võng và bề rộng vết nứt

- 10.1. Tải trọng kiểm tra độ bền ( $P_{kr}^b$ ) được xác định bằng cách nhân hệ số an toàn C với tải trọng xác định khả năng chịu lực của cấu kiện được tính toán theo mục 3 tiêu chuẩn TCVN 5574 :.1991. Hệ số an toàn C được lấy như sau:
  - Đối với cấu kiện chịu uốn và chịu nén lệch tâm, trong trường hợp phá huỷ thứ nhất, giá trị của hệ số C xác định theo bảng 10.1.

**Bảng 10.1: Hệ số an toàn C cho trường hợp phá huỷ thứ nhất**

| Loại cốt thép  | Hệ số C |
|--|---------|
| C-I, C-II  | 1,25    |
| C-III, C-III kéo nguội có không chế ứng suất và độ dẫn dài, thép cốt sợi từ các bon thấp ( $B_p - I$ ) | 1,30    |
| C-IV, C-V, C-III kéo nguội chỉ không chế độ dẫn dài  | 1,35    |
| Dây kéo nguội (BII)  | 1,40    |

Về đặc tính của các loại cốt thép CI, CII... BII, xem TCVN 1651 : 85 và TCVN 3101 : 79.

- Đối với trường hợp phá huỷ thứ hai, hệ số C được lấy theo bảng 10.2.

**Bảng 10.2: Hệ số an toàn C cho trường hợp phá huỷ thứ hai**

| Loại bê tông                             | Hệ số C |
|--|---------|
| Bê tông nặng, nhẹ, cốt liệu nhỏ, silicat | 1,60    |
| Bê tông xốp                              | 1,90    |

10.2. Trường hợp phá huỷ nói ở điểm 10.1 được hiểu như sau:

- Trường hợp thứ nhất - Phá huỷ do ứng suất trong cốt thép chịu lực ở tiết diện thẳng góc hay tiết diện xiên đạt đến ứng suất tương đương giới hạn chảy của thép trước khi bê tông vùng nén bị phá huỷ.
- Trường hợp thứ hai - Phá huỷ do bê tông vùng nén bị phá huỷ trước khi cốt thép chịu kéo đạt giới hạn chảy (phá huỷ giòn).

10.3. Đối với cấu kiện sử dụng nhiều loại cốt thép, hệ số an toàn C được xác định theo công thức:

$$C = \frac{C_1 A_{S1} + C_2 A_{S2} + \dots + C_n A_{Sn}}{A_{S1} + A_{S2} + A_{S3}}$$

Trong đó:

$C_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) là hệ số an toàn C xác định theo bảng 10.1 ứng với thép nhóm i.

$A_{Si}$  ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) là diện tích tiết diện cốt thép nhóm i.

10.4. Khi quy định tải trọng kiểm tra độ bền, cần tính đến khả năng phá huỷ theo cả hai trường hợp, nghĩa là thiết kế cần quy định hai giá trị tải trọng ứng với C theo cả bảng 10.1 và bảng 10.2.

10.5. Khi đánh giá độ bền của cấu kiện theo kết quả thí nghiệm, phải chọn giá trị tải trọng kiểm tra độ bền tương ứng với tính chất phá huỷ thực tế của cấu kiện.

Tính chất phá huỷ thực tế được đánh giá bằng cách so sánh giá trị độ võng và bề rộng vết nứt thực tế với giá trị giới hạn tương ứng. Khi đó:

- Để đánh giá độ bền cấu kiện theo tiết diện thẳng góc, dùng giá trị độ võng ở tải trọng phá huỷ thực tế.

- Để đánh giá độ bền theo tiết diện nghiêng, dùng bề rộng vết nứt ở tải trọng phá huỷ thực tế.

10.6. Độ võng giới hạn được tính theo công thức sau:

a) Trường hợp phá huỷ thứ nhất:

$$f_{gh} = f_{kt} \times \frac{P_u^p}{P_{ktr}^c} \text{ nhân với } 2,5 \text{ khi dùng thép C-III hoặc thấp hơn;} \quad (1)$$

2 khi dùng thép C-IV, C-III kéo nguội và cao hơn

b) Trường hợp phá huỷ thứ hai:

$$f_{gh} = f_{kt} \times \frac{P_{t,t}^p}{P_{ktr}^c} \times 1,15 \quad (2)$$

Bề rộng vết nứt giới hạn được tính theo công thức sau:

a) Trường hợp phá huỷ thứ nhất:

$$a_{gh} = a_{kt} \times \frac{P_{t,t}^p}{P_{ktr}^a} \text{ nhân với } 2,5 \text{ khi dùng thép C-III hoặc thấp hơn} \quad (3)$$

2 khi dùng thép C-IV, C-III kéo nguội và cao hơn.

b) Trường hợp phá huỷ thứ hai:

$$a_{gh} = a_{kt} \times \frac{P_{t,t}^p}{P_{ktr}^a} \times 1,15 \quad (4)$$

Trong các công thức (1), (2), (3) và (4):

- $f_{gh}$  là độ võng giới hạn;
- $f_{ktr}$  là độ võng kiểm tra;
- $a_{gh}$  là bề rộng vết nứt giới hạn;
- $a_{ktr}$  là bề rộng vết nứt kiểm tra;
- $P_{t,t}^p$  là tải trọng thực tế khi cấu kiện bị phá huỷ;
- $P_{ktr}^c$  là tải trọng kiểm tra độ cứng;
- $P_{ktr}^a$  là tải trọng kiểm tra bề rộng vết nứt.

10.7. Nếu độ võng thực tế hay bề rộng vết nứt thực tế đo được ở tải trọng phá huỷ bằng hay lớn hơn giá trị giới hạn theo trường hợp phá huỷ thứ nhất, thì để đánh giá độ bền của cấu kiện, phải so sánh tải trọng phá huỷ thực tế với tải trọng kiểm tra độ bền lấy cho trường hợp phá huỷ này (nghĩa là dùng hệ số an toàn C theo bảng 10.1).

Nếu độ võng thực tế hay bề rộng vết nứt thực tế đo được ở tải trọng phá huỷ bằng hay nhỏ hơn giá trị giới hạn theo trường hợp phá huỷ thứ hai, tải trọng phá huỷ thực tế cần so với tải trọng kiểm tra lấy cho trường hợp phá huỷ này (nghĩa là tính đến hệ số C trong bảng 10.2).

Với các giá trị trung gian về độ võng và bề rộng vết nứt, tải trọng kiểm tra độ bền nêu trong hồ sơ thiết kế cho phép được tính lại với hệ số an toàn C lấy theo cách nội suy tuyến tính nhưng không nhỏ hơn 1,4.

10.8. Tải trọng kiểm tra độ cứng ( $P_{ktr}^c$ ) được xác định theo tổ hợp bất lợi nhất của tải trọng tiêu chuẩn (hệ số C = 1) (trích dẫn từ điều 4.1 của TCVN 5574 : 1991).

10.9. Độ võng kiểm tra ( $f_{ktr}$ ) được xác định bằng tính toán, dùng tải trọng kiểm tra độ cứng (lấy tác dụng ngắn hạn) để tính.

10.10. Độ võng kiểm tra của cấu kiện ứng suất trước  $f_{kt}$  xác định theo công thức:

$$f_{kt} = f_1 + f_2$$

Trong đó:

- $f_1$  - độ võng toàn phần do tải trọng kiểm tra (tải chất thêm và khi cần thiết cả tải trọng bản thân cấu kiện nữa) và do lực nén trước.
- $f_2$  - độ võng (lấy dấu cộng) hay độ võng (lấy dấu trừ) do tải trọng bản thân và do lực nén trước; đồng thời nếu mặt trên cấu kiện có sự hình thành các vết nứt thì giá trị  $f_2$  xác định như đối với cấu kiện có vết nứt ở mặt trên.

10.11. Hệ số an toàn C dùng để xác định tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt ( $P_{ktr}^n$ ) được lấy như sau: đối với cấu kiện có yêu cầu chống nứt cấp I, dùng hệ số C bằng 1,4 cho bê tông tổ ong và bằng 1,3 cho các loại bê tông khác.

10.12. Để tính bề rộng vết nứt kiểm tra ( $a_{ktr}$ ), dùng hệ số an toàn  $C = 0,7$ .

Trong cấu kiện chịu uốn mà chiều dày lớp bê tông bảo vệ theo thiết kế vượt trị số tiêu chuẩn  $a_{lc} = 25\text{mm}$  thì cho phép tăng bề rộng vết nứt kiểm tra đối với các vết nứt vuông góc với trục dọc của cấu kiện bằng cách chia nó cho hệ số q cho ở bảng 10.3.

**Bảng 10.3: Hệ số q**

|                 |      |      |            |
|-----------------|------|------|------------|
| $a_{lc}/a_{lk}$ | 0,8  | 0,6  | $\leq 0,5$ |
| q               | 0,95 | 0,85 | 0,75       |

Ghi chú:  $a_{lc}$  - chiều dày lớp bê tông bảo vệ lấy bằng 25mm.

$a_{lk}$  - chiều dày lớp bê tông bảo vệ theo thiết kế.

## 11. Đánh giá kết quả thí nghiệm

### 11.1. Đánh giá độ bền

11.1.1. Độ bền của cấu kiện thí nghiệm được đánh giá theo giá trị tải trọng lớn nhất tại thời điểm cấu kiện xuất hiện dấu hiệu mất khả năng chịu lực (tải trọng phá huỷ thực), thể hiện ở các đặc trưng sau: độ võng tăng liên tục, vết nứt phát triển liên tục khi giữ nguyên tải trọng, cốt thép bị đứt, bê tông vùng nén bị vỡ.

11.1.2. Đánh giá độ bền được thực hiện bằng cách so sánh tải trọng phá huỷ thực tế với tải trọng kiểm tra độ bền được quy định trong tiêu chuẩn hoặc trong tài liệu thiết kế.

11.1.3. Tải trọng kiểm tra độ bền được xác định theo những quy định ở điều 10.1.

11.1.4. Cấu kiện được xem là đạt độ bền nếu thoả mãn các điều kiện sau:

- Khi thí nghiệm hai cấu kiện, tải trọng phá huỷ thực tế không nhỏ hơn 95% tải trọng kiểm tra độ bền, nếu thí nghiệm từ 3 cấu kiện trở lên thì không nhỏ hơn 90% tải trọng kiểm tra độ bền.

11.1.5. Muốn đánh giá độ bền cấu kiện thí nghiệm một cách chính xác hơn thì dùng các đặc trưng cơ lý thực tế của bê tông, cốt thép và kích thước thực tế của cấu kiện để xác định khả năng chịu lực của nó. Các đặc trưng cơ lý này do cơ sở sản xuất cung cấp hoặc lấy từ số liệu thí nghiệm mẫu thép và bê tông do họ cung cấp.

## TCXDVN 274 : 2002

- 11.1.6. Đối với cấu kiện ứng suất trước có cốt thép tự neo (không có neo ở đầu), cấu kiện được coi là đảm bảo độ bền nếu thoả mãn thêm các điều kiện sau:
- Khi thí nghiệm từ 2 cấu kiện trở lên, tải trọng kiểm tra độ bền, độ tụt của thép so với bề mặt bê tông ở đầu cấu kiện không được vượt quá 0,2mm.
- 11.2. Đánh giá độ cứng
- 11.2.1. Độ cứng của cấu kiện được đánh giá bằng cách so sánh độ võng thực tế dưới tải trọng kiểm tra với độ võng kiểm tra. Tải trọng kiểm tra và độ võng kiểm tra lấy theo điều 10.8 và 10.9.
- 11.2.2. Độ võng thực tế được xác định sau khi giữ cấu kiện thí nghiệm dưới tải trọng kiểm tra độ cứng theo điều 8.6.
- 11.2.3. Tải trọng kiểm tra là tổng tải trọng thực tế mà cấu kiện thí nghiệm phải chịu, bao gồm trọng lượng bản thân cấu kiện, trọng lượng các thiết bị gia tải, trọng lượng phân tải chất thêm...
- Khi thí nghiệm cấu kiện được đặt dưới một góc  $90^\circ$  hoặc  $180^\circ$  so với trạng thái làm việc thì cần tính đến ảnh hưởng của trọng lượng bản thân và phụ kiện thiết bị đến giá trị độ võng kiểm tra. Trong trường hợp này cần thống nhất với thiết kế về giá trị phụ tải và độ võng kiểm tra.
- 11.2.4. Cấu kiện được xem là đạt yêu cầu về độ cứng:
- Khi thí nghiệm hai cấu kiện mà độ võng thực tế không quá 115% độ võng kiểm tra.
  - Khi thí nghiệm từ 3 cấu kiện trở lên mà độ võng thực tế không quá 120% độ võng kiểm tra.
- 11.3. Đánh giá khả năng chống nứt
- 11.3.1. Khả năng chống nứt của cấu kiện được đánh giá theo tải trọng hình thành vết nứt đầu tiên trong bê tông và theo bề rộng vết nứt. Tải trọng thực tế hình thành vết nứt được so với tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt, bề rộng vết nứt được so với bề rộng vết nứt kiểm tra. Tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt và bề rộng vết nứt kiểm tra lấy theo điều 10.11 và 10.12.
- 11.3.2. Khi tiến hành thí nghiệm và đánh giá bề rộng vết nứt cần xem xét sơ đồ thí nghiệm đã nêu trong điều 11.2.3.
- 11.3.3. Cấu kiện có yêu cầu chống nứt cấp I phải thoả mãn điều kiện sau:
- Khi thí nghiệm hai cấu kiện, tải trọng thực tế hình thành vết nứt không nhỏ hơn 90% tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt.
  - Khi thí nghiệm từ 3 cấu kiện trở lên, tải trọng thực tế hình thành vết nứt không nhỏ hơn 85% tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt.
- 11.3.4. Cấu kiện hoặc là bộ phận cấu kiện có yêu cầu chống nứt cấp II và III được gọi là đạt yêu cầu khi thí nghiệm 2 và từ 3 cấu kiện trở lên, bề rộng vết nứt lớn nhất không vượt



quá bề rộng vết nứt kiểm tra nhân với hệ số tương ứng là 1,10 và 1,15, ngoài ra cũng không được vượt quá giá trị bề rộng vết nứt cho phép cho ở tiêu chuẩn thiết kế.

#### 11.4. Đánh giá tổng hợp kết quả thí nghiệm

11.4.1. Cấu kiện thí nghiệm được xem là đạt yêu cầu về độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt, nếu chúng đáp ứng được tất cả các yêu cầu đã nêu trong mục 11.

### 12. Báo cáo kết quả thí nghiệm

12.1. Kết quả thí nghiệm được lập thành văn bản và lưu ở phòng thí nghiệm, ở phòng quản lí kĩ thuật hoặc phòng kiểm tra chất lượng sản phẩm.

12.2. Hồ sơ thí nghiệm gồm các nội dung sau:

- Ngày thí nghiệm.
- Danh sách những người tham gia thí nghiệm và trình độ kĩ thuật.
- Tên gọi và mã số của cấu kiện thí nghiệm.
- Ngày sản xuất cấu kiện, số hiệu lô sản phẩm.
- Điều kiện bảo quản cấu kiện trước khi thí nghiệm.
- Loại hay mác bê tông theo cường độ nén.
- Các đặc tính về cường độ thực tế của bê tông ở ngày thí nghiệm.
- Dạng, loại cốt thép chịu lực.
- Các đặc tính về cường độ thực tế của cốt thép theo chứng chỉ của nhà máy sản xuất hoặc theo kết quả thí nghiệm mẫu thép.
- Cấp chống nứt do thiết kế quy định.
- Sơ đồ thí nghiệm: sơ đồ gối tựa, giá lắp thiết bị đo, vị trí chất tải.
- Trọng lượng cấu kiện (bằng tính toán hoặc bằng cân đo).
- Trọng lượng phân tải trọng chất thêm.
- Giá trị tải trọng kiểm tra:
  - + Theo độ bền (ở trường hợp phá huỷ thứ nhất và thứ hai).
  - + Theo độ cứng.
  - + Theo sự hình thành vết nứt.
  - + Theo mở rộng vết nứt.
- Độ võng kiểm tra và bề rộng vết nứt kiểm tra.
- Tải trọng kiểm tra có tính đến đặc tính cơ lí thực tế của thép và bê tông khi chúng khác với giá trị thiết kế.
- Kết quả thí nghiệm:
  - + Tải trọng phá huỷ và đặc điểm phá huỷ.

**TCXDVN 274 : 2002**

- + Tải trọng hình thành vết nứt và tính chất của các vết nứt.
  - + Độ võng ở tải trọng kiểm tra.
  - + Bề rộng vết nứt ở tải trọng kiểm tra.
  - + Độ tụt đầu cốt thép trong bê tông.
  - + Ảnh mô tả quá trình thí nghiệm và đặc tả hiện tượng phá huỷ, tình trạng nứt...
- 12.3. Khi thí nghiệm từ 2 cấu kiện trở lên thì những vấn đề chung được đưa vào một văn bản song các số liệu cụ thể của từng cấu kiện thì phải ghi riêng.
- 12.4. Kết quả đánh giá độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt được lập thành văn bản trong đó có ghi rõ sai lệch lớn nhất về số liệu thí nghiệm so với các giá trị quy định theo tiêu chuẩn, ghi rõ kết luận đánh giá về độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt theo tiêu chuẩn thí nghiệm. Các văn bản này phải được người tiến hành thí nghiệm, trưởng phòng thí nghiệm, trưởng phòng kiểm tra chất lượng và cán bộ lãnh đạo đơn vị cùng đại diện thiết kế ký xác nhận.

**Phụ lục A**  
**(Quy định)**

**DANH MỤC CÁC YÊU CẦU CẦN NÊU TRONG HỒ SƠ THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM**

- A.1 Sơ đồ gối tựa và sơ đồ gia tải của cấu kiện thí nghiệm.
- A.2 Chỉ dẫn về tính chất làm việc của cấu kiện trong kết cấu công trình có tính đến khả năng chịu lực. Chiều dài gối hoặc ngàm tối thiểu dùng trong tính toán.
- A.3 Giá trị tải trọng kiểm tra độ bền và dự đoán tính chất phá huỷ khi thí nghiệm.
- A.4 Giá trị tải trọng kiểm tra độ cứng, giá trị độ võng kiểm tra.
- A.5 Giá trị tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt.
- A.6 Giá trị tải trọng kiểm tra mở rộng vết nứt, bề rộng vết nứt kiểm tra và bề rộng vết nứt cho phép. Chỉ dẫn về các khu vực cấu kiện cần đo bề rộng vết nứt.
- A.7 Trong trường hợp nếu các cấu kiện thí nghiệm theo đúng trạng thái chịu tải như thiết kế và tải tác dụng từ trên xuống thì hồ sơ thiết kế cần chỉ rõ giá trị tải trọng chất thêm bằng giá trị tải trọng kiểm tra trừ đi trọng lượng bản thân cấu kiện.
- A.8 Chu kỳ thí nghiệm và số lượng cấu kiện cần thí nghiệm.

**Phụ lục B**  
(Tham khảo)

**VÍ DỤ THÍ NGHIỆM GIA TẢI TĨNH VÀ  
ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM CHO PANEN ĐÚC SẴN**

Công ty xây dựng X (Bên A) yêu cầu thí nghiệm gia tải tĩnh cho panen để đánh giá khả năng chịu lực của nó thông qua các chỉ tiêu độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt.

Tài liệu do bên A cung cấp:

Loại panen hộp dùng làm sàn cho lớp học.

Panen chịu tải phân bố đều với:

- + Hoạt tải:  $500 \text{ daN/m}^2$ , hệ số vượt tải 1,2.
- + Tĩnh tải:
  - Vữa trát trần  $30 \text{ daN/m}^2$ , hệ số vượt tải 1,2.
  - Vữa đệm lót  $30 \text{ daN/m}^2$ , hệ số vượt tải 1,2.
  - Gạch lát  $30 \text{ daN/m}^2$ , hệ số vượt tải 1,1.
  - Trọng lượng panen  $212 \text{ daN/m}^2$ , hệ số vượt tải 1,1.

Sơ đồ gối tựa: panen gác lên tường ngang chịu lực, mỗi đầu gác  $10 \text{ cm}$  ( $l = 4,1 \text{ m}$ )

Panen thuộc loại 3 chống nứt

Như vậy, bên A chưa cung cấp đầy đủ những nội dung mà phụ lục A TCXDVN 274 : 2002 yêu cầu.

Bên tiến hành thí nghiệm (bên B) đã xác định thêm các nội dung đó như sau:

**B.1. Tính toán các giá trị kiểm tra**

**B.1.1. Tĩnh tải trọng kiểm tra**

Diện tích mặt panen:  $0,6 \times 4,2 = 2,52 \text{ m}^2$

Tải trọng kiểm tra độ cứng:

- Tĩnh tải:

- + Vữa trát trần:  $30 (\text{ daN/ m}^2) \times 2,52 \text{ m}^2 = 75,6 \text{ daN}$
- + Vữa đệm lót:  $30 (\text{ daN/ m}^2) \times 2,52 \text{ m}^2 = 75,6 \text{ daN}$
- + Gạch lát:  $30 (\text{ daN/ m}^2) \times 2,52 \text{ m}^2 = 75,6 \text{ daN}$
- + Pa nen:  $212 (\text{ daN/ m}^2) \times 2,52 \text{ m}^2 = 533 \text{ daN}$
- Hoạt tải:  $500 (\text{ daN/ m}^2) \times 2,52 \text{ m}^2 = 1260 \text{ daN}$

Tổng tải trọng tiêu chuẩn tức tải trọng kiểm tra độ cứng là:  $P_{\text{kt}}^c = 2019,8 \text{ daN}$ .

Vì hướng tác dụng của tải trọng trùng với phương làm việc của panen nên theo điều A.7, tải trọng cần chất thêm để đạt được  $P_{\text{kt}}^c$  là:

$$P_{\text{kt}}^{c1} = 2019,8 - 533 = 1486,8 \text{ daN (tương đương 60 quả gang 25 kg)}$$

Tải trọng kiểm tra độ bền:

Tính tải:

|                  |   |
|------------------|---|
| + Vữa trát trần: | $75,6 \text{ (daN)} \times 1,2 = 90,72 \text{ daN}$ |
| + Vữa đệm lót:   | $75,6 \text{ (daN)} \times 1,2 = 90,72 \text{ daN}$ |
| + Gạch lát:      | $75,6 \text{ (daN)} \times 1,1 = 83,16 \text{ daN}$ |
| + Panen:         | $533 \text{ (daN)} \times 1,1 = 586,3 \text{ daN}$  |
| Hoạt tải:        | $1260 \text{ (daN)} \times 1,2 = 1512 \text{ daN}$  |

Tổng tải trọng tính toán:  $P_{tt} = 2362,9 \text{ daN}$

Tải trọng kiểm tra độ bền là:  $P_{ktr}^b = 1,4P_{tt} = 1,4 \times 2362,9 = 3308,1 \text{ daN}$ .

Vì hướng tác dụng của tải trọng trùng với phương làm việc của panen nên tải trọng cần chất thêm để đạt  $P_{ktr}^b$  là:

$$P_{ktr}^{b1} = 3308,1 - 533 = 2775 \text{ daN (tương đương 111 quả gang 25kg)}$$

B.1.2. Tính độ võng kiểm tra của panen (Theo mục 4 TCVN 5574: 1991 và điều 10.9 của tiêu chuẩn này).

Độ võng kiểm tra  $f_{ktr}$  của panen được tính theo công thức:

$$f_{ktr} = \frac{5}{48} \frac{M}{B} l^2$$

$$B = \frac{h_u \cdot Z_1}{\frac{\psi_a}{E_a F_a} + \frac{\psi_b}{(\gamma' + \xi) \cdot u \cdot E_b \cdot b h_u}} \cdot \psi_u = 1 - S \cdot m - \frac{(1 - m^2) \cdot h_u}{(3,5 - 1,8m) \cdot e}$$

Vì  $e = 0$  nên  $\psi_a = 1 - S \cdot m$

$$m = \frac{R_{kc} W_n}{M}$$

Trong đó:

-  $R_{kc}$ : cường độ chịu kéo tiêu chuẩn, với bê tông mác 200  $R_{kc} = 11,5 \text{ kG/cm}^2$

-  $M$ : mô men lớn nhất do toàn bộ tải trọng tiêu chuẩn gây nên:

$$M = ql^2/8$$

$$q = P/4,2 = 2019,8/4,2 = 480,9 \text{ kG/m}$$

$$M = ql^2/8 = 480,9 \times 4,1^2/8 = 101049 \text{ kGcm}$$

$$M = 101049 \text{ kGcm}$$

$$W_n = \frac{2(j_b + n \cdot j_a + n \cdot j_a')}{h - x_u} + S_k$$

Trong đó:  $j_b, j_a, j_a'$  - mômen quán tính của tiết diện bê tông vùng nén, của cốt thép  $F_a$  và  $F_a'$  lấy đối với trục trung hoà.

$S_k$  - mô men tĩnh của diện tích vùng bê tông chịu kéo lấy đối với trục trung hoà;

$x_u$  - chiều cao vùng nén khi chưa xuất hiện vết nứt.

$$j_b = \frac{bh^3}{12} + Fa^2 = \frac{55 \cdot 1,14}{12} + 1,14 \cdot 55 \cdot 1,14^2 / 2 = 27,16 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$W_n = 5210 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$m = \frac{11,5 \cdot 5210}{101049} = 0,5929$$

$$\psi_u = 1 - S.m$$

Ở đây  $S = 1$  do kể đến tác dụng ngắn hạn của tải trọng ứng với cốt thép trơn và cốt thép có gờ.

$$\psi_u = 1,25 - 1,0,5929 = 0,6571$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(L+T)}{10\mu_n}}$$

$$L = \frac{M_u}{R_{nc} b h_0^2} = \frac{101049}{112 \cdot 10 \cdot 17,8^2} = 0,2848$$

$$T = \gamma' \left( 1 - \frac{h'_c}{2h_0} \right)$$

$$\gamma' = \frac{(b'_c - b)h'_c}{b h_0} = \frac{(55 - 10) \cdot 3,5}{10 \cdot 17,8} = 0,8848$$

$$T = 0,8848 \left( 1 - \frac{3,5}{217,8} \right) = 0,7978$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,2848 + 0,7978)}{10 \cdot 0,842 \cdot 8,75}} = 0,5299$$

$$Z_1 = \left[ 1 - \frac{\delta' \gamma' + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)} \right] h_0$$

$$\delta' = \frac{h'_c}{h_0} = \frac{3,5}{17,8} = 0,1966$$

$$Z_1 = \left[ 1 - \frac{0,1966 \cdot 0,8848 + 0,5299^2}{2(0,8848 + 0,5299)} \right] \cdot 17,8 = 14,39$$

$$B = \frac{17,8 \cdot 14,39}{\frac{0,6571}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 4,02} + \frac{0,9}{(0,8848 + 0,5299) \cdot 0,45 \cdot 2,4 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 17,8}} = 2309044386$$

Trong công thức trên, lấy  $\nu = 0,45$  do tác dụng ngắn hạn của tải trọng

$$f_{ktr} = \frac{5}{48} \times \frac{101049}{2309044386} \cdot 410^2 = 0,77(\text{cm})$$

### B.1.3. Tính bề rộng vết nứt kiểm tra của panen (Theo mục 4 TCVN 5574 : 1991)

Bề rộng vết nứt của panen được tính theo công thức:

$$a_n = KC\eta \frac{\sigma_u}{E_s} (70 - 20P) \sqrt[3]{d}$$

Trong đó:

+ K là hệ số. K = 1 đối với cấu kiện chịu uốn và nén lệch tâm.

+ C là hệ số xét đến tính chất tác dụng của tải trọng. C = 1 với tác dụng ngắn hạn của tải trọng.

+  $\eta$  là hệ số xét đến tính chất bề mặt của cốt thép.  $\eta = 1,3$  với thanh thép tròn trơn.

+ P là tỉ số phần trăm của tiết diện cốt thép dọc chịu kéo đối với diện tích làm việc của tiết diện bê tông. Trong khi tính theo công thức trên lấy P không lớn hơn 2. Đối với cấu kiện chịu uốn, chịu nén lệch tâm và kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật hoặc chữ T có cánh chịu nén thì:

$$P = 100 \cdot \mu = 100 \cdot F_a / b h_0 = 100 \cdot 4,02 / 10 \cdot 17,8 = 2,26. \text{ Lấy } P = 2.$$

+ d là đường kính cốt thép dọc chịu kéo tính bằng mm, d = 16mm.

+ E<sub>s</sub> và σ<sub>s</sub>: mô đun đàn hồi và ứng suất trong cốt thép chịu kéo, tính cùng đơn vị như nhau.

$$E_s = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_s = \frac{M}{F_a \cdot Z_1} = \frac{101049}{4,02 \cdot 14,39} = 1746,80 \text{ daN/cm}^2$$

$$a_n = 1,1 \cdot 1,3 \cdot \frac{1746,8}{2,1 \cdot 10^6} (70 - 20 \times 2) \sqrt[3]{16} = 0,09 \text{ mm}$$

Theo điều B.10, bề rộng vết nứt kiểm tra là:

$$a_{kr} = 0,7 a_n = 0,7 \times 0,09 \text{ mm} = 0,063 \text{ mm}$$

**B.2. Lấy mẫu thí nghiệm:**

Lấy số lượng tối thiểu là 2 panen theo điều 5.1 của tiêu chuẩn TCXDVN 274: 2002.

Sau khi đã xác định thêm những nội dung cần thiết trên và trao đổi với bên A, được bên A xác nhận những nội dung ấy là đúng với yêu cầu và số liệu tính toán của bên A, bên B bắt đầu công tác chuẩn bị thí nghiệm, tiến hành thí nghiệm, xử lí số liệu và đánh giá kết quả theo tiêu chuẩn TCXDVN 274 : 2002.

Chi tiết của quá trình thí nghiệm và đánh giá số liệu thí nghiệm như sau:

**B.3. Chuẩn bị thí nghiệm**

**B.3.1. Chọn sơ đồ thí nghiệm**

Căn cứ vào tính chất làm việc của panen và sơ đồ gối đỡ bên A cung cấp theo điều 7.1.4 TCXDVN 274: 2002, chọn sơ đồ thí nghiệm cho panen như hình 7a phụ lục C. Tấm đệm thép có kích thước 700 × 100 × 20mm. Gối tự do là con lăn thép φ32. Gối cố định là thép góc 45. Mố thí nghiệm có kích thước là 330 × 700 × 700mm.

**B.3.2. Theo điều 7.2 TCXDVN 274: 2002, sau khi gác panen lên mố thí nghiệm theo sơ đồ đã chọn, quét hai lần nước vôi loãng lên hai thành và đáy panen (nước vôi đầu khô mới quét nước tiếp theo). Sau đó, kê ô gia tải.**

**B.3.3. Chọn các quả gang nặng 25kg ± 0,5kg làm tải trọng chất lên panen.**

**B.3.4. Xác định tải trọng từng cấp và sơ đồ vị trí đặt tải:**

- Tải trọng từng cấp được xác định theo điều 8.5: 20% tải trọng kiểm tra độ cứng tức 1487/5 = 297,4 daN tương đương 12 quả gang (300 daN).

- Sơ đồ vị trí gia tải theo hình B.1.

|   |   |         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |   |   |
|---|---|---------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|---|---|
| 5 |   | l = 410 |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   | 5 |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |   |   |
| 3 | 4 | 2       | 6 | 3  | 5 | 2 | 4 | 3 | 5 | 2 | 5 | 3 | 5 | 2 | 5 | 3  | 4 | 2 | 6 | 2 | 8 | 9 | 7 | 6  | 8 | 10 | 7 | 9  | 8 | 10 | 7 | 10 | 8 | 10 | 7 | 10 | 8 | 9  | 7 | 6 | 7 |
| 1 | 3 | 1       | 4 | 11 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 4 | 11 | 4 | 1 | 3 | 1 | 6 | 8 | 6 | 9  | 1 | 6  | 9 | 6  | 9 | 6  | 8 | 6  | 9 | 6  | 9 | 1  | 6 | 9  | 6 | 8 | 6 |
| 2 | 6 | 3       | 5 | 2  | 5 | 3 | 5 | 2 | 5 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 5 | 2  | 5 | 3 | 4 | 2 | 7 | 6 | 8 | 10 | 7 | 10 | 8 | 10 | 7 | 10 | 1 | 10 | 7 | 9  | 8 | 10 | 7 | 10 | 8 | 9 | 7 |

Hình B.1: Sơ đồ vị trí đặt tải thí nghiệm cho panen

## TCXDVN 274 : 2002

Mỗi ô vuông đặt tải có kích thước  $20 \times 20$  (vì đáy của quả gang rộng  $14 \times 14$ )

Vị trí gia tải theo từng cấp được phân bố trên bề mặt panen theo điều 8.3 và điều 8.5d.

Mỗi cấp chất 12 quả gang, đặt vào các ô đánh số 1, 2, 3, 4, 5 tương ứng với thứ tự của cấp tải. Các cấp 6, 7, 8, 9, 10 sẽ đặt vào vị trí của các cấp 1, 2, 3, 4, 5 một cách tương ứng.

### B.3.5. Chọn và lắp thiết bị đo

#### B.3.5.1. Đo độ võng

Dùng 6 đồng hồ so (cơ học) có giá trị vạch chia 0,05mm lắp ở hai sườn panen tại 3 vị trí 1/2 và 1/3. Trường hợp không đủ đồng hồ so 0,05mm thì có thể dùng loại có giá trị vạch chia 0,01mm.

Đo lún gối tựa dùng 4 đồng hồ so 0,01mm lắp ở trên mặt hai tấm đệm thép (Theo sơ đồ hình 7a). Sau khi lắp thiết bị đã kiểm tra, đạt yêu cầu của điều 7.4.

#### B.3.5.2. Phát hiện vết nứt bằng kính phóng đại chuyên dụng có giá trị vạch chia bằng 0,05mm.

### B.3.6. Làm các giá đỡ an toàn theo điều 9.2 của tiêu chuẩn TCXDVN 274: 2002: tạo 3 con ngựa gỗ có chiều cao cách đáy panen 10cm, đặt ở 3 vị trí 1/2 và 1/3. Trên mặt ngựa gỗ đặt thêm các tấm gỗ hoặc thép mỏng cho đến độ cao cách đáy panen khoảng 1 - 2cm.

Các quả gang làm tải trọng được xếp thành chồng cách xa panen thí nghiệm khoảng 1,5 - 2m để tạo điều kiện cho việc thu thập số liệu thí nghiệm dễ dàng.

### B.3.7. Gia tải thử theo điều 8.5e.

## B.4. Tiến hành thí nghiệm

Việc tiến hành thí nghiệm được thực hiện theo các điều 8 của TCXDVN 274: 2002. Các số liệu đo được trong quá trình thí nghiệm cho ở bảng B.1.

Đến cấp tải thứ 11, tải trọng chất thêm là 2850daN với panen 1 và 2825 daN với panen 2, thấy độ võng tăng liên tục, cốt thép bị chảy dẻo rồi bê tông vùng nén ở tiết diện giữa nhịp bị phá vỡ: cấu kiện bị phá hủy theo tiết diện vuông góc ở giữa nhịp panen với đặc trưng phá hủy loại thứ nhất. Độ võng đo được ở cấp tải này là:

$$f_{tt}^P = 28,55\text{mm đối với panen 1 và } 28,98\text{mm đối với panen 2.}$$

Tải trọng phá hủy thực tế của panen là tải trọng chất thêm cộng trọng lượng panen, cụ thể:

- Với panen 1 có:  $P_{tt}^P = 2850 + 533 = 3383 \text{ daN}$

- Với panen 2 có:  $P_{tt}^P = 2825 + 533 = 3358 \text{ daN}$

## B.5. Xử lý số liệu

Kết quả đo độ võng và lún gối tựa được tính toán từng cấp theo tải trọng. Sau khi xử lý số liệu theo điều 8.12 (độ võng trung bình ở giữa nhịp trừ đi độ lún trung bình của hai gối tựa). Kết quả cho ở bảng B.1 và hình B.2.

**Bảng B.1: Kết quả thí nghiệm panen**

| Thứ tự cấp tải | Trị số tải trọng | Độ võng giữa nhịp (mm) |         | Bề rộng vết nứt (mm) |         | Ghi chú |
|----------------|------------------|------------------------|---------|----------------------|---------|---------|
|                |                  | Panen 1                | Panen 2 | Panen 1              | Panen 2 |         |
| 1              | 300              | 1,52                   | 1,55    |                      |         |         |
| 2              | 600              | 3,05                   | 3,10    |                      |         |         |
| 3              | 900              | 4,53                   | 5,40    | < 0,05               | < 0,05  |         |



| Thứ tự cấp tải | Trị số tải trọng | Độ võng giữa nhịp (mm) |         | Bề rộng vết nứt (mm) |         | Ghi chú     |
|----------------|------------------|------------------------|---------|----------------------|---------|-------------|
|                |                  | Panen 1                | Panen 2 | Panen 1              | Panen 2 |             |
| 4              | 1200             | 7,02                   | 7,85    |                      |         |             |
| 5              | 1500             | 9,65                   | 10,53   |                      |         |             |
| 5'             | 1500             | 10,17                  | 11,08   | 0,05                 | 0,05    | Giữ tải 30' |
| 6              | 1800             | 12,82                  | 13,76   |                      |         |             |
| 7              | 2100             | 15,50                  | 16,48   |                      |         |             |
| 8              | 2400             | 18,35                  | 19,36   |                      |         |             |
| 9              | 2575             | 20,3                   | 21,38   |                      |         |             |
| 10             | 2775             | 22,5                   | 23,61   |                      |         |             |
| 10'            | 2775             | 23,80                  | 25,12   |                      |         | Giữ tải 30' |
| 11             | 2850             | 28,55                  | 28,98   |                      |         | Phá huỷ     |

## B.6. Đánh giá kết quả thí nghiệm

### B.6.1. Đánh giá độ bền

Căn cứ vào đặc trưng phá huỷ nêu ở trên, có thể kết luận panen bị phá huỷ theo trạng thái thứ nhất.

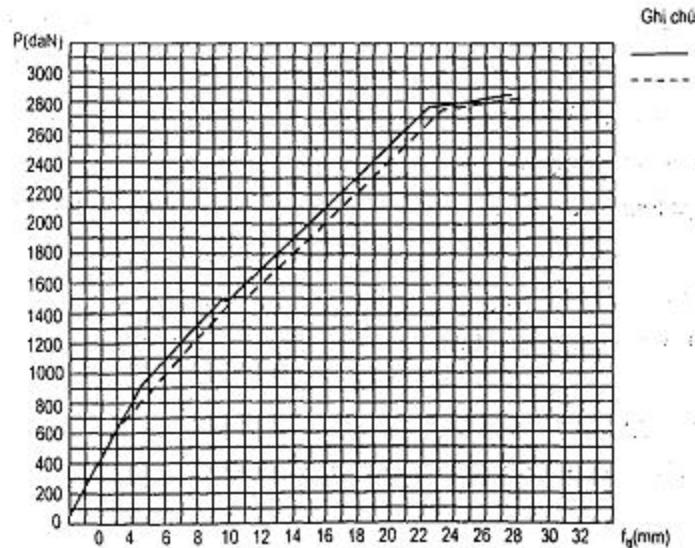
Tuy nhiên, vẫn phải tính  $f_{gh}$  để xác định chính xác tính chất phá huỷ của panen như điều 10.5 TCXDVN 274 : 2002.

Vì panen bị phá huỷ ở tiết diện thẳng góc nên để đánh giá trạng thái phá huỷ của panen cần xác định giá trị  $f_{gh}$  (không cần xác định  $a_{gh}$  như điều B. 5).

Theo điều 10.6 TCXDVN 274: 2002 có:

Panen bị phá huỷ theo trường hợp thứ nhất: có

$$f_{gh1} = f_{ktr} \frac{P_{II}^p}{P_{ktr}^c} \times 2,5 = 7,7 \frac{3383}{2020} \times 2,5 = 32,24\text{mm}$$



Hình B.2: Biểu đồ quan hệ giữa độ võng và tải trọng của panen

## TCXDVN 274 : 2002

(dùng hệ số 2,5 vì panen sử dụng thép CI).

Panen bị phá huỷ theo trường hợp thứ hai: có

$$f_{gh2} = f_{ktr} \frac{P_{ktr}^b}{P_{ktr}^c} \times 1,15 = 7,7 \frac{3383}{2020} \times 1,15 = 14,83 \text{mm}$$

Vì không đo được độ võng do trọng lượng bản thân của panen gây ra nên tính nó bằng cách nội suy tuyến tính theo độ võng đo được trong thí nghiệm cho tới trước khi xuất hiện vết nứt và trọng lượng của panen.

$$f_{bt} = \frac{533}{600} \times \left( \frac{3,05 + 3,10}{2} \right) = 2,73 \text{mm}$$

Như vậy, ta có: độ võng thực tế lúc phá huỷ là:

$$f_{tt}^p = 28,55 + 2,73 = 31,28 \text{mm} \approx f_{gh1} = 32,24 \text{mm} \text{ đối với panen 1.}$$

$$f_{tt}^p = 28,98 + 2,73 = 31,71 \text{mm} \approx f_{gh1} = 32,24 \text{mm} \text{ đối với panen 2.}$$

nên theo điều 10.7 TCXDVN 274 : 2002, để đánh giá độ bền của panen, dùng hệ số an toàn C ở bảng 1, với thép CI, lấy C = 1,25.

Như vậy, tải trọng kiểm tra độ bền của panen là:

$$P_{ktr}^b = C \times P_{hoán} = 1,25 \times 2363 = 2953,75 \text{ daN} \approx 2954 \text{ daN}$$

Theo điều 11.1.2 của TCXDVN 274 : 2002, để đánh giá độ bền, dùng tỉ số  $P_{tt}^p / P_{ktr}^b$ , ta có:

+ Panen 1 :  $3383/2954 = 1,145 > 0,95$ .

+ Panen 2:  $3358/2954 = 1,137 > 0,95$ .

Theo điều 11.1.4 của TCXDVN 274 : 2002, loại panen này đạt yêu cầu về độ bền.

### B.6.2. Đánh giá độ cứng

Theo điều 11.2.1, để đánh giá độ cứng của panen, lập tỉ số  $f_{uc}/f_{ktr}$

+ Panen 1:  $f_{uc} = 10,17 + 2,73 = 12,9$  và có  $f_{uc}/f_{ktr} = 12,9/7,7 = 1,68 > 1,15$ .

+ Panen 2:  $f_{uc} = 11,08 + 2,73 = 13,81$  và có  $f_{uc}/f_{ktr} = 13,81/7,7 = 1,79 > 1,15$ .

Theo điều 11.2.4 của TCXDVN 274 : 2002, loại panen này không đạt yêu cầu về độ cứng.

### B.6.3. Đánh giá khả năng chống nứt

Vì panen thuộc loại 3 về chống nứt nên cần khống chế bề rộng vết nứt, như đã tính ở B.3, có:

$$a_{ktr} = 0,063 \text{mm}$$

Bề rộng vết nứt ở tải trọng kiểm tra đo được là  $a_{uc} = 0,05 \text{mm}$ .

Theo điều 11.3.4 có  $a_{uc}/a_{ktr} = 0,05/0,063 = 0,79 < 1,1$  nên loại panen này đạt yêu cầu về chống nứt.

### B.6.4. Đánh giá tổng hợp

Từ các số liệu tính toán, kết quả thí nghiệm, xử lí số liệu, lập được bảng tổng hợp B.2 sau:

Bảng B.2: Bảng tổng hợp và đánh giá kết quả thí nghiệm

| Chỉ tiêu<br>Panen | Độ bền                      |             |          | Độ cứng                   |             |           | Chống nứt                   |            |          |
|-------------------|-----------------------------|-------------|----------|---------------------------|-------------|-----------|-----------------------------|------------|----------|
|                   | $P_{tiế}^p / P_{ktr}^b$     | Yêu cầu     | Nhận xét | $f_n / f_{ktr}$           | Yêu cầu     | Nhận xét  | $a_{no} / a_{ktr}$          | Yêu cầu    | Nhận xét |
| Panen 1           | $\frac{3383}{2954} = 1,145$ | $\geq 0,95$ | Đạt      | $\frac{12,9}{7,7} = 1,68$ | $\leq 1,15$ | Không đạt | $\frac{0,05}{0,063} = 0,79$ | $\leq 1,1$ | Đạt      |
| Panen 2           | $\frac{3358}{2954} = 1,137$ | $\geq 0,95$ | Đạt      | $\frac{13,81}{7,7} = 1,7$ | $\leq 1,15$ | Không đạt | $\frac{0,05}{0,063} = 0,79$ | $\leq 1,1$ | Đạt      |

Bảng B.2 cho thấy hai panen hợp vừa thí nghiệm chỉ đạt yêu cầu chất lượng về độ bền và chống nứt mà không đạt yêu cầu về độ cứng.

**Kết luận:** Căn cứ điều 11.4.1 TCXDVN 274 : 2002, do loại panen thí nghiệm không đáp ứng được tất cả các yêu cầu của thiết kế nên không đạt yêu cầu chung về chất lượng. Nói cách khác là, loại panen này không đủ khả năng chịu hoạt tải  $500daN/m^2$ .

Việc xử lý đối với công trình sử dụng loại panen này do cơ quan thiết kế quyết định.

**Phụ lục C**  
(Tham khảo)

**DANH MỤC THIẾT BỊ, PHƯƠNG TIỆN GIA TÀI VÀ ĐO ĐẠC**

**C.1. Thiết bị đo chuyển vị, biến dạng...**

| Thứ tự | Tên thiết bị   | Tính năng kĩ thuật  | Ghi chú   |
|--------|--|---|---|
| 1      | Đồng hồ so Liên Bang Nga                               | Phạm vi đo $0 \div 0,5$ ; $0 \div 1$ ; $0 \div 10\text{cm}$<br>Độ chính xác 0,01mm  | Đo độ võng, chuyển vị   |
| 2      | Đồng hồ so Thụy Sĩ                                     | Phạm vi đo $0 \div 5\text{cm}$<br>Độ chính xác 0,05mm   | Đo độ võng, chuyển vị   |
| 3      | Máy đo TDS 601 và bộ chuyển kênh 50 đầu đo             | Phạm vi đo: $\pm 199,99 \times 10^{-3}$<br>Mm/mm; phạm vi đo chuyển vị phụ thuộc đầu đo gắn vào máy<br>Máy chính 10 kênh<br>Bộ chuyển 50 kênh<br>Điều khiển trên màn hình | Đo biến dạng, chuyển vị, lực... (tùy loại đầu đo được sử dụng) khi thí nghiệm các kết cấu bê tông, bê tông cốt thép và kim loại |
| 4      | Máy đo chuyển vị bằng tia Laser PSM-90-Noptel-Phân Lan | Góc lệch $90^\circ \pm 10^\circ$<br>Tốc độ lấy số liệu 500 số/giây<br>Phạm vi đo 80mm. Độ chính xác 0,05mm  |   |
| 5      | Thiết bị Comparator                                    | Độ chính xác 0,01mm<br>Phạm vi đo 1mm   | Đo biến dạng  |
| 6      | Kính soi vết nứt                                       | Phóng đại x40<br>Độ chính xác 0,05mm  | Đo bề rộng vết nứt  |
| 7      | Kính phóng đại Trung Quốc                              | Đo được 5mm<br>Độ chính xác 0,05mm  | Đo bề rộng vết nứt  |
| 8      | Kính phóng đại   | 25 lần  | Phát hiện vết nứt   |
| 9      | Đầu đo lực (Load cell) loại Sokki - Tokyo              | 2 kéo, nén: 10 tấn<br>2 kéo, nén: 100 tấn<br>1 kéo: 500 tấn<br>1 nén: 300 tấn   | Đo lực tĩnh và lực động   |
| 10     | Đầu đo áp lực Sokki - Tokyo                            | 70 MPa<br>150 MPa   | Đo áp lực   |
| 11     | Máy thủy chuẩn Ni 004-Đức                              | Độ chính xác 0,1mm (có thể ước đọc được 0,01mm)   | Đo độ võng, chuyển vị thẳng đứng  |
| 12     | Máy thủy chuẩn NAK2-<br>Thụy Sĩ                        | nt  | nt  |

## C.2. Thiết bị gia tải

| Thứ tự | Tên thiết bị   | Tính năng kĩ thuật   | Ghi chú                               |
|--------|--|--|---------------------------------------|
| 1      | Hệ gia tải tĩnh, 15 kích tĩnh                          | Lực tối đa 120 tấn gia tải đồng thời cho 15 điểm. Giữ tải ổn định theo thời gian trong 36 giờ với bộ kích gồm:<br>+ 15 kích 8 tấn.<br>+ 5 kích 5 tấn.<br>+ 5 kích 3 tấn.<br>+ 10 kích 1,8 tấn.<br>Điều khiển thủ công hoặc bằng điện.<br>Khống chế lực bằng các đồng hồ áp lực |                                       |
| 2      | Hệ gia tải tĩnh, 5 kích                                | Tạo lực đồng thời cho 5 điểm. Lực tối đa đến 40 tấn<br>Điều khiển bằng tay   | Thí nghiệm trong phòng và hiện trường |
| 3      | Kích thủy lực Enerpac (Mỹ) và bơm + phụ kiện           | 4 chiếc: 30 tấn<br>4 chiếc: 150 tấn<br>4 chiếc: 300 tấn<br>2 kích dẹt 05 tấn   | Gia tải thí nghiệm                    |
| 4      | Máy nén 300 tấn (Đức). Uốn và nén bê tông ép khối xây  | Bảng lực 0 ÷ 300 tấn   | Thí nghiệm cấu kiện $l = 1 + 1,2m$    |
| 5      | Lực kế kéo, (Liên Bang Nga)                            | Từ 2 ÷ 50 tấn, độ chính xác theo đồng hồ bách phân   |                                       |
| 6      | Áp lực kế (Liên Bang Nga)                              | Độ chính xác $4kG/cm^2$<br>(Max $250 kG/cm^2$ )  |                                       |
| 7      | Áp lực kế (Trung Quốc)                                 | Từ 6 ÷ 25 $kG/cm^2$  |                                       |
| 8      | Tường phản lực   | Chịu lực 100 tấn, gồm: tường phản lực, sàn cứng neo mô hình  |                                       |
| 9      | Hệ neo gia tải đứng                                    | Lực tối đa 600 tấn gồm: hệ rãnh neo, dầm thép, vít me  |                                       |
| 10     | Giá thử tải kéo, nén các loại                          | + Đến 100 tấn/chiếc<br>+ Đến 200 tấn/chiếc<br>+ Đến 800 tấn /chiếc   |                                       |
| 11     | Bộ truyền tải hiện trường                              | Thử cấu kiện bê tông cốt thép<br>$l = 3,6m$<br>Thử khối xây  |                                       |
| 12     | Hệ truyền tải đứng bằng dầm thép, dầm duy-ra và vít me | Chịu tải đến 50 tấn<br>Dài 3,6 ÷ 4,5m  |                                       |

MỤC LỤC

|   | <i>Trang</i> |
|---|--------------|
| <i>Lời nói đầu</i>  | 3            |
| 1. Phạm vi áp dụng  | 5            |
| 2. Tiêu chuẩn trích dẫn   | 5            |
| 3. Thuật ngữ và định nghĩa  | 5            |
| 4. Quy định chung   | 6            |
| 5. Lấy mẫu thí nghiệm   | 7            |
| 6. Thiết bị và phương tiện thí nghiệm   | 7            |
| 7. Chuẩn bị thí nghiệm  | 8            |
| 8. Tiến hành thí nghiệm   | 13           |
| 9. Công tác an toàn cho thí nghiệm  | 15           |
| 10. Tính toán các giá trị kiểm tra: tải trọng, độ võng và bề rộng vết nứt                 | 16           |
| 11. Đánh giá kết quả thí nghiệm   | 19           |
| 12. Báo cáo kết quả thí nghiệm  | 21           |
| Phụ lục A: Danh mục các yêu cầu cần nêu trong hồ sơ thiết kế thí nghiệm                   | 23           |
| Phụ lục B: Ví dụ thí nghiệm gia tải tĩnh và đánh giá kết quả thí nghiệm cho panen đúc sẵn | 24           |
| Phụ lục C: Danh mục thiết bị, phương tiện gia tải và đo đạc                               | 32           |