

X2.239

TS. PHẠM TOÀN ĐỨC



THÍ NGHIỆM CÔNG TRÌNH



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



**THƯ VIỆN
HUST**

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ





THƯ VIỆN
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

TS. PHẠM TOÀN ĐỨC

THÍ NGHIỆM CÔNG TRÌNH

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI - 2014

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ



T. PHAM TOAN DUC

THI NGHIỆM CÔNG TRÌNH

THU VIEN
HUBT

ĐIỀU TẠCH KẾ TẠO VÀ THI CÔNG
HÀ NỘI - 2014



THƯ VIỆN
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

LỜI NÓI ĐẦU

Thí nghiệm công trình là một môn khoa học thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng làm việc thực tế của vật liệu và kết cấu công trình xây dựng để kiểm tra, so sánh với kết quả lý thuyết. Việc nghiên cứu thực nghiệm này nhằm đáp ứng các nhiệm vụ cụ thể như:

- Đánh giá khả năng làm việc, tuổi thọ của vật liệu xây dựng, kết cấu công trình trước khi đưa vào sử dụng hoặc những công trình đã xây dựng quá lâu, chất lượng bị giảm yếu.

- Đánh giá trạng thái, khả năng làm việc của các kết cấu công trình sau các sự cố như động đất, cháy nổ... nhằm phát hiện và đánh giá mức độ hư hỏng, từ đó đưa ra những nhận xét quyết định sự tồn tại, phá bỏ hay gia cố sửa chữa phục hồi.

- Nghiên cứu ứng dụng các hình thức kết cấu mới, kết cấu đặc biệt vào việc thiết kế công trình.

- Nghiên cứu và phát hiện các vật liệu xây dựng mới, đánh giá chất lượng của các loại vật liệu xây dựng đang sử dụng và tái sử dụng, các loại vật liệu địa phương.

- Nghiên cứu phát minh những vấn đề mới trong khoa học, kỹ thuật chuyên ngành mà nghiên cứu lý thuyết chưa giải quyết đầy đủ hoặc đòi hỏi phải có kết quả nghiên cứu thực nghiệm để kiểm chứng.

Cuốn sách có kết cấu gồm 5 chương, trình bày những kiến thức cơ động và cần thiết trong lĩnh vực thí nghiệm công trình. Cuốn sách có thể sử dụng cho nhiều đối tượng bạn đọc khác nhau, từ sinh viên trong các trường đại học, học viên cao học cho đến cán bộ kỹ thuật làm công tác nghiên cứu.

Cuốn sách với nhiều nội dung được trích dẫn từ các tiêu chuẩn hiện hành, cùng với nhiều sơ đồ, hình ảnh trực quan nhằm mục đích để bạn đọc dễ nắm bắt.

Tác giả xin chân thành cảm ơn tập thể cán bộ giảng viên Khoa Xây dựng Trường Đại học Hải Phòng đã có nhiều đóng góp quý báu, tạo điều kiện cho cuốn sách được ra mắt bạn đọc.

Do trình độ còn hạn chế nên cuốn sách chắc còn nhiều khiếm khuyết. Rất mong được sự góp ý, chia sẻ từ bạn đọc để cuốn sách được hoàn chỉnh hơn trong những lần tái bản sau.

Tác giả



Chương 1

DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ ĐO ỨNG SUẤT-BIẾN DẠNG

1.1. NHIỆM VỤ VÀ YÊU CẦU CỦA THIẾT BỊ ĐO

Thí nghiệm công trình là công việc luôn được thực hiện bởi các phương pháp đo lường, sử dụng các dụng cụ và thiết bị đo như một công cụ để định tính, định lượng nhiều thông số đặc trưng cho độ cứng, độ bền của vật liệu và kết cấu công trình như chuyển vị, trạng thái ứng suất, biến dạng, tính đồng nhất, khuyết tật, rung động... Vì vậy, việc lựa chọn phương pháp thí nghiệm phù hợp, chọn, bố trí và sử dụng các dụng cụ và thiết bị đo phù hợp để cho kết quả có độ chính xác cao là yêu cầu đầu tiên của chuyên ngành này.

Ngày nay, với sự phát triển toàn diện của các ngành khoa học kỹ thuật, đặc biệt là những bước tiến mang tính nhảy vọt của công nghệ chế tạo điện tử, công nghệ thông tin, đã có những ảnh hưởng trực tiếp đối với lĩnh vực thí nghiệm và kiểm định công trình. Sự tác động đó biểu hiện ở việc nhiều dụng cụ và thiết bị đo đảm bảo độ nhạy và độ chính xác cao, với các tính năng tự ghi, lưu trữ và xử lý kết quả thí nghiệm ở dạng kỹ thuật số đã làm thay đổi và tạo ra các phương pháp thí nghiệm mới.

Các thiết bị và dụng cụ đo tùy thuộc vào tính chất và mục đích làm việc, được tập hợp thành 5 nhóm cơ bản sau:

- Nhóm đo lực và áp suất: thông dụng là các loại lực kế lò xo, lực kế cảm biến hoặc các loại đồng hồ đo áp lực chất lỏng, chất khí.
- Nhóm đo chuyển vị thẳng: thường dùng là các thước đo độ dài như thước cặp, panme, đồng hồ đo chuyển vị, các đầu đo dịch chuyển cảm biến.
- Nhóm đo độ giãn dài, biến dạng tương đối của các thớ vật liệu: phổ biến là các loại tenzomet cơ học, quang học điện cảm, điện trở...
- Nhóm đo xoay, biến dạng góc của các phân tử, các liên kết trong kết cấu.
- Nhóm đo trượt và biến dạng trượt tương đối giữa các thớ vật liệu, các phân tử kết cấu ghép.

Nhóm thiết bị đo lực và áp suất nhằm xác định giá trị của tải trọng tác dụng khi tiến hành thí nghiệm, còn các nhóm khác đều phục vụ cho mục

đích chủ yếu trong nghiên cứu công trình là xác định trạng thái ứng suất-biến dạng. Trong mỗi nhóm thiết bị có thể có nhiều chủng loại được thiết kế và chế tạo theo những cơ sở vật lý và sơ đồ cấu tạo khác nhau. Như vậy, trong đo lường sẽ nhận được những kết quả có mức độ chính xác khác nhau. Trong kỹ thuật đo, cần căn cứ vào các đặc trưng của đối tượng nghiên cứu, tính chất của tham số khảo sát và yêu cầu về độ chính xác của số đo để chọn những thiết bị đo.

Trong khảo sát, việc đo lường các tham số trên kết cấu công trình, không phải trường hợp nào các thiết bị và dụng cụ đo có sẵn cũng đáp ứng được các đòi hỏi của phép đo. Trong nhiều trường hợp cần phải tìm kiếm những biện pháp đo cũng như cải biến các thiết bị đo có sẵn thì mới đáp ứng được yêu cầu của phép đo.

Với mỗi dụng cụ và thiết bị đo, nguyên lý hoạt động của nó được đặc trưng ở bộ phận chuyển đổi, khuếch đại và chỉ thị đại lượng cần đo. Tuy nhiên, dù hoạt động theo nguyên lý nào, khi sử dụng trong các thí nghiệm, các dụng cụ và thiết bị đo cần đáp ứng được một số yêu cầu cơ bản sau:

- Có độ chính xác phù hợp với đại lượng cần đo: thông thường, dụng cụ đo có độ chính xác cao hơn thì phạm vi đo nhỏ hơn, các yêu cầu về lắp đặt cao hơn và giá thành đắt hơn.

- Đảm bảo hoạt động ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm: cần thực hiện đúng các yêu cầu bảo quản và sử dụng của nhà sản xuất. Việc lắp đặt, hiệu chỉnh và đọc số liệu khi tiến hành thí nghiệm phải do các thí nghiệm viên chuyên nghiệp thực hiện.

- Chịu được các tác động của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, các rung động.

1.2. CÁC DỤNG CỤ ĐO BIẾN DẠNG CHUYỂN VỊ

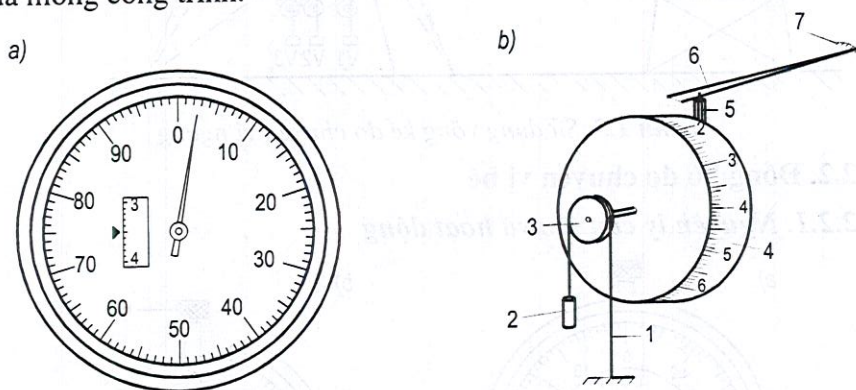
1.2.1. Đồng hồ đo chuyển vị lớn

1.2.1.1. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động

Mặt đồng hồ được chia thành 100 vạch đánh số từ 0 đến 99 để ta đọc chữ số hàng chục và hàng đơn vị, mỗi vạch tương đương chuyển vị 0,1 mm. Cửa sổ hình chữ nhật có thang chia được đánh số từ 0 đến 9, mỗi khoảng lại được chia thành 10 vạch nhỏ. Ta đọc chữ số hàng trăm trên thang chia ở cửa sổ này, xem hình 1.1a. Đồng hồ đo chuyển vị lớn còn được gọi là vồng kế.

Sơ đồ cấu tạo hệ thống chuyển động của vồng kế được thể hiện trên hình 1.1b. Dây thép (1) có đường kính 0,2÷3 mm treo quả nặng (2) có trọng lượng $m = 1÷3$ kg. Dây thép được vắt qua ròng rọc (3). Đầu kia của dây thép

được buộc vào điểm có chuyển vị trên kết cấu. Ròng rọc (3) gắn với bánh răng (4) có khắc vạch và đánh số chữ số hàng trăm nhìn thấy qua cửa sổ trên mặt vồng kế. Bánh răng (4) làm quay trục răng (5) có gắn kim (6) theo tỷ số truyền 1:10. Kim (6) quay trên mặt chia 100 vạch (7). Cấu tạo này biến chuyển vị thẳng của kết cấu thành chuyển động quay của kim và được khuếch đại lên 10 lần. Ta gọi hệ số khuếch đại của vồng kế là $K_v = 10$. Vồng kế với khoảng đo không giới hạn nên được dùng để đo các chuyển vị lớn, độ lún của móng công trình.

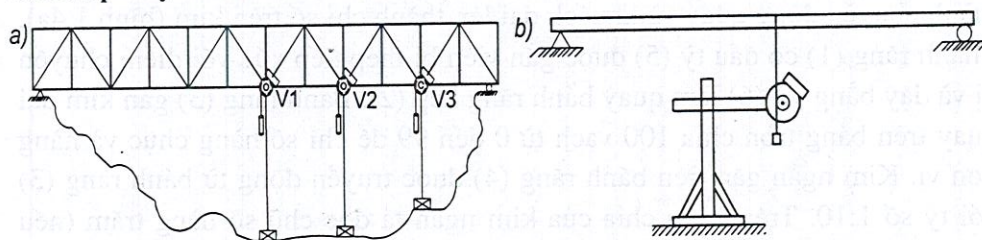


Hình 1.1. Vồng kế

a) Mặt đồng hồ đo độ vồng; b) Cấu tạo hệ chuyển động của vồng kế

1.2.1.2. Lắp đặt và yêu cầu sử dụng

Vồng kế có thể được cố định vào kết cấu hay giá cố định bằng gá kẹp được chế tạo sẵn. Vồng kế có thể được lắp tại vị trí cần đo chuyển vị trên kết cấu thí nghiệm hoặc lắp cố định bên ngoài kết cấu thí nghiệm nhưng phải điều chỉnh sao cho phương của đoạn dây thép phía đầu buộc trùng với phương của chuyển vị (hình 1.2). Lắp vồng kế cố định có thể thay đổi hướng chuyển vị bằng ròng rọc lăn, có thể kéo dài dây và thay đổi vị trí đặt vồng kế đến vị trí thuận lợi cho việc đặt số liệu như trường hợp đo chuyển vị ngang của tháp truyền hình là điển hình (hình 1.3).



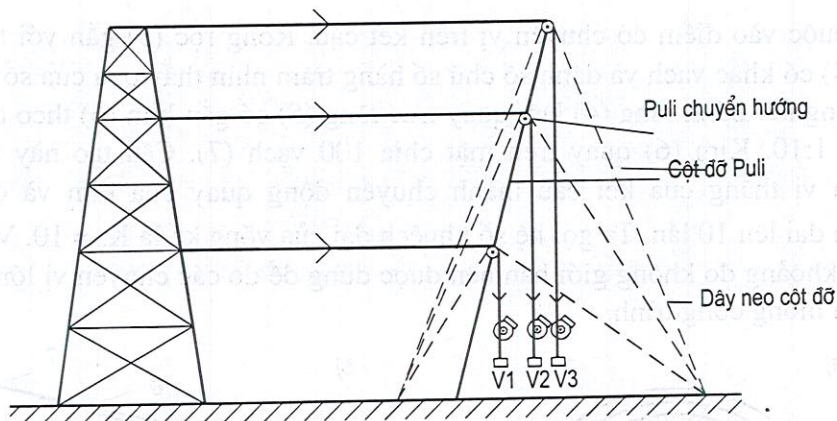
Hình 1.2. Sơ đồ lắp đặt vồng kế

a) Lắp trực tiếp trên kết cấu cần đo; b) Lắp cố định bên ngoài kết cấu



THƯ VIỆN
HUBT

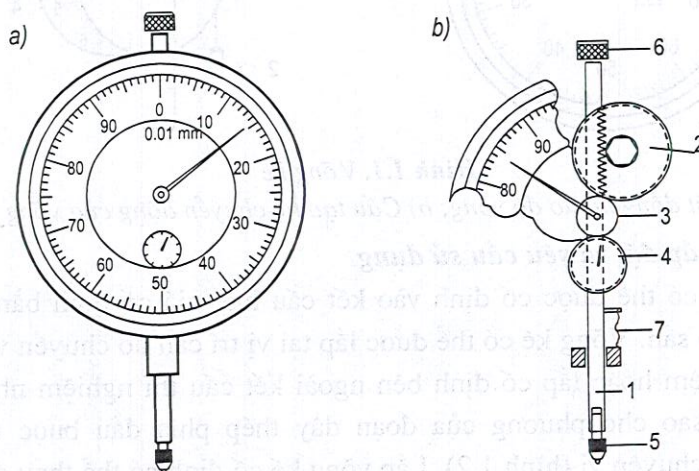
TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ



Hình 1.3. Sử dụng võng kế đo chuyển vị ngang

1.2.2. Đồng hồ đo chuyển vị bé

1.2.2.1. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động



Hình 1.4. Đồng hồ đo chuyển vị bé

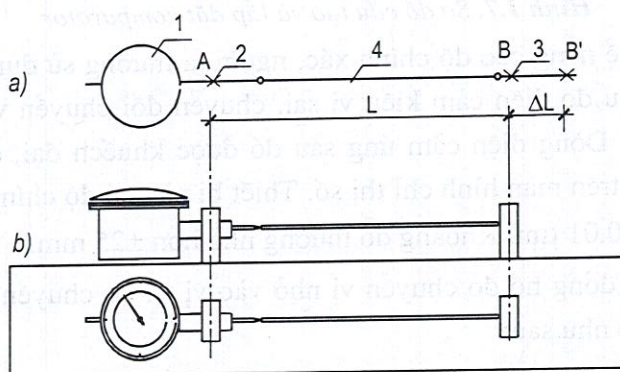
a) Hình dạng đồng hồ; b) Cấu tạo hệ chuyển động

Thanh răng và hệ thống bánh răng biến chuyển động thẳng của chuyển vị thành chuyển động quay và khuếch đại lên thành chỉ số trên kim (hình 1.4a). Thanh răng (1) có đầu tỷ (5) được gắn viên bi thép tiếp xúc với điểm chuyển vị và dây bằng vít (6) làm quay bánh răng kép (2). Bánh răng (3) gắn kim dài quay trên bảng tròn chia 100 vạch từ 0 đến 99 để chỉ số hàng chục và hàng đơn vị. Kim ngắn gắn trên bánh răng (4) được truyền động từ bánh răng (3) với tỷ số 1:10. Trên bảng chia của kim ngắn ta đọc chữ số hàng trăm (nếu khoảng đo lớn hơn 10 mm thêm số hàng nghìn). Số lớn nhất trên bảng chia này cũng là khoảng đo của đồng hồ.

Giá trị một vạch trên đồng hồ được ghi dưới dạng thập phân 0,01; 0,001 hoặc 0,002 ngay trên mặt đồng hồ tùy theo độ chính xác của thang chia. Hệ thống lò xo (7) giữ cho đầu tỳ (5) luôn tiếp xúc với điểm chuyển vị một lực vừa phải đủ giữ.

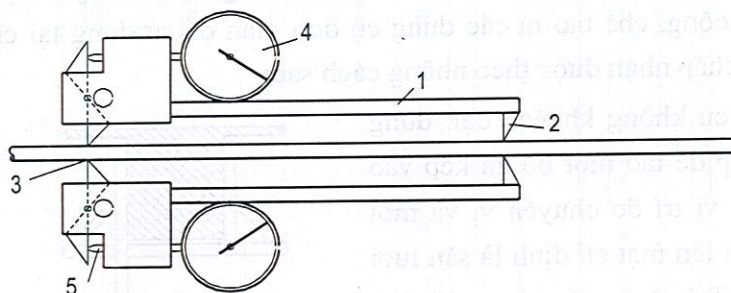
1.2.2.2. Phương pháp đo biến dạng tương đối của vật liệu

Có thể đo biến dạng tương đối trong kết cấu có kích thước lớn, có cấu tạo vật liệu không đồng nhất, có giá trị biến dạng lớn, có trường phân bố biến dạng đều đặn (hình 1.5).



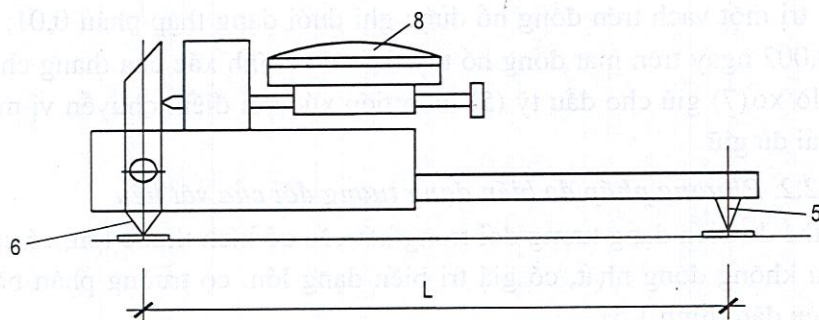
Hình 1.5. Đo biến dạng bằng đồng hồ đo chuyển vị
a) Sơ đồ đo cơ học; b) Sơ đồ lắp đặt để đo

Có thể đo biến dạng trong những bản mỏng, thép hình, thép thanh có đường kính nhỏ, các dây kim loại, dây cáp... có thể dùng thiết bị đo biến dạng bằng cách ghép một cặp đồng hồ chuyển vị trên bộ giá kéo dài chuẩn đo, tiêu biểu cho loại này là thiết bị tenzomet MK-3 (hình 1.6).



Hình 1.6. Đo biến dạng bằng một cặp đồng hồ đo chuyển vị

Khi đo biến dạng trên các đối tượng chịu nhiệt độ hoặc biến dạng thay đổi chậm rãi theo thời gian, biến dạng từ biến..., thường dùng loại thiết bị không lắp cố định tại chỗ đo gọi là Comparator, đồng hồ đo chuyển vị có độ nhạy 0,001 mm (hình 1.7).



Hình 1.7. Sơ đồ cấu tạo và lắp đặt comparator

Hiện nay, để nâng cao độ chính xác, người ta thường sử dụng những loại đồng hồ có đầu đo điện cảm kiểu vi sai, chuyển đổi chuyển vị thành dòng điện cảm ứng. Dòng điện cảm ứng sau đó được khuếch đại, chỉnh lưu thể hiện giá trị đo trên màn hình chỉ thị số. Thiết bị này có độ chính xác rất cao, có thể đạt đến $0,01 \mu\text{m}$. Khoảng đo thường nhỏ hơn $\pm 25 \text{ mm}$.

Khi lắp đặt đồng hồ đo chuyển vị nhỏ vào vị trí đo chuyển vị cần chú ý một số yêu cầu như sau:

- Trục thanh răng phải trùng với phương chuyển vị.
- Đầu tỷ có bi thép cần tiếp xúc với bề mặt phẳng, nhẵn. Đối với bề mặt vữa hay bê tông có thể mài nhẵn, bôi keo hoặc đánh bóng bằng xi măng nguyên chất, hoặc có thể dùng tấm kính nhỏ kê giữa mặt tiếp xúc và bi thép.

1.2.3. Dụng cụ đo chuyển vị đơn giản tự tạo

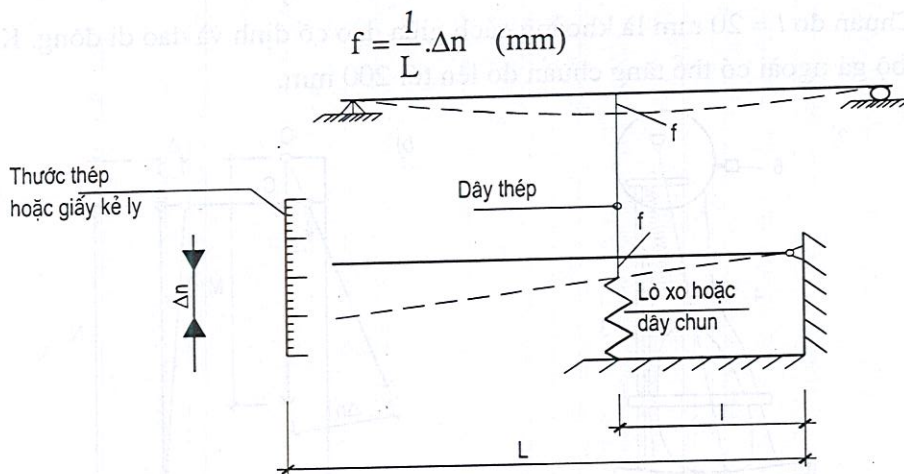
Trong những trường hợp không có sẵn các dụng cụ đo chuyển vị, người ta có thể gia công, chế tạo ra các dụng cụ đơn giản để sử dụng tại chỗ có độ chính xác chấp nhận được theo những cách sau:

- Dụng cụ không khuếch đại: dùng gỗ hay thép để tạo một bộ gá kẹp vào kết cấu tại vị trí đo chuyển vị và một chân để đặt lên mặt cố định là sàn lưới (hình 1.8). Tại vùng giáp nhau giữa hai thanh đứng của kẹp và đế, dán hai nửa thước lá hoặc giấy kẻ ly. Chuyển vị được xác định từ độ lệch giữa hai nửa thước lá hay hai nửa mảnh giấy kẻ ly.



Hình 1.8. Dụng cụ đo chuyển vị tự tạo

- Dùng cánh tay đòn để khuếch đại chuyển vị: có thể sử dụng cơ cấu cánh tay đòn để khuếch đại chuyển vị lên vài lần (hình 1.9). Số đọc được trên thước lá hay giấy kẻ ly là Δn sẽ tính được chuyển vị thật của kết cấu:



Hình 1.9. Sử dụng cánh tay đòn để khuếch đại chuyển vị

1.2.4. Tenzomet cơ học

Tenzomet cơ học là loại dụng cụ đo biến dạng từng điểm rời rạc được dùng phổ biến khi khảo sát trạng thái biến dạng tĩnh của kết cấu công trình vì chúng có cấu tạo đơn giản, độ chính xác cao và ổn định trong quá trình đo. Trong đó, đặc trưng nhất là loại tenzomet đòn bẩy.

1.2.4.1. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của tenzomet đòn

Sơ đồ cấu tạo và hoạt động của tenzomet đòn được thể hiện trên hình 1.10. Trên khung tenzomet có lưỡi dao cố định (1). Lưỡi dao di động (2) hình quả trám có mang đòn (3). Đòn (3) đẩy kim (4) quay trên bảng chia (5) có 50 vạch. Độ khuếch đại của hệ thống đòn bẩy:

$$\Delta n = \Delta l \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{M}{m} \quad (1.1)$$

Các giá trị M , m , N , n được chọn sao cho tỷ số:

$$\frac{N}{n} \cdot \frac{M}{m} = K_T = 10^3$$

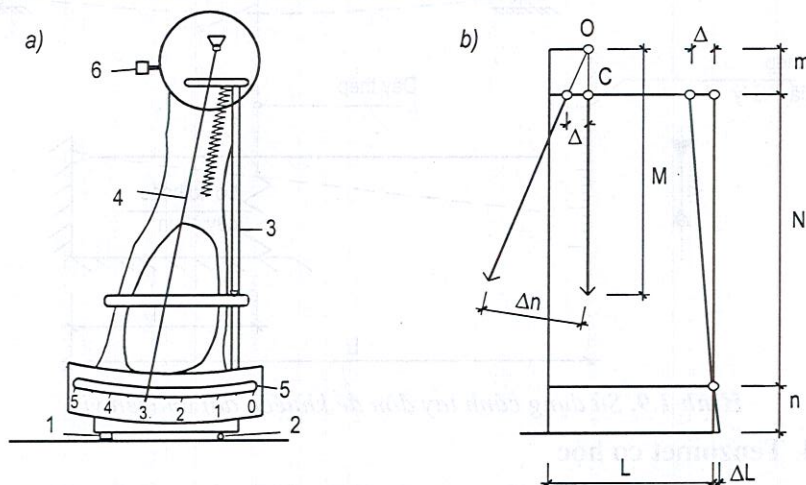
trong đó: K_T - hệ số khuếch đại của tenzomet đòn.

Giá trị 1 vạch trên bảng chia là $\delta_1 = \frac{1}{K_T} = 0,001\text{mm} = 1\mu\text{m}$.

Hiệu số Δn giữa lần đọc sau và lần đọc trước cho ta giá trị biến dạng:

$$\Delta l = \Delta n \cdot \delta_1 = \Delta n \cdot \frac{1}{K_T} \quad (1.2)$$

Chuẩn đo $l = 20 \text{ mm}$ là khoảng cách giữa dao cố định và dao di động. Khi lắp bộ gá ngoài có thể tăng chuẩn đo lên tới 200 mm.



Hình 1.10. Tenzomet đòn

a) Sơ đồ cấu tạo; b) Sơ đồ nguyên lý tính toán

1.2.4.2. Lắp đặt và yêu cầu sử dụng

Khi lắp tenzomet vào vị trí đo, trục của tenzomet phải trùng với phương biến dạng.

Bề mặt vật liệu ở vị trí tenzomet phải phẳng, nhẵn và đủ cứng để các lưỡi dao không bị trượt khi vật liệu kết cấu biến dạng. Các lớp sơn, mạ trên bề mặt của kết cấu thép cần cạo bỏ và đánh ráp cho phẳng, nhẵn. Bề mặt bê tông hay lớp vữa ngoài nếu đã bị phong hóa cần đục tẩy và mài nhẵn. Có thể dùng xi măng nguyên chất để đánh nhẵn bề mặt hoặc keo dán để phủ tạo lớp mặt nhẵn, cứng.

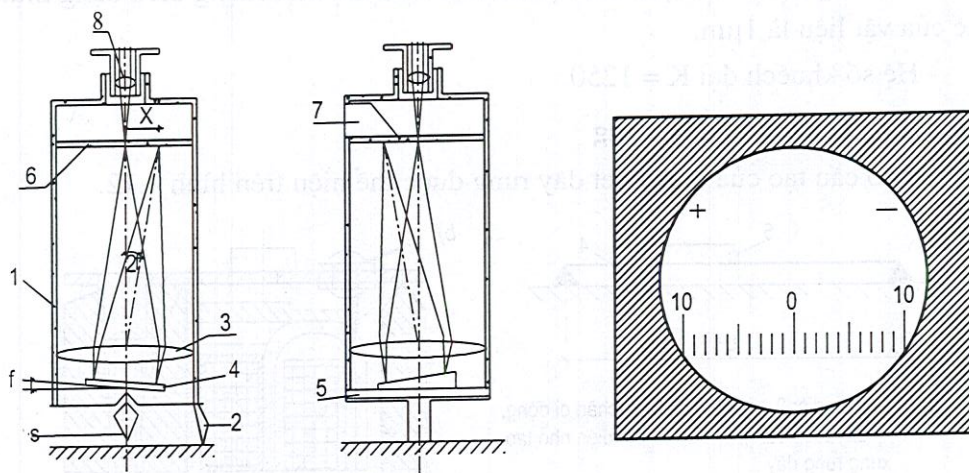
Chiều quay của kim trên bảng chia vạch phụ thuộc vào biến dạng là kéo hay nén. Việc điều chỉnh để đặt vị trí ban đầu của kim được thực hiện nhờ vít chỉnh (6). Nếu chưa dự đoán được chiều của biến dạng ta để kim ở khoảng giữa của bảng chia vạch. Sau mỗi cấp tải, nếu kim sắp vượt ra khỏi bảng chia, chỉnh vít (6) để đưa kim trở lại vị trí trước khi gia tải cấp tiếp theo.

Tenzomet đòn có cấu tạo đơn giản, các liên kết khớp và bản lề của hệ đòn bẩy dễ bị xộc xệch nên chỉ dùng tenzomet đòn để đo biến dạng ở trạng thái tĩnh. Độ nhạy của tenzomet đòn không cao nhưng nó ít chịu ảnh hưởng của môi trường nên có độ tin cậy cao.

1.2.5. Tenzomet quang học

Dựa trên nguyên tắc khuếch đại tín hiệu bằng hệ thống quang học. Các dụng cụ đo này rất dễ dàng đạt được độ nhạy cảm cao khi đo biến dạng tĩnh. Đặc trưng cho loại dụng cụ đo biến dạng nhờ hệ thống kính quang học là các tenzomet phản chiếu gương phẳng.

Cấu tạo của tenzomet quang học được thể hiện trên hình vẽ 1.11 với:



Hình 1.11. Tenzomet quang học

- 1- vỏ; 2- chân cố định; 3- vật kính có tiêu cự f; 4- gương phẳng; 5- chân di động;
6- tấm kính mờ có chia vạch; 7- lăng kính lấy ánh sáng; 8- thị kính

$$X = f \cdot \tan 2\varphi \approx 2f\varphi \quad (1.3)$$

$$\varphi = \frac{X}{2f} \quad (1.4)$$

Mặt khác,
$$\varphi = \frac{\Delta l}{m} \quad (1.5)$$

Nên
$$X = \frac{2 \cdot f \cdot \Delta l}{m} = k \Delta l \quad (1.6)$$

Gọi K là hệ số khuếch đại của tenzomet, ta có:

$$K = \frac{2.f}{m} \quad (1.7)$$

trong đó: f - tiêu cự của vật kính;

m - chiều cao của gổi dao di động;

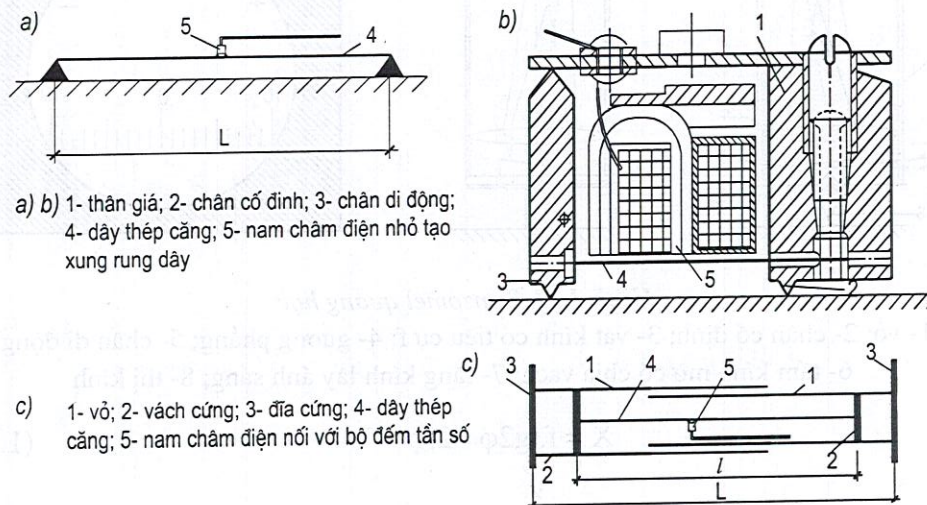
ΔL - độ giãn dài của vật liệu.

Tenzomet quang học có một số đặc trưng cơ bản sau:

- Chiều cao toàn bộ tenzomet là 145 mm.
- Kích thước chuẩn đo $L = 10 \div 20$ mm.
- Số vạch chia trên thang đo là 160 vạch với vạch 0 ở chính giữa.
- Khoảng cách các vạch chia: 1,25 mm biểu thị một lượng biến dạng thực tế của vật liệu là $1\mu\text{m}$.
- Hệ số khuếch đại $K = 1250$.

1.2.6. Tenzomet dây rung

Sơ đồ cấu tạo của tenzomet dây rung được thể hiện trên hình 1.12.



Hình 1.12. Tenzomet dây rung

a) Sơ đồ nguyên lý; b) Cấu tạo kiểu đo mặt ngoài; c) Cấu tạo kiểu đo sâu

Dụng cụ đo biến dạng kiểu dây rung dựa trên cơ sở quan hệ giữa tần số dao động riêng của sợi dây với lực kéo căng trong dây. Tần số f của sợi dây căng khi dao động ngang phụ thuộc chiều dài l của dây, đặc trưng cho độ chắc p của vật liệu dây, ứng suất căng σ trong dây, xác định theo công thức sau:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \quad (1.8)$$

Nếu căng một sợi dây và giữ chặt trên bề mặt của kết cấu, khi kết cấu bị biến dạng, dây sẽ bị kéo căng thêm và do đó tần số dao động ngang của dây cũng bị thay đổi theo. Khi đó:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = 4 \frac{\rho l^2}{E} (f_2^2 - f_1^2) \quad (1.9)$$

Với f_1, f_2 - tần số dao động ngang của dây trước và sau lúc kết cấu biến dạng.

Tenzomet dây rung có chiều dài chuẩn đo loại 20, 50 và 100 mm, độ chính xác đạt đến $1 \cdot 10^{-6}$. Do có độ cứng bản thân rất lớn nên không được sử dụng để đo biến dạng trong các đối tượng mỏng và mềm.

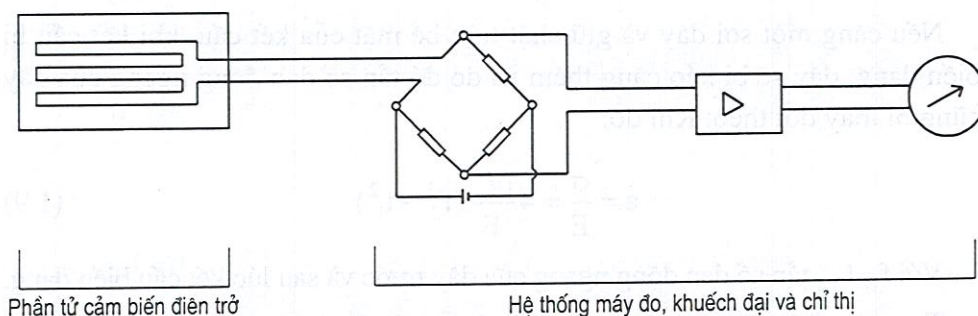
1.2.7. Tenzomet cảm biến điện trở

1.2.7.1. Khái niệm chung

Tenzomet cảm biến điện trở là một dụng cụ đo được sử dụng rộng rãi, có hiệu quả, cho độ chính xác cao khi tiến hành khảo sát tham số biến dạng tương đối của nhiều loại vật liệu khác nhau thuộc nhiều lĩnh vực nghiên cứu khoa học và kỹ thuật. Tenzomet điện trở có một số ưu điểm sau:

- Đo được những biến dạng nhỏ $10^{-5} \div 10^{-6}$ đến các biến dạng rất lớn của vật liệu khi làm việc ngoài trạng thái đàn hồi.
- Đo biến dạng tĩnh, động, xung kích, biến dạng trong những vùng có tập trung ứng suất cao.
- Đo biến dạng trong những môi trường có chế độ khắc nghiệt.
- Có kích thước và hình dạng đáp ứng được trạng thái làm việc của đối tượng. Đo được biến dạng phân tán theo nhiều phương.
- Có nhiều loại kích thước chuẩn đo thích hợp, từ rất nhỏ 0,25 mm đến rất lớn 1000 ÷ 1200 mm.
- Có độ cứng riêng và trọng lượng bản thân bé.
- Có thể tiến hành với số lượng lớn điểm đo trên một kết cấu trong khoảng thời gian ngắn.
- Đảm bảo độ chính xác cao cho kết quả đo.
- Ứng dụng để đo được nhiều tham số cơ học khác như trọng lượng, lực, chuyển vị...

Tenzomet cảm biến điện trở được tạo thành từ hai bộ phận cơ bản như hình 1.13.



Hình 1.13. Sơ đồ cấu tạo tenzomet cảm biến điện trở

1.2.7.2. Phần tử cảm biến điện trở

Các phần tử cảm biến điện trở được chế tạo từ những dây thanh mảnh bằng vật liệu hợp kim có điện trở suất cao.

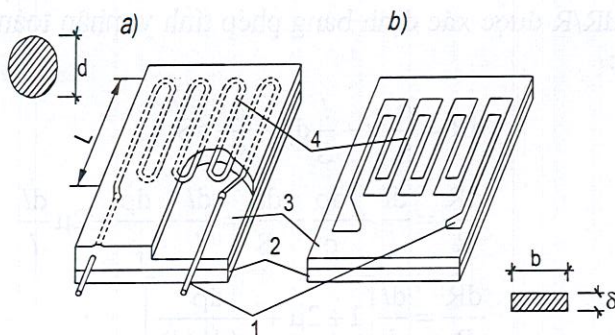
Loại phần tử cảm biến dây tiết diện tròn là một sợi dây điện trở từ vật liệu hợp kim constantan hoặc nicrom có đường kính $d = 0,01 \div 0,04$ mm được căng thành nhiều vòng và dán chặt trên bề mặt của một lớp vật liệu mỏng, gọi là lớp nền. Vật liệu của lớp nền có thể bằng loại giấy cellulose mỏng hoặc bằng một lớp giấy keo mỏng (hình 1.14a). Cảm biến điện trở dây tròn thông thường có chiều dài chuẩn đo từ 3 đến 150 mm và chỉ số điện trở dao động từ 100 đến 400 Ω .

Loại phần tử cảm biến dây tiết diện dẹt được chế tạo bằng phương pháp thăng hoa. Dùng những tờ giấy bằng vật liệu constantan hoặc nicrom có giá trị điện trở suất cao và chiều dày không quá $4 \div 6$ μm . Trên mặt tờ giấy phủ một lớp keo mỏng, sau khi lớp keo phủ khô, tiến hành áp sát bề mặt không phủ keo của tờ giấy vào tấm kính phim âm bản đã thu nhỏ đúng kích thước yêu cầu hình ảnh của các phần tử cảm biến. Rọi ánh sáng trắng qua bản phim chụp để in hình các phần tử cảm biến lên tờ giấy hợp kim, sau đó cho tờ giấy điện trở vào một dung dịch hóa chất ăn mòn để làm hòa tan vật liệu do tấm phim, che không cho ánh sáng lọt qua và giữ lại trên lớp keo những vật liệu có ánh sáng rọi vào (hình 1.14b).

Các loại phần tử cảm biến trên có ưu điểm:

- Chế tạo được các phần tử có kích thước chính xác và phân bố đều đặn.
- Có nhiều loại hình dạng đáp ứng đòi hỏi của kỹ thuật đo.

- Độ nhạy cảm theo phương ngang của phần tử đo rất nhỏ, không ảnh hưởng đến kết quả đo.
- Dính kết với kết cấu tốt.



Hình 1.14. Phân tử cảm biến điện trở

1- dây nối tiếp; 2- lớp nền; 3- lớp keo; 4- dây điện trở

1.2.7.3. Nguyên lý làm việc và hệ số nhạy cảm của các phần tử cảm biến điện trở

Cơ sở của phương pháp đo biến dạng tương đối trên kết cấu công trình bằng các phần tử cảm biến điện trở dựa trên mối quan hệ giữa sự thay đổi trị số điện trở với độ giãn dài của dây dẫn.

Điện trở được xác định thông qua biểu thức:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.10)$$

Xét một đoạn dây điện trở thẳng được dán chặt trên bề mặt của kết cấu. Khi kết cấu bị biến dạng, đoạn dây điện trở biến dạng theo trên chiều dài l với độ giãn dài tương đối là d/l . Diện tích tiết diện ngang của dây cũng bị thay đổi dS/S , điện trở suất của vật liệu dây ρ cũng biến thiên một giá trị tương đối $d\rho/\rho$.

Sự thay đổi tương đối về diện tích tiết diện ngang dS/S của dây dẫn có liên quan mật thiết đến độ giãn dài d/l . Thật vậy, diện tích tiết diện ngang của dây là $S = \pi r^2$ và vi phân của S theo r bằng $dS = 2\pi r \cdot dr$ nên:

$$\frac{dS}{S} = \frac{2\pi r dr}{\pi r^2} = 2 \frac{dr}{r} \quad (1.11)$$

$$\frac{dS}{S} = 2 \frac{dr}{r} = -2\mu \frac{dl}{l} \quad (1.12)$$

Với sự thay đổi tương đối về kích thước chiều dài d/l , về tiết diện ngang dS/S của dây dẫn và về điện trở suất của vật liệu dây $d\rho/\rho$ sẽ làm thay đổi giá trị tương đối về điện trở của dây dR/R .

Đại lượng dR/R được xác định bằng phép tính vi phân toàn phần của liên hệ trên. Ta có:

$$dR = \frac{\rho}{S} dl + \frac{l}{S} d\rho - \frac{\rho l}{S^2} dS;$$

$$\frac{dR}{R} = \frac{dl}{l} + \frac{d\rho}{\rho} - \frac{dS}{S} = \frac{dl}{l} + \frac{d\rho}{\rho} + 2\mu \frac{dl}{l}$$

$$\frac{dR}{R} = \frac{dl}{l} \left[1 + 2\mu + \frac{d\rho}{\rho(dl/l)} \right] \quad (1.13)$$

Suy ra:
$$\frac{(dR/R)}{(dl/l)} = \left[1 + 2\mu + \frac{d\rho}{\rho(dl/l)} \right] \quad (1.14)$$

Gọi η_d là hệ số nhạy cảm của dây điện trở, ta có:

$$\eta_d = \left[1 + 2\mu + \frac{d\rho}{\rho\varepsilon} \right] \quad (1.15)$$

$$\frac{dR}{R\varepsilon} = \eta_d \quad (1.16)$$

Hệ số nhạy cảm η_d của một đoạn dây điện trở thẳng là tỷ số giữa sự thay đổi điện trở dR/R và độ giãn tương đối của chiều dài dl/l .

Giá trị của hệ số nhạy cảm η_d sẽ nhận được bằng phương pháp hiệu chỉnh thực nghiệm trên một dầm chuẩn chịu uốn. Như vậy, số gia của điện trở ΔR trong quá trình dây bị biến dạng được xác định bằng liên hệ sau:

$$\Delta R = \eta_d \varepsilon R \quad (1.17)$$

Đối với một phần tử cảm biến điện trở hoàn chỉnh sẽ gồm những phần dây căng theo phương dọc (I) và những phần nằm theo phương ngang (II) cho nên số gia điện trở của một tenzomet cảm biến điện trở sẽ là:

$$\frac{\Delta R_T}{R_T} = \eta_d \varepsilon_I + \eta_n \varepsilon_{II} = \eta_d \varepsilon_I - \eta_n \mu \varepsilon_I = (\eta_d - \mu \eta_n) \varepsilon_I \quad (1.18)$$

Đặt
$$\eta_T = (\eta_d - \mu \eta_n) \quad (1.19)$$

Ta có:
$$\Delta R_T = \eta_T R_T \varepsilon \quad (1.20)$$

Thường giá trị $\eta_d/\eta_n = 0,012 \div 0,02$ khi tenzomet cảm biến điện trở có chuẩn đo $l > 10$ mm. Trị số η_n có thể giảm nếu như các phần dây ngang có diện tích tiết diện lớn hơn các phần tử dọc. Điều này đã được thực hiện khi chế tạo các phần tử tenzomet cảm biến điện trở dây dệt.

Hệ số nhạy η_T của các tenzomet cảm biến điện trở còn chịu ảnh hưởng của thành phần biến dạng ngang, tính chất của lớp nền và keo dán. Vì thế, để kể đến các yếu tố trên, giá trị của hệ số nhạy η_T sẽ được xác định qua kết quả hiệu chỉnh bằng thực nghiệm trên dầm chuẩn khi biết chính xác giá trị biến dạng tương đối phát triển trong dầm. Hệ số η_T còn thay đổi khi chiều dài chuẩn đo l của các tenzomet cảm biến có giá trị khác nhau.

1.2.7.4. Ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến độ chính xác của phép đo

Khi nhiệt độ của môi trường đo thay đổi sẽ làm ảnh hưởng đến tính chất vật liệu của dây cảm biến, đặc biệt làm thay đổi điện trở suất của vật liệu, kích thước hình học của dây, đồng thời sẽ ảnh hưởng đến tính chất của lớp keo dán và cuối cùng làm thay đổi điện trở của các phần tử cảm biến. Tất cả những yếu tố đó dẫn đến sự sai lệch trị số điện trở trong các phần tử cảm biến và phép đo sẽ cho những kết quả đo không phản ánh đúng giá trị biến dạng thực tế cần khảo sát vì trong số đo nhận được có cả giá trị biến dạng do sự thay đổi nhiệt độ của môi trường.

Ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường đến kết quả phép đo được khắc phục bằng biện pháp dùng trong hệ thống đo một hoặc nhiều phần tử cảm biến bù nhiệt.

1.2.7.5. Xác định giá trị biến dạng tương đối của tenzomet cảm biến điện trở

Từ liên hệ (1.20), ta có thể biểu diễn độ nhạy cảm của tenzomet cảm biến bằng:

$$\eta_T = \frac{\Delta R_T}{R_T} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \quad (1.21)$$

Từ đó giá trị biến dạng của tenzomet cảm biến sẽ là:

$$\varepsilon = \frac{1}{\eta_T} \cdot \frac{\Delta R_T}{R_T} \quad (1.22)$$

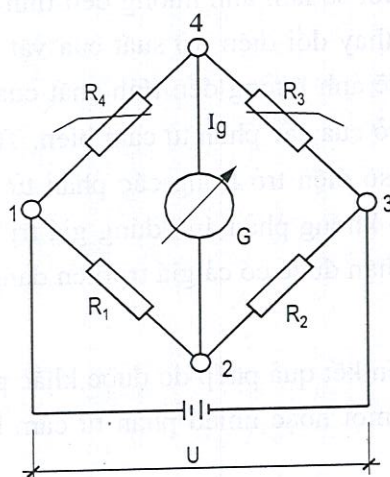
Để tìm được giá trị biến dạng tương đối, ngoài hệ số nhạy cảm η_T được xác định bằng phương pháp hiệu chỉnh thực nghiệm, còn cần phải đo trị số biến thiên điện trở ΔR hay $\Delta R/R$ xảy ra trong tenzomet cảm biến.

Trị số của $\Delta R/R$ trong thực tế lớn nhất chỉ đạt đến 1,5%, cho nên để xác định lượng biến thiên $\Delta R/R$ trong kỹ thuật đo lường các đại lượng điện thường dùng cầu đo Wheatstone.

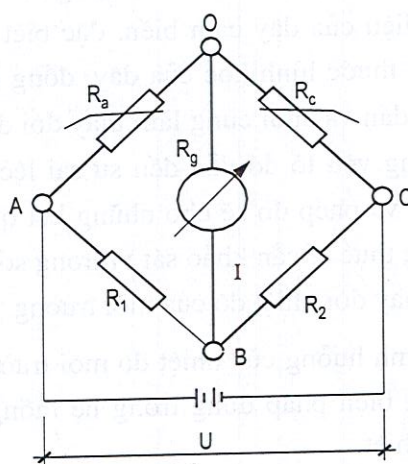
a) Nguyên tắc đo của cầu Wheatstone

Trên hình 1.15 thể hiện sơ đồ cầu gồm 4 điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 nối với nhau thành bốn nhánh cầu 1-2, 2-3, 3-4, 4-1. Các điểm 1-3 nối với nguồn cung cấp, trên đường chéo 2-4 đặt đồng hồ đo dòng điện hay đo hiệu điện thế. Khi thực hiện được trên cầu đo với điều kiện:

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4 \quad (1.23)$$



Hình 1.15. Sơ đồ nguyên lý cầu đo



Hình 1.16. Sơ đồ đo cầu lệch

thì sẽ nhận được cầu cân bằng và khi đó, trên đường chéo 2-4 sẽ không có dòng điện I_g . Trường hợp ngược lại, không thực hiện được điều kiện cân bằng trên thì trong đường chéo 2-4 sẽ xuất hiện dòng điện I_g và có giá trị bằng:

$$I_g = \frac{U(R_1 R_3 - R_2 R_4)}{R_g(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_1 R_2(R_3 + R_4) + R_3 R_4(R_1 + R_2)} \quad (1.24)$$

Dựa trên nguyên tắc đó để chế tạo các thiết bị đo giá trị biến thiên điện trở $\Delta R/R$ trong các tenzomet cảm biến khi đo biến dạng tương đối của vật liệu và kết cấu công trình.

b) *Phép đo sự biến thiên của điện trở $\Delta R/R$ bằng phương pháp cầu lệch*

Trên cầu đo dùng hai điện trở không đổi R_1, R_2 có cùng một trị số điện trở và có độ chính xác cao tạo thành nửa cầu trong. Thay hai điện trở R_3 và R_4 bằng hai phần tử tenzomet cảm biến R_a và R_c ban đầu có cùng trị số điện trở như nhau và có thể thay đổi.

R_a - tenzomet cảm biến dùng để đo biến dạng trên kết cấu khảo sát.

R_c - tenzomet cảm biến dùng để khử ảnh hưởng của nhiệt độ.

Trước khi đo, thực hiện trên cầu điều kiện cân bằng ban đầu:

$$R_2 \cdot R_a = R_1 \cdot R_c \quad (1.25)$$

Khi vật liệu của kết cấu bị biến dạng, điện trở R_a của phần tử cảm biến dán trên kết cấu thay đổi một lượng ΔR_a , lúc đó sự cân bằng ban đầu của cầu đo bị phá hoại và lập tức trong đường chéo OB của cầu xuất hiện dòng điện I_g :

$$I_g = U \frac{R_1 R_c - R_2 (R_a + \Delta R_a)}{R_g (R_1 + R_2) R_* + R_1 R_2 R_* + R_c (R_a + \Delta R_a) (R_1 + R_2)} \quad (1.26)$$

Với $R_* = R_a + \Delta R_a + R_c$

Khai triển biểu thức (1.26) với chú ý xét đến điều kiện cân bằng ban đầu là $R_2 \cdot R_a = R_1 \cdot R_c$ và bỏ qua lượng vô cùng bé ΔR_a ở mẫu số, ta có:

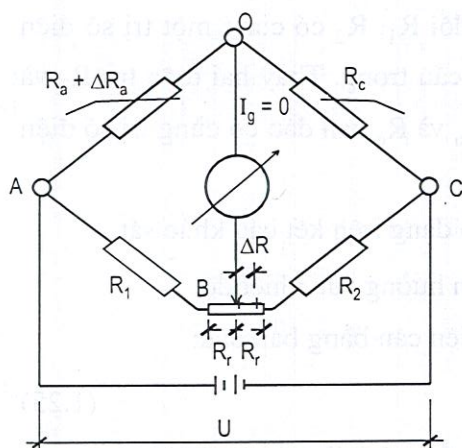
$$I_g = \frac{U \Delta R_a R_2}{R_g (R_1 + R_2) (R_a + R_c) + R_1 R_2 (R_a + R_c) + R_a R_c (R_1 + R_2)} \quad (1.27)$$

Trong thực tế thường chọn trị số điện trở của $R_1 = R_2$ và $R_a = R_c$, nên biểu thức của dòng I_g có dạng:

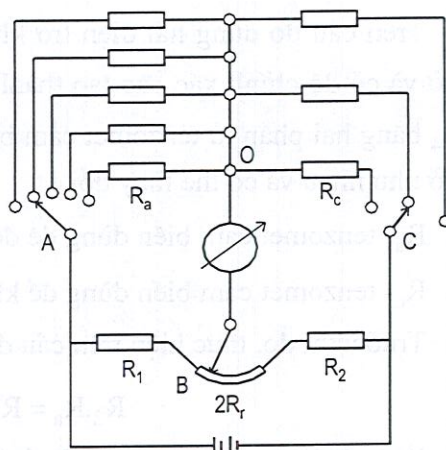
$$I_g = \frac{U}{2R_a} \frac{\frac{\Delta R_a}{R_a}}{2 \frac{R_g}{R_a} + \frac{R_1}{R_a} + 1} = f \left(\frac{\Delta R_a}{R_a} \right) \quad (1.28)$$

Đo sự biến thiên $\Delta R_a/R_a$ qua dòng I_g trên đường chéo OB gọi là phương pháp đo trực tiếp hay phương pháp đo lệch cầu.

c) *Phương pháp đo sự biến thiên điện trở $\Delta R/R$ bằng phương pháp cân bằng*



Hình 1.17. Sơ đồ đo cầu cân bằng



Hình 1.18. Sơ đồ đo thực tế

Sơ đồ cấu tạo đo theo phương pháp cầu cân bằng cơ bản vẫn như trường hợp đo cầu lệch, nhưng ở đây cần tách điểm b ra và nối vào đó một số biến trở có trị số điện trở $2R_r$. Trạng thái cân bằng cầu sẽ tương ứng với vị trí con chạy trên biến trở nằm chính giữa để chia biến trở thành hai phần có chỉ số điện trở bằng nhau là R_r (hình 1.17). Điều kiện cân bằng ban đầu:

$$R_a(R_2 + R_r) = R_c(R_1 + R_r) \quad (1.29)$$

Nếu lúc đó, giá trị điện trở trên R_a biến thiên một lượng ΔR_a do kết cấu bị biến dạng thì trạng thái cân bằng ban đầu của cầu đo bị phá hoại, muốn thành lập điều kiện cân bằng mới, cần phải dịch chuyển con chạy trên biến trở để thay đổi điện trở trên hai nhánh cầu trong AB và BC. Giả sử dịch chuyển con chạy trên biến trở một lượng ΔR_r thì thành lập trạng thái cân bằng mới tương ứng của cầu. Điều kiện cân bằng mới:

$$(R_a + \Delta R_a)(R_2 + R_r - \Delta R_r) = R_c(R_1 + R_r + \Delta R_r) \quad (1.30)$$

Triển khai biểu thức (1.30), có kể đến điều kiện cân bằng ban đầu:

$$\Delta R_a(R_2 + R_r) = \Delta R_r(R_c + R_a + \Delta R_a) \quad (1.31)$$

Từ đó:

$$\Delta R_r = \frac{(R_2 + R_r)\Delta R_a}{R_c + R_a + \Delta R_a} \quad (1.32)$$

Thông thường ΔR_a rất nhỏ so với tổng số điện trở của hai tenzomet cảm biến ($R_a + R_c$), nên lượng biến thiên điện trở ΔR_r trên biến trở sẽ tỷ lệ thuận với trị số điện trở biến thiên của tenzomet cảm biến R_a . Nên có thể xác định:

$$\Delta R_r = \frac{(R_2 + R_r)\Delta R_a}{R_c + R_a} \quad (1.33)$$

Phương pháp đo cầu cân bằng cho độ chính xác cao, vì lúc cầu cân bằng dòng điện I_g trên đường chéo OB bằng không, và lúc đó sự thay đổi điện áp nguồn cung cấp không ảnh hưởng đến kết quả của phép đo. Ngoài ra, giá trị đo không bị hạn chế bởi khoảng đo nhỏ của đồng hồ đo.

d) Sơ đồ các máy đo thực tế với nhiều điểm đo biến dạng tương đối

Trên hình 1.18 trình bày sơ đồ cấu tạo thực tế của cầu đo theo nguyên tắc cầu cân bằng. Khi dùng các tenzomet cảm biến điện trở để đo, chỉ cần chuẩn bị các tenzomet cảm biến của hai nhánh cầu ngoài gồm:

- Các tenzomet cảm biến điện trở R_a nối song song với nhau trên nhánh cầu OA, dùng để đo biến dạng tại các điểm khảo sát trên kết cấu công trình. Chỉ số điện trở của các tenzomet cảm biến cần chọn xấp xỉ nhau, thường thì cho phép chênh khoảng $\pm 0,25 \Omega$.

- Các tenzomet cảm biến điện trở R_c cũng được nối song song với nhau trên nhánh cầu OC và dùng làm các điện trở bù nhiệt (có tác dụng khử ảnh hưởng nhiệt độ của môi trường). Các điện trở bù nhiệt R_c cần được dán trên những vùng kết cấu không làm việc hoặc trên các miếng vật liệu của kết cấu, rồi đặt trong môi trường thí nghiệm. Chỉ số điện trở của mỗi tenzomet cảm biến bù nhiệt cần chọn bằng chỉ số điện trở của từng chiếc tenzomet R_a hoặc từng nhóm tenzomet R_a có cùng điện trở như nhau. Trường hợp đơn giản nhất là chọn tất cả các tenzomet cảm biến đo R_a dán trên kết cấu khảo sát có cùng một chỉ số điện trở bằng nhau thì trong phép đo chỉ cần một tenzomet cảm biến bù nhiệt R_c là đủ.

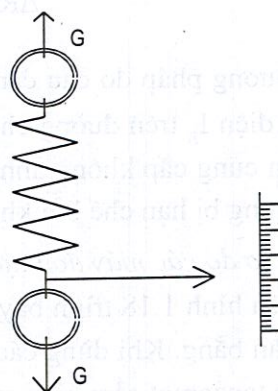
- Hiện nay, đối với các đầu đo biến dạng tĩnh như máy P-3500, USB-11A, System 4000, cũng như các đầu đo biến dạng động như System 2300, 2100, CDA, MCC... thường dùng những tenzomet cảm biến đo R_a và bù R_c có chỉ số điện trở là $R_a = 120 \Omega$ và 350Ω .

1.3. CÁC DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ ĐO LỰC VÀ MÔ MEN

Trong lĩnh vực thí nghiệm công trình, các dụng cụ đo lực và mô men có vị trí hết sức quan trọng. Như đã biết, lực hay mô men là các ngoại lực gây ra biến dạng, chuyển vị trong kết cấu. Do vậy, giá trị của lực hay mô men tác dụng lên kết cấu thí nghiệm phải được đo đạc đảm bảo độ chính xác cần thiết.

1.3.1. Lực kế

Những thiết bị dùng để đo lực gọi là lực kế. Nguyên lý hoạt động của các lực kế thường sử dụng mối quan hệ giữa tải trọng và biến dạng đàn hồi của vật liệu được cấu tạo thích hợp, hoặc áp suất do tải trọng gây ra. Trong thực tế gồm các loại lực kế cơ học, điện tử, thủy lực và quang học với độ chính xác và phạm vi đo khác nhau.



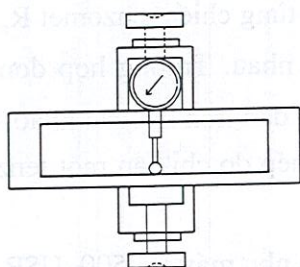
Hình 1.19. Lực kế kiểu lò xo

1.3.1.1. Lực kế kiểu lò xo

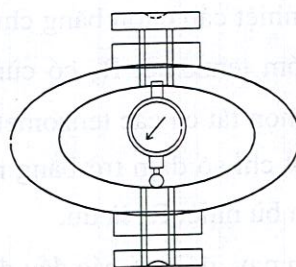
Đây là loại lực kế cơ học có biến dạng lớn, thường không khuếch đại, giá trị tải trọng nhỏ và thường chỉ sử dụng khi tải trọng tác dụng kéo. Giá trị lực kéo đo được bằng lực kế kiểu lò xo thường nhỏ hơn 500 N (hình 1.19).

1.3.1.2. Lực kế kiểu bản nhíp và vành đàn hồi

Thường được chế tạo từ thép hợp kim có phần bản chịu uốn nên có thể đo được lực kéo và lực nén. Cấu tạo của loại lực kế bản nhíp được thể hiện trên hình 1.20, còn loại vành đàn hồi thể hiện trên hình 1.21. Biến dạng được đo bằng đồng hồ đo, mối quan hệ giữa lực và số vạch chỉ thị trên đồng hồ được chỉnh định và lập thành bảng chuẩn.



Hình 1.20. Lực kế bản nhíp



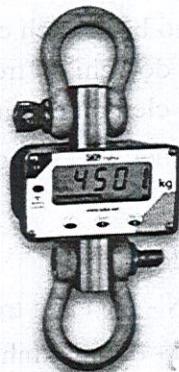
Hình 1.21. Lực kế vành đàn hồi

Lực kế bản nhíp có khoảng đo $F \leq 500$ kN. Do có cấu tạo hình ôvan đặc biệt, lực kế vành đàn hồi có khoảng đo lớn: $F \leq 2000$ kN.

1.3.1.3. Lực kế điện tử

Vẫn dựa trên quan hệ tải trọng và biến dạng, nhưng các tenzomet điện trở được dùng để đo biến dạng, nên các lực kế điện tử có độ nhạy cao, khoảng đo rất lớn nhưng có cấu tạo tương đối đơn giản (hình 1.22).

Đầu ra của biến dạng do lực kéo hoặc nén tạo ra là tín hiệu điện, được số hóa để xử lý số liệu nối với máy tính bằng những phần mềm chuyên dụng để hiển thị, lưu trữ hoặc tự động hóa các quá trình tiếp theo. Lực kế điện tử còn được sử dụng làm các đầu đo trong các thiết bị cân đo trọng tải lớn như cân xe tải, toa tàu hoặc các băng chuyên tải vật liệu.



Hình 1.22. Lực kế điện tử Sika FGR5A

1.3.2. Dụng cụ đo áp lực (áp kế dầu)

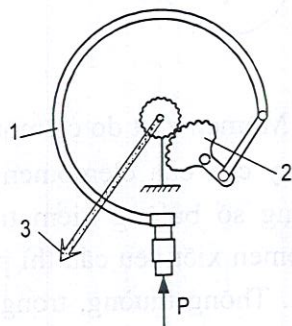
Lực đẩy hoặc kéo của một xylanh thủy lực được xác định bằng công thức:

$$P = A \cdot p \text{ (N)} \quad (1.34)$$

trong đó: A - diện tích tiết diện hiệu dụng của xylanh thủy lực (m^2);

p - áp lực dầu công tác (Pa).

Dụng cụ đo áp lực p của dầu được gọi là áp kế dầu (hình 1.23). Dầu áp lực được dẫn vào ống kín (1) có hình vành khăn 270°. Diện tích thành ống phía ngoài lớn hơn phía trong nên áp lực dầu làm ống biến dạng không đều sinh ra chuyển vị đầu ống. Hệ đòn và bánh răng (2) khuếch đại chuyển vị đầu ống và chuyển thành chuyển động quay của kim (3) trên bảng chia vạch. Thang chia trong đơn vị áp suất thường là MPa hoặc Kg/cm^2 . Diện tích hiệu dụng của xylanh được xác định bằng cách đo đường kính diện tích công tác.



Hình 1.23. Áp kế dầu

1.3.3. Clêmômen

Clêmômen là thiết bị dùng để đo mô men xiết đai ốc nhằm xác định lực căng bulông trong các liên kết bulông, tăng đơ (hình 1.24).

Lực xiết P làm cần clê-mô-men biến dạng gây ra chuyển vị được chỉ thị bởi đồng hồ đo. Lập bảng chuẩn giữa mômen xoay M và số vạch chỉ thị của đồng hồ bằng cách cố định lỗ đai ốc của clê sau đó treo quả nặng P tại điểm nút để đọc chỉ số trên đồng hồ. Loại clê-mô-men này được gọi là clê-mô-men cơ hay clê-mô-men biến dạng.

Mômen xiết trong thi công được tính theo công thức:

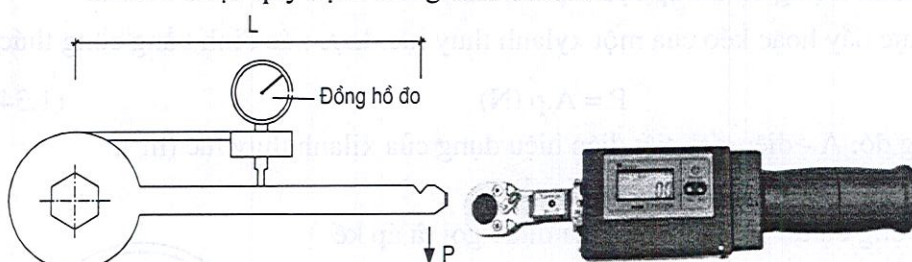
$$M_x = N.d.k \quad (1.35)$$

trong đó:

N - lực căng trong thân bulông (T);

d - đường kính danh nghĩa của bulông (mm);

k- hệ số mômen xoắn, giá trị của k = 1,1 ÷ 2,0 phụ thuộc từng loại bulông và phương pháp bôi trơn được xác định bằng thực nghiệm trên lực kế đồng trục để đồng thời xác định giá trị mômen xiết M_x và giá trị lực căng N trong thân bulông. Giá trị của hệ số mômen xoắn k được quy định trong bản thiết kế.



Hình 1.24. Clê-mô-men

Mômen xiết do clê-mô-men tạo nên phải đảm bảo sai số nhỏ hơn 5%. Góc quay của của clê-mô-men khi kiểm tra nằm trong khoảng 10° ÷ 15°. Nếu trong số bulông kiểm tra phát hiện dù chỉ một bulông không đạt được mômen xiết yêu cầu thì phải kiểm tra lại toàn bộ số bulông còn lại của liên kết. Thông thường, trong một ca làm việc cần kiểm tra, chỉnh định ít nhất một lần.

Chương 2

THÍ NGHIỆM VẬT LIỆU XÂY DỰNG

Chất lượng vật liệu là yếu tố hết sức quan trọng ảnh hưởng đến tuổi thọ công trình xây dựng. Trong quá trình làm việc trên kết cấu, vật liệu chịu tác động của rất nhiều nguyên nhân như tải trọng, môi trường, nhiệt độ... gây ra sự thay đổi về biến dạng và ứng suất trong vật liệu. Chính vì vậy cần có những thí nghiệm khảo sát, đánh giá chất lượng vật liệu trước khi đưa vào cũng như trong quá trình sử dụng.

Việc khảo sát và đánh giá chất lượng vật liệu bằng thực nghiệm được thực hiện chủ yếu theo hai phương pháp cơ bản là: phương pháp thí nghiệm phá hoại (TNPH) và phương pháp thí nghiệm không phá hoại (TNKPH). Hai phương pháp này bổ trợ cho nhau trong công tác khảo sát và đánh giá chất lượng công trình.

Phương pháp TNPH là phương pháp thí nghiệm nhằm xác định một cách trực tiếp các đặc trưng cơ lý của mẫu thử vật liệu và cấu kiện. Sau thí nghiệm mẫu thử sẽ bị phá hủy do lực tác dụng nên không thể tiếp tục sử dụng. Ngược lại, với phương pháp TNKPH đánh giá chất lượng một cách gián tiếp thông qua các thiết bị thử nghiệm nên không gây ra sự phá hủy đáng kể nào đối với vật liệu và cấu kiện xây dựng.

2.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM PHÁ HOẠI

Phương pháp TNPH có thể áp dụng được với hầu hết các loại vật liệu xây dựng như: bê tông, gạch, đá, thép, gỗ... Phương pháp này cho kết quả trực tiếp về các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu qua từng giai đoạn làm việc cho đến khi bị phá hoại hoàn toàn. Kết quả thu được là cơ sở để đánh giá chất lượng thực tế của vật liệu.

2.1.1. Phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu thử bê tông

2.1.1.1. Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu

Mẫu thử bê tông là mẫu được chế tạo trong quá trình thi công đổ bê tông theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3105-1993 “Hỗn hợp bê tông nặng - lấy

mẫu, chế tạo, phương pháp thử”. Mẫu thử được lấy phải thực sự đại diện cho khối hỗn hợp bê tông cần kiểm tra. Có 2 dạng mẫu thử: mẫu hiện trường (được đúc ngoài công trường trong quá trình thi công) và mẫu thử trong phòng (được đúc trong phòng thí nghiệm để thiết kế cấp phối và kiểm tra thành phần vật liệu trước khi thi công).

a) Hình dáng, kích thước viên mẫu

Mẫu dùng cho thí nghiệm nén có 2 dạng hình dáng phổ biến là lập phương và hình trụ. Mẫu nén chuẩn là mẫu lập phương có kích thước các cạnh là 150 mm. Kích thước cạnh nhỏ nhất của mẫu tùy theo cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu dùng để chế tạo bê tông. Đối với mẫu trụ, chiều cao mẫu được quy định gấp 2 lần đường kính mẫu và mẫu chuẩn của loại này cũng có đường kính là 150 mm.

Mẫu dùng cho thí nghiệm uốn có dạng hình lăng trụ tiết diện vuông có chiều dài gấp 4 lần cạnh mẫu. Mẫu chuẩn trong thí nghiệm này cũng có cạnh nhỏ của mẫu là 150 mm. Chi tiết các loại mẫu thí nghiệm tham khảo bảng 2.1 phụ lục chương 2.

b) Số lượng viên mẫu, tổ mẫu

Mẫu bê tông được đúc thành tổ hợp mẫu, mỗi tổ hợp mẫu gồm 3 viên lấy với khối lượng xấp xỉ nhau nhưng ở các vị trí khác nhau trong cùng một đợt bê tông. Khi lấy các mẫu từ máy trộn cần chọn phần giữa cối trộn, không lấy ở đầu và cuối cối trộn. Số lượng tổ hợp mẫu tùy thuộc vào khối lượng bê tông thi công và đặc điểm của kết cấu được lấy theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4453:1995 “Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu”, tham khảo bảng 2.2 phụ lục chương 2. Trong trường hợp khối lượng bê tông thực tế thi công nhỏ hơn khối lượng quy định trong bảng thì vẫn phải lấy tối thiểu 1 tổ hợp mẫu.

Đối với mỗi hạng mục, phải có ít nhất 1 tổ hợp mẫu bê tông để thí nghiệm nén ở tuổi chuẩn (tuổi 28 ngày). Ngoài ra, nếu cần dự báo trước sự phát triển cường độ để triển khai các hạng mục tiếp theo thì phải đúc thêm các tổ hợp khác để thử tại thời điểm yêu cầu. Các mốc thời gian thông thường hay sử dụng để kiểm tra là 7, 14, 21 ngày.

c) Chế tạo và bảo dưỡng mẫu

Khuôn đúc mẫu phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật về độ kín, bằng phẳng, vuông vắn. Hỗn hợp bê tông được đúc theo từng lớp tùy theo chiều

cao của khuôn mẫu, thiết bị đầm sử dụng tùy thuộc vào điều kiện thi công hoặc có thể đầm thủ công bằng tay.

Các mẫu đúc để kiểm tra chất lượng bê tông dùng cho các kết cấu sản phẩm phải được bảo dưỡng và được đóng rắn kể từ khi đúc xong tới ngày thử mẫu giống như điều kiện bảo dưỡng và đóng rắn của các kết cấu sản phẩm đó. Các mẫu dùng để kiểm tra chất lượng bê tông thương phẩm để thiết kế mác bê tông sau khi đúc được phủ ẩm trong khuôn ở nhiệt độ phòng cho tới khi tháo khuôn rồi được bảo dưỡng tiếp trong phòng dưỡng hộ tiêu chuẩn có nhiệt độ $27 \pm 2^\circ\text{C}$, độ ẩm 95 - 100% cho đến ngày thử mẫu.

Thời gian giữ mẫu trong khuôn là 16 - 24 giờ đối với bê tông mác 100 trở lên, 2 hoặc 3 ngày đêm đối với bê tông có phụ gia chậm đóng rắn hoặc mác 75 trở xuống. Lý lịch và các ký hiệu trên mẫu được ghi trên mặt mẫu không trực tiếp chịu tải.

d) Khoan lấy mẫu

Việc khoan lấy mẫu được áp dụng đối với những trường hợp cần kiểm tra cường độ bê tông phần kết cấu công trình cũ không còn mẫu lưu, kết cấu công trình có nghi ngờ về khả năng chịu lực hoặc bị sự cố. Khi khoan lấy mẫu chỉ được tiến hành tại các vị trí trên kết cấu sao cho sau khi lấy mẫu kết cấu không bị giảm khả năng chịu lực, tránh khoan tại các vị trí có cốt thép. Trường hợp bất đắc dĩ thì được phép lấy những mẫu khoan có cốt thép nằm vuông góc với hướng đặt lực nén, thử uốn các viên mẫu có cốt thép nằm song song với hướng đặt lực uốn.

Quy định về số lượng mẫu khoan cũng giống như đối với mẫu đúc thông thường. Trường hợp đặc biệt không thể có đủ số lượng mẫu cần thiết, có thể sử dụng tổ mẫu gồm 2 mẫu.

2.1.1.2. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của mẫu bê tông

Phương pháp thí nghiệm này nhằm mục đích xác định cường độ chịu nén của bê tông bằng cách gia tải nén mẫu thử cho đến phá hoại. Các mẫu thử phải có đầy đủ thông tin như: ngày tháng, hạng mục, vị trí lấy mẫu, mác thiết kế... và có sự xác nhận của các đơn vị chủ quản, giám sát chất lượng công trình. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của mẫu bê tông được tiến hành theo Tiêu chuẩn TCVN 3118:1993 “Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén”.

Trước khi thử mẫu phải tiến hành kiểm tra kích thước, trạng thái mẫu. Nếu mẫu thử không đạt yêu cầu về dung sai cho phép đã quy định thì phải

chỉnh sửa lại mẫu bằng cách gia công lại như mài bốt hoặc làm phẳng mặt bằng một lớp hồ xi măng cứng đánh không dày quá 2mm. Cường độ của lớp xi măng này khi thử phải không được thấp hơn một nửa cường độ dự kiến sẽ đạt của mẫu bê tông.

Chọn thang lực thích hợp trên bảng lực để tải trọng phá hoại khi nén nằm trong khoảng từ 20 - 80% tải trọng cực đại. Không được nén mẫu ngoài thang lực trên. Đặt mẫu vào máy nén sao cho một mặt chịu nén đã chọn nằm đúng tâm thót dưới của máy. Tiếp đó tăng tải liên tục tới vận tốc không đổi và bằng $6 \pm 4 \text{ kg/cm}^2$ trong một giây cho tới khi mẫu bị phá hoại. Dừng tốc độ gia tải nhỏ đối với các mẫu bê tông có cường độ thấp, tốc độ gia tải lớn đối với các mẫu bê tông có cường độ cao. Giá trị tải trọng nén phá hoại mẫu là giá trị lực lớn nhất đạt được trước khi mẫu bị phá hoại hoàn toàn.

Cường độ nén của từng viên mẫu bê tông được tính bằng kg/cm^2 theo công thức sau:

$$R = \alpha \frac{P}{F} \quad (2.1)$$

trong đó:

P - tải trọng phá hoại, tính bằng kg;

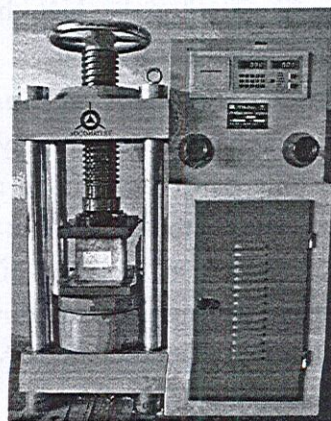
F - diện tích chịu lực nén của viên mẫu, tính bằng cm^2 ;

α - hệ số chuyển đổi kết quả thử nén các viên mẫu bê tông kích thước khác viên chuẩn về cường độ của viên mẫu chuẩn kích thước $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ được cho trong bảng phụ lục 2.3 chương 2.

Khi thử các mẫu trụ khoan cắt từ các cấu kiện hoặc sản phẩm mà tỷ số chiều cao với đường kính của chúng nhỏ hơn 2 thì kết quả cũng tính theo công thức 2.1 nhưng được nhân thêm hệ số điều chỉnh chiều cao β theo bảng 2.4 phụ lục chương 2.

Việc xử lý kết quả, tính toán cường độ chịu nén của bê tông được xác định như sau:

So sánh các giá trị cường độ nén lớn nhất và nhỏ nhất với cường độ



Hình 2.1. Thí nghiệm nén mẫu bê tông xác định cường độ nén

nén của viên mẫu trung bình. Nếu cả hai giá trị đo đều không lệch quá 15% so với cường độ nén của viên mẫu trung bình thì cường độ nén của bê tông được tính bằng trung bình số học của ba kết quả thử trên ba viên mẫu. Nếu một trong hai giá trị đó lệch quá 15% so với cường độ nén của viên mẫu trung bình thì bỏ cả hai kết quả lớn nhất và nhỏ nhất. Khi đó cường độ nén của bê tông là cường độ nén của một viên mẫu còn lại.

Việc đánh giá khả năng chịu nén của bê tông được căn cứ vào mức chịu nén thiết kế.

Ví dụ 1: Kết quả ép mẫu bê tông của một hạng mục ở tuổi 28 ngày cho kết quả như sau:

$R_1 = 194 \text{ kg/cm}^2$, $R_2 = 202 \text{ kg/cm}^2$, $R_3 = 219 \text{ kg/cm}^2$, yêu cầu xác định cường độ nén của bê tông.

+ Kiểm tra sự chênh lệch giữa kết quả thí nghiệm của các mẫu:

$$\frac{R_2 - R_1}{R_2} \cdot 100 = \frac{202 - 194}{202} \cdot 100 = 3,9\% < 15\%;$$

$$\frac{R_3 - R_2}{R_2} \cdot 100 = \frac{219 - 202}{202} \cdot 100 = 8,4\% < 15\%$$

+ Vậy cường độ nén của bê tông được xác định:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3} = 205 \text{ Kg/cm}^2.$$

Ví dụ 2: Kết quả ép mẫu bê tông của một hạng mục ở tuổi 28 ngày cho kết quả như sau:

$R_1 = 194 \text{ kg/cm}^2$, $R_2 = 202 \text{ kg/cm}^2$, $R_3 = 240 \text{ kg/cm}^2$, yêu cầu xác định cường độ nén của bê tông.

+ Kiểm tra sự chênh lệch giữa kết quả thí nghiệm của các mẫu:

$$\frac{R_2 - R_1}{R_2} \cdot 100 = \frac{202 - 194}{202} \cdot 100 = 3,9\% < 15\%;$$

$$\frac{R_3 - R_2}{R_2} \cdot 100 = \frac{240 - 202}{202} \cdot 100 = 18,8\% > 15\%$$

+ Vậy cường độ nén của bê tông được xác định:

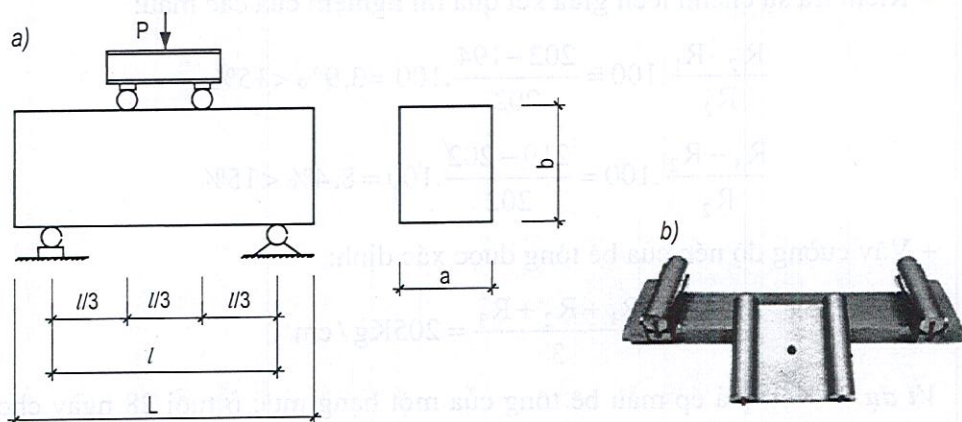
$$R = R_2 = 202 \text{ kg/cm}^2.$$

Qua 2 ví dụ trên nhận thấy rằng, cường độ nén của từng viên mẫu ở ví dụ 2 lớn hơn hoặc bằng cường độ nén của từng viên mẫu ở ví dụ 1, nhưng do mức độ không đồng đều của tổ mẫu ở ví dụ 2 dẫn đến cường độ nén bị đánh giá thấp hơn so với cường độ nén ở ví dụ 1.

2.1.1.3. Thí nghiệm xác định cường độ kéo khi uốn của mẫu bê tông

Thí nghiệm xác định cường độ kéo khi uốn của mẫu bê tông được tiến hành theo Tiêu chuẩn TCVN 3119:1993 “Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ kéo khi uốn”.

Mẫu thử uốn có dạng dầm tiết diện vuông (chiều dài gấp 4 lần cạnh tiết diện, $L = 4a$). Khi mẫu thử được đặt trên 2 gối có nhịp chịu uốn bằng 3 lần cạnh mẫu ($l = 3a$). Mẫu được uốn trên 2 điểm đặt lực như hình 2.2. Tốc độ gia tải uốn được khống chế trong khoảng $0,6 \pm 0,4 \text{ kg/cm}^2$ giây cho tới khi gãy mẫu.



Hình 2.2. Thí nghiệm uốn mẫu bê tông.

a) Sơ đồ uốn mẫu bê tông; b) Bộ gá uốn mẫu

Cường độ kéo khi uốn được tính công thức:

$$R_{ku} = \gamma \frac{P.l}{a.b^2} \quad (2.2)$$

trong đó: P - tải trọng uốn gãy mẫu, tính bằng kg;

l - khoảng cách giữa hai gối tựa, tính bằng cm;

a, b - chiều rộng, chiều cao tiết diện ngang của mẫu, tính bằng cm;

γ - hệ số chuyển đổi cường độ kéo khi uốn từ các mẫu kích thước khác dầm chuẩn sang mẫu dầm kích thước chuẩn $150 \times 150 \times 600$ được lấy như sau:

+ Kích thước mẫu $100 \times 100 \times 400$ $\gamma = 1,05$

+ Kích thước mẫu $150 \times 150 \times 600$ $\gamma = 1,00$

+ Kích thước mẫu $200 \times 200 \times 800$ $\gamma = 0,95$

Việc xác định cường độ kéo khi uốn từ kết quả thí nghiệm của tổ mẫu được thực hiện giống như đối với thí nghiệm xác định cường độ nén.

2.1.2. Phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu thử kim loại

Kim loại là vật liệu có cấu trúc tinh thể, được chế tạo đúc luyện theo công nghệ chặt chẽ nên có chất lượng và độ đồng nhất rất cao. Các đặc trưng cơ - lý của kim loại có tính ổn định cao trong điều kiện làm việc bình thường. Vì thế trong quá trình khảo sát và xây dựng kết cấu công trình, việc thí nghiệm bằng các phương pháp phá hoại mẫu thử kim loại để đánh giá chất lượng kim loại qua các đặc trưng cơ - lý của chúng nhằm mục đích:

+ Nhận dạng và kiểm tra chủng loại vật liệu cụ thể để sử dụng vào công trình cho phù hợp với yêu cầu của thiết kế và cấu tạo.

+ Xác định các chỉ tiêu cơ - lý của kim loại khi không nắm được nguồn gốc hoặc đã bị biến chất do ảnh hưởng của các yếu tố môi trường, điều kiện làm việc và thời gian khai thác sử dụng để cung cấp cho việc tính toán thiết kế cải tạo và khảo sát kiểm định kết cấu công trình.

2.1.2.1. Phương pháp thử kéo

Đây là phương pháp thí nghiệm xác định một số đặc trưng cơ học của kim loại bằng cách kéo mẫu thử với tốc độ phù hợp cho đến khi mẫu bị phá hỏng, phương pháp này thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 197:2002 “Vật liệu kim loại - thử kéo ở nhiệt độ thường”. Các đặc trưng cơ học chính được xác định qua phép thử này là: giới hạn chảy, giới hạn bền, biến dạng dài tương đối.

Hình dạng và kích thước của mẫu thử phụ thuộc vào hình dạng của sản phẩm kim loại dùng để lấy mẫu. Mẫu thử thường được chế tạo bằng cách gia công cơ mẫu lấy từ sản phẩm, phôi ép, phôi đúc hoặc không cần gia công sản phẩm có mặt cắt ngang không đổi như thép hình, thép thanh, dây...

Mẫu thử có chiều dài cỡ ban đầu liên quan đến diện tích mặt cắt ngang ban đầu bởi phương trình:

$$L_0 = 5,65\sqrt{S_0} \text{ đối với mẫu ngắn} \quad (2.3a)$$

$$L_0 = 11,3\sqrt{S_0} \text{ đối với mẫu dài} \quad (2.3b)$$

a) Tiến hành thử

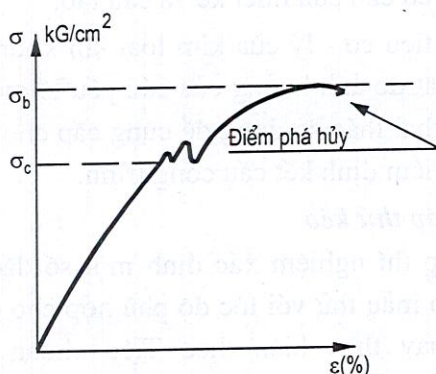
Trước tiên cần xác định thang lực trên máy thích hợp bằng cách tính toán sơ bộ lực phá hoại tương ứng với giới hạn bền, đảm bảo lực phá hoại nằm trong giới hạn $(20 \div 80)\%$ giá trị tối đa của thang lực. Tốc độ gia tải được khống chế trong phạm vi từ $3 \div 30 \text{ N/mm}^2.\text{s}$.

Giới hạn chảy được xác định qua kết quả trên màn hình hiển thị của máy kéo ở thời điểm ứng suất không tăng nhưng mẫu vẫn tiếp tục bị biến dạng.

$$\sigma_c = \frac{P_c}{S_0} (\text{N/mm}^2) \quad (2.4)$$

Giới hạn bền được xác định thông qua giá trị lực kéo lớn nhất trước khi mẫu bị phá hoại

$$\sigma_b = \frac{P_b}{S_0} (\text{N/mm}^2) \quad (2.5)$$



Hình 2.3. Biểu đồ quan hệ ứng suất-hiến dạng

Biến dạng dài tương đối của vật liệu là tỷ số giữa độ giãn dài tuyệt đối so với chiều dài tính toán ban đầu của mẫu theo công thức:

$$A = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_u - L_0}{L_0} (\%) \quad (2.6)$$

trong đó: A - biến dạng dài tương đối của vật liệu sau khi đứt;

L_0 - chiều dài cũ ban đầu, là khoảng cách giữa hai điểm được vạch trên mẫu trước khi thí nghiệm;

L_u - chiều dài cũ sau khi mẫu thử bị kéo đứt, là khoảng cách giữa hai điểm được vạch trên mẫu khi ghép chặt hai phần đứt sao cho trục của chúng nằm trên một đường thẳng.

b) Đánh giá kết quả

Việc đánh giá chất lượng của kim loại thông qua phép thử kéo được thực hiện bằng việc so sánh các chỉ tiêu cơ lý thực tế thu được sau thí nghiệm với các chỉ tiêu yêu cầu trong các tiêu chuẩn đánh giá vật liệu kim loại.

2.1.2.2. Phương pháp thử uốn

Đây là phương pháp thí nghiệm đánh giá độ dẻo của kim loại bằng cách uốn mẫu quanh một chày uốn định trước, phương pháp này thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 198:2008 “Vật liệu kim loại - Thử uốn”. Đường kính chày uốn và góc uốn có thể khác nhau tùy từng loại vật liệu cụ thể. Việc đánh giá khả năng chịu uốn của kim loại được tiến hành bằng cách quan sát mức độ phá hủy (nếu có) trên bề mặt vật liệu.

Mẫu sử dụng có mặt cắt ngang hình tròn, vuông, chữ nhật hoặc đa giác. Bất kỳ vùng nào của vật liệu bị ảnh hưởng do cắt hoặc cắt bằng ngọn lửa và các hình thức gia công tương tự trong khi chuẩn bị mẫu thử phải được loại bỏ. Tuy nhiên vẫn chấp nhận mẫu thử mà phần bị ảnh hưởng của nó chưa được loại bỏ miễn là kết quả thử đạt yêu cầu.

a) Tiến hành thử

Việc uốn mẫu được thực hiện trên các máy thí nghiệm chuyên dùng hoặc có thể uốn bằng phương pháp thủ công, xem hình 2.4. Với mỗi loại vật liệu khác nhau sẽ quy định cụ thể các thông số đặc trưng của phép thử uốn là đường kính chày uốn D và góc uốn α . Khoảng cách giữa hai gối đỡ phải được tính theo công thức sau:

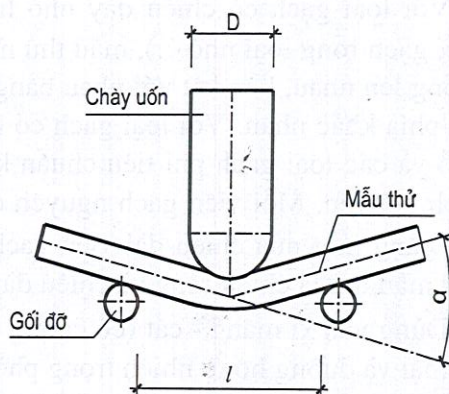
$$l = (D + 3a) \pm \frac{a}{2} \quad (2.7)$$

trong đó:

l - khoảng cách giữa hai gối đỡ;

D - đường kính chày uốn;

a - chiều dày hoặc đường kính của mẫu thử (hoặc đường kính đường tròn nội tiếp đối với mẫu có mặt cắt ngang hình đa giác).



Hình 2.4. Sơ đồ thí nghiệm uốn

Trong quá trình uốn, nếu mẫu thử xuất hiện phá hủy cục bộ hoặc tổng thể khi chưa đạt góc uốn yêu cầu thì phép thử dừng lại và mẫu được coi là không đạt về yêu cầu thử uốn (hay còn gọi là không đảm bảo tính dẻo của vật liệu).

b) Đánh giá kết quả

Mẫu sau khi uốn được kiểm tra bằng mắt hoặc có thể soi bằng kính lúp. Mẫu được coi là đạt yêu cầu về uốn khi thỏa mãn đồng thời các yếu tố:

- + Đạt được góc uốn yêu cầu
- + Trên mẫu không xuất hiện trạng thái phá hoại cục bộ như nứt, gãy, tách lớp vật liệu...

2.1.3. Phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu thử gạch xây

Gạch xây là loại vật liệu phổ biến, chiếm lượng dùng lớn trong các công trình xây dựng, một số chỉ tiêu cơ lý quan trọng của gạch xây gồm có: cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước. Khi xác định các chỉ tiêu cơ lý của gạch xây, số lượng mẫu trong một tổ mẫu là 5 viên.

2.1.3.1. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

Xác định cường độ chịu nén của gạch xây được tiến hành theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6355-2:2009 “Gạch xây - Phương pháp thử xác định cường độ nén”.

Với loại gạch có chiều dày nhỏ hơn 3/4 chiều rộng (gạch silicat, gạch đặc, gạch rỗng loại nhỏ...), mẫu thử nén là 2 nửa viên gạch nguyên được cắt chồng lên nhau, liên kết với nhau bằng vữa xi măng - cát, hai đầu cắt nằm về hai phía khác nhau. Với loại gạch có kích thước còn lại, bao gồm gạch rỗng 4 lỗ và các loại gạch phi tiêu chuẩn khác, mẫu thử nén là 5 nửa của 5 viên gạch nguyên. Mỗi viên gạch nguyên được cắt ngang sao cho chiều dài mẫu thử bằng một nửa chiều dài viên gạch nguyên ± 1 cm. Chiều rộng và chiều dày mẫu thử là chiều rộng và chiều dày viên gạch nguyên.

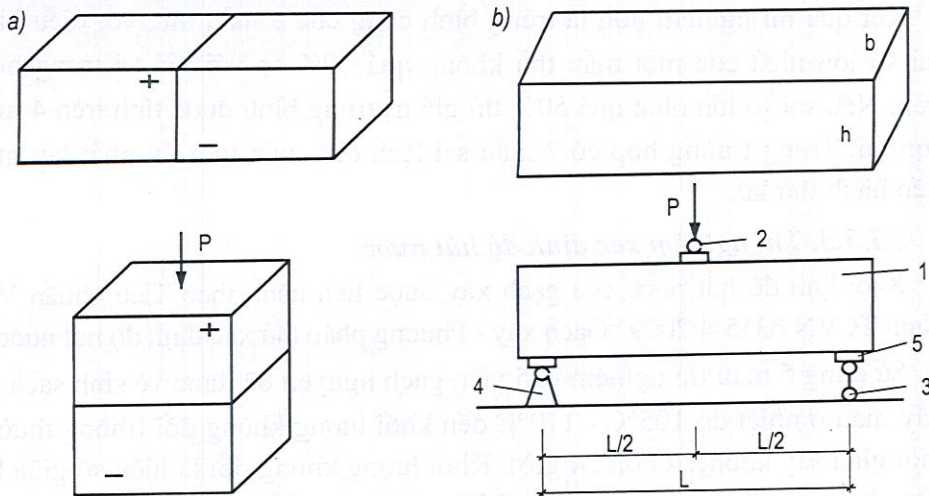
Dùng vữa xi măng - cát (có cường độ ở tuổi 3 ngày > 16 MPa) trát phẳng bề mặt và dưỡng hộ tự nhiên trong phòng thí nghiệm 72 giờ rồi đem thử. Tốc độ tăng lực nén phải đều và từ 0,2 MPa đến 0,3 MPa trong 1 giây đến khi mẫu thử bị phá hủy hoàn toàn.

Cường độ nén của mẫu thử được tính bằng MPa, theo công thức:

$$R_n = \frac{P}{S} \quad (2.8)$$

trong đó: P - lực nén phá hủy mẫu, tính bằng Niu ton (N);

S - giá trị trung bình cộng tiết diện của hai mặt ép, tính bằng mm^2 .



Hình 2.5. Sơ đồ thí nghiệm cường độ nén và uốn của gạch xây
a) Sơ đồ thử cường độ chịu nén; b) Sơ đồ thử cường độ chịu uốn
1- mẫu thử; 2- gối truyền lực; 3,4- gối tựa di động và cố định;
5- vữa lót tạo phẳng

Kết quả thí nghiệm nén là trung bình cộng của 5 mẫu thử, với điều kiện sai số lớn nhất của một mẫu thử không quá 35% so với giá trị trung bình trên. Nếu sai số lớn nhất quá 35% thì giá trị trung bình được tính trên 4 mẫu còn lại. Trong trường hợp có 2 mẫu sai lệch quá mức trên thì phải lấy mẫu tiến hành thử lại.

2.1.3.2. Thí nghiệm xác định cường độ chịu uốn

Xác định cường độ chịu uốn của gạch xây được tiến hành theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6355-3:2009 “Gạch xây-Phương pháp thử xác định cường độ uốn”.

Mẫu uốn được tạo bằng cách dùng vữa xi măng - cát (có cường độ tuổi 3 ngày > 16MPa) trát phẳng 3 vị trí gồm gối đặt lực uốn và 2 gối tựa. Mẫu được dưỡng hộ tự nhiên trong phòng thí nghiệm 72 giờ rồi đem thử.

Cường độ chịu uốn từng mẫu thử tính bằng MPa xác định theo công thức:

$$R_u = \frac{3.P.L}{2.w.h^2} \quad (2.9)$$

trong đó: P - tải trọng phá hủy mẫu, tính bằng Niu ton (N);

L - khoảng cách giữa hai gối dưới, tính bằng mm;

w - chiều rộng mẫu thử, tính bằng mm;

h- chiều cao mẫu thử, tính bằng mm.

Kết quả thí nghiệm uốn là trung bình cộng của 5 mẫu thử, với điều kiện sai số lớn nhất của một mẫu thử không quá 50% so với giá trị trung bình trên. Nếu sai số lớn nhất quá 50% thì giá trị trung bình được tính trên 4 mẫu còn lại. Trong trường hợp có 2 mẫu sai lệch quá mức trên thì phải lấy mẫu tiến hành thử lại.

2.1.3.3. Thí nghiệm xác định độ hút nước

Xác định độ hút nước của gạch xây được tiến hành theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6355-4:2009 “Gạch xây - Phương pháp thử xác định độ hút nước”.

Sử dụng 5 mẫu thí nghiệm là 5 viên gạch nguyên đã được vệ sinh sạch sẽ. Sấy mẫu ở nhiệt độ 105°C - 110°C đến khối lượng không đổi (thông thường thời gian sấy không ít hơn 24 giờ). Khối lượng không đổi là hiệu số giữa hai lần cân liên tiếp không lớn hơn 0,2%, thời gian giữa hai lần cân liên tiếp không nhỏ hơn 3 giờ. Tiến hành cân mẫu, xác định được trọng lượng khô.

Đặt các mẫu thử đã khô và nguội theo chiều thẳng đứng vào thùng hoặc bể nước có nhiệt độ 27°C ± 2°C trong thời gian 24 giờ. Sau đó vớt mẫu thử, dùng khăn ẩm thấm bề mặt mẫu và cân mẫu đã bão hòa nước. Thời gian từ khi vớt mẫu đến khi cân xong không được quá 3 phút.

Độ hút nước từng mẫu thử (X), tính bằng % theo công thức:

$$X = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \quad (2.10)$$

trong đó: m_0 - khối lượng mẫu sau khi sấy khô, tính bằng gam;

m_1 - khối lượng mẫu sau khi ngâm nước, tính bằng gam.

Kết quả tính là trung bình cộng kết quả của 5 mẫu thử, tính chính xác tới 0,1%.

2.2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM KHÔNG PHÁ HOẠI

Phương pháp thí nghiệm phá hoại có ưu điểm là cho kết quả trực tiếp, chính xác nhưng trong một số trường hợp thì việc sử dụng phương pháp này là không phù hợp hoặc không thể: Ví dụ khi kiểm tra đánh giá chất lượng cấu kiện đã thi công thì việc thí nghiệm gây phá hủy cấu kiện là không thể, còn việc lấy mẫu thì bị hạn chế do giảm yếu kết cấu công trình. Khi đó phải sử dụng phương pháp không phá hoại để đánh giá chất lượng cấu kiện. Dưới đây sẽ trình bày một số phương pháp không phá hoại cơ bản kiểm tra chất lượng của cấu kiện công trình.

2.2.1. Phương pháp đánh giá chất lượng bê tông thông qua độ cứng bề mặt vật liệu

Các phương pháp kiểm tra chất lượng vật liệu thông qua độ cứng bề mặt là những phương pháp kiểm tra gián tiếp xuất hiện sớm nhất. Dụng cụ đơn giản đầu tiên có thể kể đến là búa bi. Với dụng cụ này, chất lượng vật liệu được đánh giá thông qua việc quan sát hình dạng và đo đặc kích thước vết lõm hình thành khi gõ trực tiếp búa xuống bề mặt kiểm tra. Sau đó dụng cụ này được cải tiến thành búa bi có thanh chuẩn, để thuận tiện cho quá trình sử dụng và đạt độ chính xác cao hơn. Thông số đặc trưng cho chất lượng vật liệu của cách kiểm tra cải tiến là tỷ số không thứ nguyên của hai tham số: từ số là tổng đường kính vết lõm trên bề mặt bê tông, mẫu số là tổng đường kính vết lõm gây ra trên thanh chuẩn. Như vậy, ảnh hưởng do chênh lệch lực đập từ tay người thử nghiệm đến đường kính vết lõm ở các vị trí kiểm tra khác nhau đã được khắc phục phần nào.

Trong các phương pháp kiểm tra nêu trên, nhược điểm tồn tại lớn nhất đó là ảnh hưởng của yếu tố lực gây va đập vào bề mặt vật liệu. Phương pháp kiểm tra tiên tiến sau này và hiện nay vẫn được sử dụng rộng rãi, đã giảm thiểu được tối đa vấn đề này. Đó là phương pháp sử dụng súng bật nảy.

2.2.1.1. Nội dung và phạm vi áp dụng của phương pháp thử

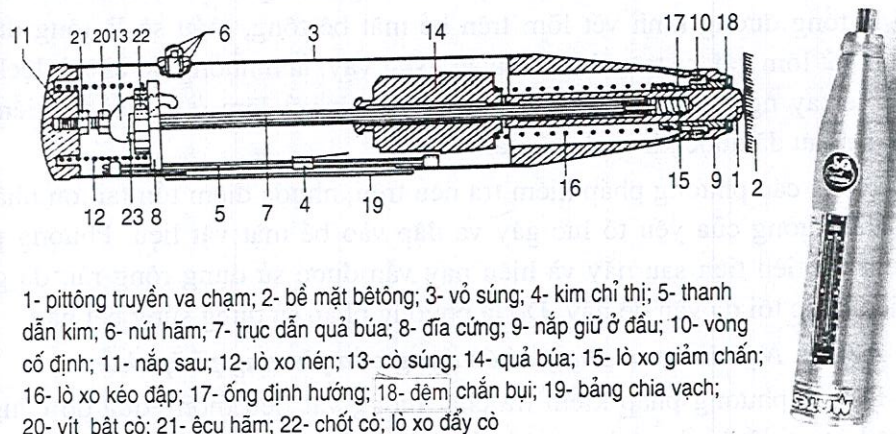
Đây là phương pháp kiểm tra chất lượng vật liệu thông qua độ cứng bề mặt bằng thiết bị dựa trên nguyên lý nảy va chạm. Cách thức thực hiện tuân theo tiêu chuẩn TCVN 9334:2012 “Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén bằng súng bật nảy”. Phương pháp này thường dùng để kiểm tra các loại bê tông sau:

- Trường hợp giám định pháp lý kiểm tra chất lượng công trình.
- Bê tông có mác từ 100-500, cốt liệu có $D_{\max} \leq 40$ mm.
- Bê tông không bị nứt rỗ, phân tầng hoặc có khuyết tật.
- Bê tông không bị tác động của hóa chất hoặc hỏa hoạn.
- Bê tông không thuộc dạng khối lớn như đường băng sân bay, trụ cầu, móng đập.

2.2.1.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của súng bật nảy

Thiết bị thử thường gồm 4 loại N, L, M, P có năng lượng va chạm khác nhau, dùng để thử trên các loại kết cấu và vật liệu có các trạng thái đặc trưng khác nhau về kích thước và độ cứng vật liệu. Trong đó nhóm thiết bị loại N là nhóm để khảo sát chất lượng vật liệu bê tông thông thường trong các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp, xây dựng cầu đường...

Nguyên tắc hoạt động của súng bắn loại N: ở trạng thái sử dụng, pít tông (1) thò ra ngoài vỏ súng, ấn vỏ súng (3), pít tông đẩy quả búa (14) kéo lò xo (16) căng ra tích trữ thế năng cho quả nặng. Chuyển động này sẽ kết thúc khi lẫy hãm quả búa chạm đáy, giải phóng quả nặng. Lò xo kéo quả nặng chuyển động ngược lại, biến thế năng thành động năng, quả nặng đập vào đầu pít tông. Sau khi va chạm, quả nặng bật trở lại đẩy kim chỉ thị (4) chuyển động trên thang chia vạch. Để lưu lại giá trị này dùng chốt cò súng (13) để hãm quả nặng. Để đưa thiết bị trở lại thực hiện một chu kỳ hoạt động mới, nhấn nhẹ pít tông để lò xo giải phóng chốt hãm và tiếp tục thực hiện.



Hình 2.6. Sơ đồ cấu tạo hoạt động của súng hạt nảy loại N

Thiết bị thử phải đảm bảo độ chính xác và phải thường xuyên được kiểm định trên đe chuẩn (sau 6-12 tháng).

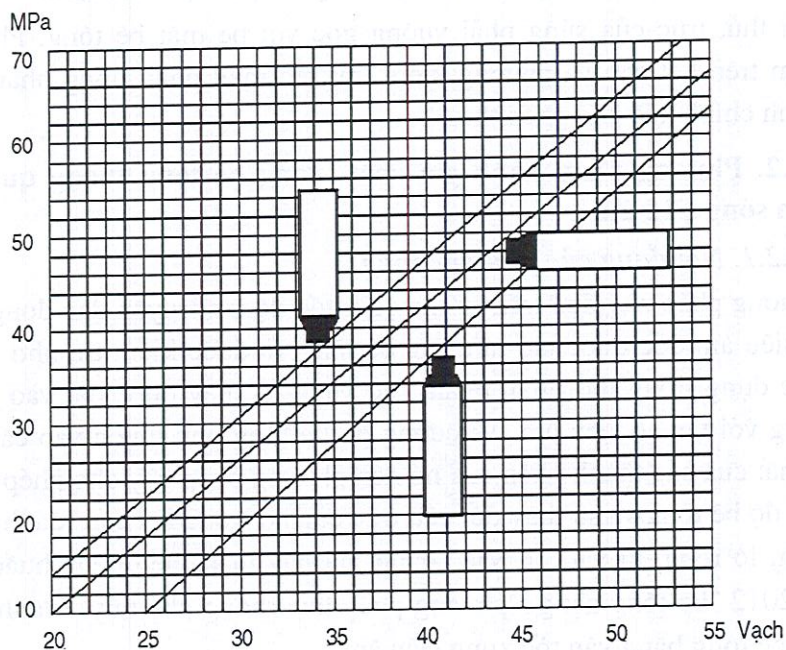
2.2.1.3. Xây dựng biểu đồ chuẩn

Để khảo sát cường độ bê tông ngoài hiện trường, phải tiến hành xây dựng biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén được xác định khi tiến hành nén phá hoại (R) và trị số bật nảy trung bình (n) khi bắn súng trên cùng mẫu thử (được đúc trong quá trình thi công để thử nén phá hoại). Trong quá trình thử, cần đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật sau:

Để xây dựng biểu đồ chuẩn cho một loại mác, cần thử nghiệm trên ít nhất 20 tổ mẫu (mỗi tổ gồm 3 viên mẫu). Các tổ mẫu được lấy từ các mẻ trộn khác nhau trong thời gian 2 tuần với điều kiện cùng thành phần cấp phối và điều kiện dưỡng hộ. Đối với mẫu khoan, việc xây dựng biểu đồ chuẩn cần số lượng ít nhất là 20 mẫu có đường kính không nhỏ hơn 10 cm.

Khi bắn kiểm tra mẫu thử theo phương ngang phải cấp mẫu trên máy nén với áp lực tối thiểu $5daN/cm^2$. Khi bắn mẫu theo chiều từ trên xuống, phải đặt mẫu trên nền phẳng ổn định, vật kê dưới mẫu phải có trọng lượng không nhỏ hơn 500 kg.

Hàm quan hệ R-n có thể là tuyến tính hoặc ở dạng hàm mũ tùy thuộc vào khoảng dao động cường độ bê tông lớn hay nhỏ. Thông thường trên biểu đồ chuẩn thiết lập 3 đường cong quan hệ R-n với 3 phương kiểm tra: ngang, trên xuống và dưới lên. Trong trường hợp chưa xây dựng được biểu đồ chuẩn, chỉ sử dụng các biểu đồ có sẵn trên súng để đánh giá định tính cường độ bê tông.



Hình 2.7. Đường cong chuẩn xác định R_n của bê tông bằng súng SHMIDT

2.2.1.4. Yêu cầu kỹ thuật về vùng thử, điểm thử, số cấu kiện thử

Số vùng thử trên một cấu kiện yêu cầu không nhỏ hơn 3 đối với kết cấu thanh (dầm, cột), không ít hơn 1 vùng trên 1m dài. Vùng thử được đặt ở những chỗ trọng yếu của kết cấu. Bề mặt vùng thử phải phẳng nhẵn, sạch sẽ, nếu bề mặt vùng thử có các lớp trát, lớp trang trí hoặc lớp bê tông bị phong hóa thì phải bóc bỏ cho đến lớp bê tông bên trong. Diện tích vùng thử không nhỏ hơn $400 cm^2$.

Trên mỗi vùng, thử không ít hơn 10 điểm. Các điểm thử phải cách mép kết cấu ít nhất là 50 mm, đối với mẫu con số này là 5 mm. Khoảng cách giữa các điểm thử tối thiểu là 30 mm. Về số lượng cấu kiện kiểm tra yêu cầu như sau:

- Nếu lô chỉ có 3 cấu kiện hoặc ít hơn thì thử toàn bộ.
- Nếu lô có trên 3 cấu kiện thì có thể kiểm tra toàn bộ hoặc kiểm tra chọn lọc (kiểm tra xác suất). Số lượng cấu kiện kiểm tra xác suất tối thiểu là 10% tổng số cấu kiện trong lô, nhưng không ít hơn 3 cấu kiện.

Bê tông kiểm tra có độ ẩm không được chênh lệch quá 30% so với mẫu chuẩn và giữa các vùng với nhau. Tuổi bê tông kiểm tra tốt nhất là trong khoảng từ 14 đến 56 ngày. Khi tuổi lớn hơn thì sử dụng hệ số điều chỉnh do ảnh hưởng của tuổi để xác định cường độ bê tông - bảng 2.5 phụ lục chương 2.

Khi thử, trục của súng phải vuông góc với bề mặt bê tông. Phương thí nghiệm trên kết cấu và phương kiểm tra trên mẫu phải giống nhau để đảm bảo tính chính xác cho phép thử.

2.2.2. Phương pháp đánh giá chất lượng bê tông thông qua tốc độ truyền sóng siêu âm

2.2.2.1. Nội dung của phương pháp

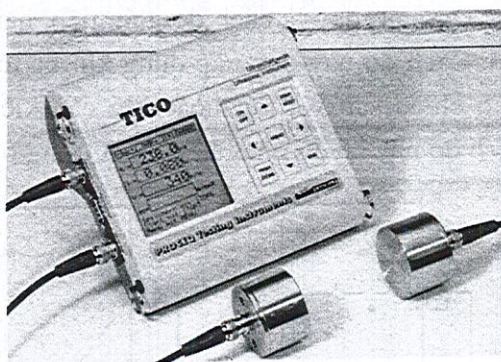
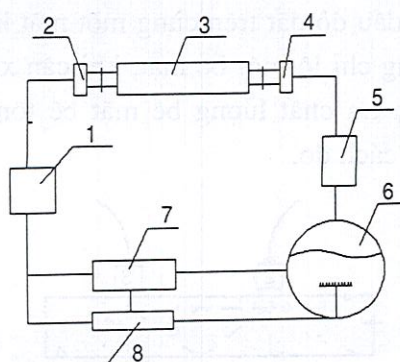
Phương pháp này dựa trên sự thay đổi tốc độ lan truyền dao động của các sóng siêu âm dọc được tạo ra trong bê tông và được kiểm tra nhờ các xung lực tác dụng trong thời gian ngắn, các xung lực này được đặt vào linh kiện bê tông với tần số siêu âm. Vì cường độ bê tông phụ thuộc vào cấu trúc và tính chất của các thành phần của nó nên phương pháp này cho phép xác định cường độ bê tông và sự thay đổi cấu trúc của nó trong kết cấu (đánh giá được vết nứt, lỗ rỗng, dị vật...). Việc đánh giá này tuân theo tiêu chuẩn TCVN. 9357:2012 “Bê tông nặng - phương pháp thử không phá hủy - đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm”.

Vận tốc truyền sóng siêu âm V được xác định thông qua thời gian truyền sóng T và chiều dài chuẩn đo L theo công thức:

$$V = \frac{L}{T} \quad (2.11)$$

2.2.2.2. Thiết bị thử

Thiết bị thử là các loại máy siêu âm có tần số từ 20-150 KHz (thông dụng nhất từ 50-60 KHz). Thiết bị thông dụng hiện nay gồm 2 loại: máy hiển thị dao động bằng màn hiện sóng và thiết bị chỉ thị số (hình 2.8).



Hình 2.8. Sơ đồ nguyên lý thí nghiệm bằng máy siêu âm

1- nguồn phát xung điện; 2- đầu dò phát; 3- mẫu bê tông; 4- đầu dò thu;
5- bộ khuếch đại; 6- bộ hiển thị; 7- bộ đếm thời gian; 8- bộ phận chờ

Nguyên lý hoạt động của thiết bị như sau: xung điện áp được tạo ra từ nguồn phát (1) truyền đến đầu phát (2) và tạo ra các sóng đàn hồi có tần số cao (xung siêu âm) truyền vào môi trường bê tông. Đồng thời, một bộ phận xung điện từ nguồn phát (1) qua bộ phận chờ (8) (ở đây xung được làm trễ một khoảng thời gian đủ để xung điện truyền đến bề mặt bê tông), được truyền đến bộ phận đếm thời gian (7) và bắt đầu tính thời gian truyền xung siêu âm. Xung siêu âm qua môi trường bê tông được đầu dò thu (4) tiếp nhận, được chuyển về dạng tín hiệu điện và khuếch đại nhờ bộ phận khuếch đại (5). Đồng thời tín hiệu điện sẽ báo về bộ phận (7) để dừng quá trình đếm thời gian. Thông số thu được trong quá trình đo siêu âm được hiển thị trên bộ hiển thị (6).

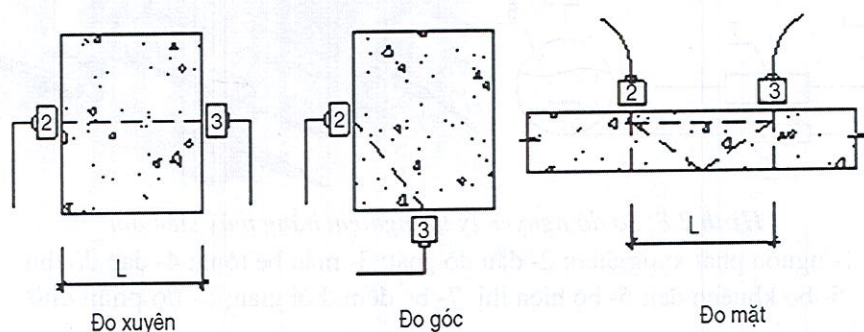
2.2.2.3. Cách thức thí nghiệm

Tham số đo quan trọng nhất trong phương pháp đo siêu âm là thông số vận tốc xung siêu âm. Có 3 cách đo xác định thông số này tùy thuộc vào loại cấu kiện:

- Đo xuyên: đây là cách đo trực tiếp, hai đầu dò được bố trí trên hai mặt đối diện, đồng trục với nhau. Đây là cách đo tối ưu nhất vì năng lượng truyền qua đầu dò đạt mức lớn nhất, độ chính xác phép đo vận tốc bị ảnh hưởng chủ yếu bởi độ chính xác của phép đo dài.

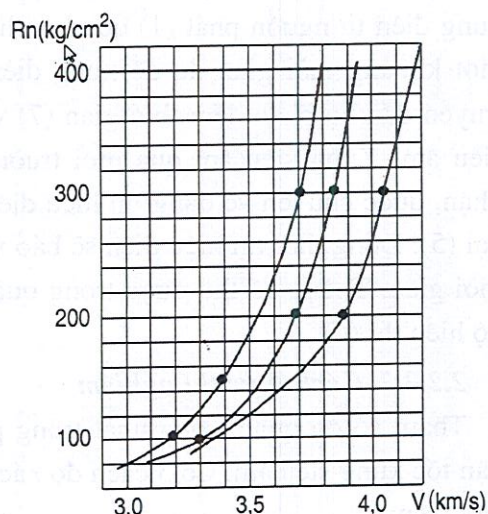
- Đo góc: đây là cách đo bán trực tiếp, hai đầu dò đặt trên 2 mặt vuông góc với nhau. Cách đo này được áp dụng khi không thể đo theo phương pháp đo xuyên (trường hợp đo kết cấu cột, dầm ở góc tiếp giáp) và độ nhạy của phương pháp đo này kém hơn so với phương pháp đo đầu tiên.

- Đo mặt: đây là cách đo gián tiếp, hai đầu dò đặt trên cùng một mặt kết cấu. Cách đo này được áp dụng khi bê tông chỉ lộ một bề mặt, khi cần xác định chiều sâu vết nứt hoặc khi cần kiểm tra chất lượng bề mặt bê tông. Cách đo này có độ nhạy kém nhất trong ba cách đo.



Hình 2.9. Sơ đồ bố trí đầu dò siêu âm

Sau khi lựa chọn cách thức đo, tiến hành áp đầu dò lên bề mặt bê tông. Để xung siêu âm truyền tốt từ đầu phát qua môi trường vật liệu đến đầu thu, phải có biện pháp đảm bảo sự tiếp âm tốt giữa các bộ phận này. Bề mặt bê tông cần được làm phẳng bằng cách sử dụng chất truyền âm (dầu, mỡ công nghiệp...) và đầu dò được áp mạnh vào bề mặt bằng lực cơ học (của tay người vận hành) để đẩy hết không khí còn lại ra ngoài. Trường hợp bề mặt bê tông quá xù xì và gồ ghề, cần phải tiến hành làm phẳng bằng cách sử dụng đá mài hoặc máy mài cầm tay.



Hình 2.10. Đường cong chuẩn để xác định cường độ chịu nén của bê tông theo tốc độ lan truyền của sóng siêu âm phụ thuộc vào độ lớn và cường độ của cốt liệu

Kết quả của các phương pháp đo thu được là vận tốc truyền xung siêu âm. Hình 2.10 biểu thị giá trị cường độ mẫu bê tông thông qua kết quả xác định vận tốc truyền xung siêu âm của phép thử.

2.2.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến việc đo vận tốc xung

Việc đo vận tốc xung trong bê tông chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố như nhiệt độ, độ ẩm, chiều dài đường truyền, vùng có cốt thép... Khi xét đến ảnh hưởng này, trong một số trường hợp cần phải điều chỉnh lại giá trị đo được.

- Độ ẩm: độ ẩm ảnh hưởng đến sự thủy hóa và lượng nước dư trong bê tông, do vậy ảnh hưởng đến vận tốc truyền sóng siêu âm.

- Nhiệt độ: nhiệt độ quá cao hoặc quá thấp có thể gây ra sự biến đổi đặc trưng cơ lý của bê tông. Khi nhiệt độ bê tông ngoài phạm vi 10 - 30°C, vận tốc xung phải được điều chỉnh.

- Ảnh hưởng của chiều dài đường truyền: đường truyền siêu âm phải đủ dài để đại diện cho hỗn hợp bê tông. Với cốt liệu thông thường (cốt liệu có $D_{\max} = 20\text{mm}$) chiều dài đường truyền nhỏ nhất yêu cầu là 100 mm, trường hợp sử dụng cốt liệu thô có $D_{\max}$ đến 40 mm thì chiều dài đường truyền tối thiểu yêu cầu là 150 mm.

- Ảnh hưởng của cốt thép: vận tốc xung siêu âm trong vùng bê tông lân cận cốt thép sẽ cao hơn khi đo ở vùng bê tông đơn thuần (xa cốt thép). Các thông số của cốt thép ảnh hưởng đến việc đo vận tốc xung siêu âm bao gồm: khoảng cách từ cốt thép đến vị trí đo, đường kính, số lượng thanh thép và phương bố trí cốt thép so với phương truyền xung siêu âm. Chính vì vậy, để đảm bảo chính xác kết quả đo, nên đo tại các vị trí xa cốt thép.

- Ảnh hưởng của chiều cao lớp bê tông: vận tốc xung siêu âm có sự thay đổi đáng kể theo chiều cao kết cấu khảo sát, nguyên nhân là do tác động của công tác đổ, đầm khi thi công làm cho phần bên dưới có xu hướng chặt hơn, điều này thấy rõ hơn ở những kết cấu có chiều cao lớn.

2.2.2.5. Ứng dụng siêu âm để kiểm tra độ đồng nhất của bê tông

Ngoài cường độ, độ đồng nhất là một thông số quan trọng đại diện cho chất lượng của vật liệu bê tông. Độ đồng nhất có thể được đánh giá thông qua hệ số đồng nhất cường độ K hoặc qua hệ số biến động V của vận tốc xung siêu âm. Để xác định độ đồng nhất của kết cấu bê tông cần bố trí một hệ thống điểm đo phân bố đều trên bề mặt vật liệu. Số lượng điểm đo phụ thuộc vào kích thước kết cấu, độ chính xác yêu cầu và đặc tính biến động của bê tông.

Hệ số đồng nhất cường độ được xác định theo công thức:

$$K = 1 - 3C_v \quad (2.12)$$

trong đó: C_v - hệ số biến sai về cường độ, được xác định như sau:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}; \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n-1}}; \quad V_i = X_i - \bar{X}; \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$X_i, \bar{X}$ - giá trị cường độ tại điểm đo thứ i và giá trị trung bình của n điểm đo.

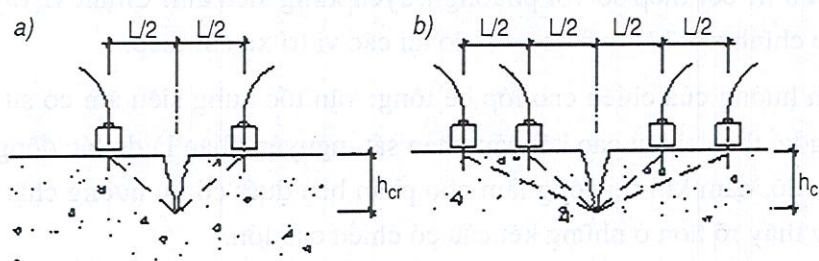
Thông thường, độ đồng nhất của bê tông được coi là yêu cầu nếu $K \geq 0,7$.

2.2.2.6. Ứng dụng siêu âm để kiểm tra khuyết tật trong bê tông

Khuyết tật trong bê tông bao gồm: nứt, lỗ rỗng, dị vật... Trường hợp trong bê tông nhiều khuyết tật hoặc khuyết tật có kích thước lớn nằm ở vị trí nguy hiểm trên tiết diện chịu lực thì cần phải được kiểm tra. Trong các phương pháp sử dụng để kiểm tra khuyết tật của bê tông hiện nay thì siêu âm là phương pháp tiện dụng và có độ tin cậy cao.

a) Xác định chiều sâu vết nứt bằng phương pháp đo mặt

Đo chiều sâu vết nứt bằng phương pháp đo mặt thường áp dụng đối với những kết cấu có diện tích tiếp xúc bề mặt lớn như tấm, bản, khối lớn... Có hai cách để xác định chiều sâu vết nứt:



Hình 2.11. Phương pháp đo mặt xác định chiều sâu vết nứt

Cách 1: Xác định thời gian truyền xung siêu âm trên hai lần đo (hình 2.11a): lần 1 trên vùng bê tông ngang qua vết nứt t_{cr} , lần 2 trên vùng bê tông bình thường t_n với cùng chuẩn đo L . Chiều sâu vết nứt được xác định theo công thức sau:

$$h_{cr} = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{t_{cr}}{t_n}\right)^2 - 1} \quad (2.13)$$

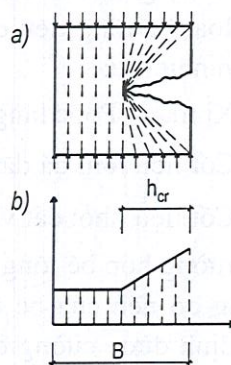
Cách 2: Thực hiện hai phép đo mặt ngang qua nứt (hình 2.11b): lần 1 với chuẩn đo L, lần 2 sử dụng chuẩn đo 2L. Thời gian truyền xung siêu âm tương ứng với hai lần kiểm tra là t_1, t_2 . Chiều sâu vết nứt được xác định theo công thức sau:

$$h_{cr} = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}} \quad (2.14)$$

b) Xác định chiều sâu vết nứt bằng phương pháp đo xuyên

Phương pháp này phù hợp với các kết cấu dạng thanh như dầm, cột... Độ sâu vết nứt sẽ được xác định nhờ hệ lưới bố trí hai đầu dò vuông góc với khuyết tật (hình 2.12a), thông qua các số liệu đo sẽ hình thành biểu đồ, mà trên đó thể hiện sự thay đổi thời gian truyền sóng giữa vùng có và không có khuyết tật (hình 2.12b).

Ngoài ra, phương pháp này cho phép xác định kích thước các loại khuyết tật khác như bọt rỗng lớn, dị vật... xuất hiện trong kết cấu bê tông cốt thép với điều kiện thỏa mãn không gian và vị trí tiếp cận khi tiến hành đo.



Hình 2.12. Phương pháp đo xuyên xác định chiều sâu vết nứt

2.2.3. Phương pháp đánh giá cường độ bê tông sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy

Để đánh giá cường độ bê tông thực tế trên kết cấu công trình trong điều kiện hiện nay có thể sử dụng một hoặc kết hợp các phương pháp thí nghiệm khác nhau. Phương pháp khoan lấy mẫu cho kết quả chính xác nhất, phương pháp này sai số trong phạm vi $\pm 12/\sqrt{n}$, với n là số lượng mẫu khoan. Trong khi đó phương pháp siêu âm cho sai số khoảng $\pm 20\%$, còn phương pháp súng bật nảy cho sai số khoảng $\pm 25\%$. Tuy nhiên, việc khoan lấy mẫu trên kết cấu công trình sẽ làm giảm yếu cấu kiện chịu lực, khó thực hiện nếu cấu kiện bố trí thép dày.

Trong trường hợp không thể lấy mẫu khoan hoặc không xây dựng được biểu đồ chuẩn thì có thể sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy xác định cường độ bê tông tuân theo tiêu chuẩn TCVN 9335:2012 "Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Xác định cường độ nén sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy". Ngoài ra, không áp dụng phương pháp này đối với những trường hợp sau:

- Bê tông có cường độ nén nhỏ hơn 10 MPa hoặc lớn hơn 35 MPa.
- Bê tông sử dụng các loại cốt liệu có đường kính lớn hơn 70 mm.
- Bê tông bị nứt, rỗ hoặc có khuyết tật.
- Bê tông bị phân tầng hoặc là hỗn hợp của nhiều loại bê tông khác nhau.
- Bê tông có chiều dày theo phương thí nghiệm nhỏ hơn 100 mm.

Theo phương pháp này, cường độ nén của bê tông được xác định bằng biểu đồ hoặc bảng tra thông qua vận tốc siêu âm và trị số bật nảy đo được trên bê tông cần thử. Các trị số trên biểu đồ và trong bảng được thiết lập cho một loại bê tông tiêu chuẩn. Một số thành phần đặc trưng của bê tông tiêu chuẩn như sau:

- Xi măng Pooc lăng PC30, hàm lượng 350 kg/m³.
- Cốt liệu lớn: đá dăm $D_{\max} = 40$ mm.
- Cốt liệu nhỏ: cát vàng có $M_n = 2,0 - 3,0$.

Trường hợp bê tông cần thử có thành phần khác với bê tông tiêu chuẩn thì cường độ nén của bê tông được hiệu chỉnh bằng các hệ số ảnh hưởng. Để xác định được cường độ nén của bê tông cần thử, phải có những số liệu kỹ thuật liên quan đến thành phần bê tông thử như: loại xi măng, hàm lượng xi măng sử dụng cho 1m³ bê tông, loại cốt liệu lớn và đường kính lớn nhất của nó ($D_{\max}$).

$$R = C_0 \cdot R_0 \quad (2.15)$$

trong đó: R - cường độ nén bê tông cần thử;

R_0 - cường độ nén bê tông quy ước chuẩn, tra bảng 2.6 phụ lục chương 2;

C_0 - hệ số ảnh hưởng dùng để xét đến sự khác nhau giữa thành phần của bê tông vùng thử và bê tông tiêu chuẩn.

$$C_0 = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \quad (2.16)$$

trong đó: C_1 - hệ số ảnh hưởng của chủng loại mác xi măng sử dụng để chế tạo cấu kiện, kết cấu xây dựng, tra bảng 2.7 phụ lục chương 2;

C_2 - hệ số ảnh hưởng của hàm lượng xi măng sử dụng cho 1 m³ bê tông, tra bảng 2.8 phụ lục chương 2;

C_3, C_4 - hệ số ảnh hưởng của chủng loại và đường kính cốt liệu sử dụng, tra bảng 2.9 và 2.10 phụ lục chương 2.

Trong mỗi vùng thử, số điểm thử tối thiểu đối với súng bắn bê tông là 10 điểm, với siêu âm bê tông là 4 điểm.

2.2.4. Phương pháp siêu âm kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi

Cọc khoan nhồi là kết cấu móng sâu có khả năng chịu lực lớn do nó được đặt xuống lớp đất sâu và cứng, thường là sỏi cuội hoặc đá gốc. Tuy nhiên do công nghệ thi công phức tạp, nên loại kết cấu này thường xuất hiện các khuyết tật phát sinh trong quá trình thi công. Để kiểm soát chất lượng cọc khoan nhồi có một số biện pháp thí nghiệm được tiến hành trong công tác kiểm tra chất lượng cọc bằng phương pháp siêu âm rất quan trọng và yêu cầu bắt buộc.

Kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi bằng phương pháp siêu âm được tiến hành theo tiêu chuẩn TCVN 9396:2012 "Cọc khoan nhồi - xác định tính đồng nhất của bê tông - Phương pháp xung siêu âm". Tiêu chuẩn này còn được áp dụng cho các cấu kiện móng bê tông cốt thép khác nhau có sẵn các ống đo siêu âm như: giếng chìm, tường trong đất, cọc baret và các móng khối bê tông chôn trong đất.

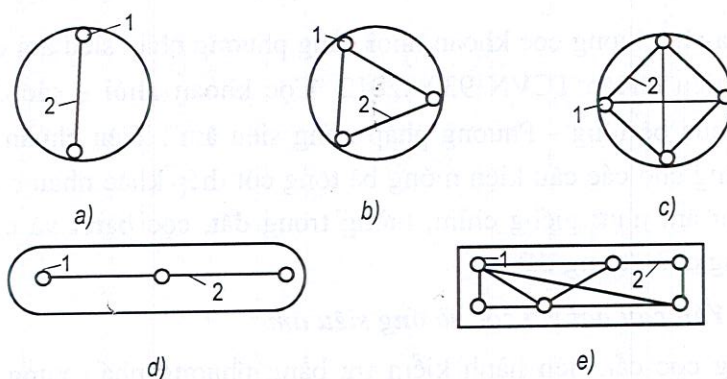
2.2.4.1. Yêu cầu đối với cọc và ống siêu âm

Số lượng cọc cần tiến hành kiểm tra bằng phương pháp xung siêu âm được lựa chọn tùy theo từng giai đoạn. Trong giai đoạn thi công cọc thử, số lượng cọc được kiểm tra là tất cả các cọc có thực hiện các phương pháp kiểm tra sức chịu tải của cọc bằng tải trọng tĩnh hoặc tải trọng động. Trong giai đoạn thi công cọc đại trà, số lượng cọc có đặt ống siêu âm được quy định tối thiểu bằng 50% tổng số lượng cọc có trong công trình, trong đó số lượng cọc cần tiến hành kiểm tra được xác định một cách ngẫu nhiên và lấy ít nhất bằng 25% tổng số lượng cọc có trong công trình.

Ống siêu âm để thả đầu đo được làm bằng thép hoặc nhựa có đường kính phù hợp với kích thước của đầu đo, ống được chôn sẵn trong bê tông. Đường kính trong của mỗi ống thí nghiệm được chọn trong phạm vi từ 50 mm đến 60 mm, chiều dày của thành ống chọn từ 2 mm đến 6 mm và phải tính toán đảm bảo khả năng chịu áp lực. Đầu dưới của ống được bịt kín, đầu trên có nắp đậy. Các đoạn ống siêu âm có thể hàn hoặc buộc chặt vào phía trong lồng cốt thép, các ống này được đặt song song với nhau dọc theo suốt chiều dài thân cọc, đáy của các ống đo được đặt ở cùng một cao độ và sát đáy hố khoan. Việc liên kết giữa các đoạn ống với nhau phải đảm bảo kín không cho nước bắn hoặc tạp chất lọt vào trong ống. Phía trong các ống siêu âm

phải được kiểm tra thông suốt và đổ đầy nước sạch trước khi tiến hành đổ bê tông. Số lượng ống siêu âm được đặt phụ thuộc vào đường kính cọc được lấy như sau:

- Đặt 02 ống khi đường kính cọc $\phi \leq 60$ cm (góc giữa các ống là 180°).
- Đặt 03 ống khi đường kính cọc $60 \text{ cm} < \phi \leq 100$ cm (góc giữa các ống là 120°).
- Đặt lớn hơn hoặc bằng 04 ống khi $\phi > 100$ cm (góc giữa các ống $\leq 90^\circ$).



Hình 2.13. Sơ đồ bố trí ống đo siêu âm với các cấu kiện móng khác nhau
1- ống đo siêu âm; 2- mặt cắt siêu âm giữa các ống

2.2.4.2. Trình tự thí nghiệm

Ống đo được cắt hờ ra, đầu ống phía trên phải cao hơn mặt bê tông ít nhất 0,2 m. Cần kiểm tra độ thông suốt của các ống đo trước khi tiến hành thí nghiệm. Xác định cao độ mép trên của các ống và khoảng cách giữa tâm các ống theo tổ hợp mặt cắt cần tiến hành thí nghiệm. Vị trí các ống phải được thể hiện trên bản vẽ có đánh số thứ tự theo chiều kim đồng hồ và hướng bắc nam.

Trong quá trình thử nghiệm đầu đo dịch chuyển từ đáy lên đỉnh cọc (hình 2.14). Cả đầu thu và đầu phát cùng được kéo lên với một vận tốc tính trước phù hợp với chiều dài cọc và khả năng của thiết bị, các ống siêu âm phải đảm bảo luôn đầy nước, tín hiệu xung siêu âm được hiển thị trên màn hình theo chiều dài của mỗi mặt cắt thí nghiệm và được ghi lại thành tệp số liệu. Kết quả thí nghiệm thu được thông thường bao gồm các số liệu cơ bản sau:

- Thời gian truyền xung, tần số và biên độ xung tại các độ sâu thử nghiệm từ điểm phát đến điểm thu.
- Chiều dài của mỗi mặt cắt thử nghiệm.

2.2.4.3. Đánh giá kết quả thử nghiệm

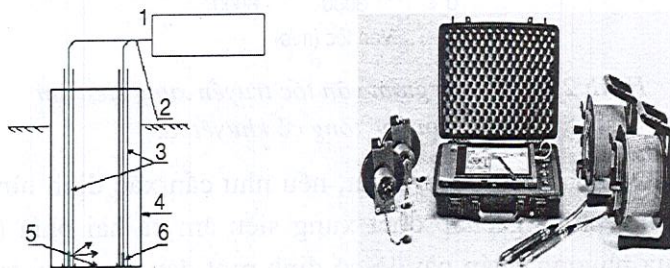
Trên cơ sở các kết quả đo khoảng cách giữa tâm hai đầu đo (khoảng cách giữa tâm hai ống đo cùng mặt cắt thử nghiệm) và thời gian truyền xung giữa hai đầu đo đó, vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông tại một độ sâu thử nghiệm được tính theo công thức:

$$V = \frac{L}{t} \quad (2.16)$$

trong đó: V - vận tốc truyền xung siêu âm (m/s);

L - khoảng cách giữa hai tâm đầu đo (m);

t - thời gian truyền xung siêu âm qua chiều dài L (s).



Hình 2.14. Thử nghiệm siêu âm cọc khoan nhồi

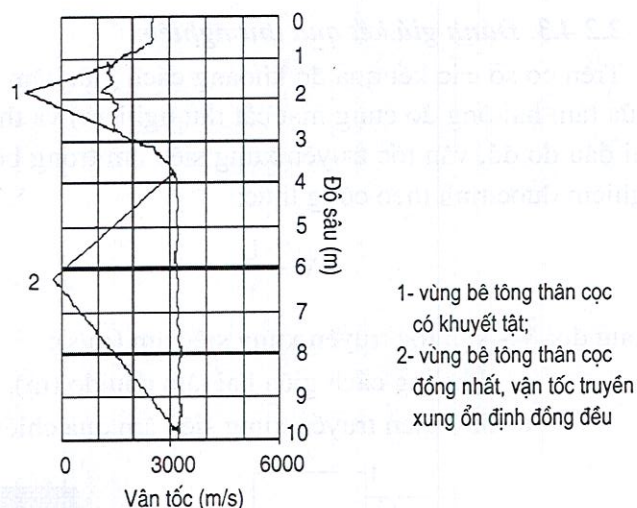
a) Mặt cắt thí nghiệm; b) Máy siêu âm cọc khoan nhồi

1- máy đo siêu âm; 2- cáp tín hiệu; 3- ống đo siêu âm;

4- cấu kiện bê tông cần kiểm tra; 5- đầu phát; 6- đầu thu

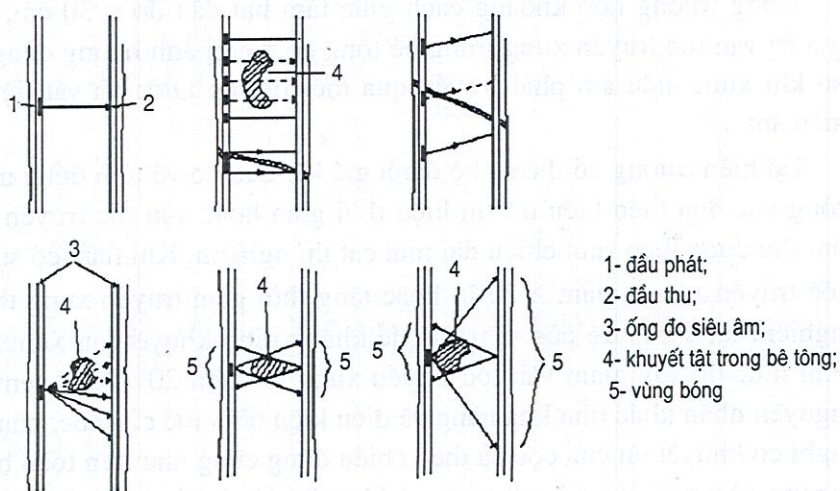
Trong trường hợp khoảng cách giữa tâm hai đầu đo ≤ 30 cm, cần chú ý giá trị vận tốc truyền xung trong bê tông có thể bị ảnh hưởng đáng kể do sai số khi xung siêu âm phải truyền qua môi trường nước và vật liệu làm ống siêu âm.

Tại hiện trường có thể sơ bộ đánh giá kết quả đo về tính đồng nhất của bê tông cọc dựa theo biểu đồ tín hiệu thời gian hoặc vận tốc truyền xung siêu âm thu được theo suốt chiều dài mặt cắt thí nghiệm. Khi thấy có sự giảm vận tốc truyền xung (giảm $\geq 20\%$) hoặc tăng thời gian truyền xung thì phải thử nghiệm lại ở cao độ của vị trí đó để khẳng định khuyết tật, xem hình 2.15. Khi mức độ suy giảm vận tốc truyền xung lớn hơn 20%, cần xem thêm các nguyên nhân khác như khả năng và điều kiện chịu lực của cọc, phạm vi vùng nghi có khuyết tật của cọc cả theo chiều đứng cũng như trên toàn bộ tiết diện ngang của cọc, vai trò của cọc có khuyết tật và của cả móng cọc đó, khả năng sửa chữa... Để kiến nghị cần hay không cần xử lý và phương pháp xử lý hoặc xét sự giảm yếu của cọc trong tính toán.



Hình 2.15. Sự suy giảm vận tốc truyền xung siêu âm trong vùng bê tông có khuyết tật

Sau khi xác định cọc bị khuyết tật, nếu cần xác định hình dạng của khuyết tật, dùng phương pháp quét xung siêu âm cả hai phía (hình 2.16). Nguyên lý của phương pháp này là cố định một đầu đo tại vị trí có khuyết tật, đầu kia di chuyển theo phương đứng để nhận tia quét. Tại từng vị trí đo phải tính được khoảng cách truyền xung siêu âm (khoảng cách giữa hai đầu đo theo đường chéo), kết hợp nhiều mặt cắt và căn cứ vào vận tốc và năng lượng truyền xung để xác định hình dạng khuyết tật.



Hình 2.16. Sơ đồ bố trí đầu thu, phát xung siêu âm để xác định vị trí và hình dạng khuyết tật

Khi xác định tính đồng nhất của bê tông bằng phương pháp xung siêu âm cần đánh giá kết hợp với kết quả thử nghiệm nén của mẫu bê tông và chỉ xét cho phần mẫu bê tông đạt yêu cầu về cường độ theo thiết kế.

2.2.5. Phương pháp điện từ xác định chiều dày lớp bảo vệ, vị trí và đường kính cốt thép trong bê tông

Sử dụng máy dò bằng phương pháp điện từ để xác định chiều dày lớp bảo vệ, vị trí và đường kính cốt thép trong bê tông được sử dụng rộng rãi trong thí nghiệm, kiểm định chất lượng công trình. Phương pháp này được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 9356:2012 “Kết cấu bê tông cốt thép - Phương pháp điện từ xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ, vị trí và đường kính cốt thép trong bê tông”.

2.2.5.1. Thiết bị, dụng cụ

Máy đo có dạng hiển thị số (thường dùng) hoặc kim chỉ, bộ phận chính gồm có: đầu dò, bộ hiển thị và cáp nối giữa hai bộ phận này. Khi đầu dò được di chuyển nhẹ nhàng và luôn giữ tiếp xúc trên bề mặt bê tông, bộ hiển thị sẽ chỉ ra sự có mặt của cốt thép bằng các tín hiệu số hoặc kim chỉ thị.

Để đọc được trực tiếp chiều dày chỉ thị của lớp bảo vệ cốt thép, các thang đo phải được hiệu chuẩn theo quy định. Độ chính xác của phép đo chiều dày lớp bê tông bảo vệ trên dải đo của máy khi hiệu chuẩn đạt $\pm 5\%$ hoặc ± 2 mm.

2.2.5.2. Hiệu chuẩn thiết bị

Cần thường xuyên kiểm tra máy đo trong phòng thí nghiệm nhằm đảm bảo độ chính xác của các số đọc trên thang đo đã được hiệu chuẩn. Số lần kiểm tra phụ thuộc vào chỉ dẫn của nhà sản xuất và điều kiện sử dụng máy đo, nhưng ít nhất cũng phải thực hiện sáu tháng một lần. Có thể tiến hành việc hiệu chuẩn máy trong phòng thí nghiệm (hình 2.17) theo 3 cách sau đây:

a) Hiệu chuẩn máy trên mẫu chuẩn

Mẫu chuẩn là một mẫu bê tông hình hộp có đặt trong đó một thanh thép thẳng tròn trơn, có đường kính xác định. Thanh thép được đặt lệch tâm trong khối mẫu bê tông hình hộp để tạo ra các giá trị chiều dày lớp bê tông bảo vệ khác nhau để hiệu chuẩn.

Tiến hành đo bằng máy theo những chỉ dẫn của nhà sản xuất để đo chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép trên tất cả các bề mặt song song với thanh thép đó, so sánh với chiều dày thực để hiệu chuẩn máy. Nếu cần có các thang đo riêng cho nhiều cỡ thanh, nên tiến hành trước quy trình hiệu chuẩn bằng các mẫu chuẩn có đặt các thanh với từng loại đường kính đại diện. Trong mỗi trường hợp, các giá trị chiều dày bảo vệ thực của thanh thép tính.

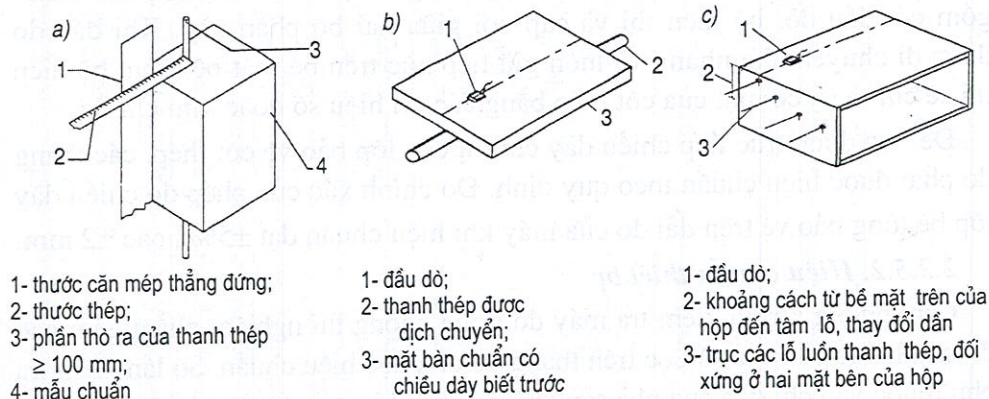
từ 4 mặt bên của khối mẫu phải bao gồm hết phạm vi làm việc của thiết bị đo do nhà sản xuất đưa ra. Phạm vi đo này được chỉ thị trên các thang đo tương ứng.

b) Hiệu chuẩn máy trên bàn chuẩn

Bàn chuẩn có kích thước tối thiểu là 160×200 mm, chiều dày > 5 mm, có bề mặt phẳng nhẵn và được làm bằng vật liệu không nhiễm từ. Bàn chuẩn được đặt lên trên bề mặt thanh thép, mục đích tạo ra một lớp bảo vệ có chiều dày xác định trước để hiệu chuẩn.

c) Hiệu chuẩn máy trên hộp chuẩn

Hộp chuẩn được chế tạo bằng cách khoan các lỗ thẳng góc vào hai bề mặt đối diện nhau của một chiếc hộp được làm từ vật liệu không nhiễm từ và khi đặt các thanh thép theo thứ tự từ trên xuống dưới sẽ tạo thành các chiều dày lớp bảo vệ khác nhau để hiệu chuẩn máy.



Hình 2.17. Sơ đồ hiệu chuẩn máy

a) Hiệu chuẩn trên mẫu chuẩn; b) Hiệu chuẩn trên bàn chuẩn;
c) Hiệu chuẩn trên hộp chuẩn

Trong ba cách hiệu chuẩn trên, sử dụng mẫu chuẩn sẽ cho trạng thái gần với sự làm việc của thép trong bê tông nhất, nhưng mỗi lần hiệu chuẩn khác nhau sẽ phải chế tạo lại mẫu. Cách hiệu chuẩn thứ hai và thứ ba có thể tái sử dụng được trong trường hợp có sự thay đổi về chủng loại thép cần đo, lúc này chỉ cần đổi thanh thép cho phù hợp.

2.2.5.3. Phương pháp đo

Chỉnh mốc 0: đưa đầu dò ra xa các chất có từ tính, điều chỉnh chỉ thị của máy trùng với vạch chuẩn của nhà sản xuất quy định. Kiểm tra sự ổn định của mốc 0 trong suốt quá trình đo.

Xác định vị trí cốt thép: di chuyển đầu dò trên mặt bê tông và tại vị trí có cốt thép chỉ thị của trường điện từ đạt giá trị cực đại. Khi đó trục cốt thép nằm trong mặt phẳng đi qua tâm đầu dò, nếu có thép nằm vuông góc với trục đầu dò thì chỉ thị số và âm thanh sẽ yếu hơn rất nhiều. Để xác định phương của thanh thép trong trường hợp chưa rõ phương, tiến hành dò để bắt 2 điểm trên thanh thép sau đó nối lại, có thể dò thêm một vài điểm trung gian để kiểm tra.

Xác định chiều dày lớp bảo vệ: chuyển chức năng từ dò vị trí sang dò chiều dày lớp bảo vệ. Lúc này chỉ thị trên máy là khoảng cách từ mặt đầu dò đến mặt thanh thép. Độ chính xác chiều dày lớp bảo vệ phụ thuộc vào hai yếu tố là giá trị mốc 0 và đường kính cốt thép đặt trước. Giá trị mốc 0 phải đảm bảo trong dải yêu cầu của nhà sản xuất tương ứng với chiều sâu của thanh thép. Thép càng nằm sâu thì việc đặt mốc 0 càng phải chính xác và khoảng xê dịch về giá trị càng nhỏ. Tương tự, đường kính cốt thép đặt trước sát với đường kính thực tế thì sẽ đảm bảo độ chính xác cao về kết quả đo chiều dày lớp bảo vệ.

Xác định đường kính cốt thép: cách thức đo đường kính cốt thép tùy thuộc vào từng loại thiết bị của các nhà sản xuất khác nhau. Tuy nhiên, nguyên tắc chung của phép đo vẫn là cách làm đúng dần dựa vào phép đo chiều dày lớp bảo vệ. Đầu tiên đặt trước đường kính cốt thép, chỉnh 0 thiết bị, tiến hành đo chiều dày lớp bảo vệ khi cho đầu dò tiếp cận trực tiếp mặt bê tông và khi cho đo gián tiếp thông qua lớp đệm có chiều dày xác định trước, thông thường khoảng 10 - 30 mm. Tiếp tục đo với các chỉ số đường kính khác và so sánh hai cặp số đọc để đối chiếu với hướng dẫn của nhà sản xuất và đưa ra kết luận.

Hiệu chuẩn thiết bị tại hiện trường: ngoài việc hiệu chỉnh máy bằng một trong các phương pháp đã nêu. Để đảm bảo độ chính xác cao hơn hoặc khi gặp các trường hợp bất lợi như kích cỡ các thanh thép ngoài thang đo, bê tông kết cấu khác với bê tông sử dụng mẫu chuẩn... thì cần hiệu chỉnh máy theo một trong hai phương pháp sau:

- Khoan hoặc đục mở các lỗ thử từ bề mặt bê tông cho tới các thanh thép tại các vị trí tương ứng các giá trị chiều dày lớp bảo vệ là lớn nhất, nhỏ nhất và một số giá trị trung gian, theo như chỉ thị của máy. Tiến hành đo khoảng cách từ cốt thép đến bề mặt bê tông. So sánh với các kết quả đã đo bằng máy để thiết lập một biểu đồ chuẩn. Tiến hành hiệu chuẩn các số đo bằng việc sử dụng biểu đồ chuẩn này.

- Đúc mẫu hiệu chuẩn với các đặc tính về vật liệu (thép, bê tông) giống như vật liệu đã kiểm tra để lập biểu đồ chuẩn cho đối tượng kiểm tra.

2.2.5.4. Một số yếu tố ảnh hưởng đến kết quả phép đo

Có nhiều nguyên nhân làm giảm độ chính xác, do có nhiều yếu tố từ bên ngoài ảnh hưởng lên trường điện từ trong giới hạn đo của thiết bị và do các ảnh hưởng của các hiện tượng vật lý khác. Một người sử dụng có kinh nghiệm có thể hạn chế được các ảnh hưởng đó.

a) Ảnh hưởng của thép

- Loại thép: các thang đo đã hiệu chuẩn chỉ có hiệu lực cho một loại thép nhất định (xem các chỉ dẫn của nhà sản xuất). Ảnh hưởng của các loại thép khác nhau lên các số đọc thu nhận được nói chung là nhỏ nhưng trong một số trường hợp đặc biệt, chẳng hạn như các sợi thép cường độ cao dùng cho bê tông ứng suất trước có thể có sai số thêm lên tới $\pm 5\%$ hoặc thậm chí lớn hơn. Khi gặp phải những trường hợp vật liệu như thế, cần tuân theo quy trình hiệu chuẩn như đã trình bày ở trên.

- Tiết diện ngang: các đường cong hiệu chuẩn hoặc thang chia trên bộ chỉ thị được hiệu chuẩn cho các thanh thép tròn tròn cũng có thể sử dụng được cho cả các thanh thép có gờ. Cần lưu ý rằng chiều dày nhỏ nhất giữa thanh thép và bề mặt của bê tông có giá trị bằng chiều dày chỉ thị của lớp bảo vệ trừ đi chiều cao gờ thép. Khi gặp các thanh thép có tiết diện xoắn, có thể sẽ mắc phải các sai số đáng kể nếu không thực hiện một trong số các quy trình hiệu chuẩn.

- Hình dạng và hướng của thanh thép: để thu được độ chính xác cao cho cả phép đo chiều dày bảo vệ và đường kính thì thanh thép phải được đặt thẳng và song song với bề mặt bê tông.

- Vùng có nhiều cốt thép: các thanh cốt thép được bố trí gần nhau có thể gây nên ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác của phép đo. Trong trường hợp các thanh cốt thép đặt song song hoặc vuông góc với nhau trong một khoảng hẹp, cần tuân theo những chỉ dẫn đo của nhà sản xuất. Trong những điều kiện như vậy, nhất thiết người đo phải là người có kinh nghiệm. Trong trường hợp nhiều thanh cốt thép đặt song song thì giá trị chiều dày lớp bảo vệ của từng thanh thép trong đó phụ thuộc vào một vài yếu tố như độ nhạy của thiết bị và kích thước của đầu dò. Thông thường độ chính xác của phép đo chiều dày chỉ thị của lớp bảo vệ sẽ bị ảnh hưởng khi có từ hai thanh thép trở lên nằm trong phạm vi dò của đầu dò. Khi khoảng cách giữa các thanh

thép đặt song song giảm xuống thì sẽ có vị trí không thể định vị được các thanh thép riêng lẻ. Cần có những đầu dò đặc biệt để nâng cao độ chính xác của phép đo chiều dày và nâng cao tính định vị cho từng thanh thép riêng lẻ trong những trường hợp như thế.

- Cốt thép đã bị ăn mòn: khi có sự ăn mòn cốt thép đáng kể, cụ thể là đã có sự bong tróc và phát tán các sản phẩm do quá trình ăn mòn sinh ra, sẽ gây ra sai số của số đọc chiều dày lớp bê tông bảo vệ.

- Thép đai: cốt thép đai, đặc biệt là những nơi gần bề mặt, có thể gây ra nhầm lẫn là số đọc chiều dày lớp bảo vệ cốt thép chủ bị thấp. Tuy nhiên, người sử dụng có kinh nghiệm sẽ có thể phân biệt được vị trí bị ảnh hưởng của cốt thép đai, đỉnh thép... và tập trung vào sự tác động do cốt thép chủ tạo lên.

b) Ảnh hưởng của bê tông

- Cốt liệu: khi trong thành phần bê tông có các cốt liệu có thuộc tính nh mềm từ sẽ gây ra sự thiếu chính xác đáng kể trong kết quả đo chiều dày chỉ thị, tương tự như vậy, việc hoàn thiện mặt nền bởi một chất đặc biệt nào đó có thể dẫn đến các phép đo thiếu chính xác dù cho việc định vị các cốt thép đơn lẻ vẫn thực hiện thuận lợi. Trong một vài trường hợp, tuy các phương pháp hiệu chuẩn có thể giải quyết được vướng mắc, nhưng những kết quả thu được từ các phương pháp này vẫn cần được xử lý cẩn thận. Có thể xác định được sự có mặt của các vật liệu có tính nh mềm từ bằng cách đặt đầu dò lên bề mặt bê tông ở một vị trí nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng của thanh cốt thép gần nhất, sau đó ghi lại và xem xét số đọc trên máy đo với bê tông nh mềm từ.

- Vữa liên kết: những thay đổi trong các đặc trưng từ tính của xi măng và các chất phụ gia rất có thể ảnh hưởng tới kết quả đo chiều dày lớp bảo vệ.

- Lớp hoàn thiện bề mặt: nếu cấu kiện có bề mặt không phẳng, ví dụ bề mặt hoàn thiện để hở cốt liệu sẽ ảnh hưởng đến giá trị chiều dày chỉ thị của lớp bảo vệ và nó giống như các bất thường của vùng bề mặt trong phạm vi của đầu dò.

c) Ảnh hưởng của nhiệt độ

Một vài loại đầu dò rất nhạy cảm với những sự thay đổi của nhiệt độ có thể gây ra bởi tay người sử dụng. Lúc này cần chỉnh mức 0 thiết bị thường xuyên và phải tuân theo những chỉ dẫn của nhà sản xuất.

d) Những tác động từ bên ngoài

Các tác động tương hỗ sẽ xảy ra ở những vùng xung quanh các kết cấu kim loại có kích thước đáng kể chẳng hạn như các bộ phận liên kết cửa sổ, giàn giáo hoặc đường ống thép, đặc biệt là khi chúng nằm sát ngay ở phía dưới đầu dò. Mức độ ảnh hưởng sẽ phụ thuộc vào loại thiết bị đo chiều dày lớp bảo vệ cụ thể được sử dụng nhưng tất cả các loại thiết bị đo đều chịu ảnh hưởng của các từ trường hoặc của các điện trường hoặc chịu ảnh hưởng của cả hai. Trong trường hợp như vậy, độ tin cậy vào việc sử dụng thiết bị có thể hạn chế rất nhiều.

2.2.6. Phương pháp siêu âm kiểm tra chất lượng mối hàn kim loại

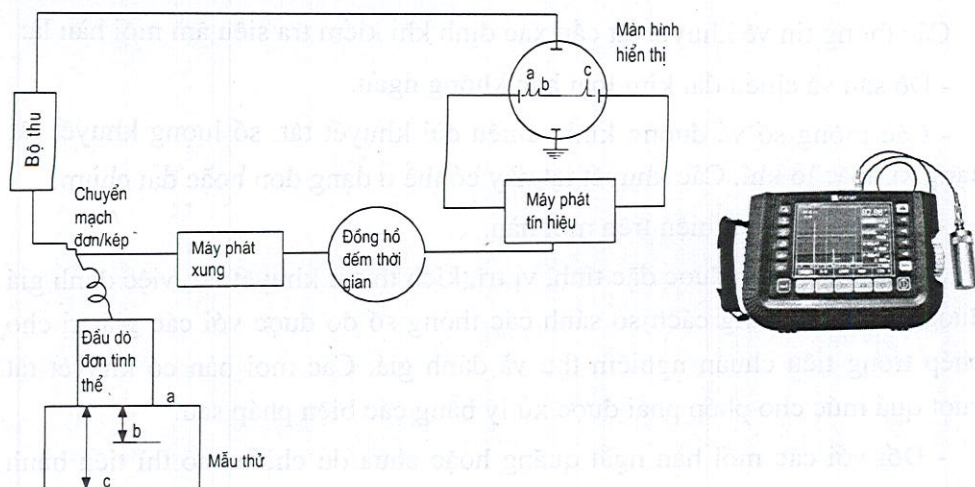
Đây là phương pháp sử dụng sóng siêu âm để kiểm tra khuyết tật của mối hàn kim loại như: mối hàn chưa ngấu, rỗ khí, ngậm xỉ, vết nứt và các khuyết tật khác. Phương pháp này được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 1548:1987 “Kiểm tra không phá hủy mối hàn - Phương pháp siêu âm”.

2.2.6.1. Thiết bị

Thiết bị sử dụng gồm máy siêu âm, bộ đầu dò và mẫu chuẩn. Máy phát xung siêu âm phản xạ có tần số làm việc từ 1MHz ÷ 10MHz. Đầu dò máy siêu âm có 2 loại là đầu dò thẳng và đầu dò nghiêng. Đầu dò thẳng có tác dụng kiểm tra chiều dày các lớp kim loại, khuyết tật nằm song song với bề mặt kim loại, còn đầu dò nghiêng thường dùng để có các góc khúc xạ tia siêu âm: 45°, 60°, 70°. Việc lựa chọn góc nghiêng của đầu dò phụ thuộc vào chiều dày của kim loại mối hàn cần kiểm tra theo bảng 2.11 phụ lục chương 2.

2.2.6.2. Nguyên lý hoạt động

Tại thời điểm bắt đầu hoạt động, máy phát xung phát ra tín hiệu điện truyền đến đầu dò và được khuếch đại lên thành xung siêu âm truyền vào môi trường mẫu thử, đồng thời xung phát này cũng được truyền tới bộ thu, khuếch đại và hiển thị ở dạng tín hiệu (a). Tín hiệu (a) được gọi là xung gốc. Phần xung truyền vào mẫu thử tới mặt khuyết tật (b) một phần bị phản xạ lại truyền qua đầu dò tới phân thu và được hiển thị dạng tín hiệu (b) trên màn hình gọi là xung khuyết tật. Phần còn lại đi tới mặt đáy mẫu thử phản xạ lại và hiển thị trên màn hình dạng (c) gọi là xung phản xạ đáy hay xung đáy. Như vậy, nếu kết quả hiển thị trên màn hình chỉ xung gốc và xung đáy thì tại điểm thử không có khuyết tật (hình 2.18).



Hình 2.18. Sơ đồ khối của máy siêu âm loại xung phản xạ

Trong quá trình thử nghiệm, xung siêu âm được phát lặp lại liên tục, tần số phát lặp lại xung phải đảm bảo đồng thời hai điều kiện sau:

- Đủ lớn để các tín hiệu hiển thị trên màn hình đảm bảo độ sáng mà mắt thường có thể nhìn thấy được.
- Đảm bảo thời gian để không xảy ra sự nhầm lẫn: phát xung thứ hai trước khi thu xung thứ nhất về (có thể xảy ra khi đo ở các chiều dày mẫu thử khác nhau mà không có sự điều chỉnh tần số phát lặp xung).

Chính vì vậy, trong các máy siêu âm hiện đại, tần số phát lặp xung thường được tự động thay đổi trong phạm vi từ 50 xung/giây đến 1250 xung/giây, tùy theo bề dày của mẫu thử, thông số này được đặt trên máy trước khi thử nghiệm.

Cách dùng đầu dò thẳng như trên thích hợp với việc kiểm tra khuyết tật tồn tại trong kim loại trong quá trình sản xuất như việc kim loại bị tách lớp hoặc để kiểm tra chiều dày kim loại cơ bản. Để kiểm tra khuyết tật xuất hiện trong mối hàn, đặc biệt là các mối hàn góc, hàn chữ T... đầu dò được sử dụng trong trường hợp này là đầu dò nghiêng. Xung siêu âm được phát từ đầu dò nghiêng có đặc điểm là đi xiên góc theo góc nghiêng của đầu dò và nếu không gặp khuyết tật xung siêu âm sẽ phản xạ lại khi gặp bề mặt kim loại rồi tiếp tục lan truyền. Trường hợp gặp khuyết tật trên đường truyền, một phần sóng siêu âm sẽ phản xạ trở lại và cho chỉ thị về vị trí, kích thước của khuyết tật trên đường truyền sóng.

Các thông tin về khuyết tật cần xác định khi kiểm tra siêu âm mối hàn là:

- Độ sâu và chiều dài kim loại hàn không ngấu.
- Các thông số về đường kính, chiều dài khuyết tật, số lượng khuyết tật dạng xỉ hoặc lỗ khí. Các khuyết tật này có thể ở dạng đơn hoặc dải chùm.
- Các vết nứt xuất hiện trên mối hàn.

Sau khi xác định được đặc tính, vị trí, kích thước khuyết tật, việc đánh giá được tiến hành bằng cách so sánh các thông số đo được với các giá trị cho phép trong tiêu chuẩn nghiệm thu và đánh giá. Các mối hàn có khuyết tật vượt quá mức cho phép phải được xử lý bằng các biện pháp sau:

- Đối với các mối hàn ngắt quãng hoặc chưa đủ chiều cao thì tiến hành hàn đắp.

- Các khuyết tật như không ngấu, xỉ hoặc lỗ khí vượt quá mức quy định phải được tẩy bỏ với chiều dài bằng chiều dài khuyết tật và rộng thêm về hai đầu mỗi phía 15 mm và tiến hành hàn lại.

- Nếu phát hiện có vết nứt thì phải xử lý bằng cách khoan chặn hai đầu bằng khoan và gia công vát mép đoạn đường hàn có vết nứt, chiều dài xử lý giống như yêu cầu trên và hàn lại.

Các vị trí mối hàn có khuyết tật sau khi xử lý xong phải được kiểm tra lại bằng siêu âm như trình tự ban đầu.

Chương 3

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÔNG TRÌNH CHỊU TẢI TRỌNG TĨNH

Tải trọng tĩnh là tải trọng không thay đổi theo thời gian, hoặc tải trọng tăng, giảm từ từ nên không gây ra các tác động động lực lên kết cấu công trình. Thí nghiệm gia tải tĩnh là thí nghiệm bằng cách chất tải từ từ lên kết cấu công trình nhằm xác định sự tương quan giữa các giá trị thực tế và giá trị tính toán hoặc thiết kế của độ bền, độ cứng, khả năng chống nứt... của kết cấu công trình cần khảo sát.

Trong thực tế, hầu hết tải trọng tác dụng lên công trình ở dạng tải trọng tĩnh như trọng lượng bản thân và hoạt tải sử dụng. Kết cấu chịu lực công trình trước hết phải đảm bảo độ bền, độ cứng, độ ổn định trong quá trình khai thác sử dụng. Vì vậy, thí nghiệm công trình chịu tải trọng tĩnh là bước cơ bản của nghiên cứu thực nghiệm, của công tác kiểm tra, kiểm định vật liệu và kết cấu công trình.

3.1. NHIỆM VỤ CỦA THÍ NGHIỆM TĨNH

Thực hiện thí nghiệm tải trọng tĩnh nhằm kiểm tra tổng thể các chỉ số về độ bền, độ cứng, khả năng chống nứt của kết cấu được chế tạo theo thiết kế. Thí nghiệm tải trọng tĩnh nhằm xác định giá trị thực của tải trọng phá hoại theo cường độ (trạng thái giới hạn thứ nhất), các giá trị độ võng và bề rộng vết nứt thực tế (trạng thái giới hạn thứ hai). Trên cơ sở so sánh các giá trị thực của tải trọng phá hoại, độ võng và bề rộng vết nứt với các giá trị tương ứng trong hồ sơ thiết kế hay của các tiêu chuẩn, quy phạm quy định cho phép đánh giá độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt của cấu kiện hay kết cấu công trình.

Sự làm việc của kết cấu công trình rất phức tạp, các phương pháp tính thường được xây dựng trên cơ sở các giả thiết ban đầu và với một sơ đồ tính đơn giản hơn so với thực tế, nên các kết quả tính toán chỉ là gần đúng. Các

thí nghiệm có thể thực hiện trên các đối tượng thực hoặc trên mô hình, tiến hành thí nghiệm trong phòng thí nghiệm hoặc tại hiện trường. Thí nghiệm công trình chịu tác dụng của tải trọng tĩnh là bước cơ bản và cần thiết của quá trình nghiên cứu thực nghiệm. Trong thực tế, các thí nghiệm tĩnh nhằm đáp ứng những nhiệm vụ cơ bản sau:

- *Thí nghiệm thử tải nghiệm thu công trình mới xây dựng xong.* Mục đích kiểm tra trạng thái của đối tượng và các chỉ tiêu làm việc thực tế so với các yêu cầu của thiết kế và tiêu chuẩn quy phạm.

- *Thí nghiệm thử tải đối với các công trình đã và đang khai thác sử dụng.* Để kiểm tra khả năng làm việc bình thường công trình dưới tác dụng của tải trọng sử dụng sau khi công trình bị các sự cố nguy hiểm hoặc để chứng minh khả năng chịu được tải trọng lớn hơn đối với những công trình sau khi được gia cố, cải tạo.

- *Thí nghiệm kiểm tra các cấu kiện chế tạo hàng loạt.* Áp dụng phương pháp chọn mẫu thử và tiến hành đến trạng thái phá hoại hoàn toàn. Mục đích xác định khả năng chịu lực thực tế và những đặc trưng khác của đối tượng nhằm đánh giá chất lượng sản phẩm và xác định độ an toàn dự trữ của lô cấu kiện xuất xưởng.

- *Thí nghiệm nghiên cứu khoa học và ứng dụng.* Để đánh giá các đặc trưng cơ - lý của những vật liệu mới, hoặc khi nghiên cứu cấu kiện làm việc trong điều kiện đặc biệt như nhiệt độ, áp suất cao, bão, động đất, cháy, nổ...

- *Tham gia vào các nội dung trong quá trình xây dựng các tiêu chuẩn, quy phạm.* Xác định các hệ số thực nghiệm trong các phương pháp tính.

3.2. CHỌN ĐỐI TƯỢNG THÍ NGHIỆM

Các đối tượng nghiên cứu phải là những cấu kiện, những kết cấu mang đầy đủ tính chất tiêu biểu, đặc trưng và phù hợp với mục đích của công việc thử tải trọng và nghiên cứu thực nghiệm. Cách thức lựa chọn như sau:

- Với những kết cấu tiến hành thí nghiệm với mục đích kiểm tra chất lượng sản phẩm, thường là những cấu kiện định hình, được sản xuất tại nhà máy cấu kiện bê tông đúc sẵn. Cấu kiện được chọn là những cấu kiện có chất lượng tốt nhất và xấu nhất trong nhóm sản phẩm. Căn cứ để chọn các đối tượng đó là các thông tin nhận được từ quá trình khảo sát hiện trạng bằng phương pháp không phá hoại. Số lượng đối tượng thí nghiệm của một chủng loại kết cấu được quy định trong các tiêu chuẩn kiểm định quốc gia.

- Với những kết cấu cần tiến hành thí nghiệm để làm sáng tỏ các yêu cầu trong quá trình kiểm định các công trình đã xây dựng xong hoặc các kết cấu công trình đang thi công. Khi đó việc chọn đối tượng cần lưu ý:

+ Số lượng kết cấu đặt tải phải là tối thiểu.

+ Thí nghiệm cần phải bao quát tất cả những dạng cơ bản của các phần tử chịu lực trong công trình.

+ Chọn những kết cấu có sơ đồ làm việc rõ ràng nhất và tĩnh định, hoặc các kết cấu đứng riêng lẻ không có liên hệ với các bộ phận khác trong công trình, vì khi tồn tại những liên hệ đó sẽ làm sai lệch trạng thái làm việc cơ bản của đối tượng khảo sát.

- Với những kết cấu được lựa chọn để thí nghiệm trong những công trình bị sự cố kỹ thuật, bị hư hỏng do các tác nhân bên ngoài phải là những kết cấu bị hư hỏng nhiều nhất trong công trình.

- Với những kết cấu dùng trong nghiên cứu khoa học thường được thiết kế và chế tạo theo các yêu cầu riêng phục vụ cho mục đích của vấn đề nghiên cứu.

3.3. TẢI TRỌNG THÍ NGHIỆM TĨNH

Trong thực tế, kết cấu công trình chịu tác dụng của tải trọng tĩnh với tải trọng tính toán P_{tt} bao gồm trọng lượng bản thân và các hoạt tải sử dụng. Để khảo sát đầy đủ quá trình làm việc của vật liệu, đồng thời có thể đánh giá được độ bền, độ cứng và các chỉ tiêu khác của kết cấu công trình cần gia tải lên kết cấu thí nghiệm tải trọng thí nghiệm P_{tn} có giá trị lớn hơn P_{tt} .

3.3.1. Yêu cầu đối với tải trọng thí nghiệm

Có thể gia tải bằng máy thí nghiệm kéo, nén, kích thủy lực với trạm bơm tay hoặc chạy điện, tời kéo, hệ thống đòn bẩy hoặc đặt tải trực tiếp lên kết cấu bằng các vật nặng, bao cát, thùng nước, khối bê tông hay các loại vật liệu rời được đóng bao hoặc đúc thành viên khối. Dù chọn phương án gây tải nào đều phải đảm bảo các yêu cầu cơ bản sau đây:

- Có thể cân đong, đo, đếm và đảm bảo độ chính xác cần thiết.

- Đối với các thí nghiệm nghiên cứu khoa học, các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm phải đảm bảo sai số không quá $\pm 1,5\%$, đối với thí nghiệm hiện trường sai số không quá $\pm 5\%$.

- Có thể chia nhỏ theo yêu cầu phân cấp tải trọng thí nghiệm từng cấp nhỏ.

- Giá trị tăng từ từ, liên tục và giá trị mỗi cấp tải không thay đổi trong suốt quá trình thí nghiệm. Không chịu ảnh hưởng của môi trường thí nghiệm.

- Truyền trực tiếp và toàn bộ giá trị lên kết cấu thí nghiệm.

Đối với các công trình hay kết cấu có yêu cầu cần chuyển giao cho sử dụng sau lúc khảo sát thực nghiệm: quá trình thí nghiệm không được làm thay đổi hoặc hư hỏng trạng thái bình thường của chúng, có nghĩa là trong quá trình chất và dỡ tải trọng, trên đối tượng khảo sát không cho phép phát triển biến dạng dư và càng không được làm hư hỏng sự liên tục của kết cấu mà trong điều kiện làm việc bình thường không thể xuất hiện.

Đối với các kết cấu không có nhu cầu sử dụng lại sau khi thí nghiệm, giá trị tải trọng thí nghiệm tối đa phụ thuộc vào nhiệm vụ nghiên cứu đặt ra ban đầu. Nếu mục đích của thí nghiệm là để xác định khả năng chịu lực hay là để nghiên cứu điều kiện xuất hiện những hư hỏng cục bộ thì giá trị cực đại của tải trọng thí nghiệm sẽ được tăng dần cho đến khi trong đối tượng xuất hiện các kết quả yêu cầu.

Với các sản phẩm chế tạo sẵn:

- Khi tiến hành kiểm tra cường độ, thì tải trọng kiểm tra thường dùng bằng tải trọng tính toán nhân với hệ số từ 1,4 đến 2,0 tùy thuộc chủng loại kết cấu, vật liệu sử dụng và tính chất phá hoại mong muốn.

- Khi tiến hành kiểm tra độ cứng, thì tải trọng kiểm tra được dùng bằng giá trị tải trọng tiêu chuẩn đặt ở vị trí bất lợi nhất trên cấu kiện.

- Khi cần kiểm tra chống nứt trong các cấu kiện bê tông cốt thép, thì trị số của tải trọng kiểm tra nứt lấy bằng 1,05 giá trị tải trọng tính toán đối với cấu kiện có khả năng chống nứt loại I và 1,05 giá trị tải trọng tiêu chuẩn đối với cấu kiện loại II.

3.3.2. Trình tự chất và dỡ tải trọng lên kết cấu thí nghiệm

3.3.2.1. Phân cấp tải trọng thí nghiệm

Tải trọng thí nghiệm cần được phân chia thành từng cấp. Việc lựa chọn số lượng cấp và giá trị mỗi cấp tải cần lưu ý các yếu tố sau:

- Khi giá trị các cấp tải càng nhỏ thì số lượng các cấp tải càng lớn, do đó càng có nhiều số liệu đọc được trên các dụng cụ đo. Điều đó cho khả năng xây dựng chính xác mối quan hệ giữa tải trọng tác dụng và các tham số cần đo, cho phép khảo sát đầy đủ được quá trình và các giai đoạn làm việc của kết cấu công trình.

- Đảm bảo an toàn hơn cho quá trình gia tải do tránh được sự phá hoại đột ngột của đối tượng thí nghiệm bởi các yếu tố khó tính toán trước được.

- Khi số lượng cấp tải càng nhiều thì quá trình thí nghiệm sẽ bị kéo dài.

Thông thường phân chia tải trọng thí nghiệm thành 5 - 10 cấp, tức là giá trị trung bình mỗi cấp tải bằng khoảng $1/10 - 1/5$ giá trị tải trọng thí nghiệm. Giá trị tăng của cấp tải sau nên nhỏ hơn cấp tải trước, bởi vì ở các cấp tải sau cần được khảo sát kỹ lưỡng khi kết cấu thí nghiệm có thể xuất hiện các biến dạng dẻo, nứt, phá hoại cục bộ hay mất ổn định.

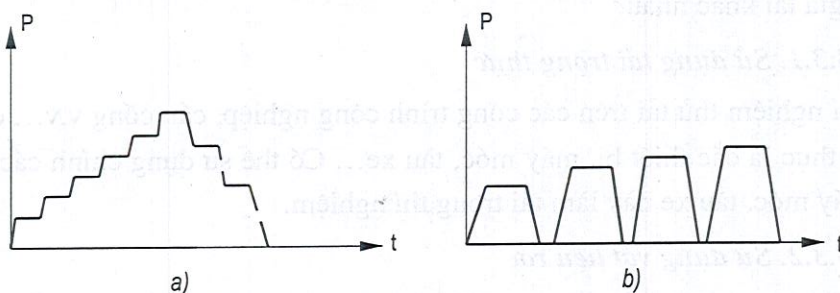
Đối với các thí nghiệm phá hoại, việc gia tải được thực hiện cho đến khi kết cấu xuất hiện các dấu hiệu bị phá hủy, thể hiện ở các đặc trưng: độ võng tăng liên tục, kết cấu mất ổn định, vết nứt phát triển liên tục khi giữ nguyên tải trọng, cốt thép bị chảy dẻo trước khi vùng nén bị phá vỡ hoặc bê tông vùng nén bị phá vỡ và cốt thép vùng kéo bị đứt. Khi cấp tải cuối cùng đã được gia tải mà kết cấu thí nghiệm vẫn chưa phá hoại thì tiếp tục gia tải các cấp tải trọng tiếp theo cho đến khi kết cấu thí nghiệm bị phá hoại.

3.3.2.2. Chất tải

Việc chất tải thí nghiệm có thể thực hiện theo hai phương pháp:

- Phương pháp chất tải liên tục. Với phương pháp này, kết thúc cấp tải trước thì tăng tiếp lên cấp tiếp theo (hình 3.1a).

- Phương pháp chất tải từng đợt độc lập. Với phương pháp này, kết thúc cấp tải trước, hạ tải về không rồi tiếp tục tăng lên cấp tiếp theo. Phương pháp này cho phép xác định được biến dạng dư của từng cấp tải (hình 3.1b).



Hình 3.1. Phương pháp chất tải

a) Phương pháp chất tải liên tục; b) Phương pháp chất tải từng đợt độc lập

3.3.2.3. Giữ tải trọng

Để làm sáng tỏ quy luật biến thiên chuyển vị và biến dạng của đối tượng khảo sát, sau lúc đặt các cấp tải trọng thường phải giữ nguyên giá trị của nó trên đối tượng khảo sát trong một khoảng thời gian đủ để cho chuyển vị và

biến dạng của kết cấu được hoàn tất. Thời gian đó phụ thuộc vào chủng loại vật liệu, cấu tạo của kết cấu, thường được quy định như sau:

- Đối với kết cấu kim loại giữ tải từ 15 đến 30 phút.
- Đối với kết cấu bê tông cốt thép giữ tải không ít hơn 30 phút.

Nếu trong thời gian quy định giữ trị số tải trọng không đổi mà chuyển vị và biến dạng của kết cấu chưa hoàn tất thì thời gian giữ tải phải kéo dài thêm. Nếu gặp trường hợp, sự phát triển của chuyển vị và biến dạng không chậm lại, thì kết cấu đó xem như không đưa vào sử dụng được trong điều kiện chịu tải tương ứng.

3.3.2.4. Dỡ tải trọng

Về nguyên tắc, số lượng cấp dỡ tải trọng và giá trị mỗi cấp được lấy bằng như cấp chất tải. Điều đó cho phép dễ dàng thể hiện sự tương ứng của quá trình thuận nghịch của số đọc trên các thiết bị đo, xác định được biến dạng dư sau khi kết cấu công trình đã chịu tác dụng của tải trọng tĩnh. Thông thường, để rút ngắn thời gian thí nghiệm, số lượng cấp giảm tải có thể ít hơn.

3.3.3. Các phương pháp tạo tải trọng tĩnh

Tổ hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu công trình bao gồm tải trọng bản thân và các hoạt tải. Khi tiến hành thí nghiệm tĩnh, phải tạo ra tải trọng thí nghiệm P_{TN} có sơ đồ càng đúng với sơ đồ tải trọng thực càng tốt. Tùy thuộc vào yêu cầu thực tế và các thiết bị sẵn có mà có thể vận dụng các phương pháp gia tải khác nhau.

3.3.3.1. Sử dụng tải trọng thực

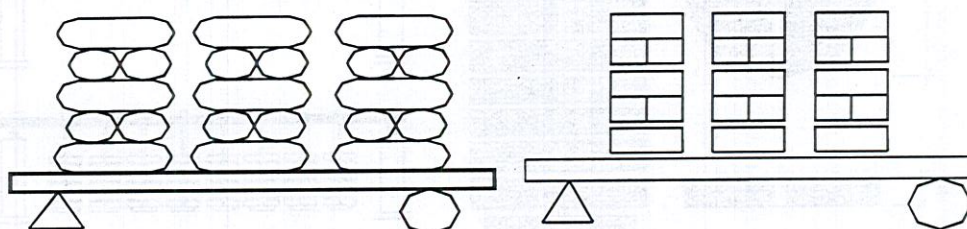
Thí nghiệm thử tải trên các công trình công nghiệp, cầu cống v.v... có tải trọng thực là các thiết bị, máy móc, tàu xe... Có thể sử dụng chính các thiết bị, máy móc, tàu xe này làm tải trọng thí nghiệm.

3.3.3.2. Sử dụng vật liệu rời

Các loại vật liệu rời như cát, đá, xi măng... là những vật liệu sẵn có tại các công trình xây dựng, khi được sử dụng làm tải trọng sẽ làm hạ giá thành thí nghiệm.

Khi sử dụng các loại vật liệu này làm tải trọng phân bố, không được chất trực tiếp thành một đồng lên mặt kết cấu thí nghiệm vì vật liệu sẽ làm cản trở chuyển vị và biến dạng của kết cấu thí nghiệm, không còn khoảng trống để

lắp dụng cụ đo và quan sát, khó đảm bảo an toàn khi kết cấu thí nghiệm bị phá hoại. Khi sử dụng phương pháp này, yêu cầu vật liệu rời phải được đóng thành bao hoặc đúc thành viên khối có trọng lượng ≤ 50 kg để thuận tiện cho việc mang vác và thao tác khi chất dỡ tải (hình 3.2).

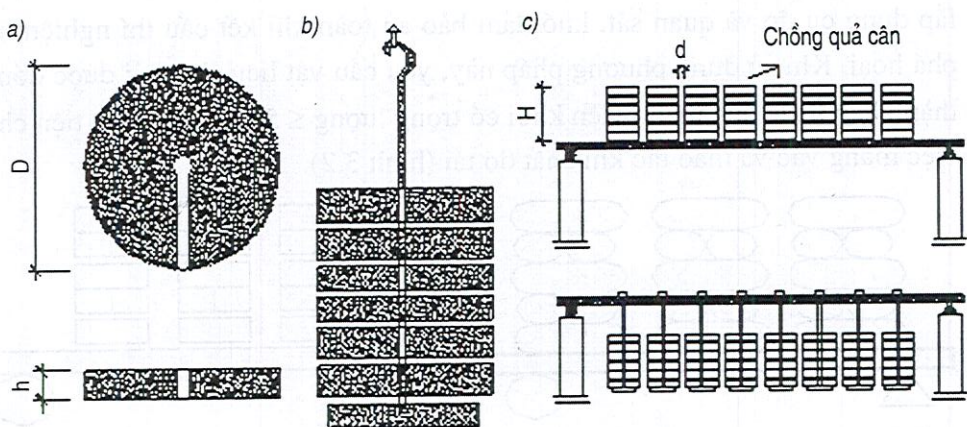


Hình 3.2. Chất tải phân bố bằng vật liệu rời
a) Vật liệu rời đóng bao; b) Vật liệu viên khối

3.3.3.3. Gia tải bằng quả cân

Quả cân chuyên dùng được sử dụng làm tải trọng thí nghiệm chỉ có ở trong các phòng thí nghiệm. Nó được sử dụng trong các trường hợp thí nghiệm những cấu kiện hay mô hình kết cấu với kích thước nhỏ, yêu cầu lượng tải trọng chất trực tiếp lên chúng không lớn, thường từ vài chục cân đến vài tấn. Quả cân thường được sử dụng làm tải trọng phân bố khi thí nghiệm trong phòng hay ngoài hiện trường. Bằng những quả cân chuẩn này, cho phép tác dụng lên cấu kiện với giá trị lực tác dụng khá chính xác và rất thuận tiện, không bị ảnh hưởng của môi trường như đối với các phương tiện sử dụng vật liệu rời và viên khối làm tải trọng. Các quả cân được đúc bằng gang hình tròn có cùng đường kính $D = 200$ mm với chiều dày h_i khác nhau và tổ hợp thành các giá trị tải trọng khác nhau. Để thuận tiện cho việc xếp tải khi tiến hành thí nghiệm, trên mỗi quả cân có bố trí xẻ rãnh đến tâm để lùa vào quang treo. Việc dùng quả cân làm tải trọng phân bố có thể được thực hiện bằng cách xếp trực tiếp lên kết cấu theo từng chồng hoặc qua các quang treo (hình 3.3).

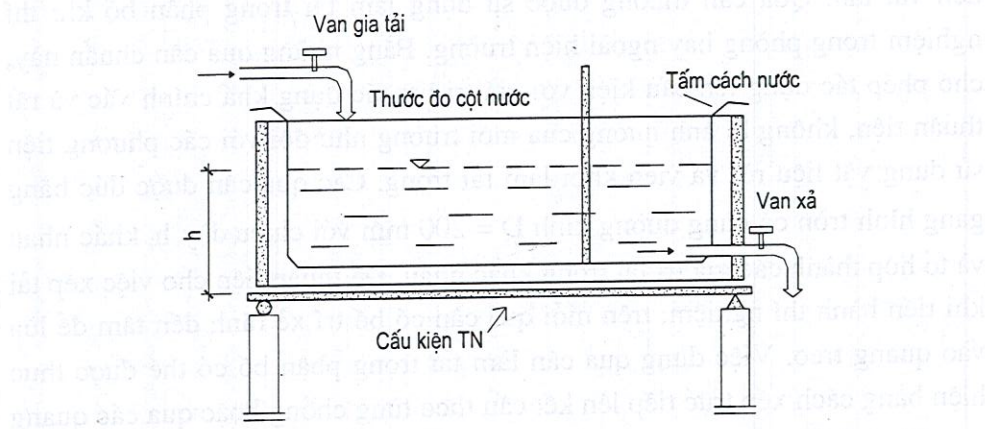
Việc gia tải phải được thực hiện từ gối đến giữa dầm, tấm, bản hoặc cột một cách đối xứng và nhẹ nhàng, các chồng phải có độ cao thích hợp để khi kết cấu bị biến dạng không bị nghiêng đổ. Khoảng cách giữa các chồng tải phải > 50 mm để khi kết cấu thí nghiệm bị võng xuống, các chồng tải không đụng nhau cản trở biến dạng, đồng thời có chỗ lắp đặt dụng cụ đo và có thể quan sát được bề mặt vật liệu của kết cấu thí nghiệm.



Hình 3.3. Sơ đồ bố trí quả cân làm tải trọng phân bố trên cấu kiện
a) Quả cân; b) Xếp quả cân lên quang treo; c) Sơ đồ chất tải

3.3.3.4. Gia tải bằng nước

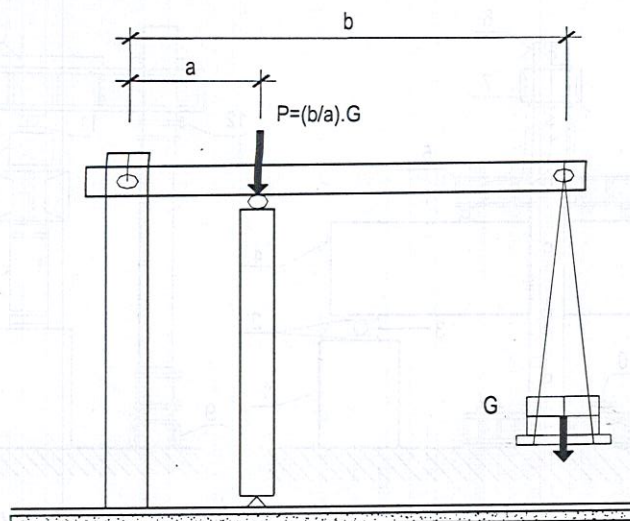
Có thể nói, đây là dạng tải trọng phân bố hoàn hảo tác dụng lên bề mặt kết cấu thí nghiệm. Để giảm bớt tác động cản trở của đáy bể, người ta chỉ cấu tạo thành bể là vật liệu cứng như gạch xây, khuôn gỗ... rồi trải lớp vải không thấm nước tạo thành bể chứa như hình 3.4.



Hình 3.4. Sơ đồ gia tải phân bố bằng nước

3.3.3.5. Gia tải bằng đòn bẩy

Theo phương pháp này, giá trị tải trọng tập trung truyền lên kết cấu thí nghiệm được khuếch đại qua hệ đòn bẩy, vì vậy số vật nặng được sử dụng làm tải ít hơn nên rút ngắn được thời gian đặt và dỡ tải. Mặt khác, do trọng tâm của khối vật nặng được hạ thấp nên bảo đảm an toàn hơn cho người và thiết bị khi thí nghiệm (hình 3.5).



Hình 3.5. Sơ đồ gia tải bằng đòn bẩy

3.3.3.6. Dùng kích thủy lực và hệ dầm phân lực

Có thể tạo tải trọng tập trung trực tiếp tại điểm đặt lực. Khi kết hợp với hệ dầm phân lực hoặc quang treo để tạo ra nhiều tải trọng tập trung hoặc tải trọng phân bố có giá trị lớn.

Hệ gia tải thủy lực phải đảm bảo không bị rò rỉ, có khả năng giữ tải ổn định không ít hơn 24 giờ, hoạt động an toàn dưới áp lực không nhỏ hơn 150% áp lực làm việc. Kích thủy lực cần đáp ứng các yêu cầu sau:

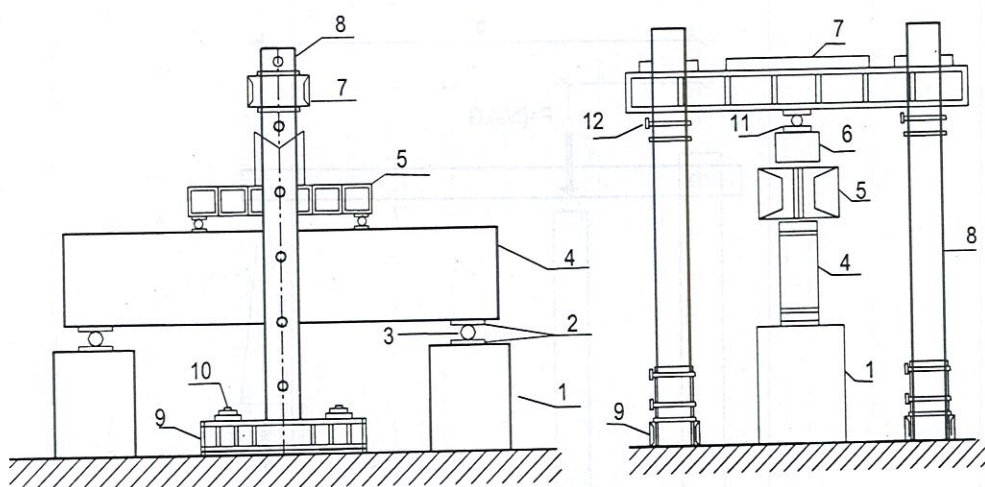
- Có hành trình đủ đáp ứng chuyển vị của kết cấu thí nghiệm theo dự kiến cộng với biến dạng của hệ phân lực.

- Khi sử dụng nhiều kích để gia tải trên một kết cấu thí nghiệm, các kích phải cùng chủng loại, cùng đặc tính kỹ thuật và phải được cung cấp áp lực làm việc từ một trạm bơm thông qua các van chia thủy lực và hệ thống dẫn áp lực.

Đồng hồ áp lực nên được hiệu chỉnh đồng bộ với kích và hệ thống thủy lực với độ chính xác đến 5%. Nếu không có điều kiện chỉnh đồng bộ thì có thể hiệu chỉnh riêng đồng hồ áp lực.

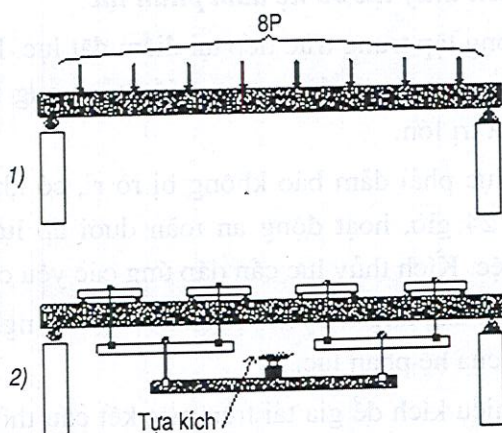
a) Cách gia tải thủy lực tạo tải trọng tập trung

Kích thủy lực có thể đặt trực tiếp tại điểm đặt lực, có thể dùng dầm phân lực hoặc quang treo để phân chia lực đẩy của kích thành 2, 4 hoặc 8 điểm tải tập trung như trên sơ đồ thí nghiệm trên hình 3.6a và 3.6b.



Hình 3.6a. Sơ đồ thí nghiệm dầm bằng hai tải trọng tập trung

1- mố; 2- tấm đệm; 3- con lăn; 4- dầm thí nghiệm; 5- dầm phân tải; 6- kích thủy lực; 7- xà ngang; 8- thanh neo; 9- xà neo; 10- bu lông; 11- quả cầu; 12- chốt trục



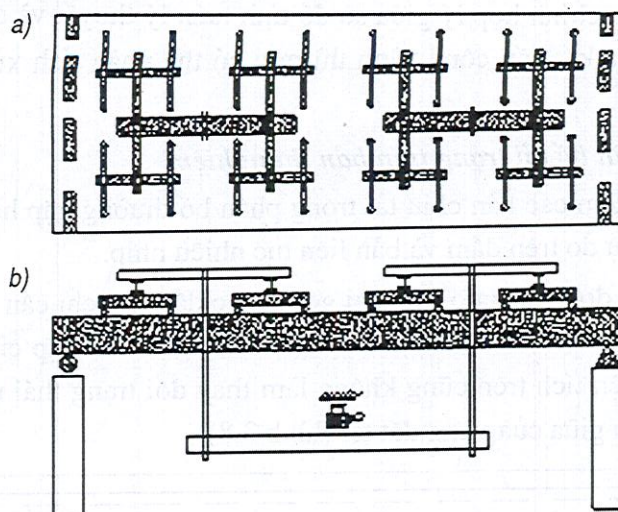
Hình 3.6b. Sơ đồ thí nghiệm dầm bằng nhiều tải trọng tập trung

1- sơ đồ bố trí tải trọng tập trung trên cầu kiện; 2- sơ đồ truyền lực từ 1 kích qua hệ giá tạo thành nhiều tải trọng tập trung tương ứng

b) Cách gia tải thủy lực tạo tải trọng phân bố

Để sử dụng kích thủy lực làm phương tiện tác dụng lực phân bố, ta không thể dùng nó đặt trực tiếp lên kết cấu để gia tải, vì như vậy sẽ tổn nhiều kích. Mặt khác, việc bố trí hệ giá làm điểm tựa cho hệ kích cũng rất phức tạp. Giá trị lực sử dụng trên mỗi kích sẽ rất nhỏ, nên việc sử dụng thiết bị trở nên kém hiệu quả. Chính vì vậy, cần sự hỗ trợ của hệ đòn phân lực làm việc theo sơ đồ tĩnh định, cho phép từ một thiết bị kích, có thể truyền lên kết cấu thí

nghiệm với hàng chục điểm tác dụng trên 1 m^2 bề mặt kết cấu, đảm bảo yêu cầu của tải trọng phân bố (hình 3.7).



Hình 3.7. Sơ đồ sử dụng kích thủy lực làm tải trọng phân bố tác dụng lên cấu kiện
a) Mặt bằng giá phân tải bằng hệ dầm tĩnh định bố trí trên cấu kiện; b) Sơ đồ truyền lực từ 1 kích qua giá phân lực tạo tải trọng phân bố tương ứng

Việc sử dụng kích thủy lực kết hợp hệ dầm phân lực hoặc quang treo cho thấy ưu điểm vượt trội mà các phương pháp trước không có:

- Chiếm diện tích ít hơn các biện pháp khác.
- Công suất gia tải rất lớn.
- Thiết lập các cấp tải trọng dễ dàng.
- Đặt tải theo hướng bất kỳ.
- Rất an toàn với thí nghiệm phá hủy và rút ngắn thời gian thí nghiệm.

3.3.4. Nguyên tắc đặt tải trọng phân bố lên cấu kiện thí nghiệm

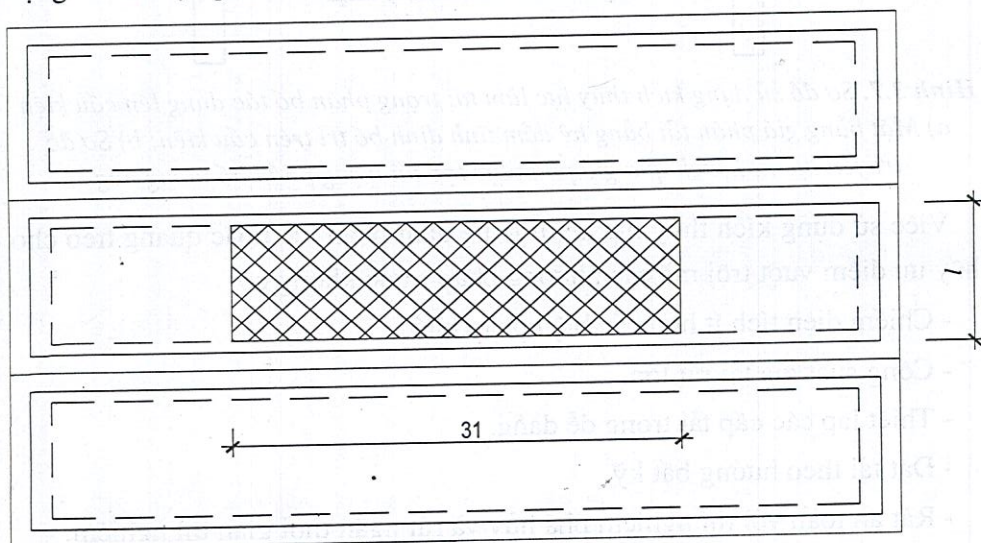
Sơ đồ và trình tự đặt tải trọng phân bố lên kết cấu thí nghiệm phải tuân thủ những nguyên tắc đề ra đối với tải trọng lúc thiết kế, tính toán và nghiên cứu công trình. Tuy nhiên điều này cũng chỉ áp dụng được với các công trình xây mới và các đối tượng dùng cho công việc nghiên cứu. Còn đối với các công trình thực tế khác bị khuyết tật, hư hỏng, sử dụng nhiều năm... thì việc phân bố tải trọng lên chúng lại phải đáp ứng nguyên tắc là làm xuất hiện được trong công trình hay những bộ phận kết cấu một trạng thái ứng suất-biến dạng cần thiết, đủ để biểu lộ các đặc trưng xác định. Ngoài ra, trong

thực tế công trình, nhiều trường hợp không thể làm thỏa mãn được các sơ đồ lý tưởng dùng trong tính toán. Khi thiết kế sơ đồ đặt tải cho một trường hợp cụ thể, cần điều chỉnh hợp lý giữa sơ đồ tính toán lý thuyết và điều kiện làm việc thực tế của kết cấu công trình thì mới có thể phân tích xử lý được kết quả thí nghiệm.

3.3.4.1. Phân bố tải trọng trên bản thí nghiệm

Khi thí nghiệm các bản chịu tải trọng phân bố thường gặp hai trường hợp là bản đơn kê tự do trên dầm và bản liên tục nhiều nhịp.

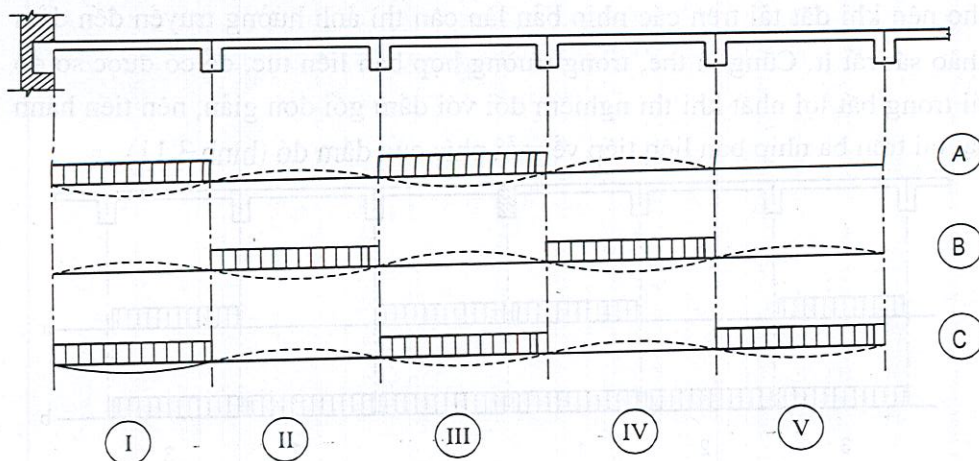
Đối với bản đơn kê tự do trên hai gối là các dầm thì chỉ cần chất tải phân bố đều trên diện tích có chiều dài dọc dầm bằng 3 lần nhịp của bản vì nếu đặt ra ngoài diện tích trên cũng không làm thay đổi trạng thái ứng suất biến dạng ở tiết diện giữa của vùng đặt tải (hình 3.8).



Hình 3.8. Sơ đồ chất tải trọng lên bản đơn

Đối với bản liên tục nhiều nhịp, để xác định trạng thái ứng suất, biến dạng ở một ô bản nào đó cần phải chất tải lên bản theo cả hai phương:

- Phương gốc bản: tải trọng được bố trí theo nguyên tắc đặt tải trên bản đơn.
- Phương nhịp bản: cần xét đến ảnh hưởng do tính liên tục của bản (hình 3.9).
- + Trong trường hợp khảo sát nhịp I, đặt tải theo sơ đồ A.
- + Trong trường hợp khảo sát nhịp II, đặt tải theo sơ đồ B.
- + Trong trường hợp khảo sát nhịp III, đặt tải theo sơ đồ C.

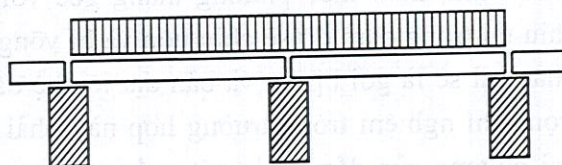


Hình 3.9. Các sơ đồ chất tải trọng lên bản liên tục nhiều nhịp

3.3.4.2. Phân bố tải trọng trên dầm thí nghiệm

Khi chọn sơ đồ phân bố tải trọng trên hệ kết cấu nhiều dầm chịu lực, cần quan tâm đến tính chất làm việc của dầm là đơn giản hay liên tục, các đặc điểm của kết cấu có liên quan đến việc truyền tải trọng cũng như các kết cấu lân cận có chi phối sự chịu lực của hệ dầm.

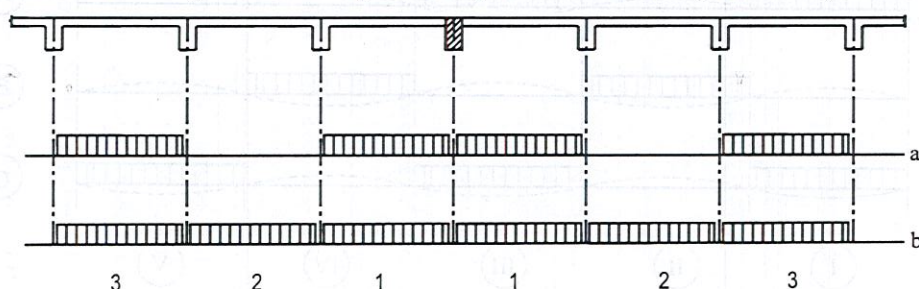
- Nếu dầm thí nghiệm là dầm đơn giản và những kết cấu có liên quan trực tiếp cũng tựa đơn giản lên dầm thì tải trọng thí nghiệm phải được phân bố phủ trên toàn bộ những kết cấu tựa lên dầm khảo sát (hình 3.10).



Hình 3.10. Sơ đồ chất tải lên dầm đơn giản, bản đơn giản

- Nếu dầm thí nghiệm là dầm đơn giản, nhưng những kết cấu có liên quan là các bản liên tục thì tải trọng thí nghiệm trước tiên cần phải đặt lên hai nhịp bản trực tiếp ảnh hưởng đến dầm. Ngoài ra, còn phải kể đến tính liên tục của bản nên cần tác dụng thêm tải trọng vào những nhịp bản khác xa hơn (hai nhịp thứ 3 đối xứng qua dầm) nhưng sẽ truyền ảnh hưởng đến nội lực của dầm khảo sát. Sơ đồ tác dụng tải trọng này là sơ đồ lý tưởng khi thiết kế, được áp dụng khi thí nghiệm đối với dầm cứng (hoàn toàn không bị võng) và bản mềm (tiết diện của bản trên dầm thí nghiệm bị xoay). Nhưng trong thực tế, các dầm thí nghiệm đều bị võng và tiết diện bản trên dầm không bị xoay,

cho nên khi đặt tải trên các nhịp bản lân cận thì ảnh hưởng truyền đến dầm khảo sát rất ít. Cũng vì thế, trong trường hợp bản liên tục, để có được sơ đồ tải trọng bất lợi nhất khi thí nghiệm đối với dầm gối đơn giản, nên tiến hành đặt tải trên ba nhịp bản liên tiếp về mỗi phía của dầm đó (hình 3.11).



Hình 3.11. Sơ đồ chất tải lên dầm đơn giản, bản nhiều nhịp

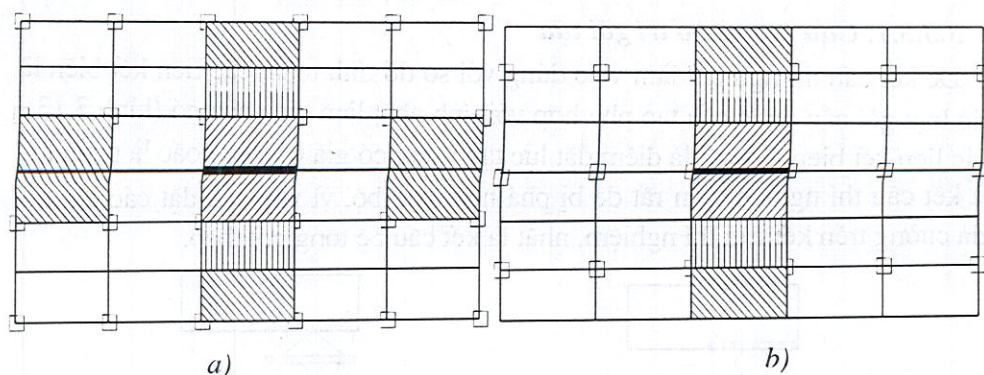
- Nếu dầm thí nghiệm là dầm liên tục và những kết cấu có liên quan là các bản liên tục. Đây là hệ sàn sườn thường gặp trong thực tế, khi đó tùy theo trường hợp gối tựa của dầm có khả năng chuyển vị (lún gối) hay không mà sẽ có phương án chất tải phù hợp, cụ thể như sau:

+ Nếu dầm liên tục nhiều nhịp là dầm phụ có các gối trung gian là những dầm chính nằm theo phương thẳng góc với trục khảo sát, trong quá trình chịu tải trọng dầm đỡ sẽ chịu uốn và bị võng, do đó gối trung gian của dầm khảo sát sẽ là gối bị lún và bản đặt lên hệ dầm đó cũng là bản liên tục. Tải trọng thí nghiệm trong trường hợp này phải tác dụng cùng một lúc trên cả hai phương của dầm khảo sát gồm phương nhịp dầm và phương nhịp bản (hình 3.12a).

* Theo phương nhịp dầm, tải trọng được đặt trực tiếp trên dầm thí nghiệm và trên hai nhịp dầm cách nhịp như thí nghiệm dầm đơn giản.

* Theo phương nhịp bản, tải trọng cần phân bố theo hai sơ đồ đặt tải của trường hợp thí nghiệm dầm đơn giản, bản liên tục.

+ Nếu dầm liên tục nhiều nhịp có các gối đỡ trung gian là những cột đỡ, không bị lún. Tải trọng thí nghiệm dầm trong trường hợp này chỉ cần thực hiện theo phương nhịp bản, tức là tác dụng lần lượt theo hai sơ đồ đặt tải của trường hợp thí nghiệm dầm đơn, bản liên tục. Ảnh hưởng liên tục của dầm theo phương trục của nó hầu như không đáng kể, nên trong thí nghiệm không đòi hỏi phải đặt tải thêm trên các nhịp số 3 đối xứng qua nhịp dầm khảo sát (hình 3.12b).



Hình 3.12. Sơ đồ chất tải lên dầm liên tục, bản liên tục
a) Dầm có chuyển vị gối; b) Dầm không có chuyển vị gối

Để giảm khối lượng tải trọng sử dụng khi thí nghiệm, nên chọn dầm thí nghiệm là dầm nhịp biên, vì khi đó chỉ cần đặt tải trên hai nhịp dầm cách nhau mà vẫn đạt được giá trị nội lực lớn nhất xuất hiện trong dầm khảo sát.

3.3.5. Lắp dựng các kết cấu thí nghiệm

Việc lắp dựng kết cấu thí nghiệm cần phải tuân theo các nguyên tắc cơ bản:

- Kết cấu có mặt phẳng hay trục làm việc theo phương thẳng đứng cùng với phương chịu tải trọng như dàn vì kèo, tường... Khi lắp dựng nhất thiết phải đảm bảo thẳng đứng, nhằm mục đích để trong quá trình chịu tải trọng, kết cấu làm việc đúng phương chịu lực, không bị mất ổn định hoặc không làm xuất hiện các thành phần tải trọng phụ khác.

- Kết cấu có mặt phẳng hay trục làm việc thẳng góc với phương chịu tải trọng như các tấm sàn, các thành bể, tường chắn... Khi lắp dựng phải đảm bảo thật nằm ngang, không bị nghiêng, để tải trọng thí nghiệm kể cả trọng lượng bản thân luôn hướng theo phương vuông góc với mặt phẳng làm việc, không gây ra các lực xô ngang tác dụng vào kết cấu.

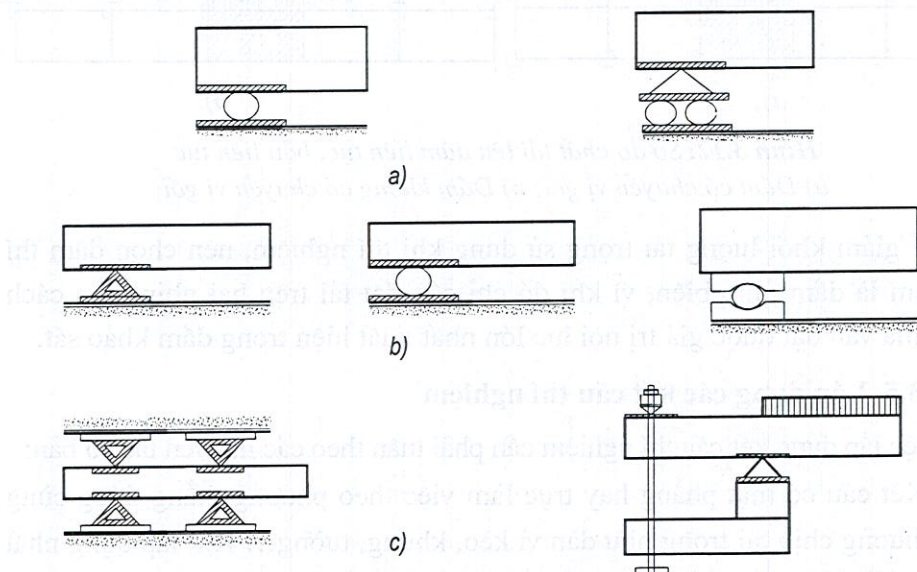
- Cấu tạo liên kết biên của kết cấu thí nghiệm phải thỏa mãn yêu cầu của thiết kế, các điều kiện liên kết trong sơ đồ tính toán kết cấu, phù hợp với tính chất làm việc của nó.

- Các biện pháp giữ ổn định cho kết cấu thí nghiệm không cản trở chuyển vị và biến dạng trong quá trình gia tải.

- Bảo đảm các biện pháp an toàn cho người và thiết bị, nhất là trong trường hợp thí nghiệm phá hủy.

3.3.5.1. Cấu tạo và bố trí gối tựa

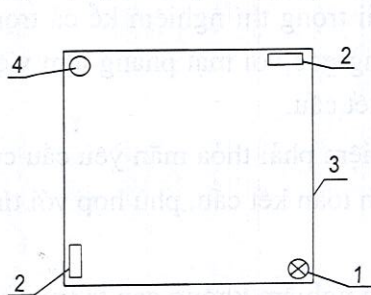
Để kết cấu thí nghiệm làm việc đúng với sơ đồ tính toán, các liên kết biên là các loại gối cần được cấu tạo phù hợp với tính chất làm việc của nó (hình 3.13). Các liên kết biên thường là điểm đặt lực tập trung có giá trị lớn, hoặc là phản lực từ kết cấu thí nghiệm nên rất dễ bị phá hoại cục bộ, vì vậy cần đặt các chi tiết gia cường trên kết cấu thí nghiệm, nhất là kết cấu bê tông cốt thép.



Hình 3.13. Cấu tạo các loại gối

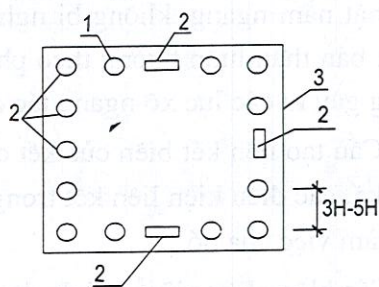
a) Gối khớp di động; b) Gối khớp cố định; c) Gối ngàm

Đối với các cấu kiện làm việc theo một phương: dầm, vì kèo, bản chịu uốn một nhịp đơn giản, khi thí nghiệm phải tạo hai gối khớp ở hai đầu cấu kiện, một gối khớp di động, đầu bên kia là gối khớp cố định.



Hình 3.14. Sơ đồ thí nghiệm tấm kê bốn góc

1- gối cố định; 2- con lăn; 3- kết cấu thí nghiệm; 4- quả cầu



Hình 3.15. Sơ đồ thí nghiệm tấm kê bốn cạnh

1- quả cầu; 2- con lăn; 3- kết cấu thí nghiệm; H- chiều cao tấm thí nghiệm

Đối với tấm bản 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 cố định và một gối di động. Hai gối còn lại là gối con lăn di động (hình 3.14).

Đối với tấm kê tự do bốn cạnh, làm việc theo hai phương. Các gối cầu di động được đặt theo chu vi tấm, ở giữa ba cạnh đặt ba con lăn (hình 3.15).

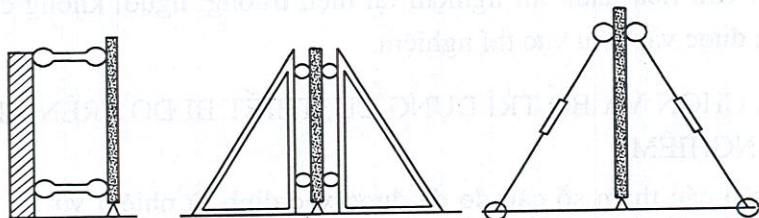
Đối với tấm kê tự do trên ba cạnh, các gối cầu và gối con lăn được bố trí tương tự như tấm kê tự do bốn cạnh.

Các gối cầu và con lăn bằng thép phải được đặt trên các bản đệm thép. Các gối cố định cũng có thể sử dụng gối cầu và con lăn như các loại gối di động nhưng cần ngăn cản chuyển vị bằng các chi tiết thép hình hoặc dùng trực tiếp thép hình hàn cố định trên bản đệm. Giữa các cấu kiện thí nghiệm và các gối cần có bản đệm thép để tránh khả năng phá hoại cục bộ bởi các lực tập trung ở các gối tựa. Khi thí nghiệm các kết cấu bê tông cốt thép, trước khi đặt kết cấu thí nghiệm thì cần trải một lớp vữa xi măng cường độ cao lên mặt các bản đệm thép để tạo phẳng và đủ sức chịu tải thí nghiệm.

3.3.5.2. Biện pháp giữ ổn định cho kết cấu thí nghiệm

Khi tiến hành thí nghiệm các kết cấu dạng thanh hoặc kết cấu phẳng, cần quan tâm đến sự ổn định của chúng trong quá trình lắp dựng cũng như khi tiến hành chất tải trọng. Thường các kết cấu này không làm việc độc lập mà là một tập hợp nhiều kết cấu liên kết với nhau (bởi dầm, giằng), tạo thành một hệ kết cấu ổn định. Vì thế, trong quá trình xây dựng và tiến hành thí nghiệm, phải có những biện pháp để giữ ổn định cho kết cấu.

Để giữ ổn định cho kết cấu có thể sử dụng các giằng, hệ chống đỡ, dây neo (hình 3.16).



Hình 3.16. Các biện pháp giằng giữ ổn định

a) Giằng vào tường cứng; b) Giá kẹp; c) Dây neo tăng đỡ

Biện pháp giằng vào tường cứng hay giá kẹp có ưu điểm là tạo độ ổn định cao, tuy nhiên cần đề phòng các mặt tiếp xúc của kết cấu thí nghiệm với kết

cầu giằng xuất hiện lực ma sát có thể gây cản trở biến dạng. Biện pháp dây neo tăng đỡ cần phải thường xuyên điều chỉnh các tăng đỡ mới giữ được ổn định khi kết cấu thí nghiệm bị biến dạng.

Trong thực tế thường dùng biện pháp kết hợp cả giằng chống và dây căng để đạt được độ ổn định và an toàn cao nhất.

3.3.5.3. Các biện pháp an toàn trong thí nghiệm

Để đề phòng sự phá hủy của kết cấu thí nghiệm, thiết bị và tải trọng thí nghiệm rơi đổ cần có những biện pháp đề phòng, tránh những rủi ro có thể xảy ra. Khi thí nghiệm trên các kết cấu có chiều cao, người, thiết bị và các dụng cụ đo ở phía dưới cần được đảm bảo an toàn bằng các kết cấu chống đỡ. Thông thường kết cấu chống đỡ được kết hợp để đặt sàn công tác phục vụ công tác lắp đặt dụng cụ đo, trong quá trình thí nghiệm để đọc số liệu và quan sát sự làm việc của kết cấu.

Kết cấu chống đỡ được tính toán độ cứng, độ bền đảm bảo độ ổn định cho người và thiết bị đặt trên đó, đồng thời đảm bảo chịu được trọng lượng bản thân và xung lực va đập khi nó bị phá hoại.

Trong quá trình thí nghiệm, tốc độ gia tải ở vài cấp cuối cần được tiến hành chậm lại, đồng thời tăng cường quan sát và dự báo thời điểm kết cấu bị phá hoại để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị. Đến cấp tải gần tải trọng phá hoại, có thể tháo bớt dụng cụ đo, cho phép quan sát dụng cụ đo còn lại từ xa bằng ống nhòm, máy trắc đạc...

Khu vực thí nghiệm cần có diện tích đủ rộng, thoáng và đủ ánh sáng để quan sát và đo đạc. Nơi thực hiện thí nghiệm đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật và an toàn là các phòng thí nghiệm chuyên ngành của các Trường đại học và các Viện. Khi tiến hành thí nghiệm tại hiện trường, người không có nhiệm vụ không được vào khu vực thí nghiệm.

3.4. LỰA CHỌN VÀ BỐ TRÍ DỤNG CỤ, THIẾT BỊ ĐO TRÊN KẾT CẤU THÍ NGHIỆM

Dựa trên các tham số cần đo đã được xác định từ nhiệm vụ thí nghiệm, việc chọn loại và số lượng sử dụng các dụng cụ và thiết bị đo phù hợp cần được cân nhắc để đáp ứng một số yêu cầu cơ bản sau:

- Có cùng các thông số kỹ thuật như chuẩn đo, hệ số khuếch đại... để công việc tính toán kết quả thí nghiệm đơn giản và nhanh chóng.

- Có độ nhạy và khoảng đo phù hợp với giá trị của tham số cần đo đã được tính toán bằng các phương pháp tính hoặc đã được quy định trong các tiêu chuẩn quy phạm.

- Ít chịu ảnh hưởng của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, bụi bẩn, rung động... Với những thí nghiệm hiện trường trong điều kiện nhiệt đối ẩm của nước ta, khi sử dụng các dụng cụ đo điện tử kỹ thuật số rất nhạy cảm với sự thay đổi của nhiệt độ và độ ẩm, cần có biện pháp đảm bảo độ tin cậy của các kết quả thí nghiệm.

- Số lượng dụng cụ và thiết bị đo ít nhất, khi kết cấu thí nghiệm có trục đối xứng, bố trí trên một nửa, nửa kia chỉ cần bố trí một số để kiểm tra.

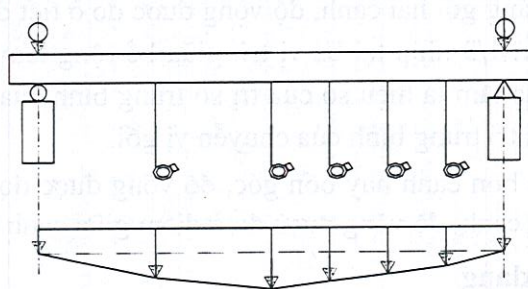
Có hai nhóm dụng cụ đo quan trọng nhất là nhóm dụng cụ đo độ võng và nhóm dụng cụ đo biến dạng.

3.4.1. Đo độ võng của kết cấu chịu uốn

Khi xác định độ võng của kết cấu chịu uốn hoặc hình dáng đường đàn hồi của kết cấu chịu tác dụng của tải trọng thường dùng các đồng hồ đo chuyển vị. Số lượng và vị trí đặt các dụng cụ đo chọn tùy thuộc chiều dài nhịp và trạng thái làm việc của các liên kết gối tựa của kết cấu.

Bố trí các dụng cụ đo chuyển vị tại các gối, các vị trí có chuyển vị lớn, tại các vị trí có thể xảy ra mất ổn định. Các dụng cụ đo chuyển vị có giá trị vạch chia không lớn hơn 0,1 mm. Có thể dùng các dụng cụ đo cơ học hoặc các đầu đo điện tử, nhưng cần chọn và bố trí mỗi dụng cụ đo chuyển vị phù hợp với tính năng kỹ thuật là khoảng đo và độ chính xác.

Khi xác định biểu đồ độ võng của kết cấu, các đồng hồ đo chuyển vị được phân bố trên chiều dài nhịp của kết cấu (hình 3.17).

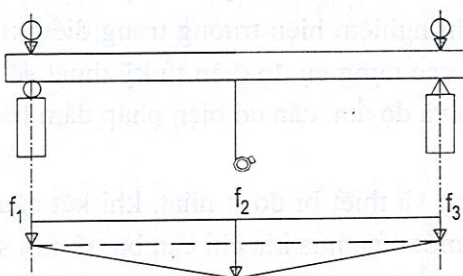


Hình 3.17. Biểu đồ độ võng

Khi xác định độ võng của kết cấu chịu uốn, độ võng được đo ở giữa nhịp, ở các vị trí 1/3 nhịp và đo độ lún các gối. Giá trị độ võng của kết cấu chịu

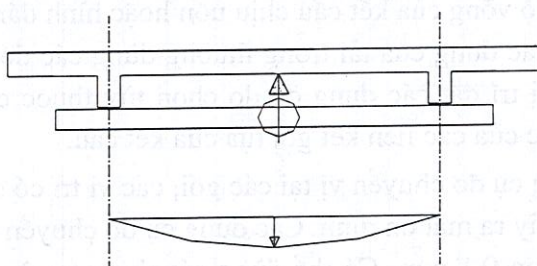
uốn gối hai đầu là hiệu số của chuyển vị giữa nhịp và giá trị trung bình của chuyển vị gối (hình 3.18).

$$f = f_2 - \frac{f_1 + f_3}{2} \quad (3.1)$$



Hình 3.18. Xác định độ võng bằng ba đồng hồ đo

Nếu gắn được đồng hồ đo trên kết cấu phụ cùng chuyển động với gối thì chỉ cần dùng một đồng hồ đo để xác định độ võng của kết cấu (hình 3.19).



Hình 3.19. Xác định độ võng bằng một đồng hồ đo

Với kết cấu conson, độ võng được đo ở đầu tự do, đo độ lún gối và góc xoay của gối. Độ võng của kết cấu conson là hiệu của chuyển vị ở đầu tự do với chuyển vị gối và chuyển vị do xoay của gối.

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

Đối với tấm kê bốn cạnh hay bốn góc, độ võng được đo ở giữa tấm. Còn đối với tấm gối ba cạnh, độ võng được đo ở điểm giữa cạnh tự do.

3.4.2. Đo biến dạng

Khi đo biến dạng của cấu kiện thường sử dụng tenzomet để đo. Số lượng tenzomet, vị trí đặt, chuẩn đo... tùy thuộc vào sơ đồ thí nghiệm và tính chất của vật liệu. Khi tiến hành thí nghiệm cần tuân thủ một số nguyên tắc sau:

- Căn cứ vào tính chất của vật liệu để chọn chuẩn đo phù hợp: chọn chuẩn đo nhỏ từ vài mm đến vài cm đối với vật liệu kim loại, chuẩn đo trung bình từ vài cm đến vài chục cm đối với vật liệu bê tông.

- Bố trí dụng cụ đo biến dạng tại các vị trí có nội lực lớn nhất, vị trí cục bộ hay các vị trí giảm yếu.

- Nên bố trí các dụng cụ đo chuyển vị và đo biến dạng thành từng nhóm để tiện việc kiểm tra và bố trí nhân lực đọc số liệu trong quá trình thí nghiệm.

- Việc chọn và bố trí các dụng cụ đo biến dạng phụ thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu kết cấu, cũng như trạng thái ứng suất biến dạng của đối tượng thí nghiệm.

Trong một thí nghiệm, nếu có thể được nên sử dụng cùng một loại dụng cụ đo biến dạng có cùng đặc trưng kỹ thuật như hệ số khuếch đại, chuẩn đo để việc xử lý kết quả thí nghiệm được thuận tiện, nhanh chóng.

Giá trị chuẩn đo của dụng cụ đo càng nhỏ thì giá trị biến dạng đo được càng đặc trưng cho điểm cần đo. Đối với kết cấu được chế tạo từ loại vật liệu có độ đồng nhất cao như thép, kim loại màu... hay các vùng kết cấu có sự phân bố ứng suất phức tạp, cục bộ thì nên sử dụng các dụng cụ đo biến dạng có chuẩn đo nhỏ. Đối với kết cấu bê tông, khối xây gạch đá thì cần tăng giá trị chuẩn đo lớn.

Trạng thái ứng suất biến dạng một trục rất thường gặp trong các kết cấu chịu lực hệ thanh, đó là các thanh dầm, cột, dầm trong khung... Việc xác định nội lực trong các cấu kiện loại này rất thường gặp trong các thí nghiệm nghiên cứu và kiểm định kết cấu công trình. Biến dạng dọc trục được đo bằng các tenzomet có chuẩn đo lớn, bố trí chúng tại những tiết diện thanh có nội lực lớn nhất. Một số trường hợp có thể xảy ra như sau:

3.4.2.1. Trường hợp thanh chịu lực dọc đúng tâm.

Đây là trường hợp đơn giản nhất, về nguyên tắc chỉ cần bố trí 1 tenzomet T_1 là xác định được nội lực trong thanh từ công thức:

$$\varepsilon_1 \cdot E = \sigma_1 = \frac{N}{A} \quad (3.2)$$

trong đó: ε_1 - biến dạng dọc trục do T_1 đo được;

E - mô đun đàn hồi của vật liệu;

A - diện tích tiết diện thanh ngang.

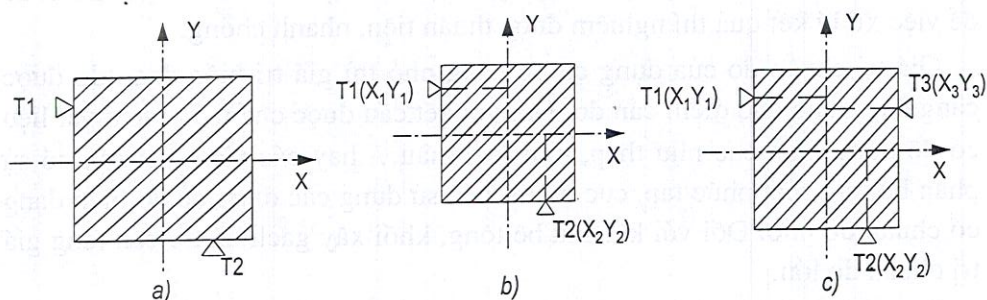
Trong thực tế, để kiểm tra kết quả đo người ta có thể bố trí thêm 1 tenzomet T_2 (hình 3.20a).

3.4.2.2. Trường hợp thanh chịu lực dọc lệch tâm nằm trong mặt phẳng đối xứng của tiết diện

Trường hợp này có thể hiểu lực dọc tác dụng lệch tâm nằm trong mặt phẳng đối xứng của tiết diện hoặc nội lực trong thanh có cả lực dọc N tác dụng đúng tâm và mô men M_x . Trong trường hợp này, tối thiểu phải sử dụng 2 tenzomet đo biến dạng để xác định được 2 thành phần nội lực: lực dọc N và mô men uốn M_x (hình 3.20b).

$$\varepsilon_1.E = \sigma_1 = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y_1 \quad (3.3)$$

$$\varepsilon_2.E = \sigma_2 = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y_2 \quad (3.4)$$



Hình 3.20. Bố trí tenzomet đo biến dạng

a) Bố trí 1 hoặc 2 tenzomet; b) Bố trí 2 tenzomet; c) Bố trí 3 tenzomet

3.4.2.3. Trường hợp thanh chịu lực dọc lệch tâm không nằm trong mặt phẳng đối xứng của tiết diện

Trường hợp này khi lực dọc tác dụng lệch tâm tại vị trí không nằm trong mặt phẳng đối xứng của tiết diện, hoặc có cả 3 thành phần nội lực là N , M_x , M_y . Trường hợp này tối thiểu phải bố trí 3 tenzomet trên tiết diện để xác định 3 thành phần nội lực trên (hình 3.20c).

$$\varepsilon_1.E = \sigma_1 = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y_1 + \frac{M_y}{J_y} x_1 \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_2.E = \sigma_2 = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y_2 + \frac{M_y}{J_y} x_2 \quad (3.6)$$

$$\varepsilon_3.E = \sigma_3 = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y_3 + \frac{M_y}{J_y} x_3 \quad (3.7)$$

* Nhìn chung, tại một vị trí đo, nếu biến dạng chỉ có một phương thì chỉ cần bố trí 1 tenzomet đo biến dạng. Nếu biến dạng theo 2 phương cần bố trí 2 tenzomet đo biến dạng lắp trùng với phương biến dạng. Còn trong trường hợp ta chưa xác định được phương biến dạng thì cần bố trí tối thiểu 3 tenzomet được lắp thành bộ 45° hoặc 60°, từ đó sẽ cho phép xác định được biến dạng theo phương chính.

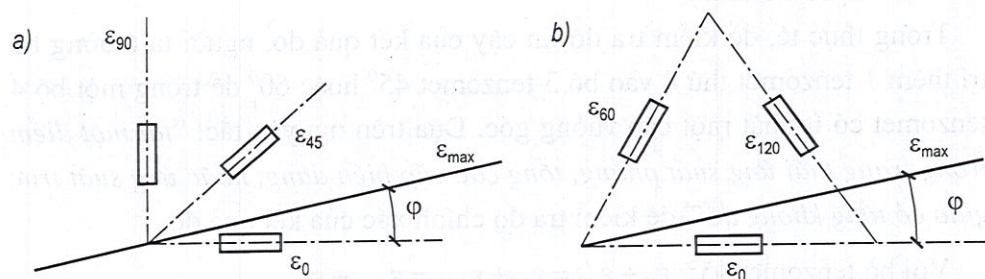
3.4.2.4. Sử dụng bộ 3 tenzomet để đo biến dạng

- Với bộ 3 tenzomet 45° (hình 3.21a).

Biến dạng đo được ứng với từng tenzomet là ε_0 , ε_{45} , ε_{90} . Giá trị biến dạng theo phương chính được xác định như sau:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{90}}{2} + \sqrt{\frac{1}{2}[(\varepsilon_0 - \varepsilon_{45})^2 + (\varepsilon_{45} - \varepsilon_{90})^2]} \quad (3.8)$$

$$\varepsilon_{\min} = \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{90}}{2} - \sqrt{\frac{1}{2}[(\varepsilon_0 - \varepsilon_{45})^2 + (\varepsilon_{45} - \varepsilon_{90})^2]} \quad (3.9)$$



Hình 3.21. Sử dụng bộ 3 tenzomet để đo biến dạng

a) Bộ 3 tenzomet 45°; b) Bộ 3 tenzomet 60°

Góc lệch φ giữa phương của $\varepsilon_{\max}$ và ε_0 được tính bằng công thức:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\varepsilon_{45} - \varepsilon_0 - \varepsilon_{90}}{\varepsilon_0 - \varepsilon_{90}} \quad (3.10)$$

- Với bộ 3 tenzomet 60° (hình 3.21b).

Biến dạng đo được tương ứng với từng tenzomet ε_0 , ε_{60} , ε_{120} . Giá trị biến dạng theo phương chính được xác định như sau:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{60} + \varepsilon_{120}}{3} + \sqrt{\frac{2}{3}[(\varepsilon_0 - \varepsilon_{60})^2 + (\varepsilon_{60} - \varepsilon_{120})^2 + (\varepsilon_{120} - \varepsilon_0)^2]} \quad (3.11)$$

$$\varepsilon_{\min} = \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{60} + \varepsilon_{120}}{3} - \sqrt{\frac{2}{3} \left[(\varepsilon_0 - \varepsilon_{60})^2 + (\varepsilon_{60} - \varepsilon_{120})^2 + (\varepsilon_{120} - \varepsilon_0)^2 \right]} \quad (3.12)$$

Góc lệch ϕ giữa phương của $\varepsilon_{\max}$ và ε_0 được tính bằng công thức:

$$\operatorname{tg} 2\phi = \frac{\sqrt{3}(\varepsilon_{60} - \varepsilon_{120})}{2\varepsilon_0 - \varepsilon_{60} - \varepsilon_{120}} \quad (3.13)$$

- Từ các giá trị biến dạng trên, cho phép xác định giá trị ứng suất chính theo định luật Hook toàn phần:

$$\sigma_{\max} = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_{\max} + \mu\varepsilon_{\min}) \quad (3.14)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{E}{1-\mu^2} (\varepsilon_{\min} + \mu\varepsilon_{\max}) \quad (3.15)$$

trong đó:

E - mô đun đàn hồi của vật liệu kết cấu;

μ - hệ số Poisson.

Trong thực tế, để kiểm tra độ tin cậy của kết quả đo, người ta thường bố trí thêm 1 tenzomet thứ 4 vào bộ 3 tenzomet 45° hoặc 60° để trong một bộ 4 tenzomet có ít nhất một cặp vuông góc. Dựa trên nguyên tắc: “*tại một điểm trong trạng thái ứng suất phẳng, tổng các cặp biến dạng, hoặc ứng suất trực giao có tổng không đổi*” để kiểm tra độ chính xác của kết quả đo.

Với bộ tenzomet 45° : $\varepsilon_0 + \varepsilon_{90} = \varepsilon_{45} + \varepsilon_{135} = \varepsilon_{\max} + \varepsilon_{\min}$

Với bộ tenzomet 60° : $\varepsilon_0 + \varepsilon_{90} = \varepsilon_{\max} + \varepsilon_{\min}$

3.4.3. Đo chiều rộng vết nứt

Trong thí nghiệm kết cấu bê tông cốt thép, để dễ nhận biết thời điểm xuất hiện vết nứt, quá trình theo dõi sự mở rộng vết nứt, trước khi thí nghiệm người ta dùng vôi hay thạch cao pha loãng quét lên bề mặt kết cấu một hoặc hai lớp. Quan sát vết nứt bằng mắt thường hay kính lúp. Đánh dấu vết nứt bằng cách dùng bút chì vẽ lên một đường song song với vết nứt, tại đỉnh vết nứt - vạch một nét ngang và ghi cấp tải hoặc thời gian tương ứng trong một vòng tròn.

Đo bề rộng vết nứt bằng kính phóng đại có giá trị vạch chia không lớn hơn 0,05mm hoặc các dụng cụ chuyên dùng có tính năng tương đương. Đo

bề rộng vết nứt được tiến hành đồng thời với việc đo chuyển vị và biến dạng ở mỗi thời điểm đọc số liệu.

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 lớn nhất.

3.5. TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

3.5.1. Kiểm tra trước khi tiến hành thí nghiệm

Để cho quá trình tiến hành thí nghiệm được thuận lợi, tin cậy và an toàn, trước khi chất tải lên đối tượng cần thực hiện những công tác kiểm tra sau:

- Trước khi đặt tải trọng thử, cần thực hiện việc kiểm tra ghi chép hiện trạng thực tế của kết cấu thí nghiệm với các nội dung như kích thước hình học, vết nứt, rỗ, các khuyết tật nếu có.

- Kết cấu thí nghiệm làm việc đúng với sơ đồ thí nghiệm, đúng tâm đúng trục. Bề mặt tiếp xúc tại các vị trí gối, điểm đặt lực có đủ khả năng chịu được tải trọng thí nghiệm mà không xảy ra sự phá hoại cục bộ. Chuyển vị và biến dạng của kết cấu thí nghiệm không bị cản trở trong suốt quá trình gia tải.

- Hệ gia tải đáp ứng đủ công suất và hoạt động tốt. Khi dùng vật nặng để chất tải, chuẩn bị đủ số lượng, đảm bảo độ chính xác trọng lượng mỗi bao hoặc mỗi viên khối, tập kết ở vị trí thuận lợi để di chuyển vào vị trí đặt tải đảm bảo tính đồng thời và khoảng thời gian cần thiết để chất và dỡ tải của mỗi cấp tải. Khi dùng thiết bị thủy lực, nên chọn công suất bơm của kích sao cho giá trị của cấp tải trọng bé nhất và lớn nhất nằm trong khoảng 20 - 80% lực đẩy hoặc kéo tối đa của kích. Bơm kích thủy lực phải được chỉnh định trước khi gia tải thí nghiệm.

- Dụng cụ thiết bị đo đã được lắp đặt đúng yêu cầu và hoạt động bình thường. Cần có các biện pháp bảo đảm an toàn cho các dụng cụ và thiết bị đo, nhất là trong trường hợp thí nghiệm phá hoại.

- Kiểm tra kỹ các kết cấu chống đỡ an toàn bằng tính toán và kiểm tra việc lắp đặt chắc chắn để phòng kết cấu thí nghiệm bị phá hoại đột ngột, phá hoại dòn để đảm bảo an toàn cho người và các thiết bị thí nghiệm. Các thí nghiệm hiện trường phải có các phương án cứu hộ, thoát hiểm.

Đối với các thí nghiệm thử tải kết cấu công trình mới được xây dựng phục vụ công tác nghiệm thu đưa vào sử dụng, thử tải kết cấu công trình cũ phục vụ công tác sửa chữa, cải tạo hay nâng cấp, công tác kiểm tra trước khi tiến hành thí nghiệm thử tải cần thực hiện các bước khảo sát tổng thể bên ngoài và kiểm tra tình trạng kết cấu công trình với các nội dung sau:

- Xác định các đặc trưng cơ lý của vật liệu, chất lượng các chi tiết chế tạo sẵn. Việc lấy mẫu và chế tạo các mẫu thí nghiệm để xác định các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu phải tuân thủ các tiêu chuẩn và các quy trình thí nghiệm hiện hành bằng phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu thử trong phòng thí nghiệm. Khi không thể có mẫu thử lấy trực tiếp từ công trình mới áp dụng các phương pháp thí nghiệm không phá hoại để xác định các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu công trình.

- Tình trạng của các kết cấu chịu lực. Đo đạc kích thước hình học của kết cấu chịu lực, sai số vị trí, độ lệch tâm, lệch trục, độ nghiêng lún. Lưu ý đến những hiện tượng hư hỏng bất thường như vồng quá mức, nứt, giảm yếu tiết diện...

- Chất lượng và các yêu cầu kỹ thuật của các mối nối liên kết: liên kết hàn, bu lông, đinh tán, nối cáp... vì tính đồng nhất trong các mối nối thường không cao, dễ có khuyết tật hay các vị trí cục bộ tập trung ứng suất.

3.5.2. Gia tải trọng kiểm tra ban đầu

Quá trình thí nghiệm được bắt đầu bằng việc chất và dỡ tải trọng thử nhằm mục đích kiểm tra sự hoạt động của toàn bộ hệ thống thiết bị đã chuẩn bị như: sự làm việc của đối tượng, độ ổn định của hệ thống tải trọng, sự chuyển động chính xác của dụng cụ đo.

3.5.3. Ghi chép số đọc trên thiết bị đo

Sau khi hoàn thành bước chất và dỡ tải trọng thử, thí nghiệm chính thức bắt đầu bằng việc đọc và ghi số liệu ban đầu ứng với tải trọng $P_0 = 0$.

Tại mỗi thời điểm đọc và ghi chép kết quả ở từng cấp tải trọng, cần đảm bảo đồng thời việc đọc số liệu trên tất cả các dụng cụ và thiết bị đo trong một khoảng thời gian ngắn nhất. Trường hợp thí nghiệm hiện trường xảy ra trên một diện tích hoặc một không gian lớn, số lượng các dụng cụ và thiết bị đo nhiều, cần phải có giải pháp phù hợp và chắc chắn để truyền hiệu lệnh đọc số liệu. Phía dưới bản sàn của các cầu cảng, trong bụng hộp dầm của cầu bê tông cốt thép... thường không liên lạc bằng các phương tiện vô tuyến

vì mất sóng, các tín hiệu liên lạc khác như ánh sáng, thông tin hữu tuyến cần được sử dụng.

Thời điểm bắt đầu đọc số liệu là khi sự biến thiên chuyển vị và biến dạng tắt hẳn hoặc đạt đến độ ổn định quy ước và không sớm hơn 5 phút kể từ khi kết thúc gia tải cấp tải trọng đó.

Ở các cấp tải trọng nhỏ, vật liệu của kết cấu thí nghiệm làm việc trong giới hạn đàn hồi, chuyển vị và biến dạng nhanh chóng ổn định. Thời gian ổn định hoặc độ ổn định quy ước còn phụ thuộc vào tính chất vật liệu và cấu tạo thiết bị thí nghiệm: đối với kết cấu bê tông cốt thép có thể đến vài phút, đối với kết cấu thép nhịp lớn có thể đến vài chục phút, đối với vật liệu dẻo như đất nền, móng cọc... có thể đến vài chục giờ. Độ ổn định quy ước là trạng thái của kết cấu mà độ biến thiên của chuyển vị và biến dạng nhỏ hơn giá trị cho phép sau một khoảng thời gian quy định trước.

Ngoài việc đọc các số liệu trên các thiết bị đo, khi tiến hành thí nghiệm còn cần phải chú ý lấy các số liệu về thời gian và điều kiện thí nghiệm như: số liệu biến thiên nhiệt độ và các yếu tố khác của môi trường, các va chạm ngẫu nhiên đến kết cấu khảo sát. Tất cả những số liệu đó sẽ cần dùng cho công việc xử lý và đánh giá kết quả thí nghiệm.

3.5.4. Quan sát trạng thái của kết cấu thí nghiệm, hệ gia tải và dụng cụ đo

Trong quá trình tăng tải phải thường xuyên quan sát sự làm việc của hệ gia tải, các dụng cụ đo, và đặc biệt là kết cấu thí nghiệm nhằm phát hiện và ghi nhận các thời điểm đặc biệt, trạng thái bất thường như thời điểm vết nứt đầu tiên xuất hiện, sự mất ổn định, phá hoại cục bộ hay những sự cố bất thường. Phát hiện những dấu hiệu mất khả năng chịu lực của kết cấu thí nghiệm thể hiện ở các đặc trưng như độ võng tăng liên tục, vết nứt phát triển liên tục khi tải trọng vẫn đang được giữ nguyên, cốt thép bị chảy dẻo trước khi bê tông vùng nén bị phá hoại hoặc bê tông vùng nén bị phá hủy và cốt thép vùng kéo bị đứt.

Theo dõi quá trình phát triển vết nứt, hình ảnh phá hoại hoặc mất ổn định của kết cấu thí nghiệm làm cơ sở cho việc phân tích, đánh giá và giải thích kết quả thí nghiệm. Quá trình hình thành và mở rộng vết nứt thường dùng bút chì hoặc sơn để đánh dấu dọc theo mép vết nứt, trước đỉnh vết nứt vẽ một vạch chắn ngang và ghi bên

Chiều rộng vết nứt được đo bằng kính lúp hoặc kính quang học chuyên dùng. Biểu diễn trạng thái của kết cấu thí nghiệm như sơ đồ vết nứt, hình ảnh phá hoại bằng các hình vẽ, ngoài ra nên sử dụng các phương tiện khác như chụp ảnh, quay phim, đặc biệt ở những vị trí kết cấu bị hư hỏng và phá hoại. Các hình ảnh đó là những tài liệu rất quan trọng để chứng minh và giải thích sự đúng đắn cũng như tin cậy đối với kết quả thí nghiệm.

3.5.5. Xử lý và đánh giá kết quả thí nghiệm

Kết quả thí nghiệm là tập hợp các số liệu thu được từ các dụng cụ, thiết bị đo. Các hình ảnh, băng hình, các ghi chép mô tả hoặc diễn giải quá trình thí nghiệm. Các số liệu thí nghiệm được phân tích, xử lý để chỉnh lý hoặc có thể loại bỏ một số kết quả dị thường. Từ đó thiết lập được bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm, biểu đồ quan hệ ứng suất-biến dạng-thời gian làm cơ sở đánh giá kết quả thí nghiệm:

- Đánh giá độ bền: độ bền của kết cấu thí nghiệm được đánh giá theo giá trị tải trọng lớn nhất tại thời điểm kết cấu xuất hiện dấu hiệu mất khả năng chịu lực. Đánh giá độ bền được thực hiện bằng cách so sánh tải trọng phá hủy thực tế với tải trọng kiểm tra độ bền được quy định trong tiêu chuẩn hoặc trong tài liệu thiết kế.

Kết cấu thí nghiệm được coi là đạt độ bền nếu thỏa mãn các điều kiện sau: khi thí nghiệm hai cấu kiện, tải trọng phá hủy thực tế không nhỏ hơn 95% tải trọng kiểm tra độ bền, nếu thí nghiệm từ ba cấu kiện trở lên thì không lớn hơn 90% tải trọng kiểm tra độ bền.

Đối với cấu kiện ứng suất trước có cốt thép tự neo, ngoài các điều kiện đã nêu ở trên còn phải thỏa mãn thêm các điều kiện sau: khi thí nghiệm hai cấu kiện trở lên, độ tụt của thép so với bề mặt bê tông ở đầu cấu kiện không được vượt quá 0,2 mm.

- Đánh giá độ cứng: độ cứng của kết cấu được đánh giá bằng cách so sánh độ võng thực tế do tác dụng của tải trọng kiểm tra gây ra đối với độ võng kiểm tra. Độ võng kiểm tra được xác định bằng tính toán với tải trọng kiểm tra độ cứng tác dụng ngắn hạn lên kết cấu thí nghiệm. Cấu kiện được coi là đạt yêu cầu về kiểm tra độ cứng nếu: khi thí nghiệm hai cấu kiện mà độ võng thực tế không quá 115% độ võng kiểm tra, khi thí nghiệm từ ba cấu kiện trở lên mà độ võng thực tế không vượt quá 120% độ võng kiểm tra.

- Đánh giá khả năng chống nứt: khả năng chống nứt của kết cấu 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. Kết cấu có yêu cầu chống nứt cấp I phải thỏa mãn điều kiện: 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 ba cấu kiện trở lên, tải trọng thực tế hình thành vết nứt không nhỏ hơn 85% tải trọng kiểm tra hình thành vết nứt. Kết cấu có yêu cầu chống nứt cấp II và cấp III được coi là đạt yêu cầu khi thí nghiệm hai và từ ba 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 1,1 và 1,15 đồng thời cũng không được vượt quá giá trị bề rộng vết nứt cho phép của tiêu chuẩn hay trong tài liệu thiết kế.

- Đánh giá tổng hợp kết quả thí nghiệm: kết cấu thí nghiệm được coi là đạt yêu cầu về độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt, nếu đồng thời đáp ứng được tất cả các yêu cầu về độ bền, độ cứng và khả năng chống nứt.

Trên cơ sở phân tích các đặc trưng và trạng thái mất khả năng chịu lực có thể đề xuất các biện pháp gia cường, sửa chữa các phần tử kết cấu hay các liên kết, mối nối trong các công trình tương tự.

3.6. THÍ NGHIỆM CỌC BẰNG TẢI TRỌNG TĨNH ÉP DỌC TRỰC

Thí nghiệm này được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9393:2012 “Cọc - phương pháp thử nghiệm tại hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trực”. Tiêu chuẩn này quy định phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh dọc trực áp dụng cho cọc đơn thẳng đứng, cọc đơn xiên, không phụ thuộc kích thước và phương pháp thi công (đóng, ép, khoan thả, khoan dẫn, khoan nhồi...) trong các công trình xây dựng. Tiêu chuẩn không áp dụng cho thí nghiệm cọc tre, cọc cát và trụ vật liệu rời.

Thí nghiệm được tiến hành bằng phương pháp dùng tải trọng tĩnh ép dọc trực cọc sao cho dưới tác dụng của lực ép, cọc lún sâu thêm vào đất nền. Tải trọng tác dụng lên đầu cọc được thực hiện bằng kích thủy lực với hệ phản lực là dàn chất tải, neo hoặc kết hợp cả hai. Các số liệu về tải trọng, chuyển vị, biến dạng... thu được trong quá trình thí nghiệm là cơ sở để phân tích, đánh giá sức chịu tải và mối quan hệ tải trọng - chuyển vị của cọc trong đất nền.

3.6.1. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị thí nghiệm bao gồm hệ gia tải phản lực và hệ đo đặc quan trắc.

3.6.1.1. Hệ gia tải

Bao gồm kích, bơm và hệ thống thủy lực phải đảm bảo không bị rò rỉ, hoạt động an toàn, áp lực không nhỏ hơn 150% áp lực làm việc. Kích thủy lực phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Có sức nâng đáp ứng tải trọng lớn nhất theo dự kiến.
- Có khả năng gia tải, giảm tải với cấp tải trọng phù hợp với phương án thí nghiệm.
- Có khả năng giữ tải ổn định không ít hơn 24 giờ.
- Có hành trình đủ để đáp ứng chuyển vị đầu cọc lớn nhất theo dự kiến cộng với biến dạng của hệ phản lực.
- Khi sử dụng nhiều kích, các kích nhất thiết phải cùng chủng loại, cùng đặc tính kỹ thuật và phải được vận hành trên cùng một máy bơm.

3.6.1.2. Hệ đo đặc quan trắc

Bao gồm thiết bị, dụng cụ đo tải trọng tác dụng lên đầu cọc, đo chuyển vị của cọc, máy thủy chuẩn, dầm chuẩn và dụng cụ kẹp đầu cọc.

Tải trọng tác dụng lên đầu cọc được đo bằng đồng hồ áp lực lắp sẵn trong hệ thống thủy lực. Đồng hồ áp lực nên hiệu chỉnh đồng bộ cùng với kích và hệ thống thủy lực với độ chính xác đến 5 %. Nếu không có điều kiện hiệu chỉnh đồng bộ thì có thể hiệu chỉnh riêng đồng hồ áp lực.

Chuyển vị đầu cọc được đo bằng 2 đến 4 chuyển vị kế có độ chính xác đến 0,01 mm, có hành trình dịch chuyển ít nhất 50 mm hoặc đủ để đo chuyển vị lớn nhất theo dự kiến.

Máy thủy chuẩn dùng để đo kiểm tra dịch chuyển, chuyển vị của gối kê dàn chất tải, hệ thống neo, dầm chuẩn gá lắp chuyển vị kế, độ vòng của dầm chính... và chuyển vị đầu cọc. Các số liệu đo chuyển vị đầu cọc bằng máy thủy chuẩn chỉ được dùng như là số liệu kiểm tra thô.

Các thiết bị gia tải và thiết bị đo chuyển vị cần được kiểm định và hiệu chỉnh định kỳ.

3.6.2. Quy trình gia tải

Trước khi thí nghiệm chính thức, tiến hành gia tải trước nhằm kiểm tra hoạt động của thiết bị thí nghiệm và tạo tiếp xúc tốt giữa thiết bị và đầu cọc. Gia tải trước được tiến hành bằng cách tác dụng lên đầu cọc khoảng 5 % tải

trọng thiết kế sau đó giảm tải về 0, theo dõi hoạt động của thiết bị thí nghiệm. Thời gian gia tải và thời gian giữ tải ở cấp 0 khoảng 10 phút. Thí nghiệm được thực hiện theo quy trình gia tải và giảm tải từng cấp, tính bằng phần trăm (%) của tải trọng thiết kế. Cấp tải mới chỉ được tăng hoặc giảm khi chuyển vị (độ lún) hoặc độ phục hồi đầu cọc đạt ổn định quy ước hoặc đủ thời gian quy định.

Gia tải từng cấp đến tải trọng thí nghiệm lớn nhất, mỗi cấp gia tải không lớn hơn 25 % tải trọng thiết kế. Cấp tải mới chỉ được tăng khi tốc độ lún đầu cọc đạt ổn định quy ước nhưng không quá 2 giờ. Giữ cấp tải trọng lớn nhất cho đến khi độ lún đầu cọc đạt ổn định quy ước hoặc theo phương án thí nghiệm được duyệt. Sau khi kết thúc gia tải, nếu cọc không bị phá hoại thì tiến hành giảm tải về 0, mỗi cấp giảm tải bằng cấp gia tải và thời gian giữ tải mỗi cấp là 30 phút, riêng cấp tải 0 có thể lâu hơn nhưng không quá 6 giờ.

Tốc độ chuyển vị đầu cọc đạt giá trị sau đây được xem là ổn định quy ước:

- Không quá 0,25 mm/h đối với cọc chống vào đất hòn lớn, đất cát, đất sét từ dẻo đến cứng.
- Không quá 0,1 mm/h đối với cọc ma sát trong đất sét dẻo mềm đến dẻo chảy.

Tải trọng thí nghiệm lớn nhất do thiết kế quy định, thường được lấy như sau:

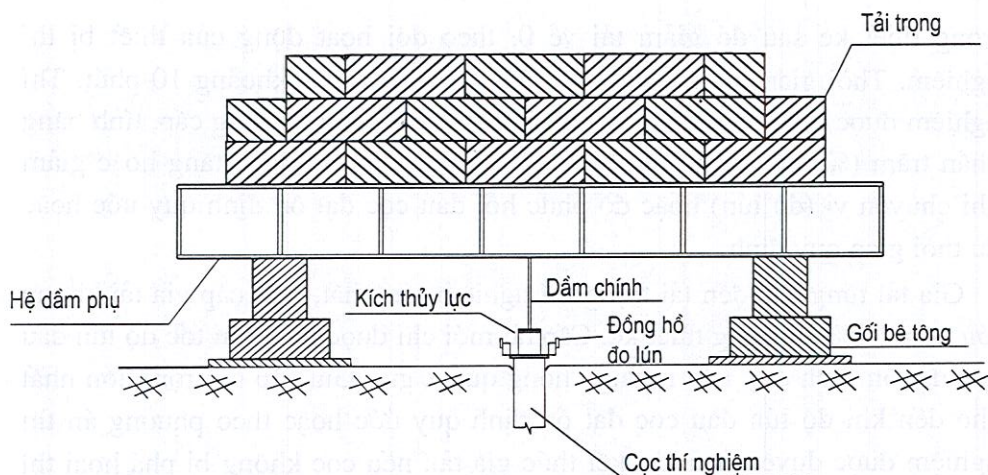
- Đối với cọc thí nghiệm thăm dò: bằng tải trọng phá hoại hoặc bằng 250 % đến 300 % tải trọng thiết kế.
- Đối với cọc thí nghiệm kiểm tra: bằng 150 % đến 200 % tải trọng thiết kế.

Trong thời gian thí nghiệm, phải thường xuyên quan sát và theo dõi tình trạng cọc thí nghiệm, độ co giãn của cần neo đất hoặc của thép liên kết cọc neo với hệ dầm chịu lực, độ chuyển dịch của dầm chất tải... để kịp thời có biện pháp xử lý.

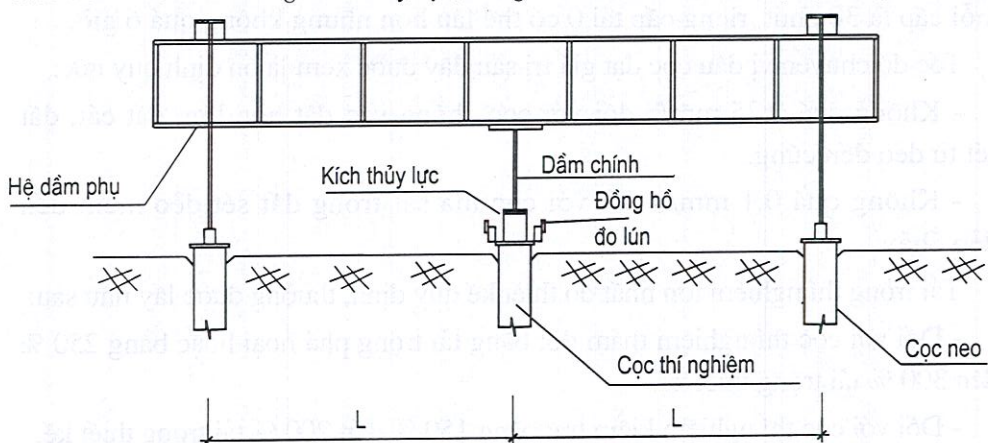
3.6.3. Xử lý và trình bày kết quả thí nghiệm

Các số liệu thí nghiệm được phân tích, xử lý và lập thành bảng số liệu thí nghiệm và bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm. Từ các căn cứ này, xây dựng được các biểu đồ quan hệ sau:

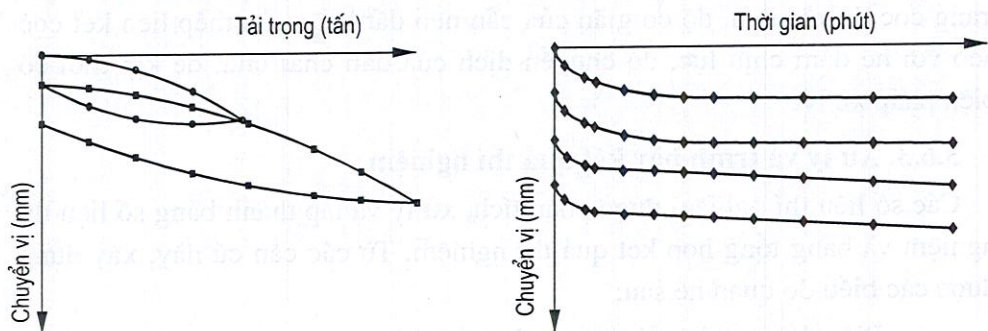
- Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị.
- Biểu đồ quan hệ chuyển vị - thời gian của các cấp tải.
- Biểu đồ quan hệ tải trọng - thời gian.
- Biểu đồ quan hệ chuyển vị - tải trọng - thời gian.



Hình 3.22. Gia tải bằng kích thủy lực, dùng dàn chất tải và đối trọng làm phản lực



Hình 3.23. Gia tải bằng kích thủy lực, dùng cọc neo làm phản lực



Hình 3.24. Biểu đồ quan hệ

a) Quan hệ tải trọng - chuyển vị; b) Quan hệ chuyển vị - thời gian

Chương 4

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÔNG TRÌNH CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG

4.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Trong nghiên cứu công trình không thể không xét đến ảnh hưởng của các yếu tố động lực. Động lực xuất hiện trên kết cấu công trình do nhiều nguyên nhân khác nhau:

- Máy móc thiết bị lắp đặt trên công trình cũng như các giải pháp công nghệ trong dây chuyền sản xuất làm việc theo các nguyên lý rung động, va chạm hoặc nổ.
- Các phương tiện chuyển động và làm việc trên công trình như: tàu xe, cầu trục, thang máy và các máy móc thiết bị sản xuất.
- Các ảnh hưởng do sự tác động và thay đổi của môi trường thiên nhiên xung quanh như: nhiệt độ, gió bão, động đất, sóng biển.

Những tác động đó càng đáng kể đối với kết cấu công trình có tính nhạy cảm cao khi có những tác nhân chấn động bên ngoài. Đó là kết cấu nhẹ, kết cấu dây, các công trình cao như tháp trụ, cột điện, ống khói. Trong thực tế, các yếu tố đó sẽ tạo nên những tác động biến đổi theo thời gian lên kết cấu công trình dưới những dạng tải trọng rung động khác nhau.

Khi công trình bị rung động thì các máy móc, thiết bị và dây chuyền công nghệ đặt trên nó cũng bị rung động nên khó bảo đảm hoạt động chính xác. Tác động này làm ảnh hưởng đến tuổi thọ của máy móc, thiết bị cũng như chất lượng dịch vụ và chất lượng sản phẩm của các dây chuyền công nghệ. Một thiết bị hay một công trình bị rung động, thông qua nền móng và môi trường xung quanh, nó có thể truyền dao động đến cho các công trình khác.

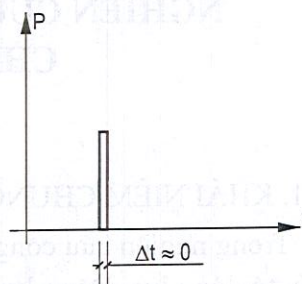
4.1.1. Các dạng tải trọng động

Tải trọng động là loại tải trọng có một hoặc nhiều thành phần như cường độ, phương, chiều thay đổi theo thời gian. Công trình chịu tác dụng của tải

trọng động có chuyển vị cũng thay đổi theo thời gian nên nó có vận tốc và gia tốc. Trong trường hợp này, ngoài tác động của ngoại lực, công trình còn phải chịu tác động động lực học do vận tốc và gia tốc gây ra. Tải trọng động tác dụng lên kết cấu công trình thường có các dạng cơ bản sau:

4.1.1.1. Tải trọng xung kích

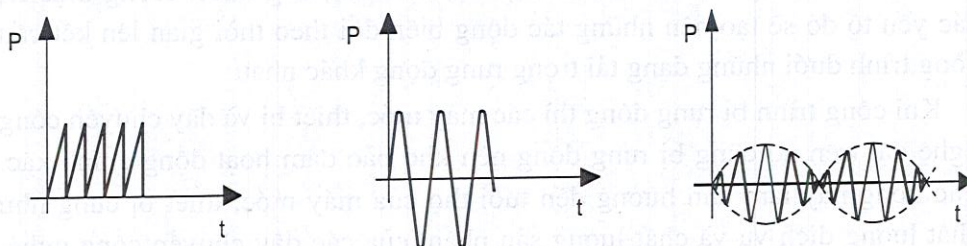
Là loại tải trọng tức thời trong thời gian ngắn lên kết cấu công trình. Sau tác dụng tức thời của tải trọng xung kích, kết cấu công trình dao động tự do với tần số dao động bản thân. Trong thực tế, dạng tải trọng này xuất hiện khi công trình chịu tác động của một vụ nổ, vụ va chạm, một bộ phận kết cấu bất ngờ tách rời khỏi công trình... Quan hệ giữa tải trọng xung kích và thời gian được thể hiện trên hình 4.1.



Hình 4.1. Tải trọng xung kích

4.1.1.2. Tải trọng thay đổi theo quy luật

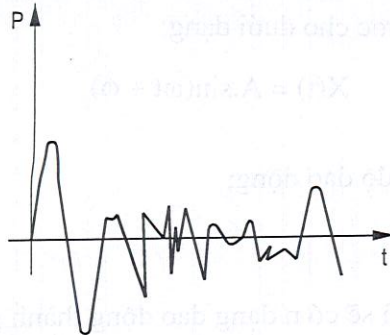
Sau mỗi khoảng thời gian nhất định, tải trọng lại lặp lại theo một quy luật nào đó. Ở điều kiện ổn định, quy luật của loại tải trọng này có thể biểu diễn bằng các biểu thức toán học. Thực tế hay gặp loại tải trọng này trong trường hợp máy móc đặt trên công trình khi hoạt động ổn định, tàu xe chạy với vận tốc đều trên cầu, sẽ gây ra những động lực có dạng hình sin. Sự lặp lại mang tính tuần hoàn được đặc trưng bởi hai tham số là tần số và biên độ của dao động điều hòa. Có những loại tải trọng động có dạng rất phức tạp nhưng có thể phân tích thành nhiều nguồn điều hòa có biên độ và tần số khác nhau. Một số dạng tải trọng thay đổi theo quy luật được thể hiện trên hình 4.2.



Hình 4.2. Một số dạng tải trọng thay đổi theo quy luật

4.1.1.3. Tải trọng thay đổi không theo quy luật

Tải trọng loại này xuất hiện một cách ngẫu nhiên, không tuân theo quy luật nào. Động đất, gió bão là những rung động khó dự đoán, không theo quy luật.



Hình 4.3. Tải trọng thay đổi không theo quy luật

4.1.2. Sự làm việc của kết cấu dưới tác dụng tải trọng động

Về mặt lý thuyết, khảo sát và đánh giá một cách chính xác phản ứng của kết cấu công trình khi bị kích động là một việc rất phức tạp, vì có quá nhiều yếu tố ảnh hưởng đến nó. Các phương pháp tính toán động lực học công trình không thể biểu diễn tất cả các tính chất, đại lượng, thông số của kết cấu công trình thành các biểu thức toán học, đồng thời phải đơn giản bớt sơ đồ tính toán bằng các giả thiết khi xây dựng hệ phương trình vi phân toán học. Vì vậy, kết quả xác định phản ứng của công trình chỉ cho ta một kết quả tương đối chính xác mà thôi.

Đối với trường hợp tổng quát, để xác định phản ứng của một công trình nhà cao tầng rung động do nguồn kích động theo phương nằm ngang. Sơ đồ tính toán được chuyển thành hệ dao động có hữu hạn bậc tự do bằng cách tập trung khối lượng m_i của mỗi tầng về các mức bản sàn (hoặc các nút). Với giả thiết các dầm ngang và bản sàn là tuyệt đối cứng, chúng ta có một hệ dao động n bậc tự do theo phương ngang. Độ cứng của công trình c_i được xác định qua độ cứng chống uốn của cột, bỏ qua biến dạng dọc trục của cột do các tác động động lực chỉ theo phương ngang. Khả năng tiêu hao và phân tán năng lượng của kết cấu được biểu diễn qua hệ số độ nhớt k_i .

Các phương trình vi phân biểu diễn điều kiện cân bằng động của công trình theo phương bậc tự do được viết gọn dưới dạng ma trận:

$$M \cdot \ddot{X}(t) + K \cdot \dot{X}(t) + C \cdot X(t) = P(t) \quad (4.1)$$

trong đó:

M , K , C lần lượt là ma trận khối lượng, cản và độ cứng của hệ;

$\ddot{X}(t)$, $\dot{X}(t)$, $X(t)$ và $P(t)$ lần lượt là véc tơ gia tốc, vận tốc, chuyển vị và tải trọng nút.

Nghiệm của (4.1) được cho dưới dạng:

$$X(t) = A.\sin(\omega t + \varphi) \quad (4.2)$$

trong đó:

A - ma trận biên độ dao động;

ω - tần số góc;

φ - góc lệch pha.

Hệ có n bậc tự do thì sẽ có n dạng dao động thành phần và có n tần số dao động thành phần ω_i . Sắp xếp các tần số góc này theo thứ tự từ nhỏ đến lớn:

$$\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 \dots < \omega_{n-1} < \omega_n$$

Quan hệ giữa chu kỳ dao động T, tần số góc ω và tần số dao động f:

$$T_i = 2\pi/\omega_i; \omega_i = 2\pi.f_i; f_i = 1/T_i$$

T_1 được gọi là chu kỳ dao động cơ bản, ω_1 được gọi là tần số góc cơ bản và f_1 được gọi là tần số dao động cơ bản. Còn các $T_i < T_1$ và $\omega_i > \omega_1$ được gọi là chu kỳ và tần số góc bậc cao.

Tần số góc ω của hệ sẽ có được khi giải hệ phương trình 4.1 là công việc phức tạp và cần nhiều thời gian nhưng chỉ cho ta kết quả gần đúng. Vì vậy, các nhà khoa học đã thành lập các công thức tính nhanh chu kỳ dao động cơ bản T_1 với độ chính xác cần thiết trên cơ sở các kết quả thực nghiệm.

Các kết quả thực nghiệm cho thấy, phần lớn hư hại của công trình xây dựng do các nguồn kích động nhân tạo gây ra ở dải tần số từ 1-150Hz. Các nguồn kích động tự nhiên gây ra ở dải tần số thấp: động đất từ 0,1-30Hz, gió bão từ 0,1-2Hz. Dải diễn hình của phản ứng công trình với các nguồn kích động khác nhau được cho trong bảng 4.1 phụ lục chương 4.

4.1.2.1. Dao động bản thân (tự do)

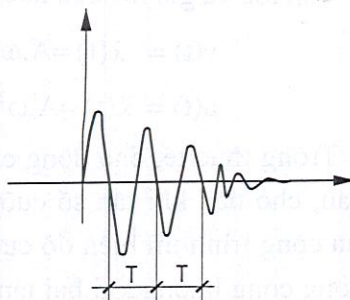
Khi kết cấu công trình chịu tác dụng của lực xung kích hoặc bị cưỡng bức một chuyển vị ban đầu rồi đột ngột được giải phóng, lúc đó công trình thực hiện dao động có biên độ giảm dần về không để trở lại trạng thái cân bằng tĩnh sau một khoảng thời gian nào đó và với một tần số xác định. Đồ thị biểu diễn dao động có dạng hình sin tắt dần như hình 4.4.

Đây là dao động bản thân, dao động tự do hay dao động riêng của kết cấu công trình với một tần số xác định được gọi là tần số dao động riêng. Biểu đồ dao động riêng có dạng tắt dần được đặc trưng bởi các tham số sau đây:

- Giá trị các biên độ của dao động: $a_0 > a_1 > a_2 \dots > a_n \rightarrow 0$. Giá trị $a_0 = \max$ phụ thuộc vào độ cứng K của hệ kết cấu và cường độ của lực xung kích.

- Chu kỳ dao động T là thời gian thực hiện một chu kỳ (giây).

- Tần số dao động $f = 1/T$ là số chu kỳ thực hiện trong thời gian 1 giây (Hz).



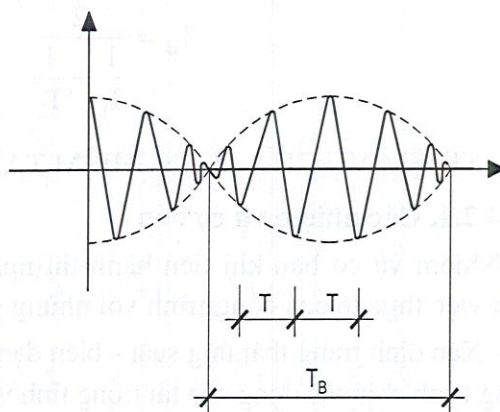
Hình 4.4. Biểu đồ dao động riêng

Tần số dao động riêng tỷ lệ nghịch với khối lượng M , tỷ lệ thuận với độ cứng K của hệ kết cấu. Đối với công trình xây dựng, tần số dao động riêng còn phụ thuộc vào khả năng giảm chấn C của kết cấu công trình, loại đất dưới chân công trình. Tần số dao động riêng của kết cấu công trình là một thông số động cơ bản cần được quan tâm khi phân tích các tác động động lực học công trình.

4.1.2.2. Dao động cưỡng bức

Khi kết cấu công trình chịu tác dụng thường xuyên hay trong khoảng thời gian tương đối dài của tải trọng động có chu kỳ, nó thực hiện dao động cưỡng bức.

Dao động có chu kỳ lặp lại một cách tuần hoàn là dao động điều hòa. Đây là dạng dao động thường gặp trong thực tế như máy móc quay đều, tàu xe chạy trên đường với vận tốc đều. Dao động điều hòa có phương trình chuyển vị $x(t)$ theo thời gian được xác định bằng biểu thức:



Hình 4.5. Dao động biên

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

trong đó: A - biên độ dao động;

ω - tần số góc;

φ - góc lệch pha ban đầu (khi $t = 0$);

$\omega t + \varphi$ - pha dao động.

Vận tốc và gia tốc của dao động điều hòa cũng biến thiên điều hòa:

$$v(t) = \dot{x}(t) = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi) \rightarrow v_{\max} = A \cdot \omega = 2\pi \cdot f \cdot A$$

$$a(t) = \ddot{x}(t) = A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow a_{\max} = A \cdot \omega^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A$$

Trong thực tế, dao động cưỡng bức thường có tần số biến thiên theo thời gian, cho nên khi tần số cưỡng bức tiến gần đến tần số dao động bản thân của công trình thì biên độ cưỡng bức phát triển lớn dần và sẽ xuất hiện hiện tượng cộng hưởng khi hai tần số dao động đó bằng nhau, biên độ cưỡng bức đạt đến giá trị cực đại và có thể dẫn đến phá hoại công trình.

Khi cùng tác dụng hai nguồn dao động theo chu kỳ lên đối tượng nghiên cứu có các chu kỳ dao động T_1 và T_2 gần bằng nhau thì dao động của công trình nhận được sẽ có biên độ thay đổi dần từ nhỏ đến lớn, rồi lại giảm dần xuống nhỏ. Quá trình này sẽ xảy ra liên tục trong suốt thời gian tồn tại dao động cưỡng bức trên công trình. Hiện tượng dao động này gọi là hiện tượng dao động “biên”. Khoảng thời gian dao động giữa hai thời điểm có giá trị biên độ cực đại hoặc cực tiểu gọi là chu kỳ “biên” và được xác định theo biểu thức:

$$T_B = \frac{2}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}} \quad (4.3)$$

4.2. NHIỆM VỤ CỦA THÍ NGHIỆM TẢI TRỌNG ĐỘNG

4.2.1. Các nhiệm vụ cơ bản

Nhiệm vụ cơ bản khi tiến hành thí nghiệm tải trọng động là so sánh sự làm việc thực tế của công trình với những giả thiết đã đề ra trong tính toán:

- Xác định trạng thái ứng suất - biến dạng, chuyển vị và biên độ của kết cấu công trình chịu tác dụng của tải trọng tĩnh và động. Xác định biến dạng đàn hồi và biến dạng dư sau khi công trình đã chịu những tác động động lực. Đây là các tham số đảm bảo độ bền, độ ổn định và tuổi thọ của kết cấu công trình.

- Xác định tần số dao động riêng của kết cấu công trình. Mọi kết cấu đều có một tần số dao động xác định gọi là tần số dao động riêng. Khi tần số của lực cưỡng bức do tải trọng động trùng với tần số dao động riêng của kết cấu công trình, biên độ dao động tăng nhanh sẽ xảy ra hiện tượng cộng hưởng. Việc xác định được tần số dao động riêng của công trình để chọn các thông số kỹ thuật của máy móc thiết bị đặt trên công trình, tránh hiện tượng cộng hưởng.

- Xác định tần số, biên độ dao động của kết cấu công trình làm ảnh hưởng đến tâm sinh lý, sức khỏe của con người làm việc trên công trình.

- Xác định tần số, biên độ dao động cho phép để khắc phục sự ảnh hưởng của dao động đến các yêu cầu kỹ thuật của máy móc và dây chuyền công nghệ đặt trên công trình.

- Xác định hệ số động. Những tác động của tải trọng động gây ra những phản ứng phức tạp dẫn đến những nội lực lớn và đa dạng trên kết cấu công trình mà các phép tính toán lý thuyết không thể kể hết. Hệ số động được sử dụng trong các phương pháp tính mà giá trị của nó được xác định trên cơ sở thực nghiệm. Thực tế triển khai các thí nghiệm động, khó có thể đồng thời xác định tất cả các tham số trong các nhiệm vụ kể trên. Tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu, hay nhiệm vụ của một thí nghiệm đã được xác định để chọn các thông số cần xác định.

4.2.2. Thí nghiệm công trình và phần tử kết cấu trước lúc đưa vào khai thác sử dụng

Thường là kết cấu làm việc dưới chế độ tải trọng rung động thường xuyên như: dầm cầu, kết cấu trong công trình công cộng và công nghiệp... Nhằm mục đích kiểm tra trạng thái làm việc trong những điều kiện giống hoặc gần giống thực tế, xác định các tham số động như tần số dao động bản thân của những phần tử kết cấu để có thể đánh giá về độ cứng của nó. Khảo sát hình dạng dao động của công trình để có thể giải thích sự khác nhau giữa sơ đồ tính lý thuyết với kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

4.2.3. Thí nghiệm các kết cấu và công trình đang khai thác sử dụng

Bằng những kết quả nhận được khi thử nghiệm các công trình và kết cấu đang ở trong tình trạng khai thác chịu tác dụng tải trọng cho phép phán đoán về quá trình thay đổi trạng thái của chúng theo thời gian. Với mục đích này, các thí nghiệm động có thể được thực hiện:

- Theo sự hoạch định trước của điều kiện kỹ thuật đối với quá trình khai thác sử dụng công trình.

- Sau lúc sửa chữa, gia cường.

- Khi tồn tại những nghi ngờ về khả năng chịu lực cũng như độ cứng của công trình do han gỉ hay hỏa hoạn...

Thử tải trọng động đối với công trình đang khai thác còn có những nhiệm vụ khác như khi cần phải đặt các máy móc và thiết bị mới lên công trình.

4.3. CÁC BIỆN PHÁP TẠO TẢI TRỌNG ĐỘNG LÊN CÔNG TRÌNH

Một trong những yếu tố cơ bản để có thể tiến hành đúng đắn các thí nghiệm động là chọn được biện pháp tạo nguồn chấn động, xác định vị trí đặt tải, cường độ của tải trọng phù hợp yêu cầu của nghiên cứu, điều kiện và môi trường khảo sát.

Có thể tạo tải trọng động bằng các phương tiện sẵn có như các máy móc, thiết bị sản xuất, các phương tiện vận tải tàu, xe... Đây là biện pháp dùng tải trọng thực. Các thí nghiệm nghiên cứu thường được tiến hành với nhiều dạng và cường độ tải trọng động khác nhau. Nó được tạo ra bằng các thiết bị chuyên dùng, các máy rung hoạt động bằng nguyên lý cơ hoặc thủy lực. Có hai nhóm biện pháp tạo tải trọng là biện pháp dùng tải trọng thực và biện pháp dùng tải trọng thí nghiệm chuyên dùng.

4.3.1. Biện pháp dùng tải trọng thực

Tải trọng thực gồm hai loại:

- Gây rung động tại một vị trí cố định như các máy móc cơ khí trong các xưởng máy.
- Vừa gây rung động vừa chuyển dời vị trí như các phương tiện vận tải ô tô, tàu và các phương tiện trong nội bộ nhà xưởng như cần trục, cầu thang máy.

Khi trên đối tượng khảo sát chỉ tồn tại một nguồn chấn động thì việc dùng trực tiếp chính nó để làm giảm tải trọng thí nghiệm sẽ thực hiện được khá dễ dàng. Trường hợp trên đối tượng tồn tại đồng thời nhiều nguồn gây chấn động, thì quá trình thí nghiệm trở nên phức tạp, vì ở đây nhiệm vụ tiến hành thí nghiệm là phải tổ hợp được các nguồn chấn động để gây trạng thái làm việc nguy hiểm trong đối tượng khảo sát. Quá trình thí nghiệm ở đây phải thực hiện theo trình tự từ đơn giản đến phức tạp và từ chế độ làm việc nhẹ đến chế độ làm việc nặng dần.

Nếu các nguồn chấn động là di chuyển thì ngoài những trường hợp thí nghiệm như đối với nguồn chấn động tại chỗ, còn cần phải tìm sự ảnh hưởng đến trạng thái công trình khi tốc độ di chuyển của các nguồn chấn động phát triển lớn và khi xuất hiện lực hãm các chuyển động.

4.3.2. Tải trọng thí nghiệm chuyên dùng

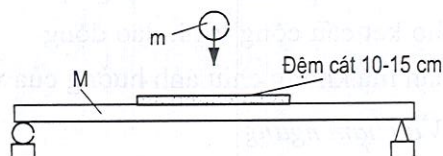
Khi nghiên cứu thực nghiệm các kết cấu công trình, việc dùng tải trọng thực để làm thí nghiệm thường bị hạn chế, không đáp ứng được các yêu cầu nghiên cứu về cường độ tải trọng cũng như sự khống chế của tần số dao động. Vì thế, cần phải tạo các nguồn tải trọng rung động chuyên dùng có các đặc trưng kỹ thuật phù hợp với các chỉ tiêu thiết kế công trình. Dưới đây sẽ giới thiệu một số biện pháp và thiết bị để tạo tải trọng thí nghiệm động.

4.3.2.1. Tải trọng xung kích

Va chạm đơn sẽ gây dao động bản thân của kết cấu công trình. Để xác định các tham số động là tần số và cường độ của dao động cưỡng bức này không đòi hỏi phải đo chính xác các đại lượng của nguồn va chạm, mà chỉ cần đảm bảo tạo được lực va chạm đủ để ghi được dao động bản thân của kết cấu.

a) Va chạm đứng

Các loại kết cấu dễ rung động như tấm, vỏ, bản sàn, kết cấu dầm có thể dùng búa tay đập vào kết cấu. Nhưng với những kết cấu có trọng lượng hoặc độ cứng lớn, thường dùng biện pháp cho một vật nặng rơi tự do va chạm với kết cấu công trình để tạo ra lực xung kích theo phương thẳng đứng.



Hình 4.6. Sơ đồ tạo va chạm đứng

Cho vật nặng có trọng lượng Q tương đương khoảng 0,01% trọng lượng của đối tượng khảo sát, đặt ở độ cao $h = 2,0 - 2,5\text{m}$. Tại vị trí điểm rơi của vật nặng trên kết cấu, rải một đệm cát dày khoảng 10 - 20 cm để bảo vệ bề mặt của kết cấu thí nghiệm và để ngăn chặn các nứt va chạm thứ cấp. Với biện pháp gây tải trọng này, biểu đồ dao động sẽ cho phép xác định chu kỳ dao động bản thân của cả công trình và vật nặng:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{qd} + m}{K}} \quad (4.4)$$

Chu kỳ dao động bản thân T_0 của kết cấu được xác định từ kết quả đo thực nghiệm sẽ là:

$$T_0 = T \sqrt{\frac{m_{qd}}{m_{qd} + m}} \quad (4.5)$$

trong đó:

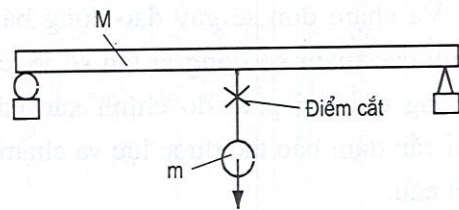
T- chu kỳ dao động riêng của kết cấu và vật nặng;

m_{qd} - khối lượng quy đổi tại vị trí va chạm;

m- khối lượng của vật rơi;

K- giá trị của vật nặng làm kết cấu chuyển vị 1 cm.

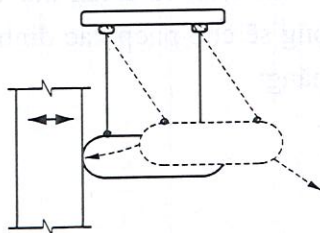
Va chạm đứng còn có thể tạo được bằng biện pháp thả rơi vật nặng từ kết cấu thí nghiệm như hình 4.7. Vật nặng m được treo phía dưới kết cấu bởi sợi cáp có cơ cấu mở tự động bằng lực kéo. Vật treo m được thả rơi tự do tạo nên một xung lực làm cho kết cấu công trình dao động bản thân mà không chịu ảnh hưởng của vật nặng.



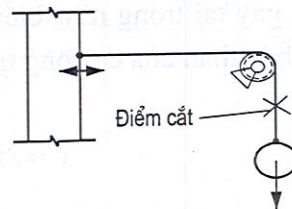
Hình 4.7. Tạo lực xung kích đứng bằng cách cắt rơi vật nặng

b) Va chạm ngang

Để tạo va chạm ngang vào phần tử kết cấu thường dùng một thanh gỗ tròn, đường kính từ 20 - 25 cm, chiều dài từ 250 - 300 cm được treo ngang bằng trên hai dây như hình 4.8. Kéo thanh gỗ ra rồi buông dây cho thanh gỗ chuyển dịch tự do, va vào kết cấu thí nghiệm theo phương ngang. Sau nhất va chạm đầu tiên, cần phải giữ sợi dây để giữ búa không cho xảy ra các nhất va chạm thứ cấp. Lực va đập được điều chỉnh bằng khoảng cách từ đầu búa trước khi thả dây đến điểm va chạm trên kết cấu.



Hình 4.8. Sơ đồ tạo va chạm ngang



Hình 4.9. Tạo lực xung kích ngang bằng cách cắt rơi vật nặng

Sử dụng biện pháp cho rơi vật nặng cũng tạo ra lực xung kích tác dụng theo phương ngang lên kết cấu công trình. Cáp treo vật nặng m được vắt qua ròng rọc chuyển hướng nằm ngang rồi mới liên kết vào kết cấu thí nghiệm. Cơ cấu cất tự động, cũng như quan hệ trọng lượng của vật treo m và trọng lượng M của kết cấu thí nghiệm được lấy tương tự như trường hợp cho vật nặng rơi theo phương thẳng đứng.

4.3.2.2. Tải trọng rung động

Để tạo nguồn tải trọng cường bức tác dụng lên kết cấu công trình hoặc đối tượng khảo sát, thường dùng máy rung động chuyên dùng. Máy tạo rung được thiết kế và chế tạo theo nguyên lý quay các quả nặng đặt lệch tâm.

a) Máy rung với một quả nặng đặt lệch tâm

Khi quay quả nặng có khối lượng m với vận tốc quay ω sẽ sinh ra lực ly tâm:

$$P = m.e.\omega^2 \quad (4.6)$$

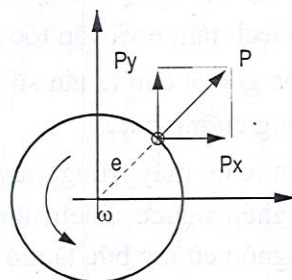
trong đó: e - Khoảng cách từ khối lượng m đến tâm quay O .

Khi giữ nguyên được tốc độ quay ω thì cường độ của lực ly tâm không thay đổi, nhưng phương tác dụng của lực liên tục thay đổi. Các thành phần lực nằm ngang P_x và thẳng đứng P_y sẽ tác dụng vào kết cấu thí nghiệm và thay đổi theo quy luật điều hòa sau:

$$P_x = m.e.\omega^2 \cos \omega t \quad (4.7)$$

$$P_y = m.e.\omega^2 \sin \omega t \quad (4.8)$$

Ở đây, ωt là góc đặc trưng cho vị trí của khối lượng m tại thời điểm khảo sát. Loại tải trọng này rất thường gặp trong thực tế sản xuất như đầm dùi, đầm mặt để rung lắc bê tông tạo độ chặt. Nhưng với quan điểm khi nghiên cứu bài toán động là nhằm mục đích xác định các đặc trưng động của kết cấu công trình nên nếu dùng thiết bị một quả nặng lệch tâm để tạo giao động sẽ gây nhiều khó khăn, vì cùng một lúc công trình sẽ chịu đồng thời 2 lực cường bức theo 2 phương thẳng góc với nhau. Để khắc phục, người ta ghép đồng bộ hai quả lệch tâm để triệt tiêu thành phần không mong muốn.



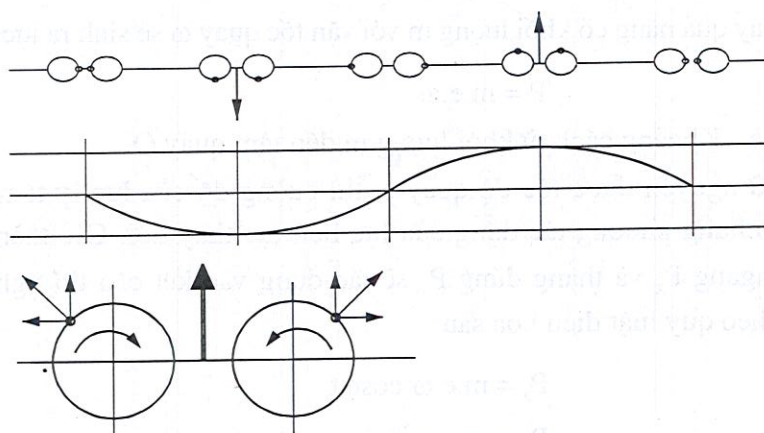
Hình 4.10. Nguyên lý máy rung một quả lệch tâm

b) Máy rung với hai quả nặng đặt lệch tâm

Trên hai trục song song O_1 và O_2 quay ngược chiều nhau cùng một vận tốc quay ω , có hai quả nặng cùng khối lượng m nằm trên hai vị trí đối nhau trong mọi thời điểm và có khoảng lệch e đến hai trục O_1 và O_2 bằng nhau. Khi cho trục quay, sẽ xuất hiện hai lực ly tâm P_1 và P_2 bằng nhau, hình chiếu của chúng lên trục x ngược chiều nhau, cho nên $P_x(t) = 0$, còn tổng các hình chiếu lên trục y là $P_y(t)$ thay đổi theo quy luật:

$$P_y(t) = 2m.e.\omega^2 \sin \omega t$$

$$P_y \text{ cực hạn khi } \omega t = \pm \pi/2, \text{ bằng } P_{y_{\min}}^{\max} = \pm 2m.e.\omega^2$$



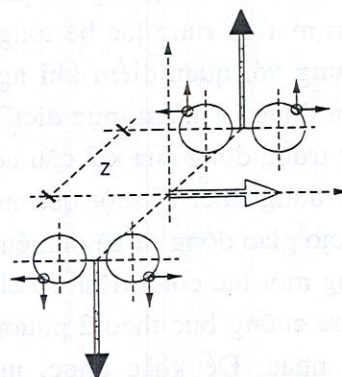
Hình 4.11. Nguyên lý máy rung hai quả lệch tâm

Có thể thay đổi cường độ rung động bằng ba thông số: trọng lượng của quả lệch tâm m , độ lệch tâm e và vận tốc góc ω . Thay đổi vận tốc góc ω cho ta tần số mong muốn của tải trọng cưỡng bức.

Một cặp máy rung hay quả lệch tâm được ghép ngược chiều như hình 4.12 cho một nguồn cưỡng bức là mô men động:

$$M(t) = 2.z.m.e.\omega^2 \sin \omega t$$

Khi xác định các đặc trưng động của kết cấu công trình, thiết bị gây chấn động cần phải có phạm vi thay đổi số vòng quay rộng,



Hình 4.12. Nguyên lý tạo mô men động

vì thế bộ phận động lực trong thiết bị chấn động thường phải dùng các động cơ điện có dòng không đổi cùng với bộ chuyển tốc độ để có thể thay đổi số vòng quay của thiết bị từ 15 đến 20 lần.

c) Thiết bị thủy lực gia tải trọng động

Thiết bị thủy lực bao gồm ba bộ phận cơ bản là trạm bơm, kích và bộ phận điều khiển. Trong phòng thí nghiệm công trình, các máy thí nghiệm kéo, nén thủy lực có thể có chế độ gia tải trọng động nhưng lực động thường không đổi dấu (hoặc kéo, hoặc nén). Các máy thí nghiệm loại này chỉ đáp ứng được các thí nghiệm nghiên cứu trên các mẫu vật liệu hoặc gia tải cho cấu kiện thí nghiệm với tải trọng động không đổi dấu.

Tại Mỹ và các nước phát triển đã chế tạo ra các thiết bị thủy lực gia tải trọng động với các đặc trưng kỹ thuật đáp ứng các yêu cầu của nghiên cứu thực nghiệm. Bộ phận điều khiển nối với máy tính cho phép lập trình các chế độ tải trọng động khác nhau. Bộ nguồn thủy lực cung cấp áp lực dầu cho bộ sinh công có thể mở rộng tới 8 xi lanh hai chiều kéo, nén tới 200 tấn với tần số có thể điều khiển từ 0-1000 Hz. Các bộ phận cảm biến được gắn trên các xy lanh tự động đo và chuyển số liệu về máy tính các thông số cần xác định như lực, chuyển vị tại các thời điểm.

Bộ thiết bị thủy lực gia tải động công nghệ cao này cho phép tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm hay kiểm tra, kiểm định kết cấu công trình làm việc dưới tác dụng của tải trọng động trên cả mô hình và kết cấu thực.

4.4. DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ ĐO CÁC THAM SỐ DAO ĐỘNG

Khi thí nghiệm khảo sát kết cấu công trình chịu tác dụng của các yếu tố rung động cũng như khi nghiên cứu với tải trọng tĩnh, các đặc trưng xuất hiện trong đối tượng dưới tác dụng của tải trọng ngoài thường là các tham số chuyển vị, biến dạng, ứng suất và nội lực. Ngoài ra, trong nhiều trường hợp còn phải biết vận tốc và gia tốc tương ứng.

Trong quá trình công trình rung động, cần xác định tần số dao động. Về nguyên tắc, để đo lường đầy đủ và chính xác các tham số động xuất hiện trong kết cấu công trình cần phải dùng các thiết bị đo ghi tự động dưới dạng các biểu đồ dao động trên băng giấy, các dao động ký điện tử hoặc số liệu được lưu trữ lại trong các băng, đĩa từ để rồi được xử lý tự động trên các máy tính. Chỉ trong những trường hợp khi tiến hành khả năng đo lường tự động bị

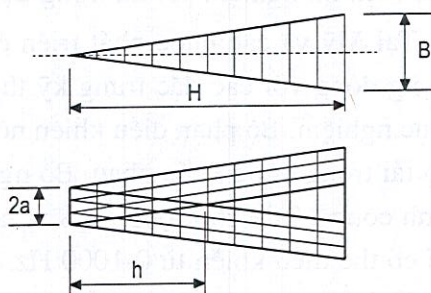
hạn chế và điều kiện thí nghiệm cho phép thì có thể tiến hành bằng phương pháp quan trắc trên các dụng cụ đo đơn giản, các dụng cụ đo này thường cho các số liệu rời rạc và độ chính xác không cao.

4.4.1. Dụng cụ đo tham số động đơn giản

Khi nghiên cứu công trình chịu tác dụng tải trọng động, tham số đầu tiên cần xác định là chuyển vị rung động. Để đo tham số này có thể dùng những dụng cụ và phương pháp đơn giản như tem dao động, đồng hồ đo chuyển vị bé, các thiết bị cơ học tự ghi biểu đồ.

4.4.1.1. Tem dao động

Phương tiện đơn giản nhất để xác định giá trị biên độ dao động của kết cấu công trình là các con tem dao động. Tem dao động là một mảnh giấy hình chữ nhật có kích thước 30×250 mm, trên đó vẽ một hình tam giác cân bằng mực đen có nét rộng 0,5 mm, cạnh đáy $B = 5 \div 20$ mm, chiều cao $H = 10B$. Trên chiều cao của tam giác chia mười khoảng bằng nhau như hình 4.13.



Hình 4.13. Tem dao động

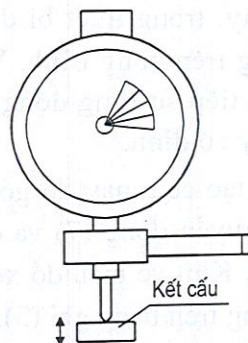
Dán tem dao động vào vị trí dao động cần đo biên độ, sao cho chiều cao của tam giác cân vuông góc với phương của chuyển vị. Khi dao động có tần số lớn hơn 10 Hz do khả năng lưu ảnh trên nhãn cầu của mắt người, ta thấy hai cạnh bên của tam giác quét thành hai vệt sẫm màu. Hai vệt sẫm màu giao nhau tạo thành tam giác sẫm màu hơn có chiều cao h và cạnh đáy bằng hai lần biên độ dao động. Giá trị chiều cao h xác định được nhờ thang chia 10 vạch trên chiều cao H . Theo tỷ lệ đồng dạng, ta có biên độ dao động được xác định theo cách sau:

$$\frac{2a}{h} = \frac{B}{H} \Rightarrow a = \frac{B \cdot h}{2H}$$

Với tem dao động, có thể đo được các chuyển vị động từ 10 - 20 mm khi tần số dao động khoảng 500 chu kỳ/phút và từ 1 - 10 mm khi tần số khoảng 1000 chu kỳ/phút.

4.4.1.2. Đồng hồ đo chuyển vị

Đo rung động của công trình có thể dùng các đồng hồ đo chuyển vị thẳng như hình 4.14. Đồng hồ được gắn trên một điểm cố định ngoài kết cấu hay thông thường được gắn trên một khối lượng treo trực tiếp trên công trình nhưng có tần số dao động rất thấp so với dao động của công trình. Khi kết cấu rung động, kim của đồng hồ đo chuyển động và tạo thành trên mặt đồng hồ một bóng rẽ quạt. Từ khoảng dịch chuyển của đầu mút kim có thể đọc được biên độ dao động của kết cấu.

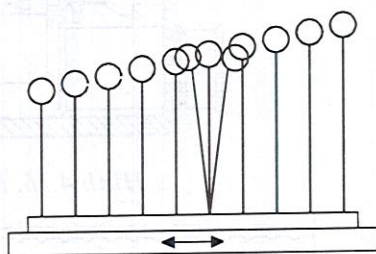


Hình 4.14. Đồng hồ đo chuyển vị

Điều kiện cơ bản để đo đúng là trong quá trình kết cấu rung động, luôn đảm bảo thanh truyền động của đồng hồ tiếp xúc với điểm đo chuyển vị, điều này chỉ thực hiện được khi trong tất cả các pha dao động, lực quán tính của thanh truyền động của đồng hồ không vượt quá lực kéo của lò xo trong đồng hồ.

4.4.1.3. Con lắc quán tính

Mỗi con lắc đơn có một tần số dao động riêng xác định. Nhiều con lắc được đặt trên cùng một tấm đế được kèm theo tần số dao động riêng đã được xác định. Gắn các tấm đế lên kết cấu thí nghiệm sao cho phương dao động của kết cấu trùng với phương dao động của con lắc. Hiện tượng cộng hưởng xảy ra với con lắc có tần số dao động riêng trùng với tần số dao động của kết cấu thí nghiệm làm nó dao động với biên độ lớn nhất mà ta dễ dàng quan sát thấy.



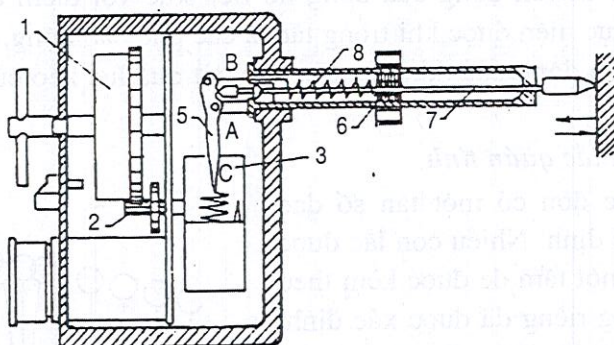
Hình 4.15. Đo tần số dao động bằng con lắc quán tính

Các dụng cụ đo tham số động đơn giản trên cho kết quả có độ chính xác không cao, số liệu rời rạc và không tự động ghi lại được. Các tham số đặc trưng cho dao động thay đổi một cách liên tục với tốc độ nhanh mà khả năng đọc, ghi chép thủ công của con người không thể đáp ứng được. Các máy đo dao động cơ học có khả năng tự động ghi lại biểu đồ dao động, các máy đo dao động kỹ thuật số hiện đại có khả năng lấy mẫu nhanh và tự động xử lý để vẽ ra biểu đồ dao động. Các máy đo dao động không thể thiếu trong các phòng thí nghiệm công trình chịu tải trọng động.

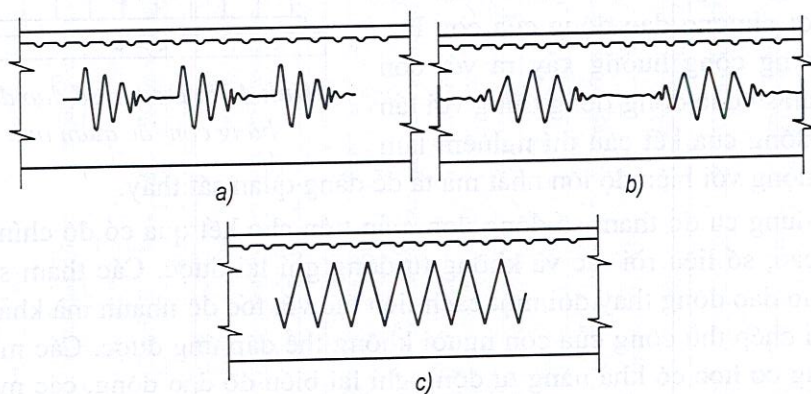
4.4.2. Máy đo dao động cầm tay

Ở đây, trong thiết bị dùng trực tiếp dao động của người sử dụng máy đo đứng trên công trình. Vì thế, khi dùng dụng cụ này có thể cầm tay để đo trực tiếp sự rung động của công trình không yêu cầu phải có điểm gá lắp máy cố định.

Cấu tạo của máy đo gồm vỏ máy, trên đó có gắn ống (6), trong ống có thanh truyền động (7) và được giữ ở vị trí cân bằng nhờ lò xo ống (8) tại điểm B. Kim vẽ biểu đồ xoay quanh điểm cố định A và mũi kim C sẽ vạch dao động trên băng ghi (3). Để tạo chuyển động thẳng đều của băng giấy khi biểu đồ (4) trên bàn ghi, trong thiết bị đã dùng hộp khởi động dây cót đồng hồ (1) để làm quay trục lăn (2) kéo chạy băng giấy ghi biểu đồ. Trên máy còn có bộ phận vạch thời gian chạy bằng nguồn pin, mỗi vạch tương ứng với 1 giây.



Hình 4.16. Máy ghi dao động cầm tay



Hình 4.17. Biểu đồ dao động

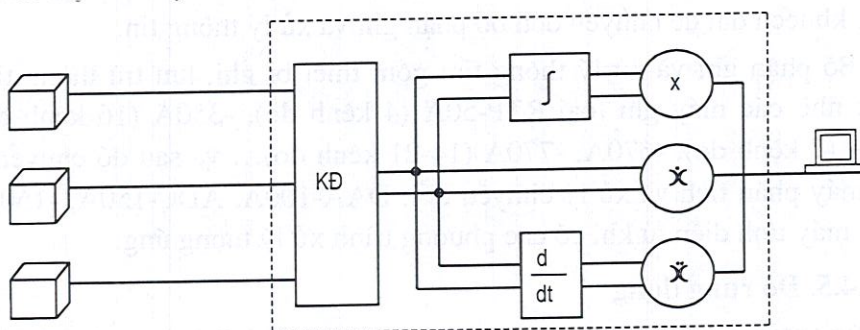
- a) Biểu đồ dao động bản thân; b) Biểu đồ dao động hài hòa;
c) Biểu đồ dao động cộng hưởng

Thiết bị đo rung cầm tay dùng để đo dao động của các công trình có tần số rung cao. Với tần số rung từ 5 đến 100 Hz, có thể đo được biên độ dao động từ 0,05 đến 6 mm.

Trên hình 4.17 là ba biểu đồ dao động: dao động bản thân, dao động biên và dao động cộng hưởng của mô hình cầu dây văng.

4.4.3. Máy đo dao động tần số thấp chỉ thị số

Bộ chuyển đổi của máy gồm ba đầu đo theo nguyên lý điện cảm kiểu vi sai. Mỗi đầu đo được đặt theo hướng mũi tên gắn trên đầu đo trùng với phương dao động x, y, z của công trình. Cấu tạo của đầu đo gồm một khối quán tính với vai trò như một nhíp lò xo treo cuộn dây. Nam châm tạo từ trường gắn liền vỏ hộp có trọng lượng lớn đặt trực tiếp lên điểm cần đo dao động trên kết cấu. Khi có rung động, nam châm và cuộn dây cảm ứng di chuyển tương đối với nhau làm cho từ thông qua cuộn dây thay đổi, tạo ra sức điện động cảm ứng. Sức điện động sinh ra tỷ lệ với biên độ rung được đưa vào khuếch đại.



Hình 4.18. Sơ đồ máy đo dao động kỹ thuật số

Thông số của dao động là chuyển vị, vận tốc và gia tốc. Quan hệ giữa chúng là những phép vi phân đơn giản.

Chuyển vị $x = x(t)$; vận tốc $v = \dot{x}(t)$ và gia tốc $a = \ddot{x}(t)$

Đối với dao động điều hòa có phương trình chuyển vị: $x = A \sin \omega t$

Biên độ dao động $A = x_{\max}$.

Vận tốc cực đại $v_{\max} = \omega \cdot A$.

Gia tốc cực đại $a_{\max} = \omega^2 \cdot A$.

Nhờ bộ vi phân và tích phân, thiết bị đo được cả ba thông số của dao động là biên độ, vận tốc và gia tốc. Hình 4.18 là sơ đồ nguyên lý của máy đo dao động kỹ thuật số.

4.4.4. Đo biến dạng động

Các dụng cụ đo biến dạng cơ học không dùng được trong các thí nghiệm có tải trọng động tác dụng. Cơ cấu khuếch đại và chỉ thị của các dụng cụ cơ học có trọng lượng tương đối lớn nên chịu tác động của lực quán tính lớn. Vì vậy kết quả đo sẽ bị sai lệch, dụng cụ đo có thể bị hư hỏng.

Việc đo biến dạng động trong kết cấu công trình phổ biến dùng tenzomet điện trở. Nguyên lý làm việc và cấu tạo cơ bản của tenzomet điện trở được trình bày chi tiết ở chương một. Cũng tương tự như trong đo lường trạng thái biến dạng tĩnh, để đo lường biến dạng động cần phải có ba bộ phận cơ bản sau:

- Bộ phận tiếp nhận và chuyển đổi thông tin: đó là các phần tử tenzomet cảm biến điện trở. Các phần tử đo này có nhiệm vụ tiếp nhận độ giãn tương đối của vật liệu khi đối tượng chịu lực để chuyển thành sự thay đổi giá trị điện trở trong phần tử cảm biến.

- Bộ phận đo lường và khuếch đại tín hiệu: đây là máy đo lường các tín hiệu điện (sự biến thiên điện trở) nhận được từ phần tử cảm biến, sau đó được khuếch đại để chuyển đến bộ phận ghi và xử lý thông tin.

- Bộ phận ghi và xử lý thông tin: gồm thiết bị ghi, lưu trữ thông tin đo được nhờ các máy ghi loại RTP-50A (4 kênh đo), -350A (16 kênh đo), -550A (7 kênh đo), -670A, -770A (14-21 kênh đo)... và sau đó chuyển đến các máy phân tích và xử lý chuyển đổi: DAA-100A, ADC-150A, -160A,... hoặc máy tính điện tử khi có các phương trình xử lý tương ứng.

4.4.5. Đo rung động

Đặc trưng cho bản chất của rung động là chuyển dịch, vận tốc và gia tốc được xác định là hàm số theo thời gian. Mỗi đại lượng có thể được tính từ đại lượng kia bằng các phép tính vi phân. Số lượng điểm đo phụ thuộc vào kích thước và độ phức tạp của công trình xây dựng. Để xác định ảnh hưởng của rung động, nên chọn vị trí đo tại móng nhà. Nếu không thể chọn trên móng nhà thì chọn điểm đo điển hình trên tường ngoài ở độ cao sàn tầng trệt.

Rung động có thể được khuếch đại bên trong công trình và tỷ lệ với chiều cao nhà. Đối với tòa nhà cao hơn 4 tầng thì phải có các điểm đo ở mỗi tầng và ở sàn cao nhất của tòa nhà. Đối với các tòa nhà dài hơn 10 m thì phải đặt các vị trí đo theo phương nằm ngang cách nhau khoảng 10 m. Để xác định ảnh hưởng của rung động đến khu công cộng và dân cư cần đo tại những điểm trên sân, nền nhà, sàn nhà, tường và các cửa sổ. Nếu nhà có nhiều tầng thì phải đo tại mỗi tầng khác nhau, mỗi tầng phải đo tại ít nhất ba điểm.

4.5. TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM VÀ XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ ĐỘNG

4.5.1. Khảo sát đối tượng thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm một kết cấu công trình chịu tác dụng của tải trọng rung động có nhiều phức tạp hơn so với tải trọng tĩnh. Thật vậy, trong quá trình chịu tải, không những bản thân đối tượng bị rung động mà cả hệ thống gây tải và các thiết bị đo lường lắp đặt trên đối tượng cũng bị rung theo. Một sai sót hay khuyết tật tồn tại trong hệ thống thí nghiệm, nếu không được phát hiện đầy đủ và kịp thời cũng có thể gây ra sự hư hỏng hay phá hoại đột ngột các phần tử kết cấu trong quá trình tiến hành thí nghiệm. Vì thế, trước khi chất tải trọng cần phải tiến hành các bước khảo sát kiểm tra đối tượng sau:

4.5.1.1. Khảo sát trạng thái kết cấu

Khảo sát trạng thái kết cấu tập trung vào một số nội dung sau:

- Xác định các đặc trưng cơ lý của vật liệu, chất lượng các chi tiết chế tạo sẵn: việc lấy mẫu và chế tạo các mẫu thí nghiệm để xác định các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu phải tuân thủ các tiêu chuẩn và các quy trình thí nghiệm hiện hành bằng phương pháp thí nghiệm phá hoại mẫu thử trong phòng thí nghiệm. Khi không thể có mẫu thử lấy trực tiếp từ công trình mới áp dụng các phương pháp thí nghiệm không phá hoại để xác định các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu công trình.

- Tình trạng của các kết cấu chịu lực: đo đặc kích thước hình học của kết cấu chịu lực, sai số vị trí, độ lệch tâm, lệch trục, độ nghiêng, độ lún...

- Các sai sót, khuyết tật kể cả do thiết kế, thi công và quá trình sử dụng. Chú ý đến những hiện tượng hư hỏng bất thường như độ võng quá mức, vết nứt, giảm yếu tiết diện... Đặc biệt chú ý đến chất lượng và các yêu cầu kỹ thuật của các mối nối liên kết hàn, bu lông, đinh tán, nối cáp... vì tính đồng nhất trong các mối nối thường không cao, dễ có khuyết tật hay các vị trí cục bộ tập trung ứng suất rất nhạy cảm với tải trọng động.

- Tính toán kiểm tra lại trạng thái làm việc của đối tượng trên cơ sở của các số liệu khảo sát thực tế, tương ứng với các chế độ tải trọng thí nghiệm.

4.5.1.2. Xác định tính chất, vị trí và giá trị của tải trọng thí nghiệm

Trước tiên cần phải xác định tính chất của tải trọng động dùng trong thí nghiệm công trình là tải trọng xung do va chạm hay do nổ gây nên; hoặc tải trọng rung động theo chu kỳ bằng một hay nhiều nguồn cưỡng bức tạo ra; hoặc là các tải trọng sử dụng thực tế trên công trình..., từ đó thiết kế các giá

trị và chế độ làm việc của tải trọng thí nghiệm. Sau cùng, bằng sơ đồ thể hiện vị trí và biện pháp tác dụng tải trọng nhằm đảm bảo đặt đúng, truyền đủ tải trọng lên đối tượng.

4.5.1.3. Phân bố và lắp đặt dụng cụ đo lường

Các dụng cụ đo lường sau khi lựa chọn sẽ được lắp đặt trên các điểm đặc trưng của đối tượng để xác định giá trị của các tham số khảo sát. Trong thí nghiệm động, số lượng dụng cụ đo sử dụng thường không nhiều, nhưng có cấu tạo khá phức tạp cho nên việc lắp đặt chúng lên đối tượng cần phải tiến hành thật cẩn thận để đảm bảo sự ổn định và làm việc bình thường trong quá trình kết cấu chịu tải nhằm cho kết quả đo đạc các tham số khảo sát chính xác.

4.5.1.4. Thiết kế các biện pháp an toàn trong quá trình tiến hành thí nghiệm

Các vấn đề về an toàn cho người và thiết bị cần được quan tâm đúng mức, đặc biệt khi thí nghiệm đến phá hoại hoặc khi sử dụng các loại tải trọng thực chuyển động với tốc độ cao. Các yêu cầu về ánh sáng, phương án và các thiết bị cứu hộ v.v... cũng cần được thiết kế chi tiết vì đó cũng chính là biện pháp an toàn.

4.5.2. Thí nghiệm xác định tần số dao động bản thân của công trình

Xác định tần số dao động tự do có một ý nghĩa quan trọng đối với việc khai thác và sử dụng đúng đắn các kết cấu công trình làm việc với tải trọng rung động. Trong thực tế, khi biết được tần số dao động riêng của đối tượng khảo sát hay công trình, có thể đánh giá khả năng cho phép đặt lên công trình đó các nguồn chấn động có chế độ làm việc xác định, hay để giải thích nguyên nhân xuất hiện dao động cộng hưởng ở công trình để tìm biện pháp tránh hiện tượng đó.

Để xác định tần số dao động bản thân của các phần tử kết cấu hay công trình bằng phương pháp thực nghiệm có thể thực hiện theo các cách sau đây:

- Cách thí nghiệm thứ nhất. Tác dụng lên kết cấu một lực va chạm bằng cách tạo vật rơi (va chạm đúng), hoặc búa va chạm (va chạm ngang), hoặc một lượng nổ nhỏ định hướng hay bằng cách tạo một chuyển vị ban đầu để kết cấu ra ngoài tư thế cân bằng, sau đó để cho kết cấu dao động tự do. Để xác định dạng, tần số và suy giảm dao động, tại tiết diện đặc trưng của kết cấu đặt các dụng cụ đo chuyển vị động và ghi lại biểu đồ rung động của kết cấu.

- Cách thí nghiệm thứ hai. Để xác định tần số dao động bản thân của kết cấu, dùng một máy chấn động kiểu các quả lệch mà tần số rung của nó có thể điều khiển bằng cách thay đổi số vòng quay. Cho thiết bị rung làm việc với những giá trị tần số thay đổi khác nhau, để chọn một tần số gây cho kết cấu có dao động với biên độ phát triển nhanh, bắt đầu xuất hiện sự cộng hưởng. Tần số dao động lúc này của nguồn cưỡng bức chính là tần số dao động riêng của kết cấu.

- Dùng bộ con lắc đơn có chiều dài thay đổi (nhằm thay đổi tần số của con lắc). Cho bộ con lắc này cùng dao động với công trình với nguồn tạo rung động có thể thay đổi tần số. Quan sát quá trình sẽ thấy một con lắc nào đó có biên độ dao động lớn nhất. Điều đó cho thấy đã xảy ra hiện tượng cộng hưởng và có thể nói tần số dao động riêng của công trình chính bằng tần số của con lắc đó.

4.6. XỬ LÝ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM ĐỘNG

4.6.1. Phương pháp tiến hành xử lý kết quả thí nghiệm

Vấn đề quan trọng trong khi nghiên cứu bằng thực nghiệm các kết cấu công trình chịu tác dụng của các nhân tố động là việc xử lý các thông tin nhận được trong quá trình thí nghiệm. Các thông tin nhận được đó có thể là các biểu đồ tự ghi lại trên các dụng cụ đo lường, trong đó thể hiện sự biến thiên đại lượng của tham số khảo sát theo thời gian hoặc có thể là các số đo rời rạc qua những khoảng thời gian ngắt quãng hay ở những mốc thời gian xác định.

Đồ thị biểu diễn các tham số phụ thuộc thời gian là dạng thông dụng và thuận tiện nhất khi tiến hành phân tích và xử lý quá trình rung động của một đối tượng khảo sát. Những biểu đồ này không những cho khả năng phân tích quy luật biến thiên của các tham số mà còn có thể cho biết hàng loạt giá trị các số đo rời rạc.

Khi tiến hành thí nghiệm rung động kết cấu công trình, thường gặp các dạng dao động như sau:

- Dao động tắt dần.
- Dao động có dạng gần điều hòa không tắt dần.
- Dao động theo chu kỳ, là các dao động tổng hợp của nhiều dao động điều hòa.

- Những quá trình đặc trưng xung động.
- Các dao động có dạng ngẫu nhiên dừng.

Quá trình xử lý số liệu thực nghiệm được thực hiện theo các bước cơ bản sau:

- Phân tích tổng thể quá trình khảo sát: trước tiên phải nhận xét và tách các quá trình dao động phức tạp thành những quá trình đơn giản quen thuộc, sau đó cần xác định các tỷ lệ tọa độ trên trục thời gian và trục tham số khảo sát được sử dụng trên các đồ thị tự ghi.
- Xác định giá trị các tham số đặc trưng của quá trình khảo sát.
- Trong những trường hợp cần thiết, tiếp tục xử lý kết quả khảo sát trên cơ sở số liệu của các tham số đặc trưng. Chẳng hạn, từ tham số chuyển vị, bằng các phép tính toán để xác định tốc độ hay ngược lại, hoặc bằng các phép so sánh đồng thời các số liệu đo đạc sẽ có được dạng dao động.
- Trên cơ sở các kết quả đã tiến hành xử lý sẽ cho những đánh giá chung của quá trình làm việc động của đối tượng khảo sát.

4.6.2. Khảo sát các dao động theo chu kỳ

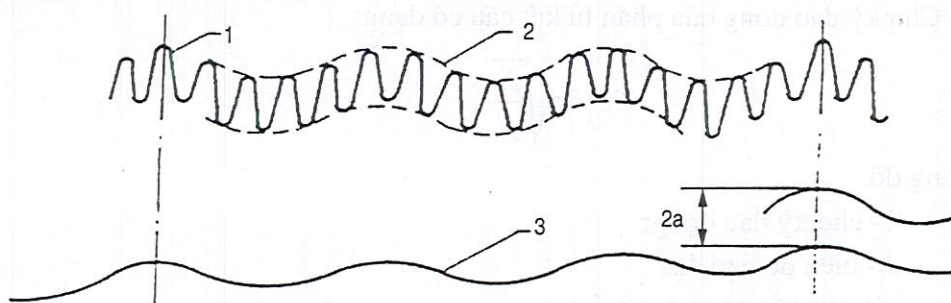
Các dao động theo chu kỳ thường là tổ hợp của một số các dao động điều hòa. Đối với loại dao động này cần xác định các chỉ tiêu sau:

- Giá trị cực đại của biên độ tổng hợp đối với quá trình nghiên cứu.
- Tần số của thành phần dao động chính.
- Biên độ của mỗi thành phần dao động.

Biết được tần số của các dao động thành phần sẽ xác định được nguồn dao động tổ hợp và theo giá trị biên độ của các dao động này có thể nhận xét về hiệu ứng mang lại cho công trình của từng nguồn dao động thành phần.

Để xác định được tham số trên đây, khi xử lý các biểu đồ dao động thường dùng phương pháp đường bao. Phương pháp này dựa trên tính chất của đường cong tổng hợp nhận được bằng việc cộng tác dụng của các dao động thành phần dạng hình sin.

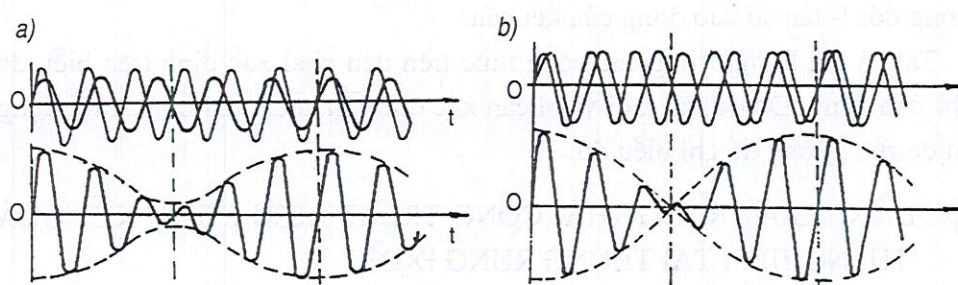
Trên hình 4.19 là biểu đồ ghi được từ quá trình dao động gồm hai dao động hình sin có tần số khác nhau. Hai đường bao (2) tạo thành bằng cách nối các đỉnh cùng phía của biểu đồ ghi được sẽ cho dạng dao động của thành phần có tần số thấp (3), bề rộng $2a$ của dải ở giữa hai đường bao trên và dưới bằng hai lần giá trị biên độ của dao động thành phần có tần số cao (1).



Hình 4.19. Các đường cong ghi dao động

1- dao động hai thành phần; 2- đường bao; 3- dao động thành phần tần số thấp

Biểu đồ dao động biên cũng là kết quả tổ hợp hai dao động thành phần có tần số dao động rất gần nhau (hình 4.20).



Hình 4.20. Phân tích dao động biên

- a) Khi các biên độ thành phần không bằng nhau;
b) Khi các biên độ thành phần bằng nhau

4.6.3. Phương pháp chuyển đổi từ chuyển vị thành gia tốc và ngược lại

Chuyển vị, tốc độ và gia tốc phụ thuộc nhau qua các liên hệ vi phân. Công việc chuyển đổi có thể thực hiện trên các biểu đồ dao động, bằng phương pháp xử lý phân tích hay đo trực tiếp bằng các dụng cụ gia tốc.

Trường hợp chuyển đổi đơn giản nhất là các dao động điều hòa có biên độ a và tần số ω , có phương trình:

$$y = a \sin \omega t$$

Chuyển đổi từ biên độ đo đến gia tốc cực đại có thể thực hiện thông qua phương trình xác định gia tốc:

$$y'' = -a\omega^2 \sin \omega t$$

Nói chung, gia tốc cũng có thể xác định trên cơ sở các tham số đo được trong biểu đồ ghi rung động của kết cấu công trình.

Chu kỳ dao động của phần tử kết cấu có dạng:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{A}{y''}}$$

trong đó:

T- chu kỳ dao động;

A- biên độ cực đại;

y'' - gia tốc của kết cấu.

Từ đó có thể xác định giá trị gia tốc của phần tử kết cấu bằng:

$$y'' = \frac{4\pi^2 A}{T^2} = 4\pi^2 A f^2$$

trong đó: f- tần số dao động của kết cấu.

Tất cả đại lượng trong các công thức trên đều phải xác định trên biểu đồ ghi dao động. Do đó, tại mỗi vị trí cần xác định gia tốc, phải bố trí một dụng cụ đo rung động để ghi biểu đồ.

4.7. ĐÁNH GIÁ TRẠNG THÁI CÔNG TRÌNH TRÊN CƠ SỞ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM TẢI TRỌNG RUNG ĐỘNG

Sự so sánh giữa các giá trị xác định bằng thực nghiệm của các tham số động (tần số dao động, giá trị chuyển vị, độ võng...) với những giá trị tương ứng xác định bằng lý thuyết trong điều kiện tính toán với các chỉ tiêu thực tế của đối tượng khảo sát là sự đánh giá đầy đủ nhất trạng thái và khả năng làm việc của đối tượng đó.

Độ bền của đối tượng khảo sát chỉ có thể đảm bảo với điều kiện: kết quả xác định bằng thực nghiệm các giá trị ứng suất - biến dạng của đối tượng được tiến hành trên cơ sở trạng thái bất lợi nhất cho đối tượng, sẽ không được vượt quá các giá trị cho phép của cường độ và chuyển vị.

Tần số dao động tự do được xác định bằng thực nghiệm của các phần tử kết cấu hay công trình là yếu tố quan trọng để làm chính xác các yêu cầu của chế độ khai thác công trình (như việc chọn máy móc, quy định tốc độ chuyển động của tải trọng trên công trình...), để ngăn ngừa khả năng cộng hưởng. Trường hợp đặc biệt, nếu không tránh được sự xuất hiện của cộng hưởng thì trên cơ sở những số liệu có được về tần số dao động riêng của công trình, tiến hành thiết kế và xây dựng những biện pháp ngăn ngừa cần thiết.

Đối với những công trình làm việc dưới tác dụng của các nguyên nhân gây rung động, sau những khoảng thời gian xác định nên tiến hành kiểm tra thử rung động. So sánh các đặc trưng động nhận được qua những lần kiểm tra (như sự giảm tần số dao động riêng của phần tử kết cấu hay trên tổng thể công trình, sự tăng nhanh độ tắt dần của dao động hoặc sự thay đổi hình dạng của đỉnh cộng hưởng...) sẽ cho phép đánh giá tổng thể sự thay đổi trạng thái của công trình. Những kiểm tra thử rung đó là cần thiết đối với các công trình chịu tải trọng rung động và hoàn toàn không ảnh hưởng đến điều kiện và trạng thái làm việc của công trình, đồng thời cũng không tốn kém nhiều công sức và thời gian thí nghiệm.

Ngày nay, các công trình hiện đại sẽ có quy mô ngày càng lớn về chiều dài và chiều cao. Cùng với sự tăng lên về quy mô kết cấu hiện đại, sự nhạy cảm với các dao động có hại đã và đang là nguyên nhân dẫn tới các hư hỏng và giảm tuổi thọ công trình xây dựng.

Ở Việt Nam, tuy còn nhiều khó khăn về đội ngũ cán bộ khoa học, kỹ thuật và các trang thiết bị thí nghiệm phục vụ cho lĩnh vực nghiên cứu thực nghiệm trong lĩnh vực động lực học công trình. Những năm gần đây, trong một số trường đại học và viện nghiên cứu, chúng ta đã bắt đầu tiếp nhận được các phần mềm máy tính, kỹ thuật và các thiết bị đo các thông số động của các nước tiên tiến, đã cho phép các kỹ sư phân tích được các quá trình động lực học phức tạp tác động lên kết cấu công trình.

Chương 5

CÔNG TÁC KHẢO SÁT KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

5.1. MỤC ĐÍCH, ĐỐI TƯỢNG CỦA CÔNG TÁC KHẢO SÁT KIỂM ĐỊNH

Kiểm định công trình là phương pháp nghiên cứu đánh giá kết cấu công trình bằng đường lối thực nghiệm nhằm những mục đích cơ bản sau:

- Tìm hiểu các trạng thái thực tế của công trình để phát hiện, đánh giá các sai sót, khuyết tật tồn tại và phát sinh trong quá trình khảo sát thiết kế, thi công và khai thác sử dụng.

- Thử nghiệm và đo đạc trạng thái ứng suất - biến dạng để xác định khả năng chịu lực và đánh giá trạng thái làm việc thực tế của vật liệu và kết cấu công trình dưới tác dụng của các loại tải trọng có thể xảy ra trong quá trình khai thác sử dụng, đồng thời trên quan điểm khái quát có thể dự báo khả năng an toàn và tuổi thọ của công trình.

Vì thế, khảo sát và kiểm định chất lượng là một công việc rất cần thiết đối với mọi đối tượng là sản phẩm trong lĩnh vực xây dựng công trình. Tuy nhiên, thực tế tùy thuộc vào tầm quan trọng và các yêu cầu kỹ thuật của công trình, công việc khảo sát kiểm định sẽ được triển khai theo các mức độ khác nhau.

Khảo sát kiểm định, nói chung cần thực hiện theo 2 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Khảo sát tổng thể trạng thái chất lượng của kết cấu công trình để phát hiện những nguyên nhân hư hỏng trên tổng thể, xác định những thiếu sót và khuyết tật về kích thước, hình dạng của kết cấu và chất lượng vật liệu nhằm cung cấp các số liệu thực tế để tính toán kiểm tra lại công trình, đánh giá sơ bộ khả năng làm việc của các kết cấu và đặc biệt trên cơ sở đó có thể đề xuất sự cần thiết phải tiến hành công việc thử tải trọng trên các kết cấu riêng lẻ, trên từng bộ phận hay từng đơn nguyên công trình.

Giai đoạn 2: Quá trình thử tải trọng trên các bộ phận kết cấu hay trên toàn bộ công trình. Bước công việc này có tồn tại hay không tùy thuộc vào trạng thái và khả năng thực tế cũng như tầm cỡ của công trình đó.

Công tác khảo sát kiểm định công trình được thực hiện trên các kết cấu, phần tử riêng lẻ, các cấu kiện đúc sẵn hoặc trong các công trình đang tồn tại.

5.1.1. Các kết cấu, phần tử riêng lẻ của công trình, các cấu kiện đúc sẵn

Đây là loại đối tượng thường được chế tạo hàng loạt với số lượng lớn có cùng một kích thước hình học và đặc trưng vật liệu như nhau, nên phải là những sản phẩm có chất lượng và khả năng chịu tải như nhau. Với những đối tượng này, quá trình kiểm định là đánh giá chất lượng sản phẩm khi xuất xưởng hoặc trước khi đưa vào sử dụng trong công trình.

5.1.2. Các công trình đang tồn tại

Các công trình đang tồn tại có thể được chia thành các nhóm cơ bản sau:

- Công trình mới xây dựng xong bằng vật liệu mới, thi công xây dựng đáp ứng theo yêu cầu của thiết kế và sẽ được khai thác sử dụng đúng với mục đích đặt ra ban đầu, với chủng loại công trình này, việc khảo sát kiểm định thường chỉ mang ý nghĩa để nghiệm thu chất lượng tổng thể, so sánh đánh giá thực trạng công trình với các chuẩn mực thiết kế, với quy phạm kỹ thuật và với các yêu cầu của công nghệ sản xuất, cũng như khi khai thác sử dụng.

- Cũng là những công trình như trên nhưng sẽ khai thác không theo đúng mục đích thiết kế ban đầu, thường có xu hướng sử dụng với các chế độ tải trọng lớn hơn gây sự bất lợi cho công trình. Với loại đối tượng này, quá trình tiến hành kiểm định cần phải làm sáng tỏ trạng thái chịu lực, khả năng làm việc tổng thể theo yêu cầu khai thác mới, đánh giá được độ bền, độ cứng và độ ổn định chung cũng như của từng chi tiết kết cấu quan trọng trong công trình. Ngoài ra, cần phải đánh giá lại chất lượng của các vật liệu sử dụng, xác định lại các kích thước và cấu tạo kết cấu để tiến hành kiểm định kết cấu công trình theo các số liệu thực tế và yêu cầu khai thác mới.

- Các công trình có nghi vấn sai sót lớn trong thiết kế, tồn tại những khuyết tật và sai lệch đáng kể khi thi công. Các công trình bị sự cố như thiên tai, hỏa hoạn, chiến tranh tàn phá, hư hỏng do quá niên hạn sử dụng... Với những công trình này, quá trình tiến hành kiểm định cần thực hiện thật chi tiết và thận trọng các bước công việc ở giai đoạn khảo sát tổng thể trạng thái cũng như thử tải để nhằm mục đích:

- + Phát hiện được đầy đủ các sai sót và khuyết tật.
- + Xác định mức độ hư hỏng của kết cấu để đánh giá được sự giảm yếu khả năng chịu lực.
- + Trên cơ sở các số liệu tính toán lại, sơ bộ rút ra những kết luận có thể cho phép sử dụng tiếp hoặc được khai thác từng bộ phận hay loại bỏ hoàn toàn công trình.
- + Xác định và đo lường các thông số cần thiết để cung cấp cho giai đoạn thiết kế sửa chữa, cải tạo công trình.

5.2. KHẢO SÁT HỒ SƠ THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH

Tùy thuộc vào nhiệm vụ khảo sát và trạng thái thực tế của đối tượng, quá trình triển khai công việc cần được thực hiện từng phần hay toàn bộ các nội dung cơ bản sau:

5.2.1. Tìm hiểu nhiệm vụ thiết kế công trình

Qua các tài liệu trong luận chứng kinh tế kỹ thuật của công trình có thể nắm bắt được mục đích xây dựng, nhiệm vụ thiết kế và đối tượng phục vụ của công trình. Đề cập và phân tích các ý đồ thiết kế và biện pháp giải quyết thực tế để thỏa mãn được nhiệm vụ của công trình phục vụ cho quá trình khai thác sử dụng. Đây có thể xem là những tiêu chuẩn đầu tiên và xuyên suốt quá trình thiết kế, thi công và nghiệm thu công trình, mà công tác kiểm định chất lượng công trình cần phải làm sáng tỏ.

5.2.2. Kiểm tra các số liệu cung cấp cho thiết kế tính toán

Các tài liệu cung cấp cho thiết kế tính toán thông thường gồm:

- Tài liệu địa chất thủy văn.
- Tác động của môi trường thiên nhiên như gió, bão, động đất, sóng thủy triều, nhiệt độ, độ ẩm, độ ăn mòn... Các tác động ngoại cảnh này có thể không xảy ra thường xuyên nhưng khi xuất hiện thường gây ảnh hưởng lớn đến khả năng làm việc của công trình.
- Tải trọng tác dụng: các giá trị về tải trọng thường được chỉ dẫn trong các tiêu chuẩn, tuy nhiên việc quy định đó còn mang tính chất phân loại tương đối. Trong nhiều trường hợp cụ thể, việc xác định hoạt tải còn tùy thuộc nhiều yếu tố khác trong đó có sự suy diễn chủ quan của người thiết kế.
- Quy mô, kích thước công trình.
- Đặc tính của vật liệu dùng trong công trình.

5.2.3. Phương pháp tính toán kết cấu công trình

Việc xây dựng sơ đồ tính: khi lập sơ đồ tính cần phải sát với điều kiện làm việc thực tế của công trình và kể đến đầy đủ các yếu tố tác dụng lên đối tượng. Tuy nhiên một sơ đồ tính càng đơn giản hóa càng tốt dựa trên tiêu chí thiên về tính an toàn của công trình.

Đối với phương pháp tính toán nội lực: để có thể xác định được nội lực trong kết cấu công trình trên cơ sở sơ đồ tính đã xây dựng, trong thực tế không chỉ có một phương pháp tính, mà có nhiều cách khác nhau để giải quyết bài toán. Những kết quả nhận được từ các giải pháp tính toán đó sẽ sai khác nhau, thậm chí nhiều khi còn bị lệch lạc đáng kể so với thực tế làm việc của kết cấu công trình. Tuy nhiên, việc lựa chọn một phương pháp tính toán nào để thực hiện, lại tùy thuộc vào yếu tố chủ quan của người thiết kế.

5.2.4. Xem xét các cấu tạo liên kết và kết cấu trong công trình

Trong quá trình tính toán kết cấu công trình, để đảm bảo độ bền, tuổi thọ, điều kiện cần thiết là xác định nội lực và thiết kế tiết diện cho các phần tử chịu lực trong kết cấu. Tuy nhiên, việc cấu tạo liên kết, các chi tiết và các phần tử đặc biệt hoặc thứ yếu khác mà không được tiến hành cụ thể, cũng không kém phần quan trọng đối với khả năng làm việc tổng thể của công trình. Thật vậy, trong thực tế các hiện tượng hư hỏng và phá hoại kết cấu thường xuất phát từ các liên kết hoặc từ các phần tử cấu tạo đặc biệt, tại đó việc tính toán cụ thể thường gặp khó khăn và phức tạp, cho nên vai trò cấu tạo kết cấu ở đây là quyết định.

5.3. KHẢO SÁT HIỆN TRẠNG VÀ CHẤT LƯỢNG THI CÔNG CÔNG TRÌNH

Các đối tượng thực tế cần kiểm định chất lượng khi thực hiện có khác nhau.

- Đối với những công trình được xây dựng mới, nội dung khảo sát bao gồm cả việc kiểm tra chất lượng thi công và đánh giá hiện trạng công trình.
- Đối với công trình cũ đã khai thác sử dụng hoặc bị khuyết tật, hư hỏng thì tập trung chủ yếu vào việc kiểm tra và xác định chất lượng thực tế còn lại trong vật liệu và kết cấu công trình.

5.3.1. Tìm hiểu hồ sơ hoàn công công trình

Qua các thông tin, số liệu và bản vẽ trong hồ sơ hoàn công có thể cảm nhận được hiện trạng công trình từ khối lượng công việc, những thay đổi,

sửa chữa và sai lệch trong kết cấu đến những tồn tại chưa khắc phục đầy đủ và chất lượng tổng thể của công trình. Với các số liệu đó có thể tiến hành so sánh đối chiếu với các chỉ tiêu trong tính toán thiết kế, thi công, nghiệm thu và khai thác sử dụng công trình, nhằm mục đích phát hiện những sai sót và bất hợp lý trong quá trình thi công để đánh giá mức độ hoàn chỉnh của công trình và có thể nêu lên những nhận xét ban đầu về chất lượng của sản phẩm xây dựng. Đồng thời, qua đó có được những định hướng và yêu cầu khi triển khai bước khảo sát chi tiết trên kết cấu công trình thực tế như: chọn đối tượng, vị trí khảo sát, chọn biện pháp và thiết bị triển khai.

5.3.2. Khảo sát hiện trạng công trình

Khi khảo sát trạng thái thực tế của một công trình xây dựng cần thực hiện các nội dung cơ bản sau.

5.3.2.1. Quan trắc hình khối công trình

Biểu hiện đầu tiên để đánh giá chất lượng của công trình là hình khối tổng thể của nó. Chỉ tiêu này được xác định thông qua các số liệu đo đạc và khảo sát đối với các thông số tĩnh như độ nghiêng lệch, cong vênh, gẫy khúc của hình khối, độ võng, độ cong vồng ban đầu của công trình, cũng như các tham số động như độ dao động, độ ổn định khi có tác nhân bên ngoài tác dụng.

5.3.2.2. Kiểm tra kích thước và hình dạng của kết cấu

Khi khảo sát các đặc trưng hình học của công trình, trước tiên phải tiến hành xác định các kích thước cơ bản của công trình gồm chiều dài nhịp làm việc, chiều cao tầng, khoảng cách các bước khung... và những kích thước khác có ảnh hưởng trực tiếp đến trạng thái ứng suất - biến dạng của đối tượng. Sau đó, khi tiến hành bước kiểm tra chi tiết đối với kết cấu đòi hỏi phải xác định các kích thước và hình dạng tiết diện thực tế của những phần tử kết cấu và các chi tiết trong công trình.

5.3.2.3. Phát hiện, khảo sát các khuyết tật và hư hỏng bề mặt

Kiểm tra xác định các hư hỏng trên bề mặt của kết cấu công trình sẽ giúp cho quá trình theo dõi trạng thái làm việc của đối tượng khi chịu tác dụng của tải trọng ngoài. Thực tế, nhiều trường hợp từ sự hư hỏng bề mặt ngoài của kết cấu cũng mang lại những yếu tố trực tiếp làm giảm khả năng chịu lực của công trình.

- Đối với bê tông và bê tông cốt thép: công trình bằng bê tông và bê tông cốt thép, khi khảo sát mặt ngoài cần quan tâm đến hiện tượng nứt nẻ bề mặt. Từ quy luật phân bố, hình dạng và độ lớn của các vết rạn nứt trên bề mặt có

thể phán đoán sơ bộ được nguyên nhân gây nứt, từ đó đánh giá được trạng thái làm việc, khả năng chịu lực và tuổi thọ. Bê tông thường còn có nhiều lỗ rỗng, rỗ và nứt mẻ góc cạnh do quá trình đầm rung khi chế tạo, va chạm khi thi công và khai thác sử dụng công trình.

- Đối với thép, kim loại và hợp kim: một loại hư hỏng thường dễ xuất hiện trên bề mặt của kết cấu kim loại nếu không có các biện pháp ngăn ngừa hữu hiệu, đó là hiện tượng han gỉ ăn mòn kim loại. Sự han gỉ có thể xuất hiện trong diện rộng trên bề mặt của kết cấu, cũng có khi hình thành những điểm gỉ nhỏ, đục sâu vào bên trong kết cấu.

5.3.2.4. Xác định chất lượng vật liệu trên công trình

Tác dụng và ảnh hưởng của các yếu tố chịu lực, thời gian và môi trường thường làm thay đổi và làm giảm yếu chất lượng của vật liệu. Để đánh giá được sự thay đổi đó, cần tiến hành kiểm tra chất lượng thực tế của vật liệu trên công trình qua thí nghiệm phá hoại mẫu vật liệu lấy ra từ công trình. Ngoài ra, chất lượng vật liệu còn chịu ảnh hưởng rất lớn từ độ đồng nhất, kích thước, số lượng và tính chất của các khuyết tật có trong vật liệu.

5.4. PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ THỰC TẾ CÓ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG CỦA KẾT CẤU

5.4.1. Ảnh hưởng của môi trường xung quanh

5.4.1.1. Sự thay đổi nhiệt độ

Ở nước ta, sự chênh lệch nhiệt độ không khí giữa ban ngày và đêm, giữa ngày mưa và ngày nắng, giữa mùa nóng và mùa lạnh cũng đủ để gây ra biến dạng các kết cấu nhẹ, kết cấu dầm, kết cấu vỏ mỏng, tháp trụ hoặc làm phát sinh ứng suất nhiệt có giá trị đáng kể trong công trình có bề mặt tiếp xúc rộng với môi trường như mái nhà, mặt đường, sân bay hoặc trong các công trình có kết cấu chịu lực là siêu tĩnh. Những ứng suất phát sinh do ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường trong nhiều công trình thực tế đã gây ra rạn nứt, cong vênh hoặc có độ võng lớn khi kết cấu làm việc.

5.4.1.2. Các tác nhân xâm thực của môi trường

Các công trình tồn tại dọc bờ biển, trong vùng thềm lục địa và trên biển luôn chịu ảnh hưởng trực tiếp của môi trường muối mặn nên hiện tượng han gỉ xảy ra trong vật liệu rất nhanh, đặc biệt trong các vùng kết cấu tiếp xúc với mực nước thay đổi và trong loại kết cấu chịu ứng lực trước. Đối với các công trình bê tông cốt thép, lớp vật liệu bê tông bên ngoài bị biến chất do

ảnh hưởng mặt, cốt thép bên trong bị han gỉ, thể tích cốt thép bị trương nở làm nứt vỡ lớp bê tông bảo vệ và có thể dẫn đến phá hủy kết cấu.

Công trình công nghiệp có liên quan đến việc sử dụng hoặc sản xuất các sản phẩm hóa học cũng chịu ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn và biến chất vật liệu, làm hư hỏng hoặc giảm yếu khả năng chịu lực của kết cấu.

5.4.2. Các yếu tố diễn biến trong vật liệu

Trong quá trình tồn tại và làm việc của mỗi loại vật liệu xây dựng thường mang theo mình những yếu tố thay đổi nội tại có tính đặc thù. Những sự thay đổi đó ít nhiều có ảnh hưởng đến trạng thái làm việc, khả năng chịu lực thực tế của kết cấu công trình.

5.4.2.1. Thép và kim loại

Tính già của thép: đây là hiện tượng làm thay đổi tính chất của thép theo thời gian sử dụng. Thép già đi do những nguyên nhân về vật lý và hóa học trong bản chất cấu tạo của thép sinh ra và làm cho thép sử dụng ngày càng bị mòn. Trong tinh thể của thép có hòa tan than nitơ và những tạp chất khác, các tạp chất này tuy ít nhưng dần dần tách ra khỏi dung dịch đặc thành ra xementit và nitrat cấu tạo tự do bao bọc quanh các tinh thể ferit làm cho thép cứng khỏe thêm và giòn hơn. Quá trình thép bị già diễn biến dài ngắn khác nhau rất nhiều, hiện tượng có thể xảy ra hàng ngày đến hàng chục năm. Đặc điểm của tính già là độ co ngót giảm nhỏ, giới hạn chảy được nâng cao, độ dai xung kích bị giảm nhiều và thép bị giòn.

Tính mỏi của thép: đây là hiện tượng làm thay đổi tính chất dẻo và cường độ của thép khi chịu tác dụng của tải trọng trùng phục. Thép bị mỏi sẽ hạn chế khả năng chịu lực của công trình vì cường độ chịu chấn động nhỏ hơn cường độ giới hạn. Kết cấu bị phá hoại vì hiện tượng mỏi thường không có biến hình lớn, phá hoại có tính chất giòn.

5.4.2.2. Bê tông và bê tông cốt thép

Sự thay đổi cường độ theo thời gian: thí nghiệm chứng tỏ rằng, cường độ của bê tông sẽ phát triển trong một thời gian dài, nhưng tốc độ tăng trưởng trong thời gian đầu sẽ rất nhanh, càng về sau tốc độ chậm dần. Hiện tượng đó là quá trình hồ ximăng biến thành đá, chất keo sẽ khô cứng dần và các tinh thể sẽ tăng thêm. Đó là một quá trình diễn ra lâu dài của vật liệu bê tông trên công trình.

Co ngót của bê tông cốt thép: qua nghiên cứu thực nghiệm, với những mẫu thử bê tông và bê tông cốt thép được giữ trong nước và trong không khí ở nhiệt độ trong phòng từ $15 \div 25^{\circ}\text{C}$ cho thấy độ co ngót trong bê tông cốt thép nhỏ hơn trong bê tông khoảng hai lần. Do sự dính kết giữa bê tông và cốt thép, co ngót của bê tông bị hạn chế nên sẽ xuất hiện những ứng suất ban đầu được cân bằng trong kết cấu, đó là các ứng suất kéo trong bê tông và ứng suất nén trong cốt thép.

Từ biến trong bê tông cốt thép: đây là một tính chất đặc trưng bởi sự phát triển của biến dạng dẻo dưới tác dụng của tải trọng lâu dài. Trong kết cấu bê tông cốt thép, khi có tác dụng của tải trọng dài hạn, biến dạng từ biến sẽ bị hạn chế và dẫn đến hiện tượng phân bố lại nội lực trong tiết diện giữa bê tông và cốt thép. Quá trình phân bố lại nội lực này xảy ra trong khoảng thời gian đầu nhanh, càng về sau tốc độ sẽ giảm dần.

5.5. TÍNH TOÁN KIỂM TRA LẠI CÔNG TRÌNH

Vấn đề tính toán lại công trình trong quá trình khảo sát kiểm định chất lượng nói chung là rất cần thiết, đặc biệt đối với những trường hợp sau:

- Kết cấu công trình tồn tại những hư hỏng và khuyết tật, có ảnh hưởng đến khả năng chịu lực và biến dạng.

- Trong quá trình thiết kế tiến hành trên cơ sở một số các số liệu và các giả thiết tính toán chưa đầy đủ, chưa phù hợp với điều kiện làm việc thực tế của công trình.

- Khi trong quá trình khảo sát phát hiện thêm các yếu tố và khuyết tật mới không có trong hồ sơ gốc và không tính đến trong khi thiết kế.

Công việc tính toán lại kết cấu công trình với tải trọng sử dụng, với các số liệu và trạng thái thực tế có được trong suốt quá trình khảo sát, phân tích và đo đạc kết cấu. Mục đích của việc tính toán kiểm tra lại công trình là để xác định số liệu cần thiết của các tham số khảo sát như: nội lực, trạng thái ứng suất - biến dạng, độ võng... của kết cấu công trình, đồng thời để phán đoán trạng thái làm việc và khả năng chịu lực bằng phương pháp lý luận.

Những thông tin nhận được từ kết quả tính toán cùng với các số liệu khảo sát thực tế, cho phép đưa ra những nhận định khá đầy đủ để đánh giá trạng thái và chất lượng công trình. Cũng trên cơ sở những thông tin và số liệu đó,

xem xét và quyết định cụ thể về sự cần thiết hay không cần thiết tiến hành thử tải lên kết cấu công trình.

5.6. ĐÁNH GIÁ TRẠNG THÁI CÔNG TRÌNH QUA SỐ LIỆU KHẢO SÁT

Khảo sát kiểm định kết cấu công trình là quá trình tìm hiểu, phát hiện và xác định các hiện tượng và sự cố làm ảnh hưởng đến chất lượng của đối tượng. Trên cơ sở những thông tin và tín hiệu nhận được trong quá trình khảo sát chất lượng và tính toán lại công trình cho phép rút ra những điều nhận xét cơ bản như:

- Nhận định trạng thái tổng thể của đối tượng khảo sát.
- Đánh giá khả năng và mức độ có thể đưa công trình vào khai thác sử dụng.
- Xác định những bộ phận công trình hoặc kết cấu cần thử tải.
- Phát hiện những khuyết tật và chi tiết cần phải khắc phục sửa chữa ngay để hạn chế sự phát triển hư hỏng.

Trạng thái và chất lượng tổng thể của đối tượng khảo sát có thể nhận biết được qua những biểu hiện bên ngoài của nó. Các biểu hiện thực tế chứng tỏ sự yếu kém của công trình thường là:

- Độ võng tổng thể ban đầu, độ nghiêng lệch và độ lún quá lớn so với giá trị tiêu chuẩn hiện hành cho phép và của điều kiện khai thác sử dụng.
- Trong vật liệu tồn tại nhiều khuyết tật nguy hiểm có kích thước lớn, không đảm bảo quy cách và cường độ.
- Trong các kết cấu cơ bản, các nút liên kết, mối nối chịu lực bị hư hỏng trầm trọng như bị han gỉ nặng, nứt mẻ lớn, làm giảm yếu các tiết diện chịu lực. Xuất hiện có các vết nứt rộng, các vết nứt đang phát triển, trong những vùng kết cấu chịu nội lực lớn hay vùng có mật độ tập trung ứng suất cao.
- Khi tải trọng tác dụng xuất hiện độ võng lớn và không ổn định hoặc tồn tại các dao động có biên độ, tần số cao.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC CHƯƠNG 2

Bảng 2.1. Kích thước mẫu thử theo cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu

Cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu (mm)	≤ 20	20 ÷ 40	40 ÷ 70	70 ÷ 100
Kích thước cạnh (đường kính) nhỏ nhất của viên mẫu (mm)	100	150	200	300

Bảng 2.2. Quy định khối lượng bê tông giới hạn để lấy mẫu thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

Đặc điểm kết cấu	Khối lượng bê tông giới hạn tương ứng với 1 tổ mẫu (m ³)
Bê tông khối lớn, thể tích >1000 m ³	500
Bê tông khối lớn, thể tích <1000 m ³	250
Bê tông nền, mặt đường (đường ô tô, đường băng...)	200
Bê tông móng lớn (thể tích >100 m ³)	100
Bê tông móng máy, móng nhỏ (thể tích < 100 m ³)	50
Bê tông khung và các kết cấu mỏng (cột, dầm, bản, vòm...)	20

Bảng 2.3. Hệ số chuyển đổi kết quả thử nén các mẫu kích thước khác nhau về kết quả mẫu chuẩn

Hình dáng và kích thước mẫu thử (mm)	Hệ số chuyển đổi α
Mẫu lập phương cạnh a a = 100 a = 150 a = 200 a = 300	0,91 1,00 1,05 1,1
Mẫu trụ đường kính D, chiều cao H = 2D D = 71,4 và 100 D = 150 D = 200	1,16 1,2 1,24



Bảng 2.4. Hệ số do thay đổi tỷ số chiều cao với đường kính mẫu

H/d	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
β	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89

Bảng 2.5. Hệ số điều chỉnh do ảnh hưởng của tuổi bê tông đến cường độ kiểm tra bằng súng bật nảy

Tuổi bê tông (ngày)	Hệ số điều chỉnh C_t
14-16	1,00
100	0,97
200	0,96
300	0,95

Bảng 2.6. Bảng tra cường độ bê tông tiêu chuẩn theo phương pháp kiểm tra siêu âm kết hợp súng bật nảy (kg/cm^2)

V (m/s)	n vạch																	
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3500							100	106	110									
3550						102	107	112	117	122								
3600					103	108	114	120	126	132								
3650			100	105	110	116	122	128	134	141	147							
3700		101	107	112	117	124	130	136	143	150	157	163						
3750		108	113	121	126	132	139	146	152	160	167	174	138					
3800	108	114	120	127	133	140	147	155	162	170	178	186	194	202				
3850	118	122	128	135	142	150	157	165	172	180	189	198	206	214				
3900	122	130	137	143	149	158	167	175	184	192	200	209	217	224	232			
3950	130	137	145	152	160	169	177	186	195	204	212	220	228	237	247	254		
4000	138	146	153	162	170	180	189	198	207	214	222	230	240	248	259	270	282	
4050		155	163	172	182	197	200	208	217	225	233	245	251	263	276	287	298	
4100			173	183	192	202	210	218	227	236	245	255	268	270	280	302	315	329
4150				193	203	212	220	228	238	247	258	270	282	294	307	321	322	350
4200					212	219	230	240	249	260	272	286	297	310	324	328		
4250						231	239	250	262	276	287	300	312	327	341			
4300							251	263	277	290	301	317	330	347				
4350							264	277	290	303	318	332	350					
4400								291	305	320	333	352						
4450									320	336	353							

Bảng 2.7. Hệ số ảnh hưởng của loại xi măng C_1

Mác xi măng	C_1
PC30	1,00
PC40	1,04

Bảng 2.8. Hệ số ảnh hưởng của hàm lượng xi măng C_2

Hàm lượng xi măng (kg/m^3)	C_2
250	0,88
300	0,94
350	1,00
400	1,06
450	1,12

Bảng 2.9. Hệ số ảnh hưởng của loại cốt liệu lớn C_3 .

Loại cốt liệu lớn	C_3	
	$V \leq 4\,400 \text{ (m/s)}$	$V > 4400 \text{ (m/s)}$
Đá dăm	1,00	1,00
Sỏi	1,41	1,38

Bảng 2.10. Hệ số ảnh hưởng của đường kính lớn nhất của cốt liệu C_4

Đường kính lớn nhất của cốt liệu (mm)	C_4
20	1,03
40	1,00
70	0,98

Bảng 2.11. Giá trị góc khúc xạ của chùm tia siêu âm

Chiều dày của kim loại mối hàn $d \text{ (mm)}$	Góc khúc xạ của chùm tia siêu âm $\alpha \text{ (độ)}$
≤ 30	70
$30 \div 60$	60
≥ 60	45

PHỤ LỤC CHƯƠNG 3

Phụ lục 3.1, Độ võng cho phép của các cấu kiện kết cấu thép

(Theo TCVN 5575:2012. Kết cấu thép - tiêu chuẩn thiết kế).

1. Độ võng cho phép của cấu kiện chịu uốn

Loại cấu kiện	Độ võng cho phép
<i>Dầm của sàn nhà và mái:</i>	
1. Dầm chính	L /400
2. Dầm của trần có trát vữa, chỉ tính võng cho tải trọng tạm thời	L /350
3. Các dầm khác, ngoài trường hợp 1 và 2	L /250
4. Tấm bản sàn	L /150
<i>Dầm có đường ray:</i>	
1. Dầm đỡ sàn công tác có đường ray nặng 35 kg/m và lớn hơn	L /600
2. Như trên, khi đường ray nặng 25 kg/m và nhỏ hơn	L /400
<i>Xà gỗ:</i>	
1. Mái nhà ngói không đắp vữa, mái tấm tôn nhỏ	L /150
2. Mái lợp ngói có đắp vữa, mái tôn mũi và các mái khác	L /200
<i>Dầm hoặc giàn đỡ cầu trục:</i>	
1. Cầu trục chế độ làm việc nhẹ, cầu trục tay, palăng	L /400
2. Cầu trục chế độ làm việc vừa	L /500
3. Cầu trục chế độ làm việc nặng và rất nặng	L /600
<i>Sườn tường:</i>	
1. Dầm đỡ tường xây	L /300
2. Dầm đỡ tường nhẹ (tôn, fibro xi măng), dầm đỡ cửa kính	L /200
3. Cột tường	L /400
<i>Chú thích: L là nhịp của cấu kiện chịu uốn. Đối với dầm conson thì L lấy bằng 2 lần độ vươn của dầm.</i>	

2. Chuyển vị ngang ở mức mép mái của nhà công nghiệp kiểu khung một tầng, không cầu trục, gây bởi tải trọng gió tiêu chuẩn được giới hạn như sau:

- Khi tường bằng tấm tôn kim loại: H/100;

- Khi tường là tấm vật liệu nhẹ khác: $H/150$;

- Khi tường bằng gạch hoặc bê tông: $H/240$;

với H là chiều cao cột.

Nếu có những giải pháp cấu tạo để đảm bảo sự biến dạng dễ dàng của liên kết tường thì các chuyển vị giới hạn trên có thể tăng lên tương ứng.

3. Chuyển vị ngang của đỉnh khung nhà một tầng (không thuộc loại nhà mục 2) không được vượt quá $1/300$ chiều cao khung. Chuyển vị ngang của đỉnh khung nhà nhiều tầng không được vượt quá $1/500$ của tổng chiều cao khung. Chuyển vị tương đối tại mỗi tầng của nhà nhiều tầng không được vượt quá $1/300$ chiều cao mỗi tầng.

Phụ lục 3.2. Trị số giới hạn độ võng của một số kết cấu

(TCVN 5574:2012 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép tiêu chuẩn thiết kế).

Loại cấu kiện	Giới hạn độ võng
1. Dầm cầu trục với:	
a) Cầu trục quay tay	$1/500L$
b) Cầu trục chạy điện	$1/600L$
2. Sàn có trần phẳng, cấu kiện của mái và tấm tường treo (khi tính tấm tường ngoài mặt phẳng)	
a) khi $L < 6$ m	$(1/200)L$
b) khi $6 \text{ m} \leq L \leq 7,5$ m	3 cm
c) khi $L > 7,5$ m	$(1/250)L$
3. Sàn với trần có sườn và cầu thang	
a) khi $L < 5$ m	$(1/200)L$
b) khi $5 \text{ m} \leq L \leq 10$ m	2,5 cm
c) khi $L > 10$ m	$(1/400)L$

Chú thích 1: L là nhịp của dầm hoặc bản kê lên 2 gối; đối với con son $L=2L_1$ với L_1 là chiều dài vưon của con son.

Chú thích 2: khi thiết kế kết cấu có độ võng trước thì lúc tính toán kiểm tra độ võng cho phép trừ đi độ võng đó nếu không có những hạn chế gì đặc biệt.

Chú thích 3: khi chịu tác dụng của tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và tạm thời ngắn hạn, độ võng của dầm hay bản trong mọi trường hợp không được vượt quá $1/150$ nhịp hoặc $1/75$ chiều dài vưon của con son.

Chú thích 4: khi độ võng giới hạn không bị ràng buộc bởi yêu cầu về công nghệ sản xuất và cấu tạo mà chỉ bởi yêu cầu về thẩm mỹ, thì để tính toán độ võng chỉ lấy các tải trọng tác dụng dài hạn. Trong trường hợp này lấy $\gamma_f=1$



THƯ VIỆN
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

PHỤ LỤC CHƯƠNG 4

Bảng 4.1. Dải diễn hình các thông số động của kết cấu công trình phản ứng với nguồn kích động khác nhau

Nguồn rung động	Dải tần số, Hz	Dải biên độ, μm	Dải vận tốc, mm/s	Dải gia tốc, m/s^2	Đặc tính thời gian	Đại lượng đo
Giao thông	1-80	1-200	0,2-50	0,02-1	Liên tục Tức thời	Vận tốc
Nổ	1-300	100-2500	0,2-500	0,02-50	Tức thời	Vận tốc
Đóng cọc	1-100	10-50	0,2-50	0,02-2	Tức thời	Vận tốc
Động đất	0,1-30	10-10 ⁵	0,2-400	0,02-20	Tức thời	Vận tốc Gia tốc
Gió	0,1-10	10-10 ⁵			Tức thời	Vận tốc
Thiết bị ở bên ngoài	1-300	10-1000	0,2-50	0,02-1	Liên tục Tức thời	Vận tốc Gia tốc
Thiết bị ở bên trong	1-1000	1-100	0,2-30	0,02-1	Liên tục Tức thời	Vận tốc Gia tốc
Hoạt động của con người						
a) Va chạm	0,1-100	100-500	0,2-20	0,02-5	Tức thời	Vận tốc
b) Trực tiếp	0,1-12	100-5000	0,2-5	0,02-0,2		Gia tốc

Bảng 4.2. Giá trị tối đa cho phép về mức gia tốc rung đối với hoạt động xây dựng (theo QCVN 27:2010/BTNMT)

TT	Khu vực	Thời gian áp dụng trong ngày	Mức gia tốc rung cho phép, dB
1	Khu vực đặc biệt	6 giờ - 18 giờ	75
		18 giờ - 6 giờ	Mức nền
2	Khu vực thông thường	6 giờ - 21 giờ	75
		21 giờ - 6 giờ	Mức nền

Bảng 4.3. Giá trị tối đa cho phép về mức gia tốc rung đối với hoạt động sản xuất, thương mại, dịch vụ (theo QCVN 27:2010/BTNMT)

TT	Khu vực	Thời gian áp dụng trong ngày và mức gia tốc rung cho phép, dB	
		6 giờ - 21 giờ	21 giờ - 6 giờ
1	Khu vực đặc biệt	60	55
2	Khu vực thông thường	70	60

Mức gia tốc rung quy định trong bảng 4.2 và 4.3 là:

- 1) Mức đo được khi dao động ổn định, hoặc
- 2) Là mức trung bình của các giá trị cực đại đối với mỗi dao động được đo có chu kỳ hay ngắt quãng, hoặc
- 3) Là giá trị trung bình của 10 giá trị đã đo được trong mỗi 5 giây hoặc tương đương của nó (L10) khi các dao động là không ổn định và ngẫu nhiên.

Bảng 4.4. Bảng chuyển đổi đơn vị mức gia tốc rung (theo QCVN 27:2010/BTNMT)

Mức gia tốc rung, dB	55	60	65	70	75
Gia tốc rung, m/s ²	0,006	0,010	0,018	0,030	0,055

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cao Duy Tiến. *Các bài giảng bệnh học công trình*. Hà Nội, 1997.
2. Hoàng Như Tăng, Lê Huy Như, Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Thế Anh. *Thí nghiệm kiểm định công trình*. NXB khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2006.
3. Nguyễn Cao Đức, Nguyễn Mạnh Phát, Trịnh Hồng Tùng, Phạm Hữu Hanh. *Giáo trình thí nghiệm vật liệu xây dựng*. Đại học xây dựng Hà Nội 2006.
4. Phạm Hòa Thương, Nguyễn Trọng Quế, Nguyễn Văn Hòa, Nguyễn Thị Ván. *Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý*. NXB giáo dục, Hà Nội 1997.
5. Phùng Văn Lự, Phạm Duy Hữu, Phan Khắc Trí. *Vật liệu xây dựng*. NXB giáo dục, Hà Nội 1998.
6. Trần Bảo, Nguyễn Bình Minh, Trần Mạnh Tiến. *Cơ sở đo lường học*. NXB Cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng Nhà nước, Hà Nội 1983.
7. Võ Sanh. *Kỹ thuật đo lường*. NXB Cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng Nhà nước, Hà Nội 1990.
8. Võ Văn Thảo. *Phương pháp khảo sát nghiên cứu thực nghiệm công trình*. NXB khoa học kỹ thuật, Hà Nội 1996.
9. Quy chuẩn Việt Nam QCVN 27:2010/BTNMT. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về độ rung*.
10. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 197:2002. *Vật liệu kim loại - Thử kéo ở nhiệt độ thường*.
11. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 198:2008. *Vật liệu kim loại - Thử uốn*.
12. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1548:1987. *Kiểm tra không phá hủy mối hàn - Phương pháp siêu âm*.
13. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737:1995. *Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*.
14. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3015:1993. *Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*.
15. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:1993. *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén*.



16. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4453:1995. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu.*
17. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*
18. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575:2012. *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*
19. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6355-2:2009. *Gạch xây - Phương pháp thử xác định cường độ nén.*
20. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6355-3:2009. *Gạch xây - Phương pháp thử xác định cường độ uốn.*
21. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6355-4:2009. *Gạch xây - Phương pháp thử xác định độ hút nước.*
22. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9335:2012. *Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Xác định cường độ nén sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy.*
23. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9347:2012. *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.*
24. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9356:2012. *Kết cấu bê tông cốt thép - Phương pháp điện từ xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ, vị trí và đường kính cốt thép trong bê tông.*
25. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9357:2012. *Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm.*
26. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9393:2012. *Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.*
27. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9396:2012. *Cọc khoan nhồi - Xác định tính đồng nhất của bê tông - Phương pháp xung siêu âm.*
28. Баженов Ю.М. *Технология бетона.* -М.: Изд. АСВ, 2002.
29. Белан В.И., Волкова Н.Г. *экспериментальные работы.* М.: Изд. АСВ, 2006.
30. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. *Строительные материалы.* - М., 1986.
31. Невилль А.М. *Свойства бетона.* -М.: Стройиздат, 1972.

MỤC LỤC

<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1: DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ ĐO ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG	
1.1. Nhiệm vụ và yêu cầu của thiết bị đo	5
1.2. Các dụng cụ đo biến dạng chuyển vị	6
1.3. Các dụng cụ và thiết bị đo lực và mô men	24
Chương 2: THÍ NGHIỆM VẬT LIỆU XÂY DỰNG	
2.1. Các phương pháp thí nghiệm phá hoại	27
2.2. Phương pháp thí nghiệm không phá hoại	38
Chương 3: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÔNG TRÌNH CHỊU TẢI TRỌNG TĨNH	
3.1. Nhiệm vụ của thí nghiệm tĩnh	61
3.2. Chọn đối tượng thí nghiệm	62
3.3. Tải trọng thí nghiệm tĩnh	63
3.4. Lựa chọn và bố trí dụng cụ, thiết bị đo trên kết cấu thí nghiệm	78
3.5. Tiến hành thí nghiệm	85
3.6. Thí nghiệm cọc bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục	89
Chương 4: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÔNG TRÌNH CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG	
4.1. Khái niệm chung	93
4.2. Nhiệm vụ của thí nghiệm tải trọng động	98
4.3. Các biện pháp tạo tải trọng động lên công trình	100
4.4. Dụng cụ và thiết bị đo các tham số dao động	105
4.5. Tiến hành thí nghiệm và xác định các tham số động	111
4.6. Xử lý kết quả thí nghiệm động	113



4.7. Đánh giá trạng thái công trình trên cơ sở kết quả thí nghiệm tải trọng rung động	116
Chương 5: CÔNG TÁC KHẢO SÁT KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG	
5.1. Mục đích, đối tượng của công tác khảo sát kiểm định	118
5.2. Khảo sát hồ sơ thiết kế công trình	120
5.3. Khảo sát hiện trạng và chất lượng thi công công trình	121
5.4. Phân tích các yếu tố thực tế có ảnh hưởng đến chất lượng của kết cấu	123
5.5. Tính toán kiểm tra lại công trình	125
5.6. Đánh giá trạng thái công trình qua số liệu khảo sát	126
Phụ lục chương 2	127
Phụ lục chương 3	130
Phụ lục chương 4	132
<i>Tài liệu tham khảo</i>	134

4.7. Hình ảnh và bảng vẽ công trình trên cơ sở kết quả thí nghiệm
thực tế trong quá trình thi công.

Chương 5: CÔNG TÁC KHẢO SÁT KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

5.1. Mục đích và nội dung của công tác khảo sát kiểm định

5.2. Khảo sát để xác định các thông số thiết kế công trình

5.3. Khảo sát để xác định các thông số chất lượng thi công công trình

5.4. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng
công tác thi công

5.5. Tình hình kết quả thí nghiệm thực tế trong quá trình thi công

5.6. Đánh giá trạng thái công trình dựa vào kết quả khảo sát

Bảng vẽ chương 5

Bảng vẽ chương 5

Bảng vẽ chương 5

Bảng vẽ chương 5



THƯ VIỆN
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

THÍ NGHIỆM CÔNG TRÌNH

Chịu trách nhiệm xuất bản:

TRỊNH XUÂN SƠN

Biên tập:

HOÀNG NGỌC MINH

Chế bản điện tử:

TRẦN THU HOÀI

Sửa bản in:

HOÀNG NGỌC MINH

Trình bày bìa:

NGUYỄN NGỌC DŨNG



THƯ VIỆN
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

THI NGHIỆM CÔNG TRÌNH

Công trình nghiệm công trình
THI NGHIỆM CÔNG TRÌNH

HOANG NGOC MINH
TRAI THU HOAI
HOANG NGOC MINH
NGUYEN NGOC DINH

THI NGHIỆM CÔNG TRÌNH
THI NGHIỆM CÔNG TRÌNH
THI NGHIỆM CÔNG TRÌNH
THI NGHIỆM CÔNG TRÌNH

In 500 cuốn khổ 17×24cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 737-2014/CXB/10-26/XD ngày 17-4-2014. Quyết định xuất bản số 80-2014/QĐXB ngày 25-4-2014. In xong nộp lưu chiểu tháng 6-2014.



THƯ VIỆN
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ