

THÍ NGHIỆM CÔNG TRÌNH

CHUYÊN NGÀNH: XÂY DỰNG DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

Số đơn vị học trình: 2 (30 tiết lý thuyết và 15 tiết thí nghiệm)

BIÊN SOẠN: **BÙI THIÊN LAM**
NGUYỄN PHAN PHÚ

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Phương pháp khảo sát - nghiên cứu thực nghiệm công trình - *Võ Văn Thảo*
- Sửa chữa và gia cố công trình xây dựng - *Nguyễn Xuân Bích*
- Bài giảng Thí nghiệm Công trình Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng,
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

CHƯƠNG 1

KHÁI NIỆM VỀ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

1. Vai trò của phương pháp nghiên cứu thực nghiệm (NCTN) trong xây dựng

Ngày nay trong nhiều lĩnh vực khoa học kỹ thuật, vai trò NCTN ngày càng được khẳng định nhằm :

+ Giải quyết các vấn đề về công nghệ và của thực tế sản xuất đòi hỏi thực hiện nhanh, hiệu quả.

+ Giải quyết và hoàn thiện các bài toán mà các phương pháp lý thuyết chưa hoặc không giải quyết đầy đủ hoặc chỉ mới là ý tưởng.

* NCTN là một phương pháp cảm thụ trực tiếp để nhận được các tín hiệu, thông tin và hình ảnh của một hiện tượng, một sự vật được gọi là đối tượng nghiên cứu.

Trong kỹ thuật xây dựng, đối tượng nghiên cứu là vật liệu xây dựng (VLXD), là kết cấu công trình (KCCT) đã, đang và sẽ tồn tại.

- Đối tượng tạo nên để nghiên cứu có đặc trưng hình học và vật liệu bằng thực thì gọi là đối tượng nguyên hình.

- Đối tượng có các đặc trưng hình học và vật liệu tuân theo 1 quy luật tương tự vật lý xác định thì gọi là đối tượng mô hình.

* Từ NCTN có thể đưa đến những kết luận mang tính qui luật cũng như tính tiêu biểu đối với các tham số khảo sát cả về chất lượng lẫn số lượng.

* NCTN hỗ trợ cho quá trình tính toán, thiết kế, thay thế được lời giải cho các bài toán đặc thù, phức tạp mà đi bằng phương pháp lý thuyết thì mất quá nhiều thời gian hoặc chưa giải quyết được.

NCTN có thể thực hiện được các nhiệm vụ cơ bản sau :

1. Xác định, đánh giá khả năng làm việc, tuổi thọ của VLXD và KCCT

+ Công trình trước khi đưa vào sử dụng: đánh giá chất lượng qua kiểm tra, kiểm định trực tiếp trên công trình. Kết quả là một tài liệu quan trọng trong hồ sơ nghiệm thu bàn giao công trình (đặc biệt lưu ý các công trình xây dựng từ VL địa phương hay VL cũ).

+ Những công trình đã xây dựng quá lâu, hết niên hạn sử dụng, chất lượng bị giảm yếu, các công trình có yêu cầu sửa chữa, cải tạo, thay đổi công nghệ sản xuất, chức năng sử dụng...

+ Đánh giá trạng thái, khả năng làm việc của các kết cấu công trình sau các sự cố (động đất, cháy, nổ...). Việc nghiên cứu này 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.

2. Nghiên cứu đề xuất, nghiên cứu ứng dụng các hình thức kết cấu mới, kết cấu đặc biệt vào việc thiết kế xây dựng công trình :

+ Khi những kết cấu xây dựng truyền thống không còn phù hợp, đòi hỏi thiết kế và

xây dựng phải nghiên cứu các giải pháp kết cấu mới. Trong trường hợp này biện pháp để tiến hành tìm kiếm một loại kết cấu mới, phù hợp là dùng phương pháp NCTN.

+ Đôi khi công trình theo một dạng kết cấu và lý thuyết có sẵn nhưng tùy thuộc vào qui mô, tầm quan trọng của công trình và mức độ chặt chẽ của lý thuyết, cũng cần tiến hành thực nghiệm để kiểm chứng sự đúng đắn của phương pháp tính toán lý thuyết và tính khả thi của công trình.

3. Nghiên cứu và phát hiện các VLXD mới, đánh giá chất lượng của các loại VLXD đang sử dụng và tái sử dụng, các loại VLXD địa phương:

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

2. Ý nghĩa của trạng thái US-BD trong nghiên cứu KCCT :

- Hiện nay việc tiến hành nghiên cứu thực nghiệm trong cơ học vật liệu và công trình thực chất là khảo sát sự thay đổi của trạng thái ứng suất - biến dạng (USBD).
- Trên cơ sở trạng thái USBD dạng mới có thể xác định được giá trị và tính chất của nội lực sẽ hình thành và phát triển qua quá trình làm việc của đối tượng.
- Trạng thái ứng USBD phản ánh đầy đủ trạng thái và khả năng làm việc thực tế của đối tượng khảo sát cũng như các yếu tố cấu thành đối tượng như vật liệu, cấu tạo hóa học, sơ đồ kết cấu, công nghệ chế tạo và ngoại lực tác dụng...

Nghiên cứu trạng thái US-BD cho phép giải quyết các vấn đề cơ bản :

+ Giá trị và hình ảnh phân bố nội lực trên tổng thể đối tượng khảo sát, từ đó giúp bố trí vật liệu và cấu tạo kết cấu thích hợp.

+ Đánh giá được khả năng, mức độ làm việc thực tế của đối tượng cho phép rút ra các tiêu chuẩn để kiểm tra độ bền, độ cứng, độ ổn định.

+ Dự đoán được sự tồn tại và tuổi thọ của công trình khi trong quá trình thực nghiệm có tiến hành khảo sát và đo đạc sự biến động và tốc độ phát triển của US-BD cũng như sự hình thành và phát triển khuyết tật trong quá trình đối tượng làm việc.

+ Trong nhiều trường hợp kết quả nghiên cứu USBD còn là chuẩn mực để đánh giá sự đúng đắn của lý thuyết.

* Trong nghiên cứu thực nghiệm, mức độ chính xác và tin cậy của trạng thái USBD thường chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố:

1. Kích thước và số lượng đối tượng khảo sát :

- Khảo sát trên đối tượng nguyên hình thì kết quả tính toán USBD nhận được là kết quả trực tiếp và thực (không qua tính toán chuyển đổi) nhưng số liệu thường bị hạn chế vì đối tượng không nhiều.

- Khảo sát trên đối tượng mô hình thì kết quả tính toán USBD chỉ nhận được qua một quá trình tính toán chuyển đổi tương tự qua các hệ số tỷ lệ của các tham số đo nên có thể có sai số nhỏ, dẫn đến lệch lạc kết quả. Nhưng vì số lượng đối tượng thí nghiệm nhiều, nên tổng hợp nhiều số liệu cũng cho được số liệu đáng tin cậy.

2. Hình dạng và cấu tạo liên kết các phân tử của đối tượng :

- Kết cấu có hình dạng đơn giản, USBD thường phân bố khá đồng đều trong kết cấu, trị số không lớn và thường dao động trong miền đàn hồi của VL, nên phép đo thường không có sai số đáng kể.

- Kết cấu có hình dáng phức tạp hoặc ghép từ nhiều phân tử với nhau việc khảo sát trạng thái USBD có khó khăn vì ở đây sự phân bố USBD thường thay đổi lớn, những điểm lân cận nhau có thể có trị số rất khác nhau (do giai đoạn làm việc là đàn hồi hay biến dạng dẻo).

3. Cấu tạo vật liệu của đối tượng :

Trong thực tế có nhiều loại VL có trạng thái USBD khác nhau :

- Tuyến tính - hoàn toàn phi tuyến
- Không đồng nhất trong suốt quá trình chịu tải
- Tuyến tính ở giai đoạn vật liệu chịu tải trọng nhỏ sau đó qua một giá trị đặc trưng xác định (tùy thuộc bản chất của vật liệu) thì không còn tuyến tính nữa.

4. Công nghệ chế tạo đối tượng :

- Chế tạo bằng biện pháp đúc tại chỗ: công trình bê tông, thạch cao
- Lắp ghép từ các phân tử kết cấu đã chế tạo sẵn (bê tông lắp ghép, kết cấu thép lắp ghép bằng hàn, bulông, đinh tán, ...)
- Chế tạo bằng tạo lực căng trước (bê tông ứng suất trước)

Dù chế tạo bằng biện pháp nào thì cuối cùng trong đối tượng nghiên cứu đều tồn tại một trạng thái ứng suất ban đầu hoặc ứng suất trước. Muốn xác định giá trị và quy luật phân bố của chúng để loại trừ trong quá trình khảo sát tính toán USBD của đối tượng thì thật là khó khăn.

5. Tính chất tác dụng của tải trọng ngoài :

- Kết quả đo một đối tượng chịu tác dụng tải trọng tĩnh khá dễ dàng, đảm bảo được độ chính xác, số đo không phụ thuộc thời gian, dụng cụ thiết bị đơn giản.

- Khi chịu tải trọng tác dụng động, lực xung kích thì công việc đo lường phức tạp, vì quá trình đo thực hiện trong môi trường động, phụ thuộc vào thời gian làm ảnh hưởng mức độ chính xác của số đo.

6. Môi trường tiến hành thí nghiệm :

Muốn có số liệu chính xác thí nghiệm cần phải thực hiện trong một môi trường xác định hoặc môi trường chuẩn. Nếu việc thí nghiệm VL hay công trình chịu ảnh hưởng của môi trường, đặc biệt là nhiệt độ, độ ẩm làm nhiễu loạn số đo (VL biến dạng, dụng cụ đo biến dạng, ...)

3. Biến dạng của KCCT và phép đo biến dạng tương đối :

Cho đến nay, kỹ thuật đo lường các đại lượng cơ học, vấn đề đo trực tiếp giá trị của ứng suất trong VL và KCCT vẫn chưa giải quyết được. Do đó trong NCTN khi cần khảo sát trạng thái ứng suất của một đối tượng đều phải qua tham số biến dạng tương đối ϵ .

- Đối với VL đàn hồi (tuyến tính) hoặc VL trong giai đoạn tuyến tính thì việc khảo sát dễ dàng vì qui luật phân bố \bar{U} - BD là hoàn toàn đồng nhất, tỷ lệ qua hệ số : môđun đàn hồi E (đối tượng chịu trạng thái \bar{U} một trục) hay hệ số Poisson (đối tượng chịu trạng thái \bar{U} phẳng)

- Khi khảo sát VL không tuân theo định luật Hooke hay VL làm việc ngoài giới hạn đàn hồi thì việc khảo sát như VL đàn hồi tuyến tính là chưa đầy đủ mà phải khảo sát quy luật phân bố của \bar{U} , vì quan hệ \bar{U} BD là phi tuyến. Đối với trường hợp này, để nhận được giá trị \bar{U} của đối tượng trên cơ sở của số đo biến dạng ϵ , cần thiết phải dựa vào biểu đồ quan hệ thực nghiệm \bar{U} BD khi thí nghiệm phá hoại mẫu VL

* Việc đo tham số ϵ còn bị nhiều hạn chế do phương pháp và kỹ thuật đo hiện nay vẫn chưa đáp ứng được các yêu cầu của công việc nghiên cứu. Chỉ đo được ở lớp VL bên ngoài đối tượng (khó khăn đối với khảo sát biến dạng khối, hoặc thành phần biến dạng phân bố theo chiều sâu).

Tuy vậy việc đo giá trị biến dạng trên lớp vật liệu bề mặt vẫn giữ một vai trò quan trọng và vẫn thỏa mãn yêu cầu thực tế trong khảo sát các công trình xây dựng.

* Việc đo ϵ cần lưu ý các ảnh hưởng :

1. Khi có các yếu tố cơ học bên ngoài khác nhau tác dụng :

- Trạng thái tĩnh hoặc phát triển dần đều (khi chịu tải, nhiệt độ ...). Khi khảo sát đối tượng thực thì số lượng điểm đo phải đủ lớn và đủ mau, phát sinh vấn đề làm thế nào để quá trình đọc và đo với số lượng lớn mà ngăn ngừa được khả năng phân bố lại biến dạng trong đối tượng (do thời gian) hoặc đại lượng nhận được tại các điểm đo không tương ứng cùng một trị số ngoại lực vì phải giữ tải trong một thời gian dài. Để khắc phục cần chọn phương pháp và thiết bị đo nhanh, ổn định.

- Trạng thái động hoặc biến thiên nhanh (tác dụng động: va chạm, nổ ...) do phức tạp vì nó biến đổi nhanh theo thời gian. cần dùng các phương pháp đo tenzo cảm biến điện trở, dùng thiết bị tự động ghi, ...

2. Đo trong điều kiện VL làm việc ở các trạng thái khác nhau :

Quá trình làm việc của VL từ giai đoạn đàn hồi sang giai đoạn dẻo thường rất ngắn.

- Đối với các kết cấu đơn giản ỨS phân bố tương đối đều đặn, tuân theo định luật Hooke có thể dùng các tenzomet đơn giản. Tuy vậy phần lớn kết cấu trong công trình thường phức tạp có quan hệ giữa biến dạng theo các phương rất phức tạp thường làm thay đổi nhanh sự phân bố ỨS trong vùng khảo sát. Khi đó VL tại những vùng này sẽ chuyển nhanh sang giai đoạn đàn-dẻo hay dẻo.

3. Điều kiện đối tượng làm việc với các trạng thái ỨS khác nhau:

- Trạng thái ỨS theo một trục và phân bố đều đặn trên suốt chiều dài phân tử (kết cấu hệ thanh, kết cấu chịu lực dọc đúng tâm, ...) đo sẽ đơn giản và cho số liệu tin cậy.

- Trạng thái ỨS hai trục. Tại một điểm trong vật thể tồn tại ba ẩn số : hai ỨS chính và góc hợp giữa hướng ỨS chính với một trục nào đó nằm trong mặt phẳng của ỨS chính. Để xác định tại một vị trí cần ba phép đo (hoặc bốn, có một để kiểm tra), thường dùng các tenzomet điện trở.

-Trạng thái ỨS ba trục: đo rất khó khăn hiện vẫn chưa có phương pháp hữu hiệu.

CHƯƠNG 2 CÁC PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG VẬT LIỆU

1. Các nguyên tắc chung :

Khi nghiên cứu trạng thái làm việc, khả năng chịu lực, tuổi thọ của các đối tượng cho thấy yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đầu tiên là **chất lượng của vật liệu**. Chất lượng đó được thể hiện qua các loại cường độ, tính chất và số lượng các khuyết tật đã tồn tại hoặc xuất hiện mới trong quá trình đối tượng làm việc.

Hiện nay, việc khảo sát và xác định các đặc trưng cơ bản của VL bằng thực nghiệm thường được thực hiện theo 2 phương pháp cơ bản:

1.1. Phương pháp phá hoại mẫu và lập biểu đồ đặc trưng VL:

Hình dạng và kích thước mẫu thử xác định tùy: cấu tạo VL, mục đích nghiên cứu, tiêu chuẩn qui phạm nhà nước.

Các mẫu được thí nghiệm tương ứng với trạng thái làm việc của VL (kéo, nén, uốn, xoắn) tăng dần tải trọng từng cấp cho đến khi phá hoại. Ứng với các cấp tải p_i ta thu được ϵ_i , σ_i và vẽ được đường cong biểu diễn quan hệ σ - ϵ và được gọi là **biểu đồ đặc trưng** của VL, bởi vì qua đó này có thể xác định các đặc trưng cơ lý của VL.

Phương pháp phá hoại mẫu chịu ảnh hưởng trực tiếp các yếu tố:

1. Tốc độ gia tải
2. Nhiệt độ môi trường
3. Trạng thái ứng suất tác dụng

1.2. Phương pháp không phá hoại và lập biểu đồ chuyển đổi chuẩn của VL

Phương pháp này thường giải quyết hai nhiệm vụ :

1/ Xác định cường độ tại nhiều vị trí khác nhau, qua đó đánh giá được mức độ đồng nhất của VL.

2/ Phát hiện các khuyết tật tồn tại bên trong môi trường VL do quá trình chế tạo, do ảnh hưởng các tác động bên ngoài, hoặc do tải trọng.

2. Phương pháp khảo sát thực nghiệm VL bê tông

2.1 Xác định các đặc trưng cơ-lý của BT bằng phương pháp phá hoại mẫu

1/ Thí nghiệm xác định cường độ giới hạn chịu nén :

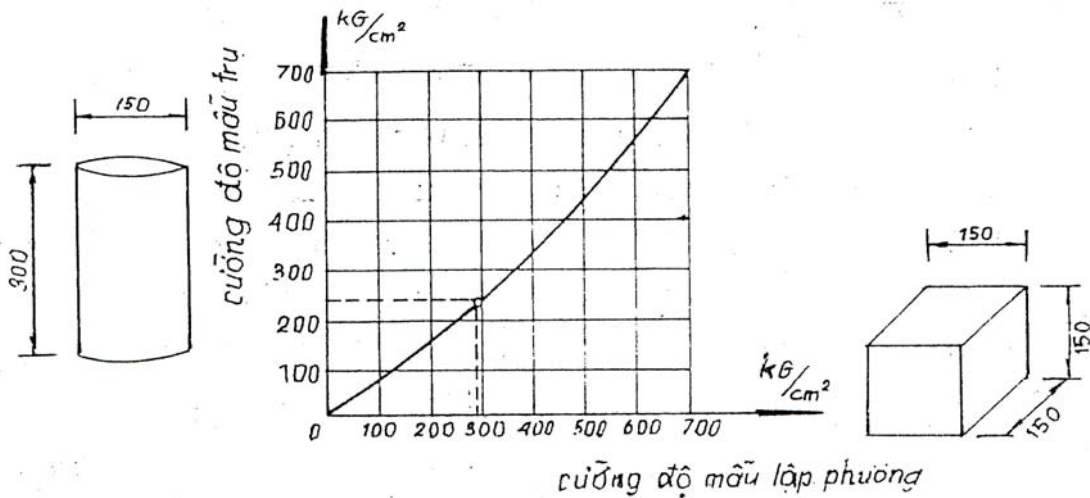
a/ *Mẫu thử* :

Khối lập phương hoặc lăng trụ được chế tạo đồng thời với quá trình thi công bê tông. Kích thước mẫu, phương pháp chế tạo, bảo dưỡng theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3105 - 1993 .

b/ *Tiến hành thí nghiệm* :

Thí nghiệm nén phá hoại mẫu chuẩn 150 x 150 x 150 mm

Cường độ : $R = P_{ph}/F$ (kg/m²)



Hình 2.1. Tương quan về cường độ chịu nén của bê tông giữa mẫu hình trụ và hình lập phương

Khi kích thước mẫu khác chuẩn phải nhân hệ số chuyển đổi :

- Mẫu lập phương : 100 x 100 x 100 mm - 0,91
- 200 x 200 x 200 - 1,05
- 300 x 300 x 300 - 1,10
- Mẫu trụ (D x H) : 71,5 x 143 và 100 x 200 mm - 1,16
- 150 x 300 - 1,20
- 200 x 400 - 1,24

2/ Thí nghiệm xác định cường độ lăng trụ, môđun biến dạng và hệ số Poisson của bê tông:

a/ Mẫu thử : Khối lăng trụ đáy vuông, chiều cao gấp 4 lần cạnh đáy:

100 x 100 x 400 mm ; 150 x 150 x 600 mm ; 200 x 200 x 800 mm

b/ Phương pháp thí nghiệm :

- Cường độ lăng trụ

$$R_{lt} = \frac{P_{ph}}{F}$$

- Hệ số Poisson

$$\mu = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon^I}$$

- Môđun đàn hồi ban đầu

$$E_0 = \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\varepsilon_1^I - \varepsilon_0^I}$$

- Môđun biến dạng tức thời

$$E_b = \frac{\sigma_{i+1} - \sigma_i}{\varepsilon_{i+1}^I - \varepsilon_i^I}$$

2.2.Đánh giá chất lượng BT bằng các phương pháp gián tiếp:

1/ Nguyên tắc chung của phương pháp :

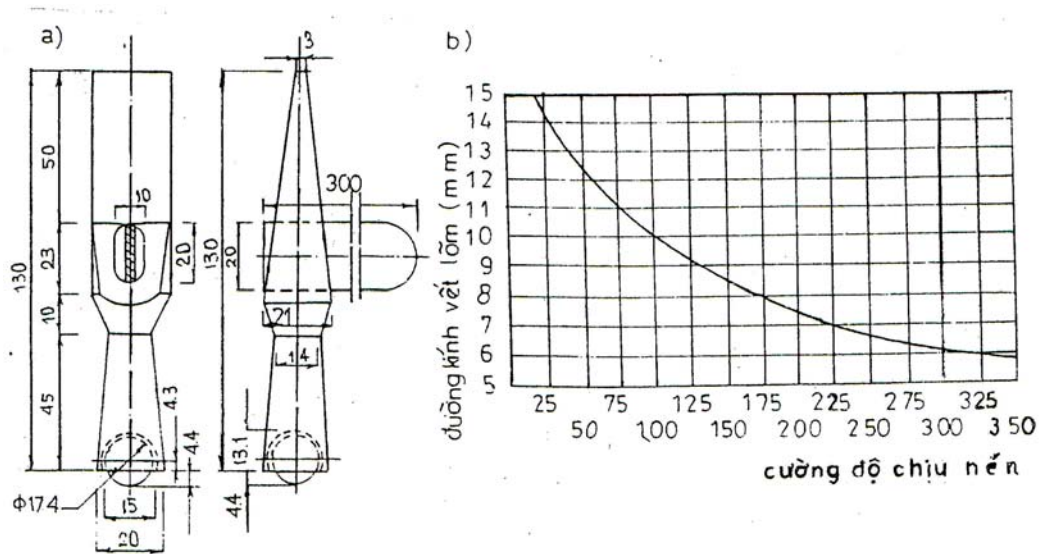
Dùng các thiết bị cơ học tạo nên những va chạm trực tiếp lên bề mặt của vật liệu.

Khi khảo sát chất lượng và cường độ của BT phải chú ý đến các yếu tố thuộc bản chất của VL làm ảnh hưởng đến kết quả như :

- ◆ Tính không đồng nhất về cấu trúc và cường độ của BT
- ◆ Do khả năng carbon hóa lớp vật liệu ngoài theo thời gian

2/ Đánh giá chất lượng bê tông bằng dụng cụ búa bi (h. 2.2)

Làm sạch bề mặt vùng thử có kích thước 100 x 100mm. Dùng búa có trọng lượng 300 -400g, đập thẳng góc xuống bề mặt cấu kiện, viên bi sẽ để lại trên bề mặt bê tông một vết lõm. Quan sát vết lõm và so sánh với biểu đồ chuẩn có thể đưa ra kết luận định tính về chất lượng và cường độ của bê tông.



Hình 2.2. Búa bi

a. Cấu tạo; b. Biểu đồ quan hệ chuẩn giữa đường kính vết lõm và cường độ bê tông

3/ Xác định cường độ của BT bằng búa bi có thanh chuẩn (h-2.3)

Số lượng điểm thử trên mỗi vùng của cấu kiện không ít hơn 5 điểm., khoảng cách giữa các điểm thử trong vùng đó là 30 mm trên bề mặt vật liệu và 10 mm trên thanh chuẩn.

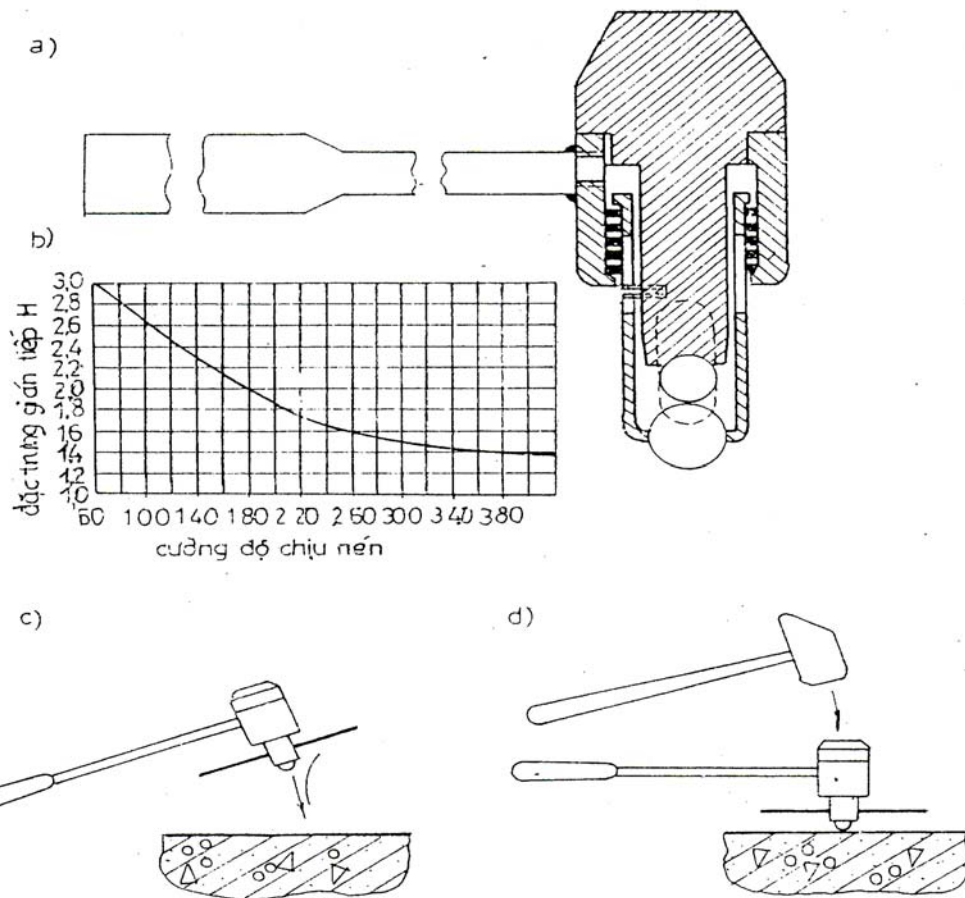
Đại lượng đặc trưng gián tiếp H của cường độ BT trong vùng thử được xác định

theo tỷ số sau :

$$H = \frac{\sum d_b}{\sum d_c}$$

$\sum d_b$: tổng đường kính của các vết lõm trên bề mặt bê tông, [mm]

$\sum d_c$: tổng đường kính các vết lõm tương ứng trên thanh chuẩn, [mm]

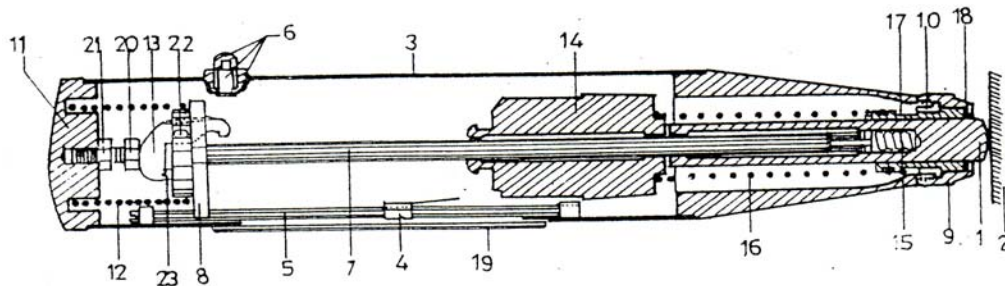


Hình 2.3. Búa bi của thanh chuẩn

- a. Cấu tạo; b. Biểu đồ quan hệ chuẩn giữa đặc trưng H và cường độ bê tông
 c. Thử đập trực tiếp trên bề mặt bê tông; d. Thử đập nhỏ búa

4/ Đánh giá cường độ bê tông bằng thiết bị nảy va chạm

a. Sơ đồ cấu tạo và vận hành súng thử loại N (h 2.4)



Hình 2.4. Sơ đồ cấu tạo súng thử chất lượng bê tông

- 1- pittông truyền va chạm, 2- bề mặt bê tông, 3- vỏ súng, 4- kim chỉ thị, 5- thanh dẫn kim, 6- nút hãm, 7- trục dẫn quả búa, 8- đĩa cứng, 9- nắp giữ ổ dầu, 10- vòng cố định, 11- nắp sau, 12- lò xo nén, 13- cò súng, 14- quả búa, 15- lò xo giảm chấn, 16- lò xo kéo đập, 17- ống định hướng, 18- đệm chắn bụi, 19- bảng chia vạch, 20- vít bật cò, 21- êcu hãm, 22- chốt cò, 23- lò xo đẩy cò

b. Phương pháp xác định cường độ bê tông bằng súng thử Schmidt

- ◆ Quá trình xác định cường độ của bê tông trên công trình bằng súng nảy va chạm được tiến hành theo các quy định trong tiêu ngành 20 TCN 85 - 03.

2.3. Khảo sát vật liệu BT bằng pp thí nghiệm không phá hoại:

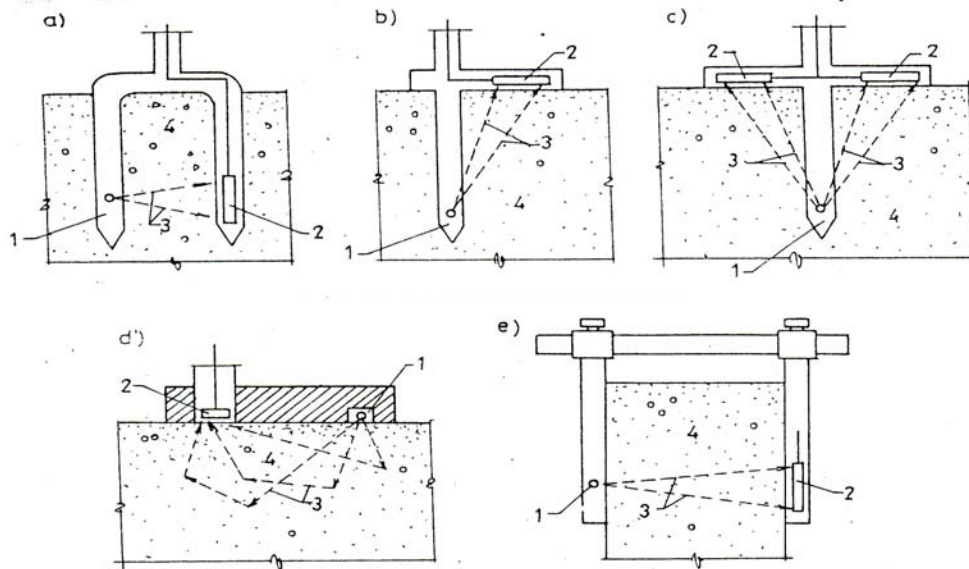
Các phương pháp thử không phá hoại vật liệu được dùng rộng rãi để đánh giá chất lượng của bê tông khi khảo sát kết cấu công trình xây dựng. Theo các nguyên lý vật lý, các phương pháp nghiên cứu không phá hoại được chia thành hai nhóm cơ bản.

1. Nhóm thử nhất

Nhóm này bao gồm các phương pháp đo mà kết quả cho ngay giá trị của tham số khảo sát, không phải qua quá trình tính toán trung gian hoặc so sánh chuyển đổi chuẩn. Tham số đo cơ bản ở đây là khối lượng thể tích (độ đặc chắc) của vật liệu.

Phương pháp tiêu biểu để khảo sát chất lượng BT thuộc nhóm này cơ bản dựa trên hiệu ứng của các tia phóng xạ rơngen và gamma.

Nội dung của phương pháp thử : Trong nghiên cứu vật liệu bằng tia phóng xạ, đại lượng đặc trưng cho độ chặt của môi trường vật liệu là mức độ giảm yếu hay độ phân tán cường độ năng lượng của chùm tia phóng xạ gamma rơi qua môi trường vật liệu đó.



Hình 2.5. Xác định độ chặt bê tông bằng phương pháp rọi tia

a- đo độ chặt từng lớp, b, c- đo độ chặt trung bình các lớp, d- đo khi cấu kiện dày hơn 500mm hoặc chỉ có một mặt tự do, e- đo độ chặt và chiều dày cấu kiện
1- nguồn phát, 2- nguồn thu năng lượng phóng xạ, 3- hướng rọi, 4- vật liệu

Khi khảo sát một hỗn hợp BT được đầm chặt hay BT trong các cấu kiện đúc sẵn hay trên KCCT, cần phải đặt trong môi trường BT đó một đầu phát trong đó có chứa chất phóng xạ và một đầu thu năng lượng đặt trên bề mặt của môi trường vật liệu. Sự chênh lệch cường độ năng lượng đó cho phép suy ra độ chặt của môi trường vật liệu

nhờ mối liên hệ sau đây :
$$I = I_0 \cdot e^{-\mu_0 \rho r} \rightarrow \rho = \frac{\ln I_0 - \ln I}{\mu_0 r}$$

Trong đó : I_0 - Cường độ phát xạ ban đầu;
 I - Cường độ phát xạ sau lúc truyền qua môi trường;
 ρ - Độ chặt của môi trường vật liệu ;
 r - Khoảng cách giữa nguồn phát và đầu thu;
 μ_0 - Hệ số hấp thụ khối lượng của chất phóng xạ.

Khi biết độ chặt của BT trong kết cấu , bằng một phép đo phóng xạ theo sơ đồ (h 2.5e), có thể xác định được kích thước của kết cấu đó.

$$r = \frac{\ln I_0 - \ln I}{\mu_0 \rho}$$

2. Nhóm thứ hai: Là các phương pháp thí nghiệm mà số đo không chỉ thị trực tiếp giá trị của tham số khảo sát, muốn có được kết quả thường phải qua quan hệ chuẩn giữa tham số khảo sát và số đọc trên thiết bị đo. Nhóm này gồm các phương pháp thí nghiệm theo nguyên lý truyền sóng âm thanh qua môi trường nhằm mục đích kích thích các hạt vật chất trong môi trường dao động. Theo các thông số của hiện tượng dao động này và sự lan truyền của dao động trong môi trường có thể đánh giá các đặc trưng cơ - lý và trạng thái của vật liệu khảo sát. tiêu biểu là phương pháp truyền sóng siêu âm qua môi trường vật liệu khảo sát.

a. Khái niệm về phương pháp siêu âm

Siêu âm là những dao động cơ học đàn hồi truyền đi trong môi trường vật chất với tần số dao động từ 20kHz trở lên.

Do tần số dao động cao, bước sóng ngắn nên siêu âm có hai đặc điểm cơ bản khi được khai thác sử dụng trong kỹ thuật:

- Sự phát và truyền sóng qua các môi trường vật chất tuân theo các quy luật quang hình học, do đó có thể lợi dụng các hiện tượng phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ ... để tập trung năng lượng của sóng siêu âm vào một phạm vi nhỏ hẹp.
- Do tập trung được năng lượng tối đa, nên có thể tạo ra một hiệu ứng mới là dao động của các hạt trong môi trường có sóng siêu âm truyền qua sẽ có biên độ dao động lớn.

Khi việc nghiên cứu tiến hành trên cơ sở số đo của các tham số :

- ◆ Tốc độ (hay thời gian) truyền sóng;
- ◆ Mức khuếch tán năng lượng siêu âm trong môi trường ;
- ◆ Độ tập trung sóng khi ra khỏi môi trường ;

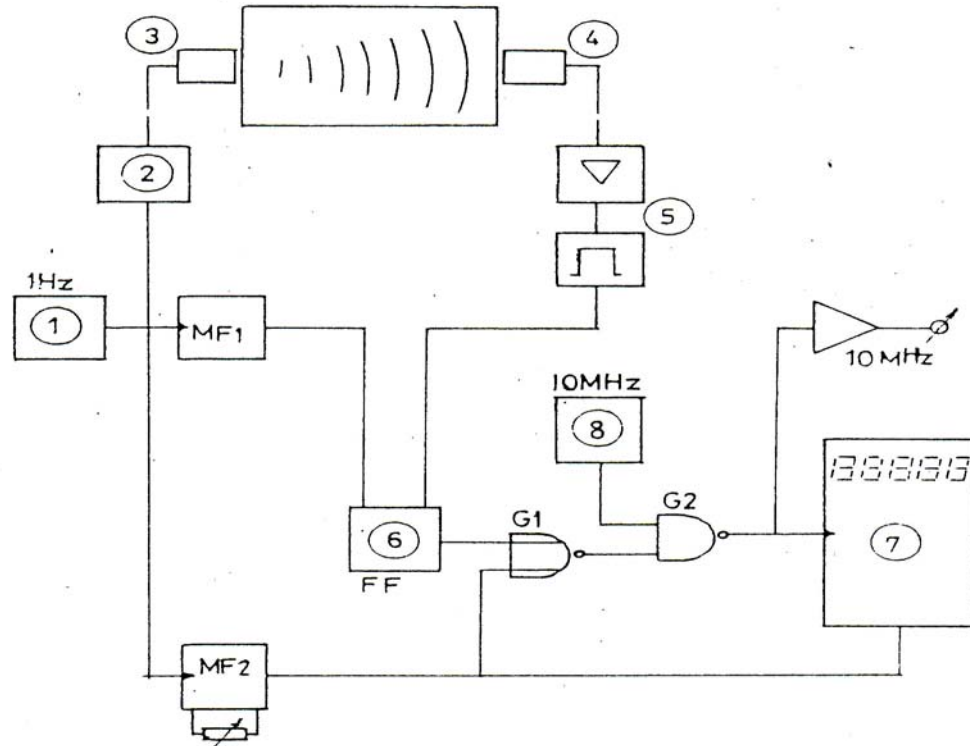
Thì sẽ có được các kết luận về chất lượng và giá trị của cường độ BT hoàn toàn chính xác. Nhưng cùng một lúc xác định cả ba tham số trên đây là không thể thực hiện được. Thực tế cho thấy, khi chỉ nghiên cứu một yếu tố cơ bản về tốc độ (thời gian)

truyền âm cũng có thể nhận được những kết quả đánh giá đủ độ chính xác cần thiết.

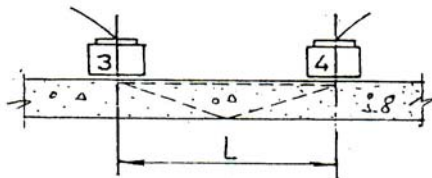
b. Sơ đồ cấu tạo máy đo siêu âm qua môi trường bê tông

Nguyên lý cơ bản của máy đo siêu âm bê tông được mô tả trên sơ đồ khối trong hình 2.6a.

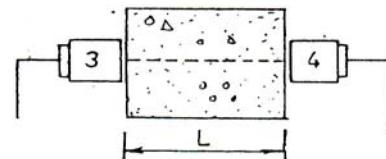
a)



b)



c)



Hình 2.6. Sơ đồ nguyên lý của máy siêu âm và kỹ thuật đo

a- sơ đồ khối máy siêu âm, b- phương pháp đo mặt, c- phương pháp đo xuyên

Chu trình đo được bắt đầu bằng những xung phát ra từ máy dao động tần số 1 Hz (1). Những xung ban đầu này làm hoạt động mạch phát (2) để cung cấp những xung điện áp cao hàng nghìn vôn đến đầu phát xung siêu âm (3). Xung điện áp cao kích thích các tấm piezo trong đầu phát và tạo ra những sóng dao động đàn hồi (xung siêu âm) có cùng tần số dao động cộng hưởng với các tinh thể trong tấm vật liệu piezo; vì thế, tần số dao động của sóng siêu âm phát ra phụ thuộc tần số riêng của tinh thể piezo. Các dao động đàn hồi trong đầu phát sẽ qua mặt tiếp xúc và truyền vào môi trường vật liệu bê tông. Mặt khác, một bộ phận xung phát ra từ máy (1) qua bộ phận chờ MF2; ở đây, xung bị làm chậm một thời gian từ 3 - 12 μ s [khoảng thời gian đủ để xung điện

truyền từ máy dao động (1) qua mạch phát (2) và đến đầu phát xung siêu âm] để sau đó đến bộ phận đếm (7) và bắt đầu tính thời gian truyền siêu âm phát vào môi trường. Sau khi các dao động đàn hồi qua khỏi môi trường và đi vào gặp các tấm piezo trong đầu thu siêu âm (4), năng lượng cơ học của siêu âm được biến thành tín hiệu điện. Bộ khuếch đại (5) sẽ khuếch đại các tín hiệu điện đó, truyền đến báo cho bộ dẫn tín hiệu FF (6) thời điểm siêu âm đã qua khỏi môi trường để ngừng bộ phận đếm thời gian (7). Trong suốt thời gian siêu âm lan truyền qua môi trường bê tông, nhờ máy dao động tần số 10 MHz (8) bộ đếm hoạt động liên tục cho đến khi có tín hiệu "ngừng" báo về bộ dẫn (6). Chỉ số xuất hiện trên bộ đèn 5 số trên máy đếm thời gian (7) chỉ thị thời gian truyền của siêu âm qua môi trường bê tông khảo sát tính bằng micro -giây. Ngoài ra, bộ phận giữ MF1 dùng để ngăn cản việc tắt máy đếm thời gian trong vòng $20\mu s$ đầu tiên kể từ lúc mở máy vì đây là khoảng thời gian có thể xuất hiện các tín hiệu điện trên bộ dẫn FF (6) do hiện tượng nhiễu khi mở máy.

c. Kỹ thuật đo :

1/ Chọn đầu phát và đầu thu siêu âm :

- ◇ Để có được hiệu ứng lan truyền sóng siêu âm tốt nhất trong môi trường vật liệu bê tông thì chiều dài của bước sóng cần phải tương đương với kích thước hạt của vật liệu độn. Cho nên, với bê tông có đường kính hạt của vật liệu độn đến 30 mm thì tần số xung tốt nhất là 150 kHz. Điều đó cho phép xác định phạm vi tần số dao động riêng của đầu dò khi thí nghiệm vật liệu bê tông là trong giới hạn từ 25 đến 200kHz;
- ◇ Khi đo với những khoảng cách ngắn (chuẩn đo < 300 mm) tốt nhất dùng loại đầu dò có tần số >100 kHz;
- ◇ Khi đo với những khoảng cách trung bình (chuẩn đo từ 300 đến 2000 mm) nên dùng những loại đầu dò có tần số 60 - 100 kHz;
- ◇ Khi thử với những khoảng cách lớn từ 2000 - 5000 mm hoặc lớn hơn thường dùng loại đầu dò tần số thấp 25 kHz.

2. Cách phân bố đầu dò :

Khi thí nghiệm bê tông bằng phương pháp siêu âm, các đầu phát và thu siêu âm có thể phân bố theo hai cách :

- ◇ Phân bố đầu phát và đầu thu siêu âm trên cùng một mặt ngoài của môi trường vật liệu, được gọi là phép đo mặt (h.2.10b).
- ◇ Phân bố đầu phát và đầu thu siêu âm đối diện nhau trên hai mặt song song của môi trường vật liệu hay kết cấu, được gọi là phép đo xuyên (h.2.10c).

3. Kết quả phép đo.

Khi khảo sát đòi hỏi phải thực hiện hai phép đo :

- ◇ Chiều dài chuẩn đo hay khoảng cách truyền âm L (m);

◇ Thời gian truyền xung siêu âm qua môi trường vật liệu t (μs)

Tốc độ truyền siêu âm qua vật liệu V (m/s) : $V = \frac{L}{t} 10^6$

Tốc độ lan truyền siêu âm trong bê tông sử dụng trong công trình thường khoảng từ 4000 đến 4800m/s.

d. Xác định cường độ chịu nén của bê tông trên cơ sở tốc độ truyền âm.

Xác định cường độ chịu nén của bê tông bằng phương pháp siêu âm được xây dựng trên cơ sở mối liên hệ giữa cường độ chịu nén R với tốc độ truyền xung siêu âm V (hoặc thời gian truyền âm t).

$$R = f(V)$$

Quan hệ giữa tốc độ truyền sóng siêu âm và cường độ của bê tông chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như :

- ◇ Chủng loại và số lượng ximăng dùng trong cấp phối bê tông ;
- ◇ Dạng, thành phần và kích thước lớn nhất của hạt trong cốt liệu Chất phụ gia sử dụng và độ ẩm trong hỗn hợp bê tông ...

Vì thế, để chuyển từ tốc độ truyền âm qua cường độ của bê tông cần thiết phải xây dựng biểu đồ chuẩn (R - V) bằng thực nghiệm hoặc bằng giải tích.

e. Phương pháp tìm kiếm và xác định khuyết tật của BT trong công trình.

1. Phát hiện và đo các bọt rỗng tồn tại trong kết cấu bê tông .

Để phát hiện các khuyết tật đó, trong khi tiến hành các phép đo siêu âm cần sử dụng loại đầu dò có tần số riêng cao để cho góc mở bé và có độ tập trung năng lượng siêu âm lớn. Việc xác định các bọt rỗng sẽ thuận lợi khi tiến hành trên những phần tử kết cấu có hai mặt tự do, lúc này các phép đo siêu âm đều phải thực hiện trên cả hai mặt của kết cấu. Kích thước ngang tối thiểu của bọt rỗng nằm theo hướng vuông góc với phương truyền sóng và được xác định như sau :

$$d = D + L \sqrt{\left(\frac{t_d}{t_m}\right)^2 - 1}$$

d - Đường kính bọt rỗng;

D - Đường kính đầu phát siêu âm ;

L - Chiều dài chuẩn đo;

t_m- Thời gian truyền siêu âm qua vùng BT không có khuyết tật ;

t_d- Thời gian truyền siêu âm qua trục bọt rỗng.

2. Xác định độ sâu của vết nứt

Để có thể xác định được độ sâu của các vết nứt xuất hiện trong môi trường bê tông bằng phương pháp xung siêu âm ; đòi hỏi vết nứt phải thỏa mãn các điều kiện sau :

- Vết nứt phải mờ và liên tục, không ngắt quãng;

- Đầu đỉnh các vết nứt phải hoàn toàn khô ráo.

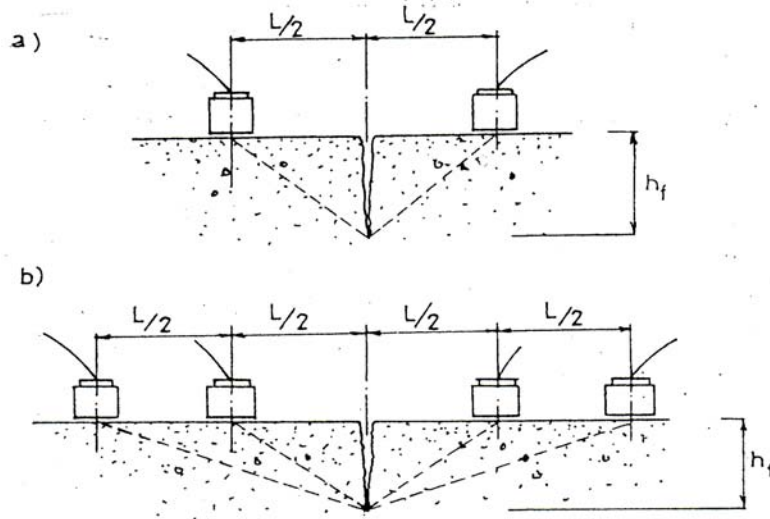
Phương pháp I : (h.2.7a) : Từ kết quả đo thời gian truyền âm của hai phép đo đó có thể tính độ sâu của vết nứt theo quan hệ sau đây:

$$h_f = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{t_f}{t_m}\right)^2 - 1}$$

L - Chiều dài chuẩn đo (khoảng cách giữa 2 đầu dò)

t_f - Thời gian truyền siêu âm qua vùng có vết nứt;

t_m - Thời gian truyền siêu âm qua vùng BT không có khuyết tật.



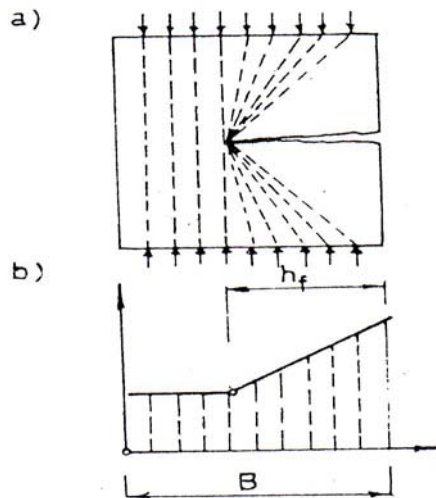
Hình 2.7. Đo chiều sâu vết nứt bằng kiểu đo mặt

Phương pháp II : (h.2.7b) : Khi thực hiện phép đo có chiều dài chuẩn là L sẽ nhận được thời gian truyền siêu âm t_1 khi thực hiện phép đo thứ hai với chiều dài chuẩn 2L sẽ có thời gian t_2 . Từ hai số đo đó, xác định độ sâu của vết nứt như sau :

$$h_f = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{4t_2^2 - t_1^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

Phương pháp III : (h.2.8) : Áp dụng trên những kết cấu bê tông có hai mặt tự do đối diện và nằm song song với chiều dài vết nứt.

Tại một tiết diện ngang của kết cấu cắt qua vết nứt, trên hai cạnh song song với vết nứt của tiết diện đó, cùng dịch chuyển các đầu dò trên các vị trí tương ứng khác nhau, kết quả nhận được là thời gian truyền siêu âm sẽ như nhau trong vùng không có vết nứt còn những điểm đo trong phạm vi vết nứt sẽ cho thời gian truyền lớn dần khi dịch chuyển các đầu dò đến các điểm ở xa dần đỉnh vết nứt. Dạng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc giữa thời gian truyền siêu âm với tọa độ của các điểm đo sẽ xác định được vị trí đỉnh của vết nứt cần khảo sát (h.2.8).



Hình 2.8. Đo chiều sâu vết nứt theo phương pháp đo xuyên
a- vị trí các đầu đo
b- đồ thị xác định độ sâu vết nứt

3. Phương pháp khảo sát chất lượng vật liệu kim loại:

Thép và hợp kim là loại VL 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 mỗi chủng loại thép và hợp kim 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 để đánh giá chất lượng của thép và hợp kim qua các đặc trưng cơ - lý của chúng chỉ 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 thép và hợp kim 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.

Ngoài ra, việc xây dựng kết cấu công trình bằng kim loại là một quá trình chế tạo, lắp nối, liên kết các phần tử và chi tiết kết cấu tại hiện trường bằng các biện pháp cắt, khoan, hàn, tán ... những công việc này thường làm xuất hiện trong kết cấu thép và hợp kim những khuyết tật như : nứt nẻ, rỗ, bọt rỗng, phân tầng, biến chất ..., ảnh hưởng đến chất lượng của công trình.

Như vậy, muốn đánh giá đầy đủ chất lượng vật liệu trong các công trình thép và hợp kim cần tiến hành đồng thời cả hai phương pháp khảo sát : phương pháp phá hoại mẫu vật liệu thử và phương pháp thử không phá hoại vật liệu.

3.1. Phương pháp phá hoại mẫu vật liệu thử

Do đặc điểm cấu tạo và công nghệ sản xuất đã tạo cho kim loại có những tính chất rất ổn định, nên công việc thí nghiệm để xác định các đặc trưng cơ - lý của chúng đã được quy định chặt chẽ và cụ thể trong tiêu chuẩn và quy phạm Nhà nước *TCVN* -

197-66 và 198-66, từ việc chọn lấy mẫu, hình dạng và kích thước hình học mẫu thử, phương pháp tiến hành thí nghiệm và cách xử lý kết quả.

1/ Thí nghiệm kéo đứt

* Mục đích thí nghiệm:

Xác định các đặc trưng cơ học : Giới hạn chảy σ_c , giới hạn bền σ_b , ứng suất kéo đứt σ_d , độ giãn dài tương đối δ , độ thắt tương đối ψ .

* Phương pháp thí nghiệm:

Mẫu thử : Khi thí nghiệm kéo đứt cần chế tạo ít nhất ba mẫu vật liệu thử có tiết diện ngang hình tròn hoặc hình chữ nhật (dẹt). Các mẫu tiết diện tròn có đường kính d và chiều dài phần khảo sát của mẫu l_0 bằng năm hoặc mười lần đường kính mẫu tùy thuộc điều kiện thí nghiệm. Mẫu dẹt thường có chiều rộng b bằng hai lần chiều dày h của mẫu (thường là chiều dày của tấm vật liệu) và chiều dài khảo sát l_0 của mẫu dẹt cũng như quy định của mẫu tiết diện tròn.

Mẫu được thử kéo đứt trên các máy thí nghiệm có công suất chọn lớn hơn khả năng chịu tải của mẫu từ 1,2 đến 1,4 lần. Lực kéo mẫu được chia thành nhiều cấp, giá trị mỗi cấp khoảng $(1/10 \div 1/15)$ tải trọng phá hoại mẫu và cần khống chế tốc độ tăng tải trung bình khi thí nghiệm từ 1 đến 2 kg/cm²/s. Tương ứng với mỗi cấp tải tiến hành đo độ giãn dài Δl của chuẩn đo l_0 . Với quá trình tiến hành thí nghiệm này hoàn toàn có thể quan sát được sự diễn biến về mối quan hệ giữa lực tác dụng và biến dạng tương đối của vật liệu trong mẫu thử.

Xác định được mức tải trọng thí nghiệm qua các giai đoạn làm việc khác nhau của vật liệu, trong đó có :

- ◇ Tải trọng gây chảy (P_c), tương ứng với lúc giá trị lực tác dụng không thay đổi, nhưng biến dạng dẻo phát triển nhanh.
- ◇ Tải trọng cực đại (P_{max}), tương ứng với giá trị lực tác dụng lớn nhất mà mẫu chịu được.
- ◇ Tải trọng phá hoại (P_{ph}), tương ứng với giá trị lực tác dụng lúc mẫu đứt.

Từ các số đo lực và độ giãn dài có được trong thí nghiệm kéo đứt mẫu cho phép xác định các chỉ tiêu sau đây của vật liệu khảo sát :

- Giới hạn chảy σ_c : $\sigma_c = \frac{P_c}{F_o} [kg / cm^2]$
- Giới hạn bền σ_b : $\sigma_b = \frac{P_{max}}{F_o}$
- Ứng suất kéo đứt σ_{ph} : $\sigma_{ph} = \frac{P_{ph}}{F_{eo}}$

- Độ giãn tương đối δ : $\delta = \frac{l_k - l_o}{l_o} 100 \%$
- Độ thắt tương đối ψ : $\psi = \frac{F_k - F_o}{F_o} 100 \%$

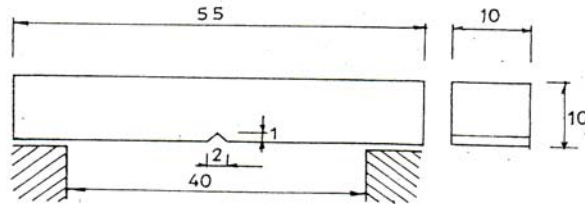
Trong đó : l_k : chiều dài khảo sát khi mẫu đứt
 l_o : chiều dài khảo sát ban đầu của mẫu
 F_k : diện tích tiết diện eo thắt của mẫu khi đứt
 F_o : diện tích tiết diện ngang ban đầu của mẫu.

2/ Thí nghiệm độ dai va đập :

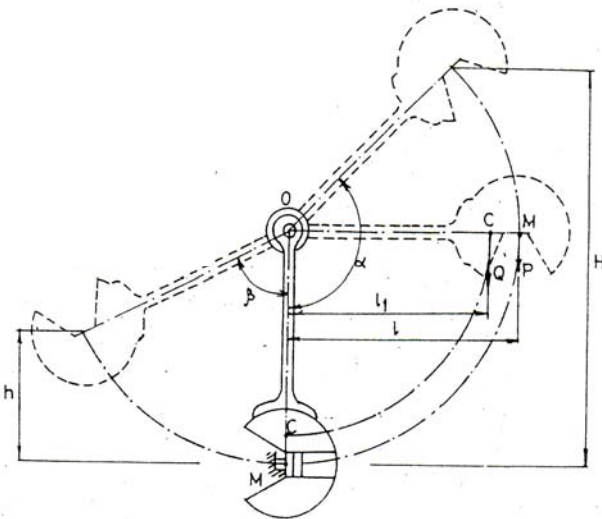
UU* Mục đích thí nghiệm

Thử độ dai va đập nhằm xác định cường độ chịu va chạm và khuynh hướng phá hoại dòn của vật liệu. Thép và hợp kim chịu tác dụng của lực xung kích ở nhiệt độ thấp thường bị phá hoại dòn. Độ dai va đập của thép và hợp kim thể hiện qua hệ số dai xung kích a :

Hình 2.9. Hình dạng và kích thước mẫu thử



Hình 2.10. Sơ đồ thí nghiệm va đập



$$a = \frac{A}{F} [\text{kg} \cdot \text{m} / \text{cm}^2]$$

Trong đó : A : công cần để phá hoại mẫu [kg.m]
 F : diện tích tiết diện mẫu tại vị trí phá hoại [cm²]

* Phương pháp thí nghiệm

Mẫu thử : cần chế tạo các mẫu vật liệu hình lăng trụ có kích thước 10 x 10 x 55mm ở chính giữa tạo một rãnh ngang hình chữ v có độ sâu 1mm và rộng 2mm (h.2.9).

Trên hình 2.10 giới thiệu sơ đồ làm việc của thiết bị. Mẫu thử được gá lắp trên hai gối của thiết bị cách nhau 40mm và cách tâm quay một đoạn l. Quả búa nâng lên ở độ cao H, khi được giải phóng, búa rơi tự do quanh tâm quay; trên đường rơi búa gặp phải mẫu thử, đập gãy mẫu thử và tiếp tục văng lên độ cao h.

Năng lượng tiêu thụ hay công phá hoại mẫu A khi trọng tâm C của búa trùng với điểm va chạm M của búa được tính bằng :

$$A = P (H - h)$$

H : độ cao xuất phát của quả búa :

$$H = l (1 - \cos \alpha)$$

h : độ cao cuối cùng của quả búa sau khi phá hoại mẫu

$$h = l (1 - \cos \beta) \quad ; \quad \alpha : \text{góc nâng quả búa,}$$

β : góc văng của quả búa

$$A = Pl (\cos \beta - \cos \alpha)$$

với trường hợp trọng tâm C trùng với điểm va chạm M :

$$A = Ql_1 (\cos \beta - \cos \alpha)$$

3/ Thí nghiệm mỏi của vật liệu :

* Mục đích thí nghiệm

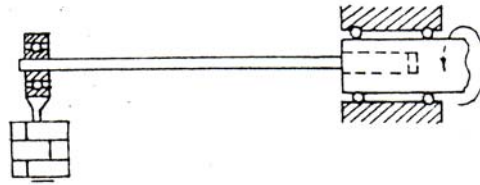
Thử mỏi nhằm xác định độ bền mỏi của thép và hợp kim. Độ mỏi của thép và hợp kim là quá trình phá hoại dần vật liệu dưới tác dụng của ứng suất thay đổi theo chu kỳ. *Ứng suất lớn nhất mà mẫu chịu được không bị phá hoại sau một số chu kỳ xác định là tiêu chuẩn để đánh giá giới hạn bền mỏi của kim loại.* Độ bền mỏi của vật liệu phụ thuộc vào độ không đối xứng của chu kỳ ứng suất thay đổi ($r = p_{\min} / p_{\max}$) và trạng thái ứng suất tác dụng.

* Phương pháp thí nghiệm :

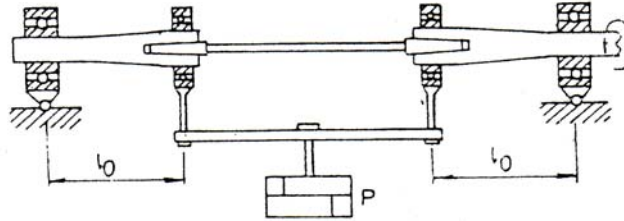
Để xác định độ bền mỏi của một loại thép hoặc hợp kim cần tiến hành thí nghiệm phá hoại ít nhất là sáu mẫu thử vật liệu. Mẫu thử hình trụ chiều dài 250 mm, $d = 8 \div 12$ mm, tròn, nhẵn bóng. Thí nghiệm độ bền mỏi của vật liệu được tiến hành với trạng thái ứng suất đơn từ sơ đồ gia tải kéo - nén, uốn, xoắn. Đơn giản nhất thường là tạo trạng thái ứng suất thay đổi có chu kỳ đối xứng ($r = - 1$) như (h.2.11) (h.2.12).

Trong thí nghiệm mỏi cần xác định hai tham số là giá trị ứng suất cực đại p_{\max} tác dụng vào mẫu và số chu kỳ thay đổi dấu của ứng suất cho đến lúc phá hoại mẫu.

Hình 2.11. Sơ đồ thí nghiệm mỏi theo sơ đồ công xôn



Hình 2.12 Sơ đồ thí nghiệm mỏi uốn theo sơ đồ dầm



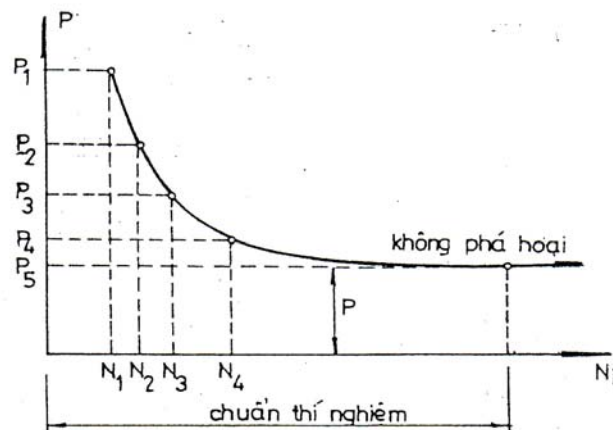
Hai tham số này có quan hệ mật thiết với nhau đối với từng loại vật liệu, cho nên trong thí nghiệm, cần chọn trước một tham số để xác định tham số kia, thường chọn trước giá trị ứng suất p_{max} tác dụng vào mẫu để xác định số chu kỳ quay N (đối với thép $p_{max} \approx 0,6 \sigma_b$, kim loại màu và hợp kim nhẹ $p_{max} \approx 0,4 \sigma_b$)

Quá trình thí nghiệm điều chỉnh p_{max}, N sao cho trong mẫu thử cuối cùng đảm bảo được giá trị ứng suất p_{max} không nhỏ thua 200 kg/cm^2 .

Số chu kỳ phá hoại giới hạn N đối với thép xác định trong khoảng $5 \cdot 10^6$; với kim loại màu $20 \cdot 10^6$ và với hợp kim nhẹ $2 \cdot 10^6$.

Từ những cặp số liệu nhận được sẽ xây dựng được đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa giá trị ứng suất cực đại p_{max} và số chu kỳ phá hoại mẫu tương ứng N_i . Đó là đường cong mỏi Weler của vật liệu (h.2.13).

Hình 2.13. Đường cong mỏi của vật liệu



3.2 Kiểm tra chất lượng kim loại bằng PP thử không phá hoại VL:

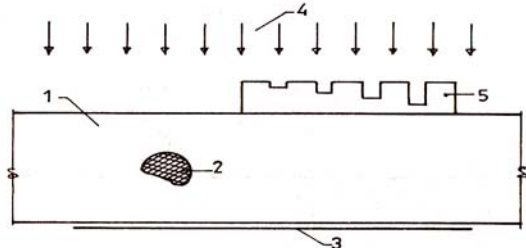
Phương pháp thí nghiệm không phá hoại được dùng phổ biến để kiểm tra chất lượng và phát hiện các khuyết tật phát sinh trong quá trình sản xuất vật liệu, chế tạo kết cấu và khai thác sử dụng công trình. Các phương pháp thí nghiệm không phá hoại được phân thành các nhóm khảo sát khác nhau tùy thuộc cơ sở vật lý của phương pháp:

- * Nhóm ứng dụng tia phóng xạ rơngren, gamma;
- * Nhóm ứng dụng sóng âm thanh, siêu âm;
- * Nhóm ứng dụng từ trường và điện tử.

1/ Ứng dụng sự chiếu xạ rơngren - gamma để quan sát KC kim loại

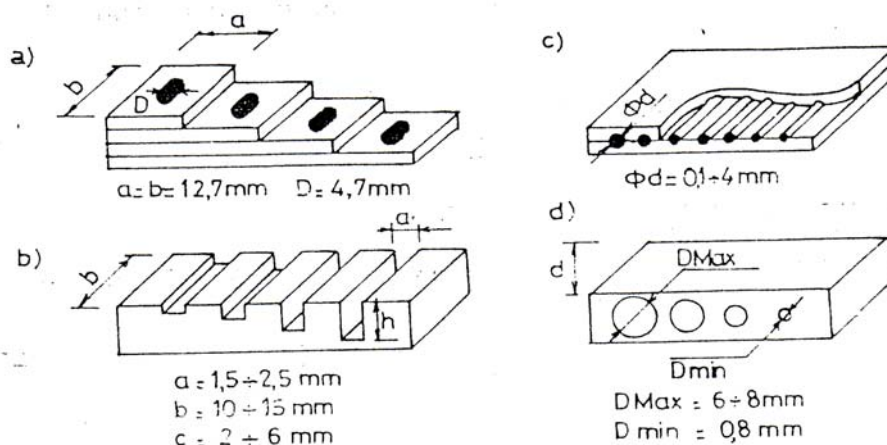
Khi thăm dò và phát hiện các khuyết tật trong KC kim loại, đặc biệt trong mối hàn có thể dùng phương pháp chiếu chụp tia rơngren hoặc gamma.

Muốn phát hiện, xác định vị trí và kích thước của một khuyết tật nằm trong kết cấu cần phải tiến hành một hoặc hai phép chụp tia gamma.(h. 2.14).



Hình 2.14. Sơ đồ chụp tia gamma để dò khuyết tật

1- vật liệu, 2- khuyết tật, 3- bản phim, 4- chùm tia, 5- thanh chuẩn



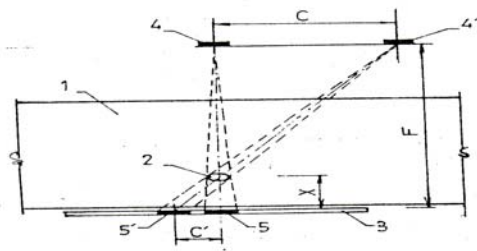
Hình 2.15. Các loại thanh khuyết tật chuẩn

a- thanh chuẩn quốc tế, b- thanh chuẩn Nga,

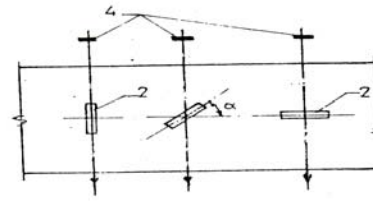
c- thanh chuẩn Anh, Pháp, Nhật, d- thanh chuẩn Mỹ

Kích thước của khuyết tật theo phương rọi được xác định bằng cách so sánh cường độ tối của khuyết tật với các ảnh khác khi rọi tia qua các lỗ chuẩn (có kích thước xác định khác nhau) trên một thanh vật liệu cùng loại đặt ngay trên kết cấu.

Để xác định độ sâu của khuyết tật trong kết cấu cần tiến hành hai phép chụp trên cùng một tấm phim từ hai vị trí rọi chùm tia cách nhau một đoạn c và cùng cách tấm phim một khoảng F (h. 2.16)



Hình 2.16. Sơ đồ xác định các đặc trưng khuyết tật



Hình 2.17. Vị trí khuyết tật

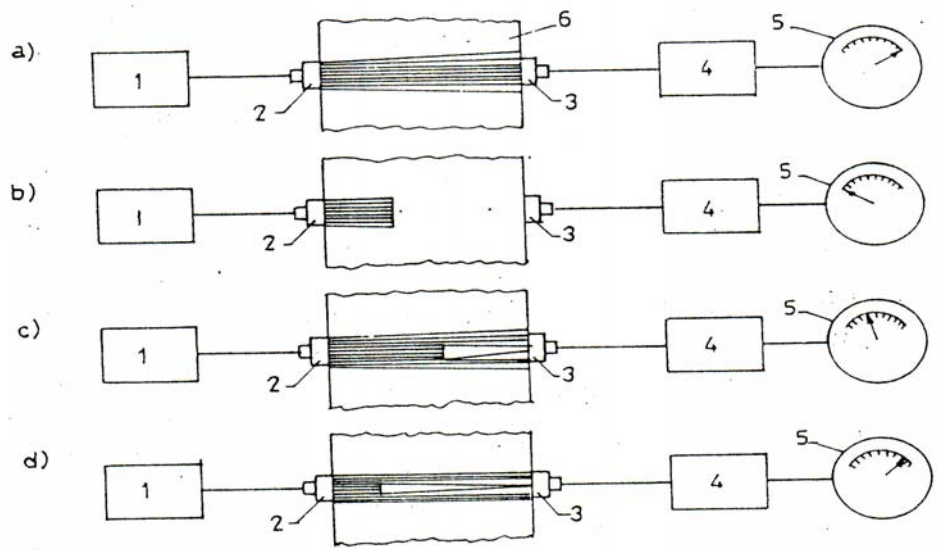
$$x = \frac{c F}{c + c'}$$

Khi các khuyết tật trong kết cấu có kích thước như nhau, nhưng hình ảnh của chúng nhận được trên phim có thể có kích thước và cường độ tối khác nhau tùy thuộc góc lệch giữa hướng khuyết tật với hướng chùm tia rọi (h. 2.17). Trong trường hợp này, để xác định chính xác các đặc trưng hình học của khuyết tật trong thực tế cần phải thực hiện hai phép rọi chụp chùm tia phóng xạ theo hai hướng khác nhau.

2/ Phương pháp siêu âm trong kim loại :

Phương pháp kiểm tra chất lượng kim loại bằng sóng siêu âm dựa trên cơ sở nghiên cứu quá trình lan truyền sóng dao động đàn hồi có tần số từ 0,5 đến 25 MHz trong môi trường vật liệu của kết cấu. Quá trình thực hiện các phép kiểm tra có thể theo nhiều nguyên lý khác nhau như : bóng tật, xung dội, cộng hưởng, tổng trở và dao động tự do; trong đó dùng phổ biến và có hiệu quả nhất là phương pháp dò bóng tật và phương pháp xung ngắt quãng.

a. Phương pháp dò bóng tật (h. 2.18)



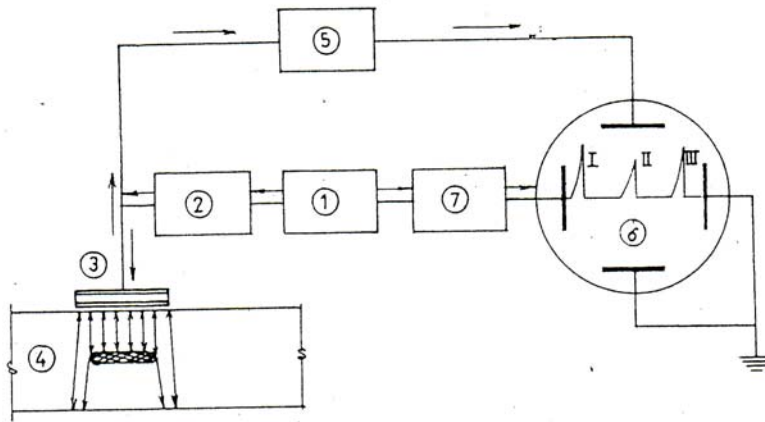
Hình 2.18.
Phương pháp dò bóng tật

Từ máy phát cao tần (1) tạo một điện trường thay đổi truyền đến các tấm áp điện

(piezo) trong đầu phát (2) sẽ tạo ra chùm siêu âm. Khi chùm siêu âm đó truyền qua sản phẩm hay kết cấu khảo sát (6), kết quả sẽ nhận được một trong những trường hợp sau :

- Nếu trên đường dao động không gặp phải các khuyết tật thì các sóng dao động đàn hồi sẽ truyền thẳng đến đầu thu (3). Cường độ siêu âm nhận được ở đầu thu (3) giảm thua cường độ của chùm siêu âm phát ra từ đầu phát (2). Điều này cho thấy, trong quá trình lan truyền có sự mất mát năng lượng do hiện tượng phản xạ, suy giảm và sự sai lệch hình học. Trường hợp kết cấu khảo sát có chiều dày không thay đổi, hai mặt đối phẳng và song song với nhau, vật liệu hoàn toàn đồng nhất, đầu thu siêu âm (3) được gắn chặt vào bề mặt kết cấu và đồng trục với đầu phát (2) thì cường độ siêu âm thu được sau khi qua khỏi môi trường ở đầu (3) hầu như không bị suy giảm; kim đồng hồ chỉ thị (6) chỉ dao động quanh giá trị cường độ phát ban đầu (h.2.18a)
- Nếu trên đường truyền sóng dao động gặp phải khuyết tật thì tùy thuộc vào diện tích tiết diện của chùm tia siêu âm, diện tích bề mặt phản chiếu của khuyết tật và khoảng cách từ khuyết tật đến mặt sau của kết cấu sẽ xảy ra ba khả năng như (h.2.18b),(h.2.18c), (h.2.18d).

b. Phương pháp xung ngắt quãng để dò khuyết tật:



Hình 2.19. Sơ đồ máy dò khuyết tật bằng xung siêu âm ngắt quãng

Máy dò khuyết tật bằng xung siêu âm được dùng rất rộng rãi trong nghiên cứu khảo sát và kiểm định các kết cấu kim loại. Trên hình 2.19 trình bày sơ đồ nguyên lý cấu tạo của các máy siêu âm dò khuyết tật trong kim loại gồm : bộ phận phát sóng cao tần (1) truyền đến bộ phận tạo xung lượng ngắt quãng (2), từ đây phát ra những xung điện trong thời gian 1 - 5 micro -giây, rồi ngừng phát vài chục micro-giây và lại phát. Xung điện được phát ra sau khi qua tấm áp điện trong đầu dò (3) biến thành sóng siêu âm cao tần truyền vào môi trường vật liệu của kết cấu (4); một phần nhỏ sóng siêu âm không truyền qua được mặt tiếp xúc với môi trường vật liệu đã quay trở về tấm áp điện trong thời gian ngừng phát xung, để được biến thành điện năng truyền đến bộ khuếch đại tín hiệu (5) và được chỉ thị trên màn hình (6) bằng một tín hiệu xung (1). Sóng siêu

âm truyền vào kết cấu đến gặp khuyết tật bên trong vật liệu, phần sóng chạm phải bề mặt của khuyết tật sẽ phản xạ trở lại các tấm áp điện trong đầu dò (3) và cho tín hiệu xung khuyết tật (II) trên màn hình. Phần sóng không bị khuyết tật chắn sẽ được truyền thẳng qua suốt chiều dày của môi trường vật liệu, rồi quay trở lại và được chỉ thị ở vị trí (III) trên màn hình. Trường hợp trong kết cấu không có khuyết tật, trên màn hình chỉ tồn tại xung (I) và (III); khoảng cách của hai xung này chính là đoạn đường đi của siêu âm trong môi trường vật liệu và vì thế, trong thực tế thiết bị còn được dùng để xác định chiều dày của kết cấu kim loại.

4. *Khảo sát chất lượng kết cấu bê tông cốt thép*

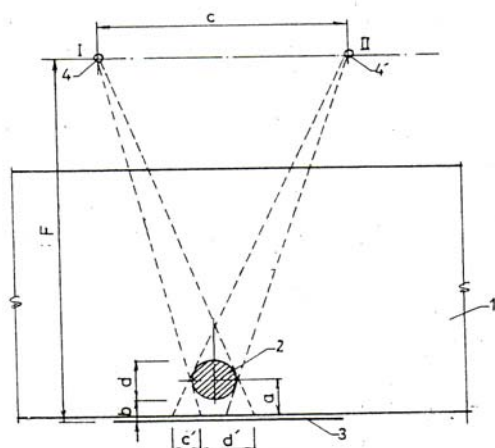
Khi đánh giá chất lượng của công trình BTCT, trước tiên cần tiến hành khảo sát riêng lẻ chất lượng của từng loại vật liệu cấu thành. Đó là bê tông và cốt thép. Tuy nhiên, đối với công trình BTCT, chất lượng còn có thể bị ảnh hưởng tùy thuộc vào một số các đặc trưng cấu tạo cốt thép trong tiết diện của kết cấu như:

- ◇ Kích thước, đường kính thanh cốt thép;
- ◇ Số lượng thanh cốt thép;
- ◇ Vị trí cốt thép trong tiết diện và chiều dày của lớp BT bảo vệ.

Để phát hiện sự có mặt của cốt thép và xác định các đặc trưng hình học của nó trong kết cấu BTCT có thể dùng các phương pháp chụp tia rơngơn, gamma ... hoặc dùng những thiết bị đo chuyên dùng như máy dò cốt thép IC-2, máy Profometer - 3 ...

4.1. *Phương pháp chụp ảnh bằng các tia phóng xạ*

Vị trí, khoảng cách, kích thước đường kính và chiều dày của lớp bê tông bảo vệ trong tiết diện có thể xác định bằng phương pháp chụp tia rơngơn hoặc gamma theo sơ đồ trình bày trên hình 2.20.



Hình 2.20. *Sơ đồ đo để xác định các đặc trưng cốt thép trong kết cấu bê tông cốt thép*

Với các phép chụp hình trên, ta có được các kích thước sau:

- c - Khoảng cách dịch chuyển của nguồn phát xạ;
- F - Khoảng cách từ nguồn phát xạ đến tấm phim;

c' - Đoạn dịch chuyển của ảnh cốt thép trên phim khi nguồn phát chuyển vị trí;
 d' - Kích thước hình ảnh cốt thép trên phim.

Từ đó, có thể tính toán kích thước đường kính d của cốt thép nằm trong kết cấu theo công thức:

$$d = d' \frac{c}{c + c'}$$

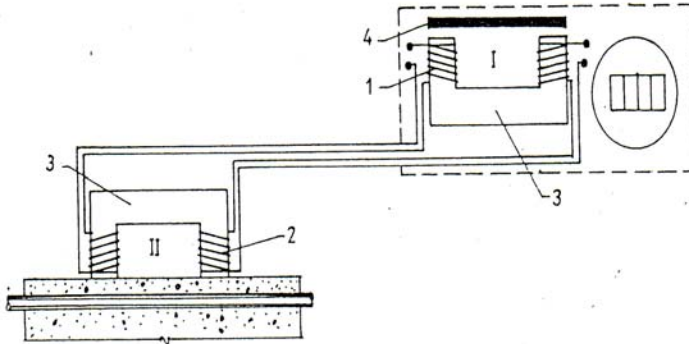
Và chiều dày của lớp bê tông bảo vệ :

$$b = F \frac{c}{c + c'} - \frac{d}{2}$$

4.2. Thiết bị chuyên dùng để xác định các đặc trưng của CT trong BT:

Các thiết bị dùng để xác định những đặc trưng của cốt thép nằm trong BT (đường kính, vị trí của cốt thép và chiều dày lớp bê tông bảo vệ) được chế tạo dựa trên hiệu ứng của hiện tượng cảm ứng điện từ (hình 2.21).

Cấu tạo cơ bản của các thiết bị này (máy IC-2, Profometer-3,...) là bộ chuyển đổi cảm ứng kiểu biến áp. Bộ chuyển đổi gồm hai phần tử cảm biến (I) và (II), chúng có cấu tạo hoàn toàn giống nhau. Mỗi phần tử có hai cuộn dây (1) và (2) bao quanh hai nhánh của một lõi sắt biến thế (3) chữ U. Khi các cuộn sơ cấp trên hai phần tử là đồng nhất và được mắc tương phản với nhau thì điện áp ra trên bộ chuyển đổi sẽ bằng không.



Hình 2.21. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị xác định các đặc trưng của cốt thép

Trong phần tử cảm biến (I) đặt bên trong máy có bộ phận cấu tạo để có thể làm thay đổi được sức kháng từ bằng cách dịch chuyển vị trí của một vít sắt từ (4) đến gần cuộn cảm trên phần tử cảm biến. Vị trí tương ứng của vít sắt từ với cuộn cảm sẽ xác định mức độ mất cân bằng của bộ chuyển đổi, tức là đại lượng của sức điện động trong cuộn thứ cấp.

Khi thiết bị đã được hiệu chỉnh cân bằng, nếu dịch chuyển phần tử cảm biến đầu đo (II) đến gần một thanh cốt thép nằm trong bê tông thì trạng thái cân bằng sẽ bị phá và giá trị của nó có xu hướng giảm thấp, tùy thuộc vào kích thước đường kính của thanh cốt thép và khoảng cách tương ứng giữa đầu đo (II) với thanh cốt thép này.

Các thiết bị đo được chế tạo theo nguyên lý này thường đơn giản và thuận tiện cho việc sử dụng trong thực tế.

1. Nhiệm vụ và yêu cầu của thiết bị đo :

Khi nghiên cứu thực nghiệm, các tham số của hệ khảo sát cần được làm sáng tỏ bằng những số liệu đo hoặc những đồ thị ghi nhận được trực tiếp hay gián tiếp từ các thiết bị đo lường tương ứng. Với mỗi tham số khảo sát của đối tượng nghiên cứu sẽ có những phương pháp và thiết bị đo phù hợp, thỏa mãn được các yêu cầu về độ nhạy cảm và độ chính xác.

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 :

1. *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...
2. *Đo chuyển vị thẳng* thường dùng các thước đo độ dài như thước cặp, panme, đồng hồ đo chuyển vị, , các đầu đo dịch chuyển cảm biến...
3. *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 ...
4. *Đo xoay, biến dạng góc* của các phần tử, các liên kết trong kết cấu.
5. *Đo trượt và biến dạng trượt tương đối* giữa các thớ VL, các phần 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 .

2. Các thiết bị và phương pháp đo ứng suất - biến dạng theo cách đo điểm rời rạc :

Thiết bị và phương pháp đo điểm rời rạc được dùng rất phổ biến khi khảo sát trạng thái ứng suất - biến dạng, đặc biệt khi cần quan sát giá trị biến dạng của những điểm đặc trưng trong đối tượng. Những thiết bị và phương pháp đo theo cách đo điểm rời rạc được cấu tạo theo những nguyên lý khác nhau. Tuy nhiên dù được cấu tạo theo nguyên lý nào cũng cần thỏa mãn các yêu cầu sau :

- Cấu tạo đơn giản, số chi tiết là ít nhất, gọn và trọng lượng nhẹ;
- Tháo, lắp nhanh, dễ dàng, đảm bảo được ổn định và an toàn ;

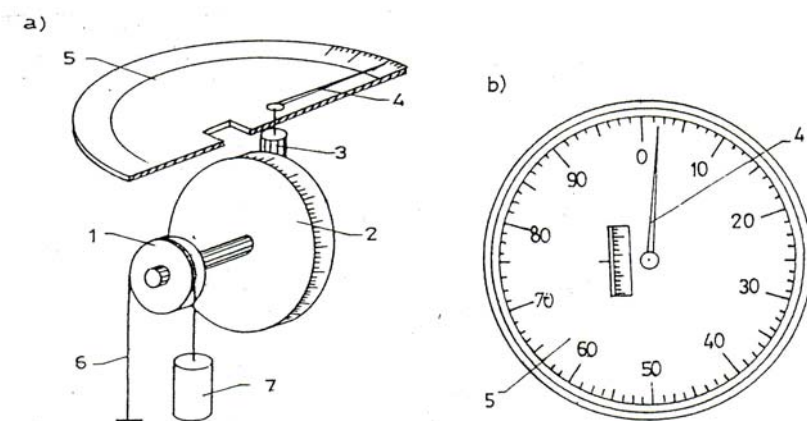
- Độ nhạy cảm và độ chính xác cao, luôn có thể đáp ứng được yêu cầu đúng đắn của số đo;
- Có khả năng đo các giá trị nằm trong khoảng đo rộng mà độ chính xác của số đọc và kết quả đo không bị ảnh hưởng;
- Chiều dài chuẩn đo thay đổi được liên tục;
- Giá trị của đại lượng cần đo được chỉ thị trực tiếp ngay trên thiết bị, không đòi hỏi phải qua tính toán chuyển đổi;
- Ít nhạy cảm với các ảnh hưởng của môi trường ...

* **Phương pháp khảo sát liên tục** - Thường là những phương pháp chuyên dùng, đặc biệt khi nghiên cứu trên đối tượng mô hình hóa. Ưu điểm là cho biết ngay được quy luật phân bố của ứng suất - biến dạng trên 1 vùng hay toàn bộ đối tượng khảo sát; nhưng đại lượng thực của chúng thì thường phải thông qua các phép tính toán biến đổi trung gian, phép chuyển đổi mô hình hóa hoặc phép so sánh với giá trị chuẩn được xác định trước trên các phần tử chuẩn có trạng thái làm việc đơn giản.

* **Phương pháp đo điểm rời rạc** - Phương pháp này cho ngay được giá trị biến dạng thực tại từng điểm riêng lẻ trên đối tượng ; nhưng khi muốn khảo sát quy luật phân bố thì đòi hỏi phải có số lượng điểm đo nhiều và liên tục. Thiết bị thường có cấu tạo đơn giản.

2.1 Đồng hồ đo chuyển vị lớn và phương pháp đo độ võng:

1. Nguyên lý cấu tạo và chuyển động (hình 3.1)



Hình 3.1. Cấu tạo đồng hồ đo chuyển vị lớn

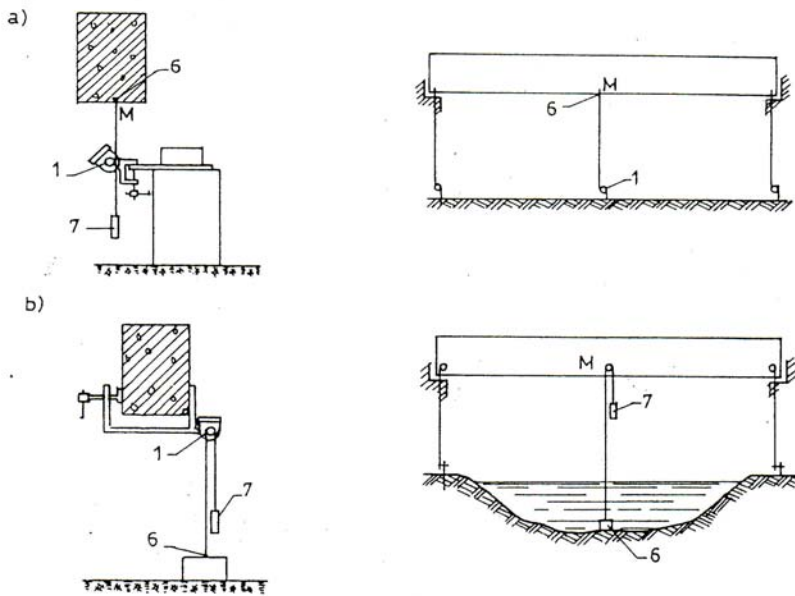
2. Phương pháp lắp đặt đồng hồ đo :

* Cách 1 (h.3.2a) :

Đồng hồ đặt tại một vị trí cố định nằm trên phương chuyển vị của KC.

* Cách 2 (h.3.2b):

Đồng hồ đặt tại điểm đo chuyển vị trên kết cấu.



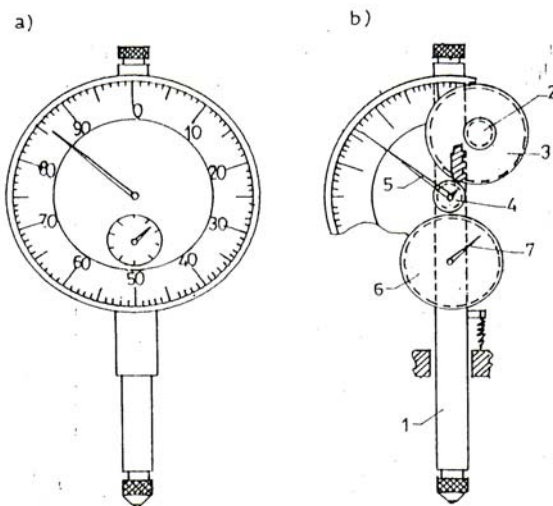
Hình 3.2. Sơ đồ đo độ võng.
 a- khi đo tại điểm cố định nằm ngoài kết cấu
 b- khi đo tại điểm chuyển vị nằm trên kết cấu

3. Các đặc trưng cơ bản

- Đồng hồ đo chuyển vị kiểu đĩa quay không hạn chế khoảng đo, cho nên có thể đo độ võng của kết cấu nhịp lớn, độ lún của cọc móng...;
- Giá trị của vạch đo trên mặt đồng hồ là 0,1 mm ;
- Có độ nhạy và độ chính xác cao.

2.2 Đồng hồ đo chuyển vị bé và phương pháp đo biến dạng ε

1. Nguyên lý cấu tạo và chuyển động (h.3.3).



Hình 3.3. Cấu tạo đồng hồ đo chuyển vị bé
 a-hình dạng đồng hồ
 b-cấu tạo hệ thống truyền động

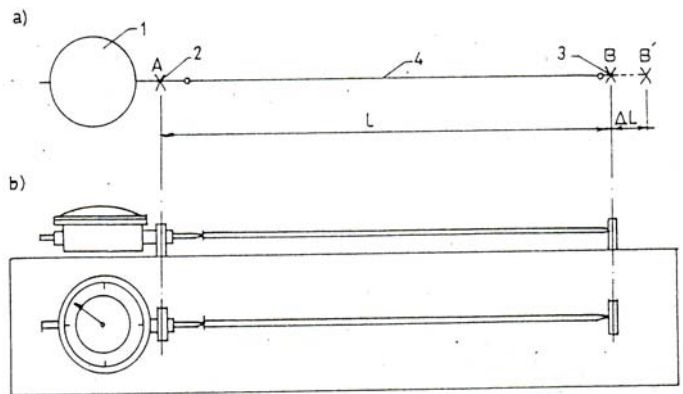
2. Các đặc trưng cơ bản :

- Hiện nay, những đồng hồ đo thông dụng có các giá trị vạch đo là 0,01; 0,02; 0,001 và 0,002 mm.

- Khoảng chuyển vị lớn nhất đo được của đồng hồ thường bị khống chế bởi giá trị của vạch đo. Cụ thể :
 - Với loại đồng hồ 0,01 và 0,02 có khoảng đo từ 10 đến 50mm;
 - Với loại đồng hồ 0,001 và 0,002 có khoảng đo từ 5 đến 10mm;

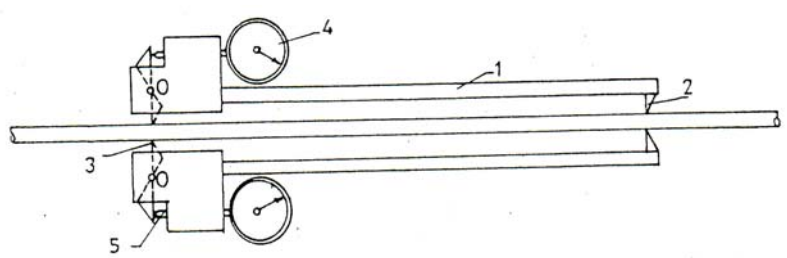
3. Các ứng dụng để đo biến dạng tương đối của vật liệu

a) 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. (h 3.4)



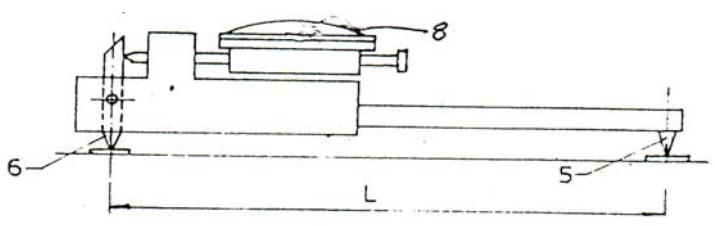
Hình 3.4. Đo biến dạng bằng đồng hồ đo chuyển vị bé
a- Sơ đồ cơ học
b- Sơ đồ lắp đặt để đo

b) 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 (h. 3.5).



Hình 3.5. Dụng cụ đo biến dạng bằng đồng thời trên hai thớ vật liệu đối xứng

c) 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 0,001mm. (h 3.6)



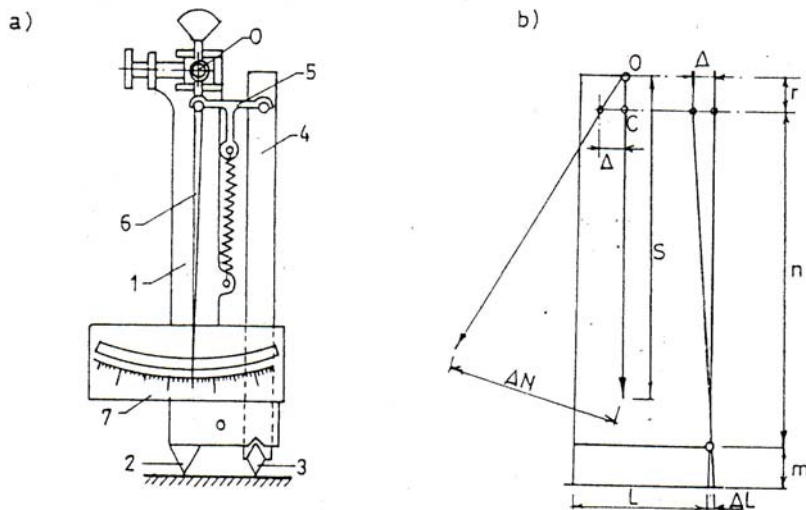
Hình 3.6. Sơ đồ cấu tạo và lắp đặt comparator

2.3 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. Nguyên lý cấu tạo và chuyển động của tenzomet đòn bẩy (h.3.7)

Dưới tác dụng của tải trọng, các thớ vật liệu của kết cấu bị co giãn 1 đoạn ΔL và kéo đỉnh dao di động (3) chuyển dịch theo. Ta có :



Hình 3.7. Sơ đồ cấu tạo tenzomet đòn bẩy

$$\Delta = \Delta L \frac{n}{m} \quad (3.1)$$

$$\Delta N = \Delta \frac{S}{r} = \Delta L \frac{n.S}{m.r} \quad (3.2)$$

$$K\text{- hệ số khuếch đại:} \quad K = \frac{n.S}{m.r} \quad (3.3)$$

2. Các đặc trưng cơ bản và ưu nhược điểm:

* Sai số số đọc lớn nhất : $\pm 2,5.10^{-6}$

* Hệ số khuếch đại : $K = 1000$

* Giá trị một vạch đo : 1.10^{-3}

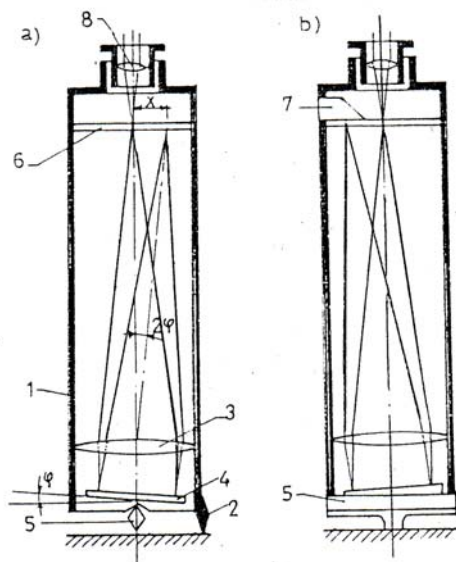
Tenzomet đòn bẩy có cấu tạo đơn giản, trọng lượng không lớn, độ chính xác cao. Tuy nhiên, xét từ cấu tạo còn tồn tại những nhược điểm như :

- Vật liệu đòn, các chi tiết dễ hỏng ;
- Liên kết các bộ phận chuyển động là liên kết bản lề không hoàn toàn, dễ bị xô xệch khi tháo lắp ;
- Không đo được biến dạng động;
- Không sử dụng được ngoài trời mưa nắng.

2.4 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.

1. Sơ đồ cấu tạo: (h. 3.8 a,b)



Hình 3.8. 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

$$\text{Ta có : } X = f \cdot \text{tg } 2\varphi = 2f\varphi \quad (3.4)$$

$$\varphi = \frac{X}{2f} \quad (3.5)$$

$$\text{Mặt khác, } \varphi = \frac{\Delta l}{m}$$

$$\text{Cuối cùng ta có : } X = \frac{2f \cdot \Delta l}{m} = k\Delta l \quad (3.6)$$

$$\text{Gọi K là hệ số khuếch đại của tenzomet: } K = \frac{2f}{m} \quad (3.7)$$

Trong đó : f - tiêu cự của vật kính
 m - chiều cao của gờ dao di động
 ΔL - độ giãn dài của vật liệu

2. Các đặc trưng cơ bản :

* Chiều cao toàn bộ của tenzonmet: 145mm

* Kích thước chuẩn đo : $L = 10 \div 20\text{mm}$

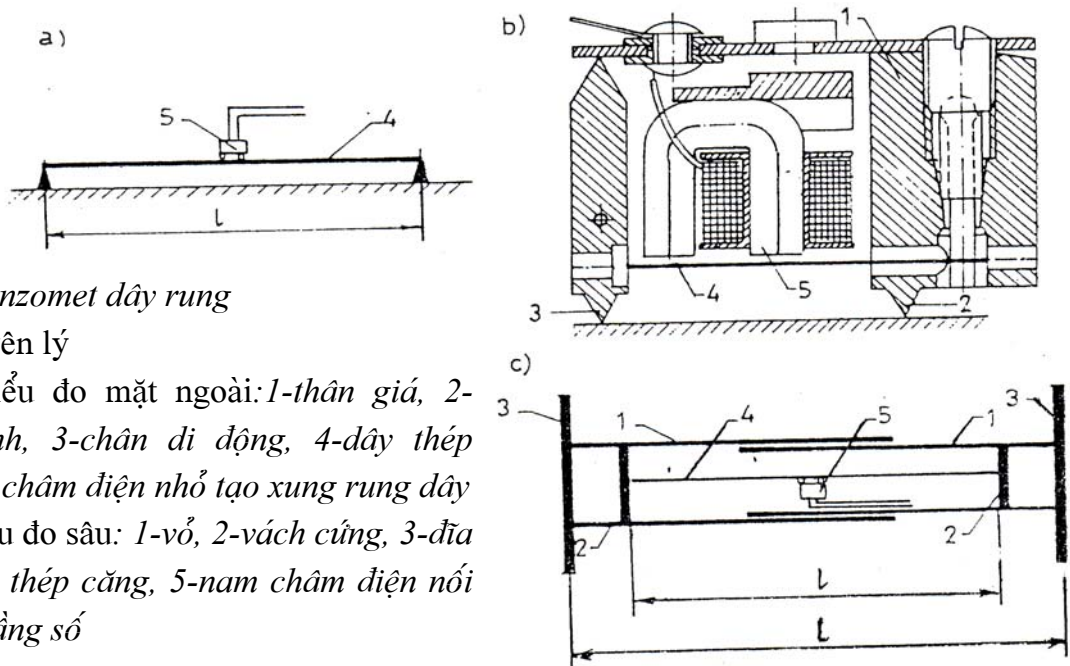
* Số vạch chia trên thang đo : 160 vạch với vạch 0 ở chính giữa .

* Khoảng cách các vạch chia: 1,25mm biểu thị một lượng biến dạng VL là 1 micron.

*Hệ số khuếch đại :

K= 1250

2.5 Tenzomet dây rung :(h.3.9)



Hình 3.9. Tenzomet dây rung

a-sơ đồ nguyên lý

b-cấu tạo kiểu đo mặt ngoài: 1-thân giá, 2-chân cố định, 3-chân di động, 4-dây thép căng, 5-nam châm điện nhỏ tạo xung rung dây
c-cấu tạo kiểu đo sâu: 1-vỏ, 2-vách cứng, 3-đĩa cứng, 4-dây thép căng, 5-nam châm điện nối với bộ đếm tầng số

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 chặt ρ của vật liệu dây, ứng suất căng σ trong dây; xác định theo công thức :

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \quad (3.8)$$

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.

$$\text{Ta có :} \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = 4 \frac{\rho l^2}{E} (f_2^2 - f_1^2) \quad (3.9)$$

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

1.Sơ đồ cấu tạo và chuyển động: Xem hình 3.9

2.Các đặc trưng cơ bản, phạm vi ứng dụng

- Chiều dài chuẩn đo: 20,50 và 100mm; Độ chính xác đạt đến 1.10^{-6}
- Đo các đối tượng có khối lượng lớn và nghiên cứu trong thời gian dài
- Tenzomet có độ cứng bản thân rất lớn do đó không dùng để đo biến dạng trong các đối tượng mỏng và mềm.

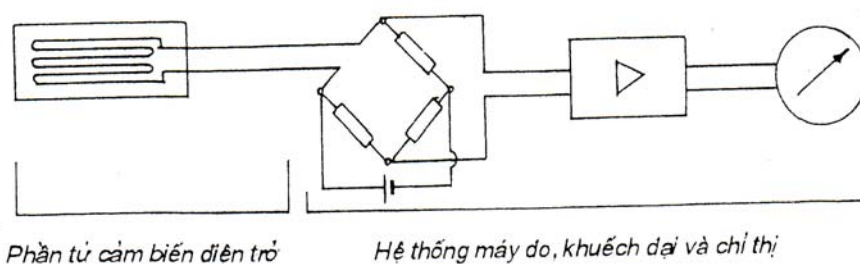
3. Tenzomet cảm biến điện trở

3.1 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. Ưu điểm :

1. Đo được những biến dạng nhỏ 10^{-5} - 10^{-6} đến các biến dạng rất lớn của vật liệu khi làm việc ngoài trạng thái đàn hồi.
2. Đo biến dạng tĩnh, động, xung kích, biến dạng trong những vùng có tập trung ứng suất cao.
3. Đo biến dạng trong những môi trường có chế độ khắc nghiệt :
4. 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.
5. Có nhiều loại kích thước chuẩn đo thích hợp, từ rất nhỏ 0,25 mm đến rất lớn 1000 - 1200mm.
6. Có độ cứng riêng và trọng lượng bản thân bé.
7. Có thể tiến hành với số lượng lớn điểm đo lớn trên một kết cấu trong khoảng thời gian ngắn .
8. Đảm bảo độ chính xác cao cho kết quả đo
9. 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 (h. 3.10) :



Hình 3.10. Sơ đồ cấu tạo tenzomet cảm biến điện trở

- Khi đo biến dạng động có thể ghi được nhờ các dao động ký, băng từ, máy tính ...

3.2 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.

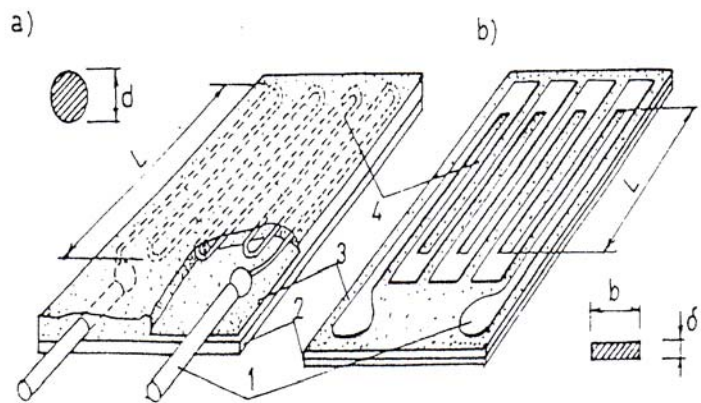
1. *Phần tử cảm biến dây tiết diện tròn* là một sợi dây điện trở từ vật liệu hợp kim constantan hoặc nicrom có đường kính $d = 0,01 \div 0,04$ mm được căng thành nhiều vòng và dán chặt trên bề mặt của một lớp vật liệu mỏng, gọi là lớp nền. Vật liệu của lớp nền có

thể bằng loại giấy cellulose mỏng (nền giấy) hoặc bằng một lớp giấy keo mỏng (nền keo). (**h. 3.11a**). 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 Ohm.

2. *Phần tử cảm biến dây tiết diện dẹt* được chế tạo bằng phương pháp thẳng hoa. Dùng những tờ giấy bằng vật liệu constantan hoặc nicrom có giá trị điện trở suất cao và chiều dày không quá 4 - 6 micron; 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 phần vật liệu do tấm phim che không cho ánh sáng lọt qua và giữ lại trên lớp keo những phần vật liệu có ánh sáng rọi vào (**h.3.11b**)

Ưu điểm:

- Chế tạo được các phần tử có kích thước chính xác và phân bố đều đặn;
- Có nhiều loại hình dạng theo đòi hỏi của kỹ thuật đo;
- Độ nhạy cảm theo phương ngang của phần tử đo rất nhỏ, không ảnh hưởng kết quả đo;
- Dính kết với kết cấu tốt



Hình 3.11. Phần tử cảm biến điện trở

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

3.3 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.

Như đã biết trong điện học:
$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3.10)$$

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 dl/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 có liên quan mật thiết đến độ giãn dài dl/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 :

$$\frac{dS}{S} = \frac{2\pi r dr}{\pi r^2} = 2 \frac{dr}{r} \quad (3.11)$$

$$\frac{dS}{S} = 2 \frac{dr}{r} = -2\mu \frac{dl}{l} \quad (3.12)$$

Với sự thay đổi tương đối về kích thước chiều dài dl/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 :

$$\begin{aligned} dR &= \frac{\rho}{S} dl + \frac{l}{S} d\rho - \frac{pl}{S^2} dS ; \\ \frac{dR}{R} &= \frac{dl}{l} + \frac{d\rho}{\rho} - \frac{dS}{S} = \frac{dl}{l} + \frac{d\rho}{\rho} + 2\mu \frac{dl}{l} \\ \frac{dR}{R} &= \frac{dl}{l} \left[1 + 2\mu + \frac{d\rho}{\rho(dl/l)} \right] \end{aligned} \quad (3.13)$$

Suy ra:
$$\frac{(dR/R)}{(dl/l)} = \left[1 + 2\mu + \frac{d\rho}{\rho(dl/l)} \right] \quad (3.14)$$

Gọi η_d là hệ số nhạy cảm của dây điện trở:
$$\eta_d = \left[1 + 2\mu + \frac{d\rho}{\rho\varepsilon} \right] \quad (3.15)$$

Ta có :
$$\frac{dR}{R\varepsilon} = \eta_d \quad (3.16)$$

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 :
$$\Delta R = \eta_d \varepsilon R \quad (3.17)$$

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 tenzo cảm biến điện trở sẽ là :

$$\frac{\Delta R_T}{R_T} = \eta_d \varepsilon_I + \eta_n \varepsilon_{II} = \eta_d \varepsilon_I - \eta_n \mu \varepsilon_I = (\eta_d - \mu \eta_n) \varepsilon_I \quad (3.18)$$

Đặt
$$\eta_T = (\eta_d - \mu \eta_n) \quad (3.19)$$

ta có :
$$\Delta R_T = \eta_T R_T \varepsilon \quad (3.20)$$

Thường $\eta_d / \eta_n = 0,012 \div 0,02$ khi tenzo cảm biến điện trở có chuẩn đo $l > 10\text{mm}$.

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 tenzo cảm biến điện trở dây dẹt.

Hệ số nhạy η_T của các tenzo 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 tenzo cảm biến có giá trị khác nhau.

3.4 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.

3.5 Xác định giá trị biến dạng tương đối của tenzo cảm biến điện trở

Từ liên hệ (3.21), ta có thể biểu diễn độ nhạy cảm của tenzo cảm biến bằng :

$$\eta_T = \frac{\Delta R_T}{R_T} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \quad (3.21)$$

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

$$\varepsilon = \frac{1}{\eta_T} \cdot \frac{\Delta R_T}{R_T} \quad (3.22)$$

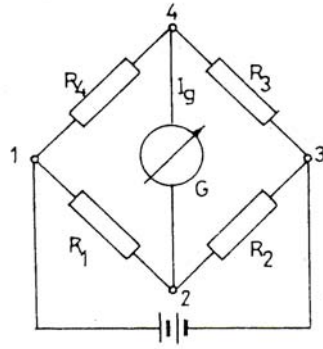
Để tìm được giá trị biến dạng tương đối, ngoài hệ số nhạy cảm η_T được xác định bằng phương pháp hiệu chỉnh thực nghiệm, còn cần phải đo trị số biến thiên điện trở ΔR hay $\Delta R/R$ xảy ra trong tenzo cảm biến.

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.

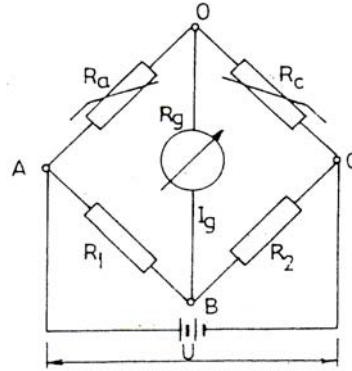
1. Nguyên tắc đo của cầu wheatstone:

Trên hình 3.12 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 trên đồng hồ đo dòng hay đo hiệu điện thế. Khi thực hiện được trên cầu đo điều kiện :

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4 \quad (3.23)$$



Hình 3.12. Sơ đồ nguyên lý cầu đo



Hình 3.13. 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 :

$$I_g = \frac{U(R_1 R_3 - R_2 R_4)}{R_g (R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_1 R_2 (R_3 + R_4) + R_3 R_4 (R_1 + R_2)} \quad (3.24)$$

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

2. Phép đo sự biến thiên của điện trở $\Delta R/R$ bằng phương pháp lệch cầu (h.3.13)

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 phân tử tenzo cảm biến R_a và R_c ban đầu có cùng trị số điện trở như nhau và có thể thay đổi.

R_a - tenzo cảm biến dùng để đo biến dạng trên kết cấu khảo sát;

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

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

$$R_2 \cdot R_a = R_1 \cdot R_c \quad (3.25)$$

Khi vật liệu của kết cấu bị biến dạng, điện trở R_a của phân 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 bằng :

$$I_g = U \frac{R_1 R_c - R_2 (R_a + \Delta R_a)}{R_g (R_1 + R_2) R_* + R_1 R_2 R_* + R_c (R_a + \Delta R_a) (R_1 + R_2)} \quad (3.26)$$

Với $R_* = R_a + \Delta R_a + R_c$.

Khai triển biểu thức (3.26) , có chú ý xét đến điều kiện cân bằng ban đầu là $R_2 \cdot R_a = R_1 \cdot R_c$ và bỏ lượng vô cùng bé ΔR_a ở mẫu số, ta có :

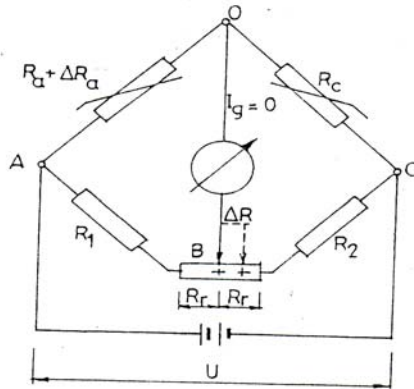
$$I_g = \frac{U \Delta R_a R_2}{R_g (R_1 + R_2) (R_a + R_c) + R_1 R_2 (R_a + R_c) + R_a R_c (R_1 + R_2)} \quad (3.27)$$

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 :

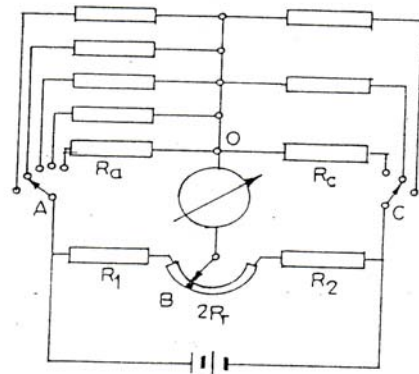
$$I_g = \frac{U}{2R_a} \frac{\frac{\Delta R_a}{R_a}}{2 \frac{R_g}{R_a} + \frac{R_l}{R_a} + 1} = f\left(\frac{\Delta R_a}{R_a}\right) \quad (3.28)$$

Do 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.

1. *Phép đo sự biến thiên điện trở $\Delta R/R$ bằng phương pháp cầu cân bằng:*



Hình 3.14. Sơ đồ đo cầu cân bằng



Hình 3.15. Sơ đồ đo thực tế

Sơ đồ cầu 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 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 (h. 3.15). Điều kiện cân bằng ban đầu:

$$R_a (R_2 + R_r) = R_c (R_1 + R_r) \quad (3.29)$$

Nếu lúc đó, giá trị điện trở trên R_a biến thiên 1 lượng ΔR_a do kết cấu bị biến dạng thì trạng thái cân bằng ban đầu của cầu đo bị phá; 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:

$$(R_a + \Delta R_a)(R_2 + R_r - \Delta R_r) = R_c (R_1 + R_r + \Delta R_r) \quad (3.30)$$

Triển khai biểu thức (3.30), có kể đến điều kiện cân bằng ban đầu:

$$\Delta R_a (R_2 + R_r) = \Delta R_r (R_c + R_a + \Delta R_a) \quad (3.31)$$

Từ đó ta có:
$$\Delta R_r = \frac{(R_2 + R_r) \Delta R_a}{R_c + R_a + \Delta R_a} \quad (3.32)$$

Thông thường ΔR_a rất nhỏ so với tổng số điện trở của hai tenzo 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 tenzo cảm biến R_a . Cuối cùng:

$$\Delta R_r = \frac{R_2 + R_r}{R_c + R_a} \Delta R_a \quad (3.33)$$

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.

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

Trên hình 3.15 trình bày sơ đồ cấu tạo thực tế của cầu đo theo nguyên tắc cầu cân bằng. Khi dùng các tenzo cảm biến điện trở để đo, chỉ cần chuẩn bị các tenzo cảm biến của hai nhánh cầu ngoài gồm :

- Các tenzo 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 tenzo cảm biến cần chọn xấp xỉ như nhau, thường thì cho phép chênh khoảng $\pm 0,25$ Ohm.

- Các tenzo 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 tenzo cảm biến bù nhiệt cần chọn bằng chỉ số điện trở của từng chiếc tenzo R_a hoặc từng nhóm tenzo R_a có cùng điện trở như nhau. Trường hợp đơn giản nhất là chọn tất cả các tenzo 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 tenzo cảm biến bù nhiệt R_c là đủ.

- Hiện nay, đối với các cầu đo biến dạng tĩnh như máy P-3500, USB-11A, 3800, System 4000, cũng như các cầu đo biến dạng động như System 2300, 2100, CDA, MCC... thường dùng những tenzo cảm biến đo R_a và bù R_c có chỉ số điện trở là $R_a = 120$ và 350 Ohm.

CHƯƠNG 4

KHẢO SÁT KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

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 U-S-BD để xác định khả năng chịu lực và đánh giá trạng thái làm việc thực tế của VL và KCCT 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.

Kiểm định công trình thường nhằm vào những đối tượng sau :

1. Các kết cấu, phần tử riêng lẻ của CT, 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 VL 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.

2. Các công trình đang tồn tại : Chia ra các nhóm sau :

a) Mới xây dựng xong bằng VL 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 CT này, việc khảo sát kiểm định thường chỉ mang ý nghĩa để nghiệm thu chất lượng tổng thể, so sánh đánh giá thực trạng CT 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.

b) Cũng là những CT thuộc loại (a), 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 tính KCCT theo các số liệu thực tế và yêu cầu khai thác mới.

c) Các CT có nghi vấn và sai sót lớn trong thiết kế; tồn tại những khuyết tật và sai lệch đáng kể khi thi công; các CT 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 CT;
- + Xác định và đo lường các thông số cần thiết để cung cấp cho giai đoạn thiết kế sửa chữa, cải tạo công trình.

Khảo sát kiểm định, nói chung cần tiến hành theo 2 giai đoạn

Giai đoạn I: Khảo sát tổng thể trạng thái chất lượng của KCCT 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 KC và chất lượng VL nhằm cung cấp các số liệu thực tế để tính toán kiểm tra lại CT, đánh giá sơ bộ khả năng làm việc của các KC và đặc biệt trên cơ sở đó có thể đề xuất sự cần thiết phải tiến hành công việc thử tải trọng trên các KC riêng lẻ, trên từng bộ phận hay từng đơn nguyên CT.

Giai đoạn II : 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.

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 :

2.1 Tìm hiểu nhiệm vụ thiết kế công trình

Qua các tài liệu trong luận chứng KTKT của CT có thể nắm bắt được mục đích xây dựng, nhiệm vụ thiết kế và đối tượng phục vụ của CT. Đề cập và phân tích các ý đồ thiết kế và biện pháp giải quyết thực tế để thỏa mãn được nhiệm vụ của CT phục vụ cho quá trình khai thác sử dụng. Đây có thể xem là những tiêu chuẩn đầu tiên và xuyên suốt của quá trình thiết kế, thi công và nghiệm thu CT, mà công tác kiểm định chất lượng CT cần phải đánh giá và làm sáng tỏ.

2.2 Kiểm tra các số liệu cung cấp cho thiết kế tính toán

1. *Tài liệu địa chất thủy văn công trình :*

2. *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 CT.

3. *Tải trọng ngoài tác dụng:* Các giá trị về tải trọng thường được chỉ dẫn trong các 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.

4. *Quy mô và kích thước của công trình*

5. *Đặc trưng của vật liệu dùng trong công trình*

2.3 Phương pháp tính toán kết cấu công trình

1. *Sơ đồ tính.* Khi lập sơ đồ tính thường phải kể đến hai yêu cầu trái ngược nhau :

- Cần phải gắn sát với điều kiện làm việc thực tế của CT và kể đến đầy đủ các yếu tố tác dụng lên đối tượng;
- Tính toán càng đơn giản càng tốt.

2. *Phương pháp tính toán nội lực*

Để có thể xác định được nội lực trong KCCT 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 KCCT. 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.

2.4 Xem xét các cấu tạo liên kết và kết cấu trong CT

Trong quá trình tính toán KCCT, để đảm bảo độ bền và tuổi thọ, điều kiện cần thiết là xác định nội lực và thiết kế tiết diện cho các phần tử chịu lực trong KC. Tuy nhiên, việc cấu tạo các 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 CT. Thật vậy, trong thực tế các hiện tượng hư hỏng và phá hoại KC 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 KC ở đây là quyết định.

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 :

- + *Những công trình được xây dựng mới*, với các đối tượng này, nội dung khảo sát bao gồm cả việc kiểm tra chất lượng thi công và đánh giá hiện trạng công trình ;

+ Những công trình cũ đã khai thác sử dụng hoặc bị khuyết tật, hư hỏng, với những công trình này thường 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.

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 của CT từ khối lượng công việc, những thay đổi, sửa chữa và sai lệch trong KC đến những tồn tại chưa khắc phục đầy đủ và chất lượng tổng thể của CT. Với các số liệu đó có thể tiến hành so sánh đối chiếu với các chỉ tiêu trong tính toán thiết kế, các quy định trong tiêu chuẩn quy phạm tương ứng được áp dụng khi 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...

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 :

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, gãy 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.

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.

3. *Phát hiện, khảo sát các khuyết tật và hư hỏng bề mặt:* Kiểm tra xác định các hư hỏng trên bề mặt của KCCT 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 mặt ngoài của KC cũng mang lại những yếu tố trực tiếp làm giảm khả năng chịu lực của CT.

a. *Bê tông và bê tông cốt thép* . Công trình bằng BT và BTCT, khi khảo sát mặt ngoài cần quan tâm đến hiện tượng nứt 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. BT thường còn có nhiều lỗ rỗng, rỗ và sứt mẻ góc cạnh do quá trình đầm rung khi chế tạo, va chạm khi thi công và khai thác sử dụng CT.

b. *Thép, kim loại và hợp kim*. Một loại hư hỏng thường dễ xuất hiện trên bề mặt của KC 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 KC, cũng có khi hình thành thành những điểm gỉ nhỏ đục sâu vào bên trong KC.

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 VL. Để đánh giá được sự thay đổi đó, cần tiến hành kiểm tra chất lượng thực tế của VL trên CT qua thí nghiệm phá hoại mẫu VL lấy ra từ công trình. Ngoài ra chất lượng VL còn chịu ảnh hưởng rất lớn từ độ đồng nhất, kích thước, số lượng và tính chất của các khuyết tật có trong VL.

4. Phân tích các yếu tố thực tế có ảnh hưởng đến chất lượng của kết cấu

4.1 *Ảnh hưởng của môi trường xung quanh*

1. *Sự thay đổi nhiệt độ*

Ở nước ta, sự chênh lệch nhiệt độ không khí giữa 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, kết cấu tháp trụ... hoặc làm phát sinh ứng suất nhiệt có giá trị đáng kể trong CT có bề mặt tiếp xúc rộng với môi trường (mái nhà, mặt đường, sân bay...) hoặc trong các công trình có KC chịu lực là siêu tĩnh. Những ứng suất phát sinh do ảnh hưởng nhiệt độ của môi trường trong nhiều CT thực tế đã gây ra sự rạn nứt, cong vênh, hoặc có độ võng lớn khi KC làm việc.

2. *Các tác nhân xâm thực của môi trường*

+ Các CT tồn tại dọc bờ biển, trong vùng thềm lục địa và trên biển, là những CT chịu ảnh hưởng trực tiếp của môi trường muối mặn nên hiện tượng han gỉ xảy ra trong VL rất nhanh, đặc biệt trong các vùng KC tiếp xúc với mực nước thay đổi và trong loại KC chịu ứng lực trước. Đối với các công trình BTCT, lớp vật liệu bê tông bên ngoài bị biến chất do ảnh hưởng mặn, 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.

+ Các 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.

4.2 Các yếu tố diễn biến trong VL

Trong quá trình tồn tại và làm việc của mỗi loại VLXD 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 KCCT.

1. Thép và kim loại

a. *Tính già của thép* 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 của cấu tạo của thép sinh ra và làm cho thép sử dụng ngày càng bị dòn. 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 dòn 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 dòn .

b. *Tính mỏi của thép* 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 (ứng suất phá hoại mỏi) nhỏ hơn cường độ giới hạn (ứng suất phá hoại khi chịu lực tĩnh). Kết cấu bị phá hoại vì hiện tượng mỏi thường không có biến hình lớn, phá hoại có tính chất dòn.

2. Bê tông và bê tông cốt thép

a. *Sự thay đổi cường độ theo thời gian.* Thí nghiệm chứng tỏ rằng, cường độ của BT 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 BT trên công trình.

b. *Co ngót trong bê tông cốt thép.* Qua nghiên cứu thực nghiệm, với những mẫu thử BT và BTCT được giữ trong nước và trong không khí ở nhiệt độ trong phòng từ 15 - 25⁰C cho thấy : Độ co ngót trong BTCT nhỏ hơn trong BT khoảng hai lần. Do sự dính kết giữa BT và CT,co ngót củ BT bị hạn chế, nên sẽ xuất hiện những ứng suất ban đầu và được cân bằng trong kết cấu, đó là các ứng suất kéo trong bê tông và ứng suất nén trong cốt thép.

c. *Từ biến trong BTCT.* Đó là một tính chất đặc trưng bởi sự phát triển của biên dạng dẻo dưới tác dụng của tải trọng lâu dài. Trong kết cấu BTCT, khi có tác dụng của tải trọng dài hạn, biên dạng từ biến sẽ bị hạn chế và dẫn

đến hiện tượng phân bố lại nội lực trong tiết diện giữa BT và CT. 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. 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 :

- KCCT 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 CT
- 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 KCCT, 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 của 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.

6. Đánh giá trạng thái công trình qua số liệu khảo sát

Khảo sát kiểm định KCCT 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 CT 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 CT hoặc KC 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 chỉ tiêu yêu cầu của thiết kế, của tiêu chuẩn quy phạm 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, sứt mẻ lớn, làm giảm yếu các tiết diện chịu lực; hoặc có các vết nứt rộng, các vết nứt đang phát triển, trong những vùng KC 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.

CHƯƠNG 5

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

CÔNG TRÌNH CHỊU TÁC DỤNG TĨNH

1. Nhiệm vụ của thí nghiệm tĩnh.

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 :

1. *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.
2. *Thí nghiệm thử tải đối với các CT đã và đang khai thác sử dụng:*
 - ❖ kiểm tra khả năng làm việc bình thường của đối tượng dưới tác dụng của tải trọng sử dụng sau khi công trình bị các sự cố nguy hiểm tác động như thiên tai, hỏa hoạn,...
 - ❖ để chứng minh khả năng chịu được tải trọng lớn hơn đối với những công trình sau khi được gia cố tăng cường và cải tạo.
3. *Thí nghiệm kiểm tra các cấu kiện và kết cấu 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.

4. *Các thí nghiệm nghiên cứu khoa học và nghiên cứu ứng dụng:*

- ❖ khi ứng dụng các giải pháp kết cấu mới và để chứng minh sự đúng đắn của các phương pháp tính toán mới;
- ❖ khi cần xác định và đánh giá các đặc trưng cơ-lý của những vật liệu xây dựng mới.
- ❖ khi KCCT làm việc với các điều kiện thiên nhiên khác nhau và chế độ tải trọng đặc biệt như nhiệt độ, áp suất cao, bão, động đất, sóng, nổ,...

2. Chọn đối tượng thí nghiệm.

Các đối tượng nghiên cứu phải là những cấu kiện, những kết cấu công trình mang đầy đủ tính tiêu biểu, đặc trưng và phù hợp với mục đích của công việc thử tải trọng và nghiên cứu thực nghiệm.

1. 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 các nhà máy cấu kiện BT đúc sẵn. Ở đây, cấu kiện được chọn để làm đối tượng thí nghiệm 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.

2. 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. Lưu ý khi chọn đối tượng :

- ❖ số lượng phần tử kết cấu cần đặt tải phải là tối thiểu.
- ❖ thí nghiệm cần phải bao quát tất cả những dạng cơ bản của các phân 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.

3. Đối tượng được 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.

4. Đối tượng thí nghiệm 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. Công tác chuẩn bị thí nghiệm.

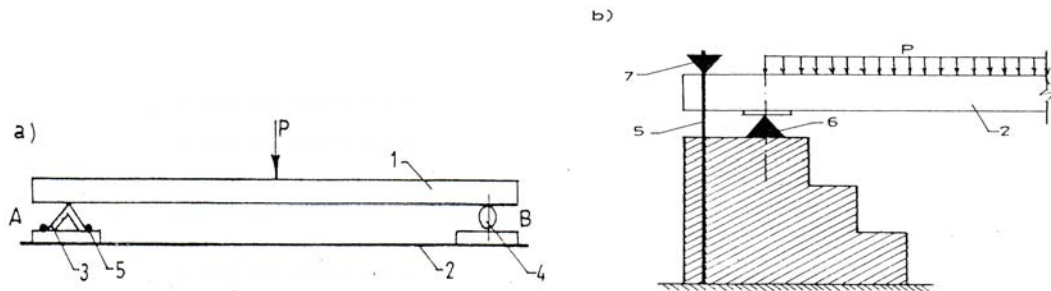
3.1. Quy hoạch mặt bằng thí nghiệm.

Để có thể thực hiện một thí nghiệm công trình đầy đủ và có kết quả, cần có sự chuẩn bị mặt bằng chu đáo, cho dù thí nghiệm đó được thực hiện ngay trên công trình thực hay trong các phòng thí nghiệm công trình : gồm diện tích dựng lắp kết cấu thí nghiệm, tải trọng, các thiết bị điều khiển, các máy móc và dụng cụ đo lường, chỗ để ghi chép và quan sát thí nghiệm,...

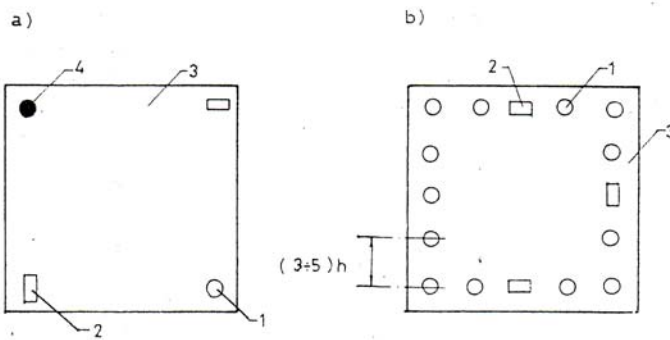
3.2. Nguyên tắc dựng lắp các đối tượng thí nghiệm.

- ❖ Kết cấu có mặt phẳng hay trục làm việc theo phương thẳng đứng cùng với phương chịu tải trọng như dàn vì kèo, khung, tường,... Khi dựng lắp nhất thiết phải đảm bảo thẳng đứng, nhằm mục đích để trong quá trình chịu tải trọng (trong đó có trọng lượng bản thân), kết cấu làm việc đúng phương chịu lực, không gây ra hiện tượng 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 đặt phải đảm bảo thật nằm ngang, không bị nghiêng, để tải trọng thí nghiệm kể cả trọng lượng bản thân luôn hướng theo phương thẳng góc với mặt phẳng làm việc, không gây ra các lực xô ngang tác dụng vào KC.

- ❖ Cấu tạo liên kết biên của kết cấu thí nghiệm phải thoả 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.(h.5.1; 5.2)



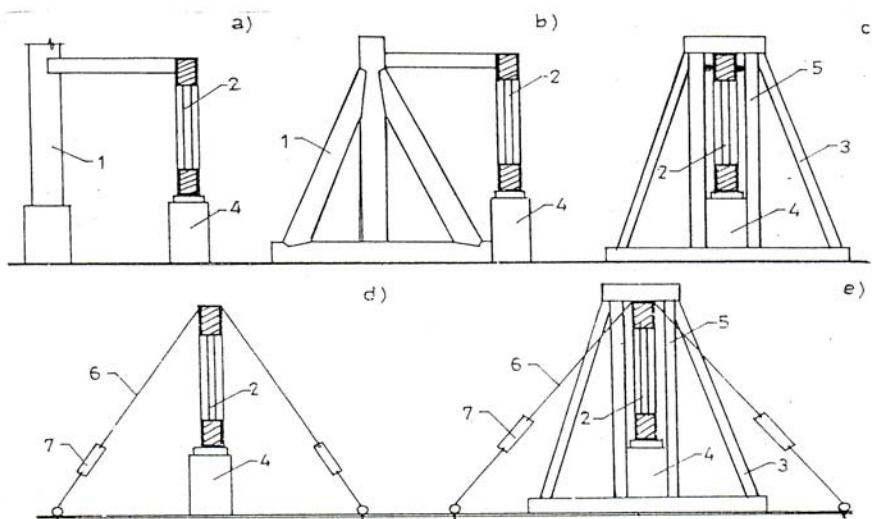
Hình 5.1. Cấu tạo liên kết : 1,2- kết cấu, 3-gối cố định, 4-gối di động, 5-dây neo, 6-gối tựa, 7- đầu neo



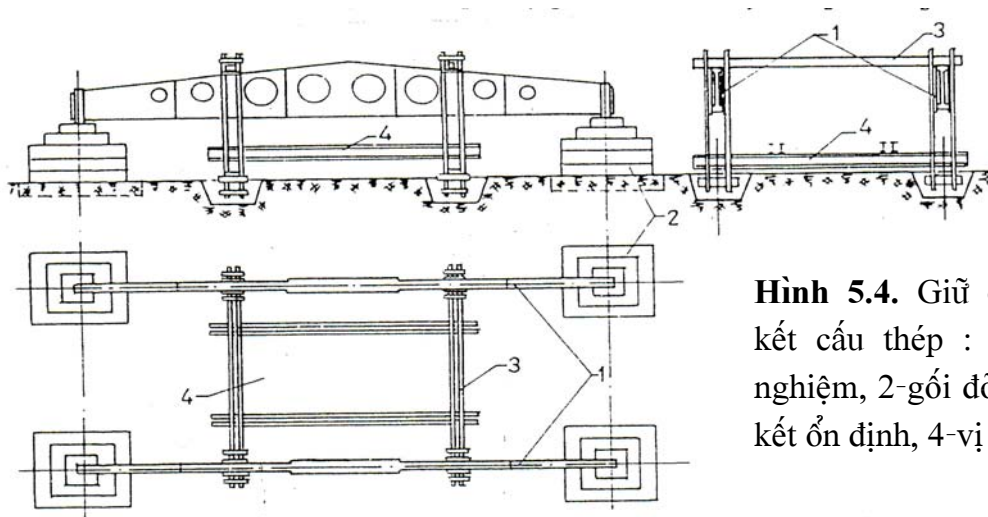
Hình 5.2. Cấu tạo liên kết thí nghiệm tấm : 1-bi cầu lăn, 2-trụ lăn, 3-kết cấu, 4-bi cầu cố định, (h- chiều dày tấm)

3.3. Các biện pháp giữ ổn định cho kết cấu thí nghiệm.

Khi tiến hành thí nghiệm các kết cấu phẳng, cần quan tâm đến sự ổn định của chúng trong quá trình dựng lắp cũng như khi tiến hành chất tải trọng. Thường các kết cấu này không làm việc riêng lẻ mà thường 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. (h.5.3 ; 5.4)



Hình 5.3. Các biện pháp ổn định kết cấu: 1-giá tựa, 2-kết cấu thí nghiệm, 3-thanh chống, 4-gối tựa, 5-giá giữ ổn định, 6-dây căng, 7-tăng đỡ



Hình 5.4. Giữ ổn định bằng kết cấu thép : 1-kết cấu thí nghiệm, 2-gối đỡ, 3-giằng liên kết ổn định, 4-vị trí đặt tải

4. Tải trọng thí nghiệm tĩnh.

4.1. Yêu cầu đối với tải trọng thí nghiệm.

Tải trọng thí nghiệm là ngoại lực tác dụng vào các đối tượng nghiên cứu, có thể là trọng lượng của vật nặng, áp lực của chất lỏng, sức căng của lò xo, hoặc sức kéo của động cơ,...

Tải trọng tĩnh dùng để thí nghiệm kết cấu công trình phải đáp ứng những yêu cầu sau:

- ❖ có thể cân, đong, đo, đếm và đảm bảo được độ chính xác cần thiết;
- ❖ có khả năng đáp ứng và xác định chính xác giá trị lực theo yêu cầu;
- ❖ truyền trực tiếp và đầy đủ giá trị của tải trọng lên kết cấu thí nghiệm;
- ❖ trị số tải trọng phải ổn định (không thay đổi giá trị theo thời gian) khi tác dụng lâu dài và không chịu ảnh hưởng của môi trường thí nghiệm.

Trong thực tế, để tạo được tải trọng thí nghiệm khi tiến hành nghiên cứu các kết cấu công trình có kích thước lớn có thể dùng sức nặng của các loại vật liệu xây dựng, đặc biệt đối với những trường hợp thí nghiệm các kết cấu thực ở hiện trường; hoặc có thể sử dụng các thiết bị cơ học để tạo lực tác dụng như kích thủy lực, tời kéo, lò xo, tăng-đơ,...

Tải trọng thí nghiệm tác dụng lên đối tượng khảo sát theo hai hình thức sau :

* Hình thức phân bố : với hình thức này, tải trọng thí nghiệm thường có cường độ không lớn nhưng được rải đều trên những vùng rộng hay toàn bộ bề mặt chịu lực của đối tượng.

* Hình thức tập trung : loại tải trọng này có cường độ lớn, tác dụng riêng lẻ lên một vị trí chật hẹp hoặc tại một điểm xác định trên đối tượng nghiên cứu.

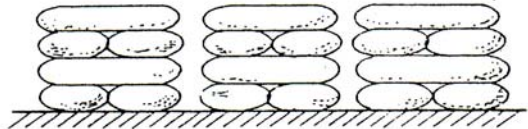
4.2. Tải trọng phân bố tĩnh.

4.2.1. Các biện pháp gây tải trọng.

a. Vật liệu rời :

Các vật liệu xây dựng rời như xi măng, cát, đá, sỏi,... cũng thường được dùng làm tải trọng khi thí nghiệm tĩnh các kết cấu công trình; đặc biệt là khi tiến hành thử tải trọng trên các kết cấu tại hiện trường. Các loại vật liệu này, khi làm tải thí nghiệm cần phải cân đong chính xác, đóng gói thành từng bao cho trọng lượng tối đa không nặng quá 50 kg. Những bao vật liệu khi chất tải phải xếp thành từng trụ riêng lẻ (cách 5 - 10 cm) trên bề mặt đối tượng thí nghiệm.

Hình 5.5. Chất tải bằng vật liệu rời



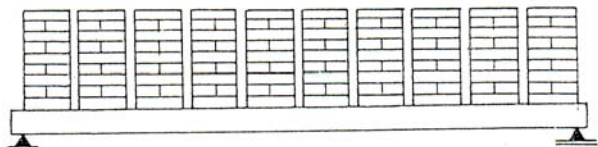
b. Viên khối vật liệu.

Các viên khối vật liệu dùng làm tải trọng thí nghiệm thường là các viên gạch nung, gạch bê tông, ... , chúng cần được sắp xếp thành từng trụ riêng lẻ (cách 3 - 5cm) trên bề mặt chịu tải của kết cấu.

Dùng các VLXD để làm tải trọng phân bố, có những hạn chế như :

- Tải trọng tác dụng lên đối tượng không cùng một thời điểm;
- Mất nhiều công sức và thời gian để cân đong, đóng gói vật liệu cũng như chất và dỡ tải khi tiến hành thí nghiệm;
- Hạn chế khả năng quan sát và đo đạc trạng thái ứng suất-biến dạng trên bề mặt đặt tải của kết cấu;
- Xuất hiện sự ma sát trên bề mặt tiếp xúc giữa kết cấu và tải trọng, làm ngăn cản một phần biến dạng của KC trên bề mặt tiếp xúc đó;
- Không đảm bảo an toàn trong trường hợp kết cấu thí nghiệm bị phá hoại.

Hình 5.6. Chất tải bằng vật liệu viên khối



c. Gia tải trọng bằng nước.

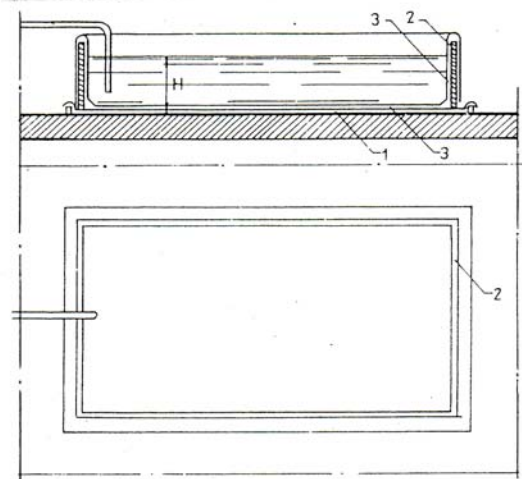
Tải trọng bằng nước là dạng tải trọng hoàn hảo nhất, khi cần đặt tải trọng phân bố đều có cường độ lớn lên kết cấu thí nghiệm.

Những ưu điểm của phương pháp gia tải trọng bằng nước :

- Có khả năng xác định chính xác giá trị của tải trọng phân bố bằng độ cao của cột nước; đảm bảo sự phân bố đều của tải trọng;

- Không thay đổi giá trị tải trọng khi thời gian giữ tải dài;
- Tăng và dỡ tải trọng nhẹ nhàng.

Hình 5.7. *Chất tải bằng nước*

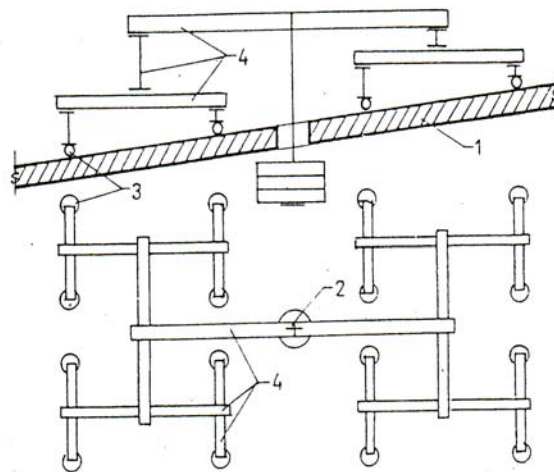


Tác dụng tải trọng bằng nước sẽ không đảm bảo sự phân bố đều và chính xác khi bề mặt chịu tải của kết cấu gồ ghề và không nằm ngang. Ngoài ra, nước còn là tải trọng thông thường để thí nghiệm các kết cấu chứa chất lỏng như : bể nước, đường ống,...

d. Tải trọng phân bố qua hệ dầm truyền tĩnh định :

Khi thí nghiệm khảo sát các kết cấu có mặt chịu tải lớn như các bản sàn, mái BTCT toàn khối, các kết cấu vỏ mỏng,... Với biện pháp chất dỡ tải trọng bằng VLXD hoàn toàn không thể đáp ứng được yêu cầu nghiên cứu; vì thế trong nghiên cứu thực nghiệm còn cho phép tạo các tải trọng phân bố bằng cách tập hợp một hệ thống lực tập trung có cường độ như nhau, với mật độ cao (thường từ 16 đến 25 điểm /m²), được sắp xếp theo quy luật trên bề mặt chịu tải của kết cấu. Biện pháp để tạo được lực phân bố này dựa trên cơ sở hệ thống phân lực bằng các dầm truyền tải tĩnh định.

Hình 5.8. Sơ đồ phân bố tải trọng bằng hệ dầm truyền lực tĩnh định: 1-kết cấu, 2-điểm chất tải, 3-điểm tác dụng tải trọng, 4-dòn phân lực



Tác dụng tải trọng theo phương pháp này khắc phục được những nhược điểm do quá trình gây tải đưa đến, đó là :

- Có thể quan sát được bề mặt của kết cấu chịu tác dụng trực tiếp của tải trọng;

- Không có hiện tượng ngăn cản biến dạng của lớp vật liệu bên ngoài của kết cấu do sự xuất hiện của lực ma sát trên bề mặt tiếp xúc giữa tải trọng và kết cấu;
- Tăng, dỡ tải trọng nhanh chóng và đồng đều trên toàn bộ các điểm tải.

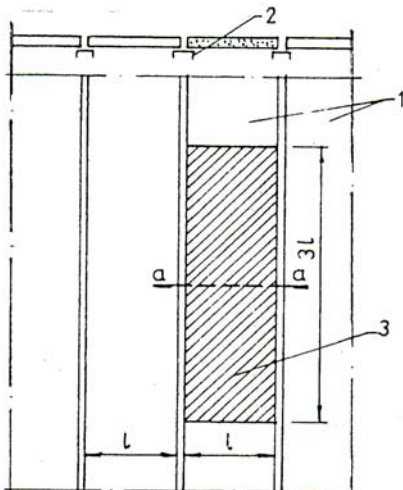
4.2.2. Nguyên tắc đặt tải trọng phân bố lên đối tượng.

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 đối tượng 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

a. Phân bố tải trọng trên bản thí nghiệm.

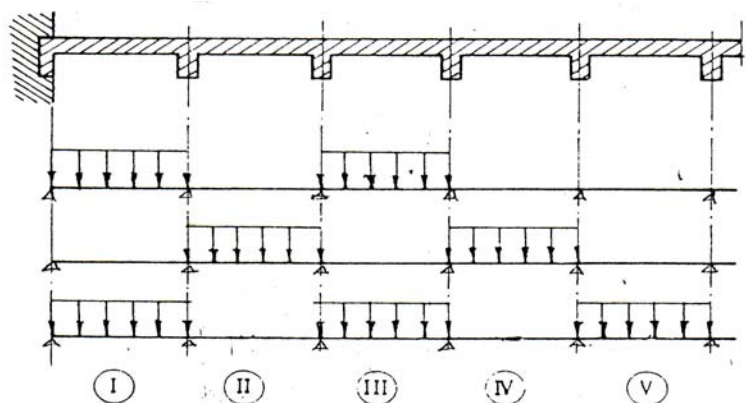
Khi thí nghiệm các bản chịu tải trọng phân bố thường gặp hai trường hợp

- 1) Bản đơn tựa tự do trên hai gối là các dầm
- 2) Bản liên tục nhiều nhịp.



Hình 5.9. Chất tải trọng lên bản đơn

1-bản thí nghiệm, 2-dầm đỡ bản, 3-vùng chất tải



Hình 5.10. Chất tải trọng lên bản liên tục nhiều nhịp

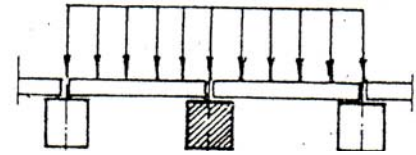
b. Phân bố tải trọng trên dầm thí nghiệm.

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 (đơn giản hay liên tục), các đặc điểm của kết cấu có liên

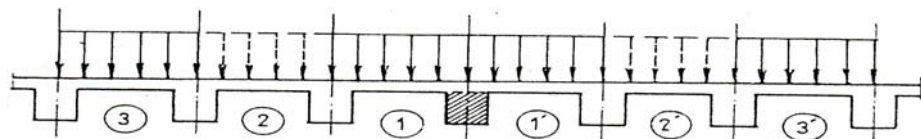
quan đến việc truyền tải trọng cũng như các kết cấu lân cận có chi phối sự chịu lực của hệ dầm.

1) Đặt tải trọng trên dầm đơn giản :

❖ Dầm thí nghiệm là dầm đơn giản và những kết cấu có liên quan trực tiếp cũng tựa đơn giản lên dầm : tải trọng thí nghiệm phải được phân bố đều phủ trên toàn bộ những kết cấu tựa lên dầm khảo sát (h. 5.11).



Hình 5.11. Chất tải trọng lên dầm khi bản đơn



Hình 5.12. Chất tải trọng lên dầm khi bản liên tục

❖ Dầm thí nghiệm là

dầm đơn giản, nhưng những kết cấu có liên quan là các bản *liên tục*: 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 III 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 những 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.

2) Đặt tải trọng trên các dầm liên tục.

Sơ đồ tác dụng tải trọng khi thí nghiệm khảo sát dầm liên tục nhiều nhịp phụ thuộc tình trạng làm việc của các gối dầm. Trong thực tế cần phân biệt hai trường hợp gối dầm :

❖ Dầm liên tục nhiều nhịp có các gối trung gian là những dầm đỡ (hay dầm chính) nằm theo phương thẳng góc với trục dầm 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 phải tác dụng cùng một lúc trên cả hai phương của dầm khảo sát gồm phương nhịp dầm và phương nhịp bản (h.5.13)

❖ Dầm liên tục nhiều nhịp có các gối 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 (h.5.14)

4.3. Tải trọng tập trung.

Tải trọng thí nghiệm tác dụng theo hình thức tập trung thường được đặt vào các mắt, nút liên kết hoặc vào những phần tử của kết cấu. Loại tải trọng này được dùng nhiều trong khi nghiên cứu kết cấu hệ thanh như dầm, cột, dàn vì kèo,...

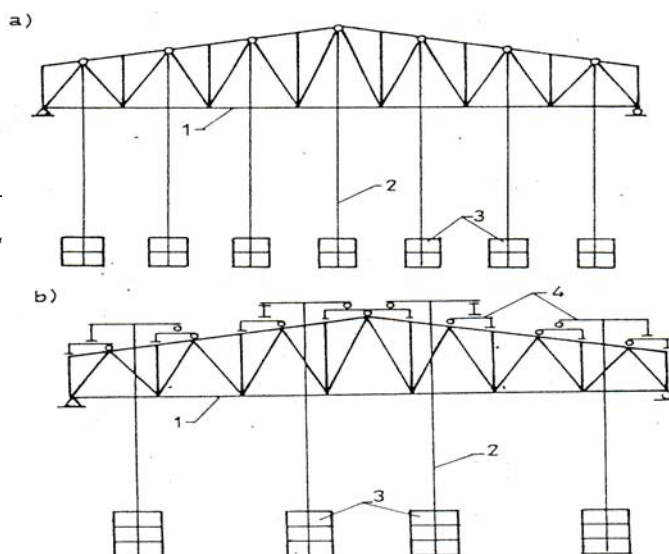
4.3.1. Gây tải trọng bằng biện pháp treo vật nặng.

Dùng trọng lượng vật liệu để làm tải trọng tập trung lên kết cấu được thực hiện theo hai nguyên tắc sau :

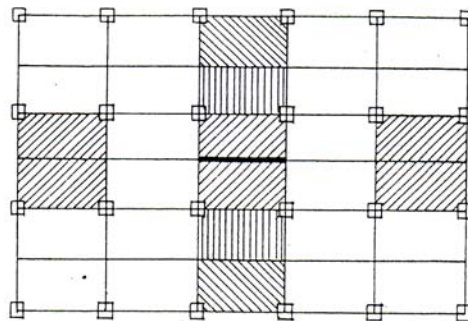
- Treo trực tiếp vật nặng lên kết cấu để làm tải trọng tập trung là phương pháp đơn giản nhất nhưng lại rất cồng kềnh. Ưu điểm của biện pháp này so với các biện pháp khác là trị số của tải trọng không thay đổi khi kết cấu khảo sát bị biến dạng.
- Đặt tải qua hệ thống đòn bẩy khuếch đại. Khi thí nghiệm các kết cấu riêng lẻ cần có giá trị tải trọng tác dụng lớn, thường dùng các hình thức gây tải trọng tập trung qua các đòn bẩy khuếch đại.

Hình 5.15. *Chất tải trọng bằng cách treo vật nặng*

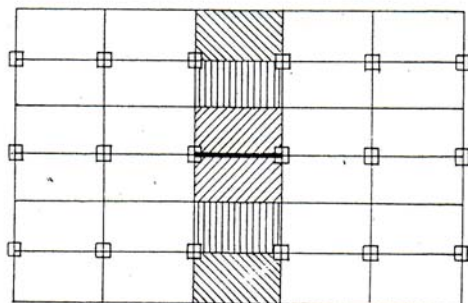
- a- *treo tải trực tiếp*
treo qua hệ dầm phân lực



nh 5.13. *Biện pháp chất tải lên dầm khi gối dầm bị lún (tựa lên dầm chính)*

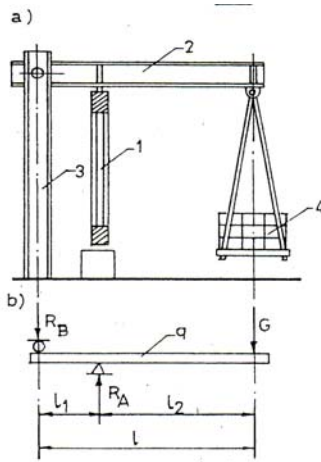


nh 5.14. *Biện pháp chất tải lên dầm khi gối dầm không bị lún (tựa lên cột)*



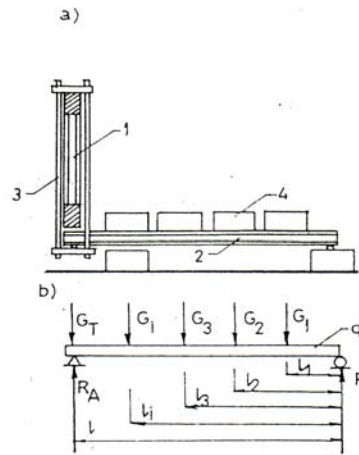
Hình 5.16. Hệ thống đòn bẩy khuếch đại

1-kết cấu thí nghiệm, 2-đòn bẩy, 3-trụ neo hay quang treo, 4-vật nặng



Hình 5.17. Hệ thống đòn bẩy khuếch đại

1-kết cấu thí nghiệm, 2-đòn bẩy, 3-trụ neo hay quang treo, 4-vật nặng



4.3.2. Gây tải trọng bằng các thiết bị căng kéo.

Tạo tải trọng lên kết cấu thí nghiệm bằng thiết bị căng kéo được áp dụng trong những trường hợp :

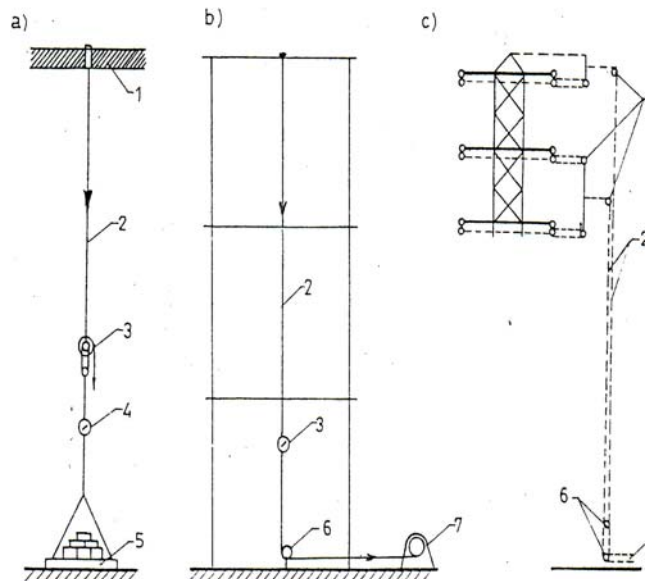
- ❖ Thí nghiệm tiến hành trong địa bàn chật hẹp;
- ❖ Không có điều kiện triển khai biện pháp treo tải bằng vật nặng;
- ❖ Đòi hỏi phải điều chỉnh nhẹ nhàng giá trị tải trọng tác dụng;
- ❖ Phương tác dụng của tải trọng lên công trình bất kỳ.

Gây tải trọng bằng hệ thiết bị căng kéo thường không đảm bảo được giá trị tải trọng không đổi theo thời gian, đặc biệt trong những trường hợp cần giữ tải khi kết cấu làm việc ở giai đoạn phát triển biến dạng dẻo. Ngoài ra, giá trị tải trọng còn thay đổi do ảnh hưởng biến động của nhiệt độ môi trường đến hệ thiết bị gây tải như chiều dài của dây cáp.

4.3.3. Gây tải trọng bằng kích thủy lực.

Gia tải bằng kích thủy lực là một biện pháp thuận tiện nhất khi làm thí nghiệm kết cấu công trình chịu tải trọng tĩnh, vì có những ưu điểm sau :

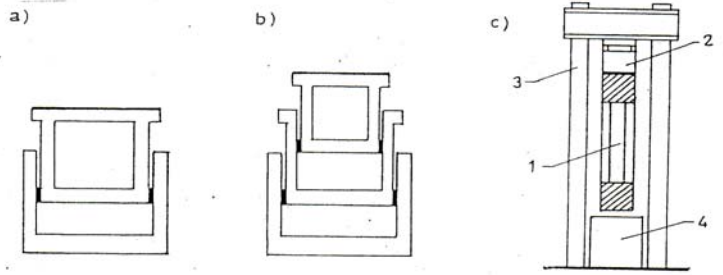
- + Chiếm ít diện tích hơn các biện pháp khác;
- + Thiết lập và điều chỉnh tải trọng dễ dàng;
- + Có khả năng đặt tải theo hướng bất kỳ.



Hình 5.18. Gia tải bằng thiết bị kéo căng

Hình 5.19. Gia tải bằng kích thủy lực

a- kích đơn, b- kích lồng, c- sơ đồ gia tải: 1-kết cấu, 2-kích, 3-khung tựa, 4-gối tựa



4.4. Giá trị của tải trọng 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 (nứt, trượt), 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 khả năng 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 bằng 1,05 giá trị tải trọng tiêu chuẩn đối với cấu kiện loại II.

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

4.5.1. Chất tải trọng. Tải trọng chất lên các đối tượng thí nghiệm cần được phân chia thành từng cấp. Số lượng cấp tải và giá trị mỗi cấp thường được xác định trên cơ sở những điều cần cân nhắc sau : *khi giá trị các cấp tải càng nhỏ càng có nhiều số đọc trên các dụng cụ đo.* Điều đó cho khả năng xây dựng chính xác các đồ thị biểu diễn quan hệ giữa tải trọng tác dụng và tham số khảo sát, đặc biệt khi tồn tại trong đối tượng các yếu tố phi tuyến; nhưng khi số lượng cấp tải càng nhiều thì quá trình thí nghiệm sẽ bị kéo dài và gặp nhiều khó khăn. Vì thế, việc phân chia hợp lý các cấp tải trọng nên tiến hành cho từng đối tượng cụ thể; tuy nhiên, theo kinh nghiệm, giá trị mỗi cấp tải thường bằng khoảng (1/5 - 1/10) trị

số tải trọng tính toán. Giá trị cấp tải trọng đầu tiên nên chỉ bằng 5 - 10% giá trị tải trọng cực đại mong muốn.

4.5.2. 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. Thường, để rút ngắn thời gian, số lượng cấp giảm tải có thể ít hơn.

4.5.3. 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:

- Đối với kết cấu kim loại giữ từ 15 đến 30 phút;
- Đối với kết cấu bê tông cốt thép giữ 6 đến 12 giờ.

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.

5. Phương pháp đo lường các tham số khảo sát.

Khi nghiên cứu bằng thực nghiệm các kết cấu chịu tải trọng tĩnh, cần tiến hành xác định tất cả các biến số khảo sát trong hệ kết cấu. Các biến số ở đây là những chỉ tiêu cơ bản đặc trưng cho sự làm việc của đối tượng dưới tác dụng của tải trọng. Đó chính là chuyển vị và biến dạng, là ứng suất và nội lực trong các phần tử của kết cấu; đó còn là giá trị của những yếu tố phụ khác có ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm.

Trước khi thí nghiệm phải thiết kế sơ đồ bố trí dụng cụ đo trên đối tượng khảo sát; trong đó, tại mỗi vị trí đo cần chỉ rõ chủng loại và tính năng yêu cầu của dụng cụ đo sử dụng. Khi thiết kế sơ đồ đo nên chú ý các điểm sau :

- ❖ để đảm bảo độ chính xác của số đo khi đo những tham số quan trọng quyết định khả năng làm việc của đối tượng, nên tiến hành đo một giá trị trên hai dụng cụ đo có nguyên lý làm việc khác nhau,
- ❖ khi dùng các thiết bị đo hàng loạt, cần phải bố trí thêm một vài điểm đo tại những vùng kết cấu không tham gia chịu lực, nhằm để kiểm tra ảnh hưởng của môi trường xung quanh đến kết quả của số đo và từ đó có thể xác định các hệ số hiệu chỉnh cho phép đo;
- ❖ Với những trường hợp đối tượng làm việc trong điều kiện đơn giản và bình thường, thì không cần thiết phải tăng số lượng điểm đo, vì càng nhiều điểm đo thì thí nghiệm

càng kéo dài và xử lý số liệu càng phức tạp; đặc biệt đối với những thiết bị cần có thời gian dài để đọc số đo;

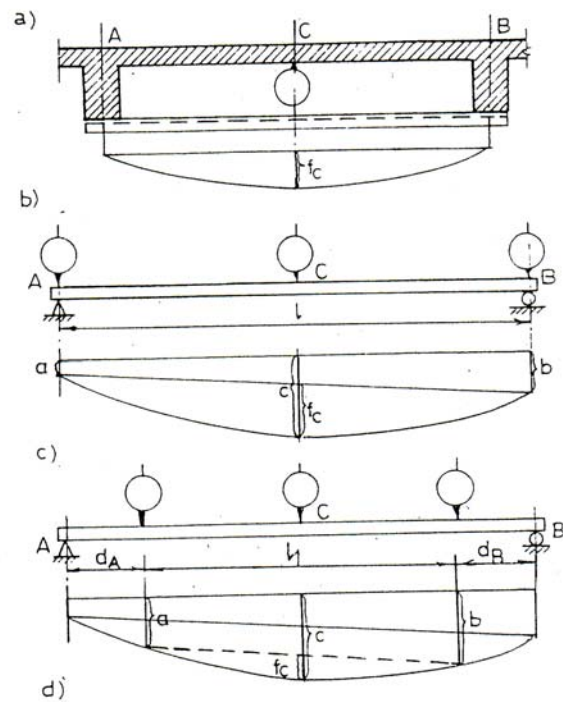
- ❖ dụng cụ đo được bố trí tại những điểm đặt trưng nhất trong kết cấu công trình như điểm có giá trị đo lớn nhất và trong những vùng có trạng thái làm việc phức tạp như những vùng kết cấu chịu ảnh hưởng của hiệu ứng biên, vùng có ứng suất cục bộ,...

5.1. Bố trí, dụng cụ đo để 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 .

Hình 5.20. Các sơ bố trí dụng cụ đo độ võng

- a- xác định độ võng với 1 đồng hồ đo
- b- xác định độ võng với đồng hồ đo gối lún
- c- xác định độ võng với 3 đồng hồ đo



Trên hình 5.20a trình bày sơ đồ đo độ võng của kết cấu bản sàn có nhịp làm việc nhỏ (dưới 2m) tựa trên hai dầm là các gối bị lún. Ở đây, nhờ có dầm đỡ phụ treo trên hai gối lún, nên chỉ cần dùng một đồng hồ đo dịch chuyển là có thể xác định được độ võng của bản sàn.

Trên hình 5.20 b, c giới thiệu sơ đồ bố trí tổng quát các dụng cụ đo để xác định độ võng của kết cấu chịu uốn khi có ảnh hưởng của lún gối. Trên các sơ đồ này, đã dùng ba đồng hồ đo; trong đó, tại vị trí chính giữa dầm, nơi có trị số chuyển vị lớn nhất đặt một đồng hồ đo chuyển vị lớn và hai đồng hồ còn lại đặt trực tiếp trên hai gối dầm để đo các trị số lún của gối. Nếu trường hợp các gối dầm bị vướng thì có thể đặt dịch đồng hồ vào hai vị trí khác về phía trong nhịp dầm.

Trường hợp cần khảo sát hình dạng đường đàn hồi của các kết cấu chịu tải trọng cũng như khi cần xác định độ võng của các kết cấu nhịp lớn như : dầm cầu, vòm, mái vòm,... thì số lượng đồng hồ đo phải nhiều hơn 5, phân bố trên nhịp khảo sát .

5.2. Bố trí các tenzomet khi đo biến dạng.

5.2.1. Chọn dụng cụ đo và chiều dài chuẩn đo của tenzomet.

Trong nghiên cứu thực nghiệm, để đo biến dạng của vật liệu khi đối tượng thí nghiệm chịu tải trọng ngoài, thường dùng phổ biến là các tenzomet cơ học kiểu đòn bẩy và tenzomet cảm biến điện trở.

Dùng tenzomet cơ học khi tiến hành đo biến dạng tại từng điểm riêng lẻ trên kết cấu làm việc theo một phương, có cấu tạo vật liệu tương đối đồng nhất và chịu tác dụng của tải trọng tĩnh.

Các tenzomet cảm biến điện trở được dùng rộng rãi hơn, đặc biệt đối với những trường hợp phải tiến hành đo với số lượng điểm đo lớn mà tại mỗi một điểm đo cần xác định biến dạng theo nhiều phương; đo trên các loại vật liệu khác nhau, môi trường thay đổi và chịu tác dụng của tải trọng phức tạp : tĩnh, động, xung kích, nổ, va chạm,...

Khi dùng các tenzomet để đo biến dạng cần quan tâm đến việc chọn chiều dài chuẩn đo bởi vì chiều dài chuẩn đo có ảnh hưởng trực tiếp và đáng kể đến độ tin cậy của số liệu đo, căn cứ trên hai yêu tố :

a. Cấu tạo vật liệu cần đo biến dạng.

- ❖ đối với loại vật liệu có cấu tạo tinh thể, độ đồng nhất cao như kim loại, hợp kim, thép, thủy tinh,... có thể chọn các chiều dài chuẩn đo bé từ 0,25 đến 10 mm;
- ❖ đối với những vật liệu hỗn hợp, có thớ riêng lẻ, độ đồng nhất thấp như bê tông, gạch đá, vữa, gỗ, tre,... cần chọn chuẩn đo của tenzomet lớn hơn, thường trong khoảng từ 20 đến 200 mm.

b. Trạng thái ứng suất tại vùng đo.

Trong những vùng kết cấu làm việc bình thường, sự biến thiên của ứng suất từ điểm này qua điểm khác không lớn, có thể chọn các tenzomet có chuẩn đo trung bình từ 10 đến 100 mm; nhưng tại những vùng có gradien ứng suất cao như vùng có ứng suất tập trung hay vùng có vết nứt, đòi hỏi phải dùng chuẩn đo bé đến rất bé (0,25 - 3mm).

5.2.2. Nguyên tắc phân bố điểm đo biến dạng trên kết cấu thí nghiệm.

Vị trí các điểm đo biến dạng trên công trình được xác định theo nhiệm vụ nghiên cứu, theo hình dạng hình học, trạng thái bề mặt và đặc trưng phân bố ứng suất - biến dạng của đối tượng, nhằm để nhận được đầy đủ số lượng thông tin về sự biến động của trạng thái ứng suất - biến dạng và trạng thái làm việc của đối tượng dưới tác dụng của các ngoại lực.

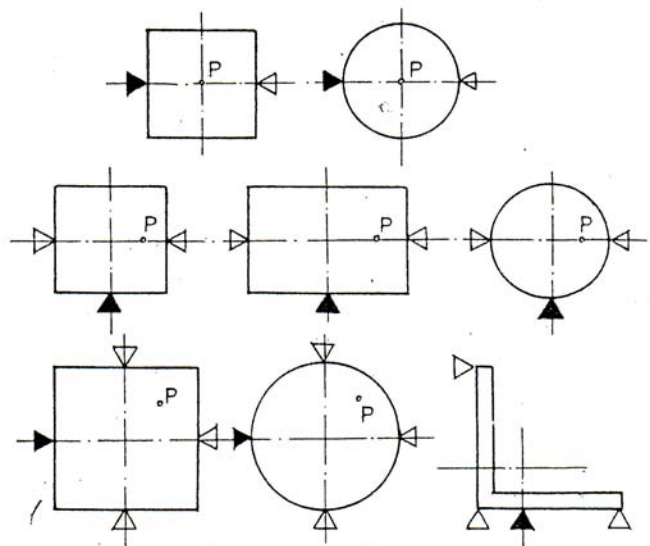
a. Đo biến dạng trong trường hợp KC chịu trạng thái ứ một trục.

Khi xác định biến dạng dọc trong các khung, thanh dầm,... dụng cụ đo bố trí tại những điểm có biến dạng lớn trên tiết diện quan sát (h. 5.21).

- ❖ Khi lực dọc tác dụng đúng tâm của kết cấu thì biến dạng sẽ được phân bố đều trên toàn bộ tiết diện của kết cấu, chỉ cần 1 tenzomet là có thể xác định được giá trị và quy luật phân bố biến dạng trên tiết diện khảo sát. Tuy nhiên trong thực nghiệm, thường dùng 2 tenzomet đặt tại hai vị trí đối nhau và nằm trên một trục đối xứng của tiết diện nhằm mục đích đề phòng những sai lệch ngẫu nhiên trên một tenzomet, đồng thời có thể kiểm tra độ đúng tâm của lực tác dụng.
- ❖ Khi có tác dụng đồng thời cả lực dọc và mômen uốn hay lực dọc đặt lệch tâm, thì biến dạng sẽ phân bố không đều nhau trên tiết diện khảo sát. Trong trường hợp này:
 - ◆ nếu biết mômen hoặc lực đặt lệch tâm nằm trong mặt phẳng đối xứng nào đó của tiết diện khảo sát thì phải bố trí không ít hơn hai tenzomet trên giao tuyến của tiết diện với mặt phẳng chứa mômen uốn, và nên đặt thêm một tenzomet thứ ba tại một vị trí bất kỳ trên chu vi của tiết diện để kiểm tra độ chính xác của phép đo.
 - ◆ nếu mômen uốn hoặc lực lệch tâm tác dụng bất kỳ, bắt buộc trên tiết diện khảo sát phải có 3 tenzomet thì mới có thể xác định được 3 ẩn số của nội lực là N , M_x và M_y . Thực tế, thường đặt thêm tenzomet số 4 để kiểm tra.

Hình 5.21. Bố trí dụng cụ đo biến dạng trên kết cấu chịu lực dọc trục

- △ - tenzomet đo
- ▲ - tenzomet kiểm tra



b. Đo biến dạng trên những kết cấu chịu trạng thái ứng suất phẳng.

Đo biến dạng trong điều kiện chịu trạng thái ứng suất phẳng thường xảy ra khi nghiên cứu các kết cấu mỏng như bể chứa, thành ống, bản vỏ,... ở đây, hợp lý nhất là dùng loại tenzo cảm biến điện trở.

Để xác định trạng thái ứng suất của một đối tượng nghiên cứu, tại mỗi điểm khảo sát cần bố trí một số tenzomet theo các phương khác nhau thuận tiện cho việc lắp đặt (dán phần

tử cảm biến và hàn nối dây dẫn). Số lượng các phần tử cảm biến tại một điểm đo tùy theo mục đích nghiên cứu.

Chúng ta sẽ khảo sát hai trường hợp :

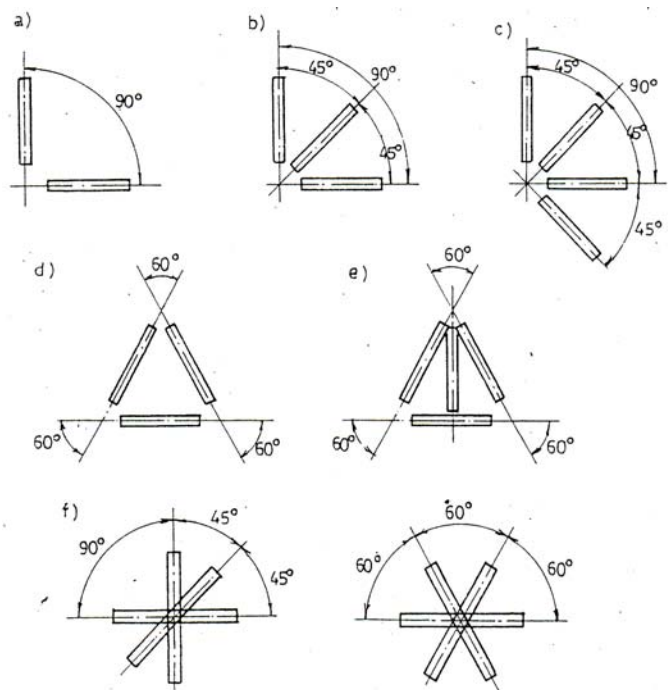
1) Trường hợp I. Phương của ứng suất chính tại điểm khảo sát đã biết.

Bài toán có hai ẩn số cần phải tìm, đó là hai giá trị biến dạng chính ϵ_{\max} và ϵ_{\min} . Để xác định được hai giá trị biến dạng này tại một điểm khảo sát, cần có ít nhất hai phần tử cảm biến nằm trên hai phương ứng suất chính đã biết, thẳng góc với nhau (hình 5.22a).

2) Trường hợp II. Phương của các ứng suất chính hoàn toàn chưa biết.

Bài toán cần phải xác định ba ẩn số, đó là các đại lượng và phương của ϵ_{\max} và ϵ_{\min} . Trong trường hợp này, tại một điểm đo nhất thiết phải có ít nhất là ba phần tử cảm biến, được bố trí theo kiểu "Bộ ba trực giao". Ngoài ra, khi cần kiểm tra phép đo có thể dùng một phần tử cảm biến thứ tư nữa để tạo thành hai cặp tenzomet trực giao tại điểm đo này (hình 5.22c). Kết quả của phép đo sẽ không bị ảnh hưởng khi bố trí các phần tử cảm biến điện trở dưới dạng "Bộ ba đenta" hay "Bộ T-đenta" như trên hình 5.22d, e.

Hình 5.22. Bố trí dụng cụ đo biến dạng trên kết cấu chịu lực với trạng thái ứng suất phẳng



c. Đo biến dạng ở trạng thái ứng suất khối (ba trục).

Trạng thái ứng suất này thường xuất hiện trong các công trình khối lớn như trụ cầu, đê đập, các công trình thủy nông,... đối với những trường hợp này, ưu việt nhất là dùng loại tenzomet kiểu dây rung đặt trước trong công trình khi thi công.

6. Tiến hành thí nghiệm tĩnh.

6.1. Những điều cần 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 kiểm tra sau:

- ❖ các dụng cụ đo phải được lắp đúng, ổn định, chắc chắn và làm việc bình thường trên các điểm đo;
- ❖ các thiết bị đo phải được bảo vệ, che chắn để không bị ảnh hưởng của môi trường xung quanh và các tác động ngẫu nhiên như va chạm, chấn động, hư hỏng cục bộ trong quá trình tiến hành thí nghiệm, đặc biệt là các thí nghiệm phải thực hiện đến tải trọng phá hoại;
- ❖ sự ảnh hưởng dao động nhiệt của môi trường qua thời gian đến số đo trên các dụng cụ đo bằng cách khảo sát số đo giữ trên dụng cụ đo qua một ngày đêm khi kết cấu chưa chịu tải;
- ❖ khả năng dễ dàng đọc số đo trên tất cả các dụng cụ đo và sự thuận tiện để khảo sát trên mọi phần tử của đối tượng thí nghiệm;
- ❖ ghi ký hiệu và số thứ tự các dụng cụ đo theo từng chủng loại;
- ❖ bề mặt của đối tượng tại vùng dễ xuất hiện vết nứt cần phải làm trắng (sơn, vôi,...);
- ❖ các biện pháp an toàn đối với toàn bộ hệ thống thí nghiệm và người thực hiện.

6.2. 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.

6.3. Ghi chép số đọc trên thiết bị đo.

Sau khi hoàn thành chất và dỡ cấp tải thử, thí nghiệm chính thức được bắt đầu bằng việc đọc và ghi số liệu đầu tiên trên tất cả các thiết bị đo (ứng với tải trọng tác dụng lên kết cấu bằng không). Trong khảo sát thực nghiệm, yêu cầu có tính nguyên tắc là các số đọc trên tất cả các thiết bị đo được sử dụng trên đối tượng phải được ghi lại trong cùng một thời điểm. Điều này có thể đáp ứng được khi sử dụng toàn bộ thiết bị đo ghi tự động.

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 về 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.

6.4. Quan sát trạng thái của đối tượng khi chịu tải.

Trước khi bắt đầu thí nghiệm, phải đánh dấu tất cả những khuyết tật, nứt nẻ, hư hỏng trên mặt ngoài của kết cấu. Sau mỗi cấp tải trọng tác dụng, cần khảo sát lại tất cả những

khuyết tật đã được đánh dấu để có nhận xét về khả năng phát triển của chúng và phát hiện thêm những hư hỏng mới.

Trong quá trình chất tải trọng và kết thúc thí nghiệm cần phải ghi lại bằng hình ảnh (chụp ảnh hoặc quay phim), đặc biệt là 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 độ tin cậy đối với kết quả thí nghiệm.

6.5. Kỹ thuật an toàn khi thí nghiệm tải trọng tĩnh.

Để đảm bảo sự an toàn khi chất và giữ tải trọng trên kết cấu cần phải có những biện pháp phòng ngừa sự cố; nhất là trong các trường hợp khi kết cấu thí nghiệm bị phá hoại hay mất ổn định. Với mục đích này, dưới đối tượng thí nghiệm thường đặt thêm các dàn hay các trụ để đỡ khi có sự cố với điều kiện là các phương tiện này không được tiếp xúc và không làm ảnh hưởng đến các chuyển vị tự do của kết cấu thí nghiệm khi chịu tải.

7. Phương pháp xử lý và đánh giá kết quả thí nghiệm tĩnh.

7.1. Tính toán và xử lý các số đo bằng phương pháp đồ thị.

Trong quá trình thí nghiệm, với mỗi dụng cụ đo dùng để đo đại lượng của một tham số khảo sát sẽ cho một dãy số đọc tương ứng với mỗi cấp tải trọng tác dụng vào đối tượng thí nghiệm.

Giá trị của tham số ΔC_i nhận được từ một dụng cụ đo ứng với cấp tải trọng thứ i là hiệu số của số đọc ở cấp tải đó và số đọc ban đầu khi đối tượng chịu tải trên dụng cụ đo đó :

$$\Delta C_i = C_i - C_0$$

Trong đó : C_i - số đọc trên dụng cụ đo ở cấp tải thứ i

C_0 - số đọc ban đầu trên dụng cụ đo khi chưa có tải

Khi giá trị của tải trọng ngoài tác dụng vào đối tượng thí nghiệm biến thiên liên tục và số đọc trên thiết bị đo không phụ thuộc yếu tố thời gian, về nguyên tắc, đường biểu diễn quan hệ giữa tải trọng và tham số khảo sát phải là một đường cong trơn liên tục theo một quy luật biến thiên. Vì thế, nếu xuất hiện những giá trị đo sai khác quá nhiều so với quan hệ giữa tham số đo và tải trọng, thì cần phải xử lý hiệu chỉnh đưa chúng về theo quy luật biến thiên đã xác định. Đường cong có quy luật này sẽ được dùng làm số liệu cơ bản để tính toán các bước tiếp theo.

7.2. Xác định độ võng của kết cấu chịu uốn qua số đo các chuyển vị.

Trong trường hợp tổng quát, để xác định độ võng của một đối tượng chịu uốn do tải trọng phân bố đều, các thiết bị đo thường được bố trí theo sơ đồ hình 5.20.

Khi các dụng cụ đo được đặt trực tiếp trên hai gối tựa A và B để đo độ lún gối Y_A và Y_B cùng với một đồng hồ đặt ở điểm C nằm chính giữa nhịp uốn để đo chuyển vị Y_C (hình 5.20b), thì độ võng f có thể dễ dàng xác định theo biểu thức : $f = y_C - \frac{y_A + y_B}{2}$

Trong đó y_A, y_B - độ lún của tiết diện ở gối tựa;
 y_C - chuyển vị của tiết diện giữa.

Trường hợp không có điều kiện đặt được các dụng cụ đo trực tiếp trên hai gối tựa, mà phải đặt cách gối tựa với khoảng d_A và d_B (hình 5.20c) thì độ võng cực đại ở điểm C chính giữa nhịp kết cấu được xác định bằng :

$$f_{pb} = k_{pb} f' \quad - \quad k_{pb} - \text{hệ số chuyển đổi}$$

Trong đó : f' - độ võng của dầm có nhịp l', được xác định bởi ba số đo trên ba thiết bị đo đặt trên kết cấu là $Y_{A'}$, $Y_{B'}$, và Y_C . . Ta có :

$$f' = y_C - \frac{y_{A'} + y_{B'}}{2}$$

Giá trị của hệ số chuyển đổi độ võng k

d/l	Tải trọng	
	phân bố đều	tập trung ở chính giữa nhịp
0.10	1.457	1.420
0.09	1.396	1.364
0.08	1.338	1.312
0.07	1.285	1.264
0.06	1.236	1.218
0.05	1.189	1.176
0.04	1.146	1.136
0.03	1.106	1.099
0.02	1.068	1.064
0.01	1.033	1.031

7.3. Xác định trạng thái ứng suất - biến dạng qua số đo biến dạng ϵ .

7.3.1. Sự phân bố ứng suất trong kết cấu làm việc theo một trục.

Giá trị ứng suất trong trường hợp này có thể xác định từ các số đo biến dạng tương đối của các tenzomet đặt trên tiết diện khảo sát :

$$\sigma = \epsilon.E$$

Nếu trong kết cấu thí nghiệm chỉ chịu lực dọc đúng trục thì nội lực trong tiết diện khảo sát được xác định theo kết quả đo biến dạng tương đối sẽ là :

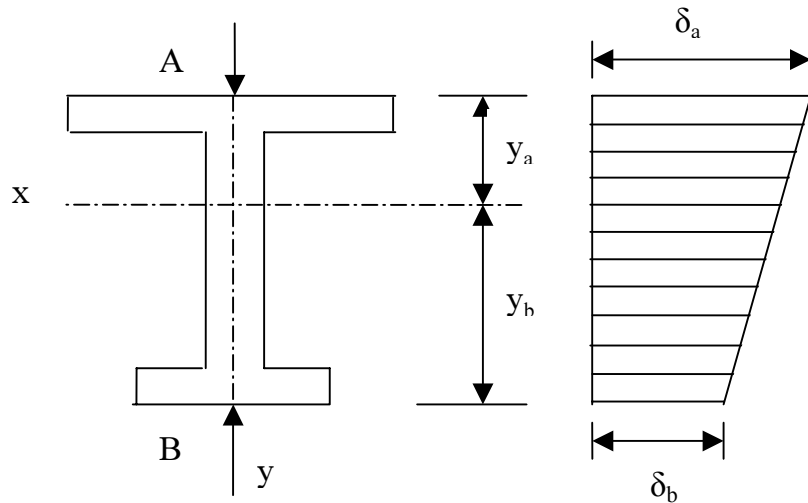
$$N = \sigma F = \epsilon EF$$

Khi lực tác dụng lệch tâm nằm trong một mặt phẳng đối xứng của tiết diện thì phải có tối thiểu hai trị số biến dạng tương đối tại hai điểm trên tiết diện khảo sát mới xác định được giá trị của các nội lực (h5.27). Cụ thể, cần tìm hai ẩn số là lực dọc N và mômen uốn M_x trong các phương trình có vẻ trái là các số đo biến dạng tương đối trên tiết diện khảo sát.

$$\epsilon_a E = \sigma_a = \frac{N}{F} + \frac{M_x y_a}{J_x} \qquad \epsilon_b E = \sigma_b = \frac{N}{F} + \frac{M_x y_b}{J_x}$$

trong đó, ϵ_a và ϵ_b – trị số biến dạng tương đối tại hai điểm a và b trên tiết diện khảo sát.

Hình 5.27. Xác định nội lực khi lực tác dụng lệch tâm trong mặt phẳng đối xứng y-y của tiết diện.



7.4. Đánh giá kết quả thí nghiệm tĩnh.

Đánh giá kết quả của thí nghiệm tĩnh tiến hành trên cơ sở phân tích toàn diện và so sánh với kết quả tính toán lý thuyết theo các tham số đã được khảo sát, đo đạc thực tế về đặc trưng hình học, vật liệu và trạng thái của đối tượng kiểm tra.

Sự đánh giá đầy đủ nhất chỉ có thể nhận được khi có kết quả về khả năng chịu lực cuối cùng của đối tượng thí nghiệm. Lúc này mới có thể làm sáng tỏ những vấn đề cơ bản sau :

- ❖ nguyên nhân làm mất khả năng chịu lực của kết cấu (hoặc do sự phá hoại vật liệu trong một số phần tử kết cấu chịu lực cơ bản; hoặc mất ổn định cục bộ hay tổng thể công trình; hoặc các liên kết và mối nối bị phá hoại...);
- ❖ độ sai lệch giữa tải trọng tính toán và tải trọng phá hoại thực tế;
- ❖ sự tương ứng của các tham số chuyển vị và biến dạng đo được trong thời gian thí nghiệm với kết quả tính toán lý thuyết.

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.

oooooooooooooooooooo

1. Khái niệm chung

Ngày nay, việc tính toán nhà và công trình không thể không xét đến các tác dụng của động lực. Động lực xuất hiện trên kết cấu công trình do nhiều tác nhân khác nhau, như :

- ❖ 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 các kết cấu nhẹ, kết cấu dây (mái che, mái dây, cầu cáp, cầu dây văng...), 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 KCCT dưới những dạng tải trọng rung động khác nhau.

1.1 Các dạng tải trọng rung động.

Tải trọng rung động tác dụng lên KCCT thường có các dạng cơ bản sau:

1. Tải trọng thay đổi theo chu kỳ - loại tải trọng tác dụng theo nhịp điệu không đổi hoặc thay đổi tại một vị trí trên công trình, biên độ và tần số biến thiên theo một quy luật xác định. Một trong những dạng cơ bản của loại này là tải trọng *điều hòa*, biên độ, tần số biến đổi theo quy luật hình sin.

2. Tải trọng rung động không quy luật - loại tải trọng phụ thuộc các đặc trưng của những quá trình ngẫu nhiên tác dụng vào công trình.

3. Tải trọng xung kích - loại tải trọng tác dụng trong khoảnh khắc tức thời lên một vị trí trên đối tượng sau những thời gian ngắt quãng đều hoặc không đều.

Tác dụng của những tải trọng đó sẽ gây ra hiện tượng dao động trong các phần tử kết cấu hay trong công trình.

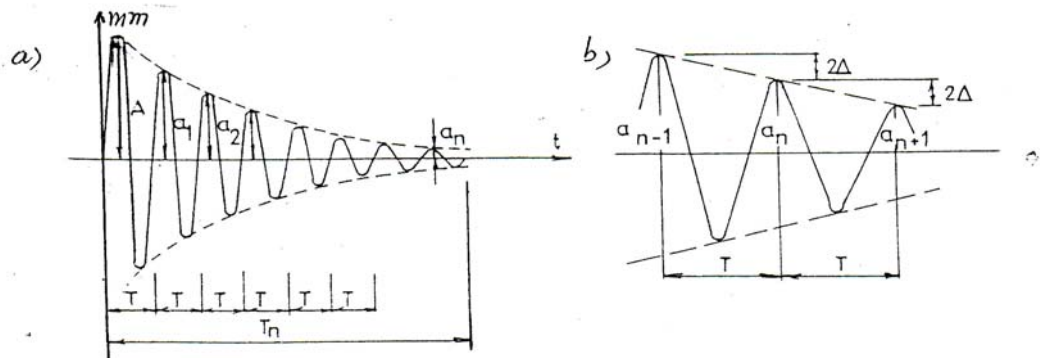
1.2 Sự làm việc của kết cấu dưới tác dụng động

Theo các đặc trưng, hiện tượng dao động của KCCT sẽ xuất hiện theo một trong các dạng sau :

1. Dao động bản thân (tự do) - khi KC chịu tác động xung kích như va chạm, nổ hay chuyển vị cưỡng bức ban đầu; rồi sau đó được giải phóng khỏi những tác động khác bên ngoài thì trong KC xuất hiện hiện tượng dao động bản thân. Dao động này có tần số xác định và phụ thuộc các đặc trưng của KCCT. Chuyển động của dao động này có thể ghi lại để có được biểu đồ dao động bản thân của đối tượng khảo sát (h. 6.1a): biểu đồ dao động tự do có dạng tắt dần. Trên cơ sở các biểu đồ dao động có thể xác định các tham số thực nghiệm :

- ◆ Giá trị các biên độ tắt dần của dao động : A, a_1, a_2, \dots, a_n ;
- ◆ Chu kỳ dao động T (s);
- ◆ Tần số dao động $f=1/T$ (Hz);
- ◆ Thời gian tắt dao động T_n .

Nguyên nhân tắt dần của dao động là do sức kháng trong của vật liệu, sức kháng của liên kết, gối tựa hoặc các yếu tố khác tồn tại trong công trình



Hình 6.1. Dao động tự do

a) biểu đồ dao động tự do tắt dần; b) đặc trưng tính toán hệ số tắt dần.

2. Dao động cưỡng bức là dao động xảy ra trong đối tượng khi có tác dụng thường xuyên một hoặc nhiều yếu tố động lực. Tùy thuộc vào trạng thái của đối tượng khảo sát và tính chất của các yếu tố động lực tác dụng, trên đối tượng sẽ xuất hiện một trong những trường hợp dao động sau :

- ◆ **Dao động theo chu kỳ** - dao động được lặp lại qua một thời gian xác định. Tham số cơ bản của dao động theo chu kỳ là
 - Chu kỳ dao động T ;
 - Tần số dao động f và tần số vòng ω (là số vòng dao động trong khoảng thời gian 2π s).

Dao động điều hòa (h. 6.2a) là dao động theo chu kỳ thường gặp nhất trong thực tế sản xuất. Chuyển vị z phụ thuộc thời gian t , được xác định bằng biểu thức :

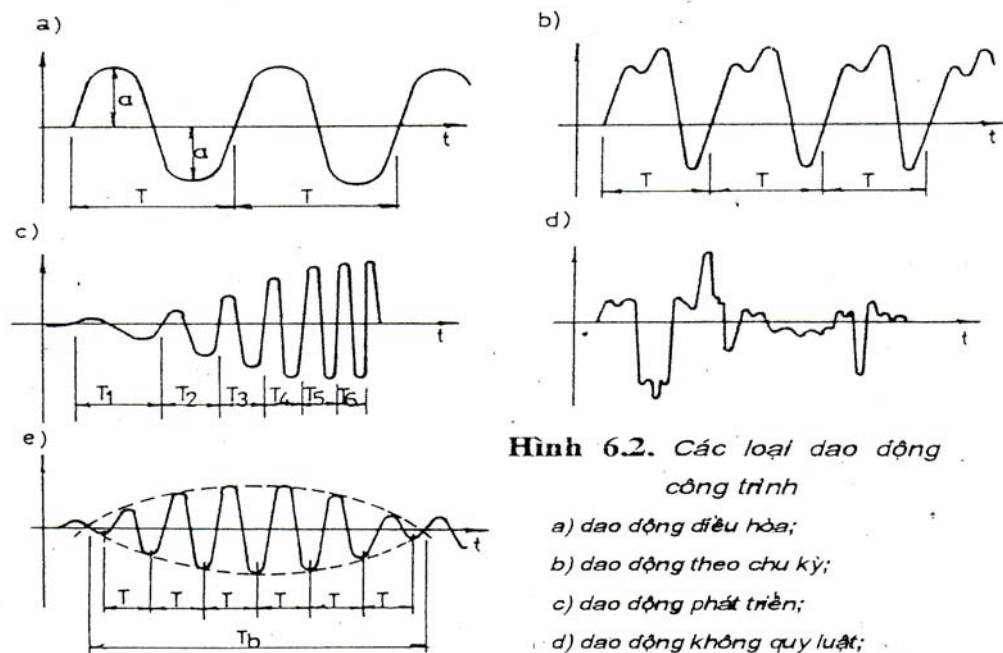
$$z = a \sin(\omega t + \alpha)$$

a - biên độ dao động; α - pha ban đầu (khi $t=0$).

$\omega t + \alpha$ - pha dao động, xác định theo vị trí của điểm dao động tại thời điểm t ;

Khi dao động điều hòa, tốc độ và gia tốc của điểm dao động cũng biến thiên điều hòa.

Mọi quá trình dao động theo chu kỳ (h. 6.2b) đều có thể là tổ hợp những dao động điều hòa có tần số và biên độ được chọn tương ứng.



Hình 6.2. Các loại dao động công trình

- a) dao động điều hòa;
- b) dao động theo chu kỳ;
- c) dao động phát triển;
- d) dao động không quy luật;
- e) dao động "biên".

◆ Dao động không theo chu kỳ - theo quan điểm nghiên cứu biến dạng động, các dao động không theo chu kỳ thường gặp trong thực tế là :

- Dao động tắt dần (h.6.1);
- Dao động phát triển, thường xảy ra trong thời gian khởi động một quá trình động (h. 6.2c);
- Dao động có các đặc trưng thay đổi không theo quy luật nhất định (h. 6.2d).

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 các lực cưỡng bức trên công trình. Hiện tượng dao động này gọi là hiện tượng dao động "biên" (h. 6.2e). 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 :

$$T = \frac{2}{\left[\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right]}$$

2. Nhiệm vụ của thí nghiệm tải trọng động:

2.1. Các nhiệm vụ cơ bản

Theo quan điểm khảo sát các chỉ tiêu động lực học đối với KCCT, khi tiến hành thử tải động trên các đối tượng phải nhằm giải quyết những nhiệm vụ cơ bản sau :

- 1) Xác định trạng thái U-S-BD trong đối tượng .
- 2) Xác định tần số dao động bản thân của phần tử KC hay CT để chọn công suất và tính năng của trang thiết bị máy móc đặt trên CT, tránh xảy ra cộng hưởng;
- 3) Xác định thời gian tắt dần của dao động riêng của KC và tính toán hệ số dao động;
- 4) Xác định hệ số động khi tải trọng di chuyển để phục vụ cho bài toán kiểm tra công trình;
- 5) Xác định biên độ và tần số dao động của đối tượng nhằm mục đích tránh những dao động gây tác hại đến tâm sinh lý của sinh vật hoạt động trên công trình, đến các yêu cầu kỹ thuật của công nghệ sản xuất và chất lượng sản phẩm;
- 6) Nghiên cứu sự làm việc thực tế của kết cấu chịu tác dụng của tải trọng động với mục đích nghiên cứu khoa học.

2.2. Thí nghiệm CT và phần tử KC trước lúc đưa vào khai thác sử dụng.

Thường là KC làm việc dưới chế độ tải trọng rung động thường xuyên như : dầm cầu, KC 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..v..v.

2.3. Thí nghiệm các KC và CT đang khai thác sử dụng.

Bằng những kết quả nhận được khi thử nghiệm các CT và KC đang ở trong tình trạng khai thác chịu tác dụng tải trọng trùng phức 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 hạn gỉ hay hoả hoạn...)

Thử tải trọng động đối với các 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.

2.4. Thí nghiệm các kết cấu chế tạo hàng loạt.

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

3.1. 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 (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 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.

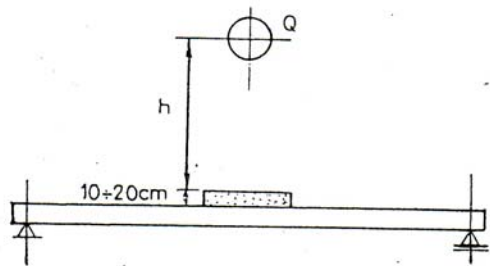
3.2. Tải trọng thí nghiệm chuyên dùng.

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.

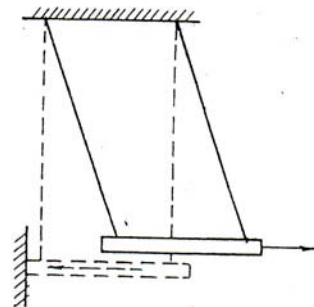
1. Tải trọng xung kích (va chạm)

Va chạm đơn sẽ gây dao động bản thân của kết cấu công trình. Để xác định các tham số động (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.



Hình 6.3. Sơ đồ tạo va chạm đứng



Hình 6.4. Sơ đồ búa va tạo va chạm ngang

Cho rơi một vật nặng có trọng lượng Q tương đương khoảng 0,01% trọng lượng của đối tượng khảo sát, đặt ở độ cao $h = 2,0 - 2,5m$. Tại vị trí điểm rơi của vật nặng trên kết cấu, rải một đệm cát dày khoảng 10 - 20cm để bảo vệ bề mặt của kết cấu thí nghiệm và để ngăn chặn các nhát va chạm thứ cấp.

Với biện pháp gây tải trọng trên đây, biểu đồ dao động ghi được sẽ cho phép xác định chu kỳ dao động bản thân của cả công trình và vật nặng, bằng :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{qd} + m}{k}}$$

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

$$T_0 = T \sqrt{\frac{m_{qd}}{m_{qd} + m}}$$

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 Q từ kết cấu thí nghiệm tạo nên một xung lực chuyển qua sợi cáp treo và làm cho kết cấu dao động.

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 (h. 6.4). Kéo thanh gỗ ra rồi buông dây cho thanh gỗ chuyển dịch tự do, va vào kết cấu thí nghiệm theo phương ngang. Sau nhát va chạm đầu tiên, cần phải giữ sợi dây để giữ búa không cho xảy ra các nhát va chạm thứ cấp.

Có thể tạo va chạm ngang bằng cách treo một vật nặng trên sợi dây có ròng rọc chuyển hướng nối với một cơ cấu mở tự động khi có xung lực kéo xác định.

2. Tải trọng rung động.

Để tạo nguồn tải trọng cưỡng 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.

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 :

$$P = m e \omega^2$$

e - khoảng cách từ khối lượng m đến tâm quay O (h. 6.5)

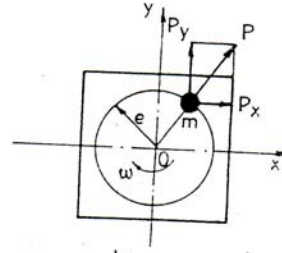
Khi giữ nguyên được tốc độ quay ω thì cường độ của lực ly tâm không thay đổi, nhưng phương tác dụng của lực liên tục thay đổi. Các thành phần lực nằm ngang P_x và thẳng đứng P_y sẽ tác dụng vào kết cấu thí nghiệm và thay đổi theo quy luật điều hòa :

$$P_x = m e \omega^2 \cos \omega t; \quad P_y = m e \omega^2 \sin \omega t;$$

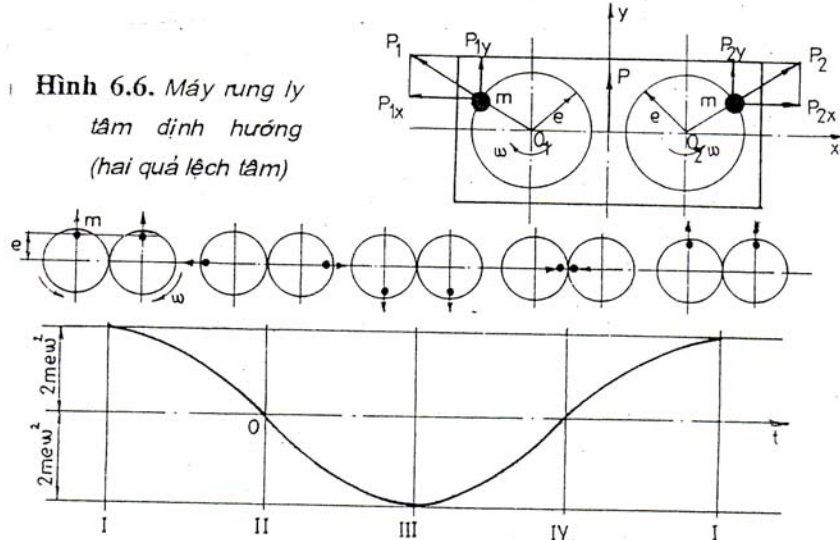
Ở đây, ωt - góc đặc trưng cho vị trí của khối lượng m tại thời điểm khảo sát.

Loại tải trọng này rất thường gặp trong thực tế sản xuất. 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; nếu dùng thiết bị một quả nặng lệch tâm để tạo dao động, sẽ gây nhiều khó khăn, vì cùng một lúc công trình sẽ chịu đồng thời 2 lực cưỡng bức theo 2 phương thẳng góc với nhau. Để khắc phục, đã chế tạo thiết bị rung gồm 2 quả nặng lệch tâm.

Hình 6.5. Máy rung ly tâm không định hướng (một quả lệch tâm)



Hình 6.6. Máy rung ly tâm định hướng (hai quả lệch tâm)



Hình 6.7. Bốn vị trí đặc trưng của máy rung hai quả lệch tạo tải trọng rung động hình sin

b. Máy rung với hai quả nặng lệch tâm (hình 6.6)

Trên hai trục song song O_1 và O_2 quay ngược chiều nhau cùng một vận tốc quay ω , có hai quả nặng (1) và (2) 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 ta có $P_x(t)=0$, còn tổng các hình chiếu lên trục y là $P_y(t)$ thay đổi theo quy luật:

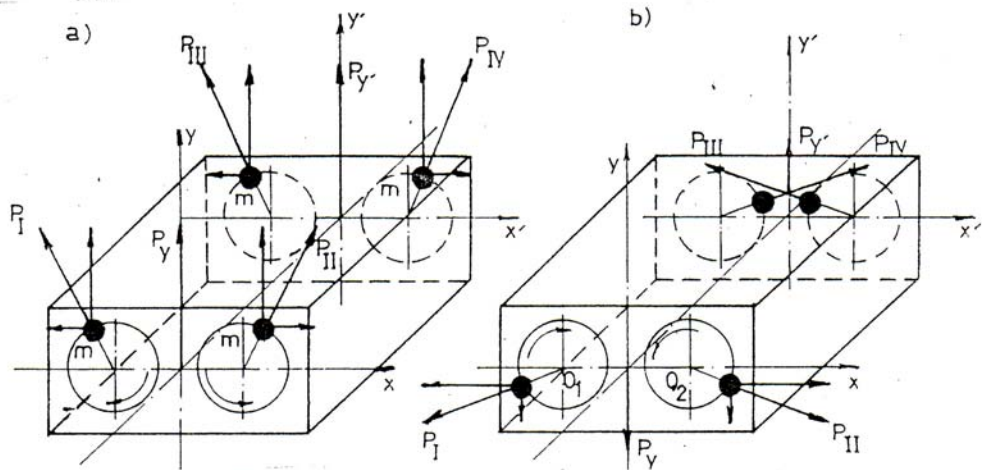
$$P_y(t) = 2m e \omega^2 \sin \omega t$$

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

Hình 6.7 thể hiện quá trình tác dụng của lực ở bốn vị trí vật nặng đặc trưng nhất trong một vòng quay và quy luật thay đổi của lực tác dụng lên CT theo thời gian.

Từ quy luật làm việc của thiết bị chấn động hai khối, người ta còn chế tạo các thiết bị rung có công suất lớn hơn với bốn hoặc tám quả nặng, dùng để gây những dao động cưỡng bức đối với các công trình lớn như kết cấu nhịp cầu.

Khi đặt các khối lượng như trên hình 6.8a, sự làm việc của thiết bị chấn động trong mọi thời điểm đều giống sự làm việc của thiết bị rung có hai khối lượng.



Hình 6.8. Máy rung ly tâm có bốn quả lệch

a) trường hợp tạo lực rung động hình sin; b) trường hợp tạo mômen rung.

Thiết bị chấn động làm việc (h. 6.8b), hình chiếu lực $P_y(t)$ tại mỗi điểm sẽ bằng hình chiếu của lực $P_{y_i}(t)$ nhưng ngược chiều. Vì vậy, trong trường hợp này thiết bị chấn động sẽ tạo trong mặt phẳng yz một mômen đối dấu :

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

Một trong những đặc trưng quan trọng đối với các thiết bị chấn động để xác định lực cưỡng bức là mômen động.

$$M_k = \Sigma \omega m_i e_i$$

Trong đó : $m_i e_i$ - mômen động của khối lượng m_i đặt lệch tâm với trục quay một khoảng e_i .

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; 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.

4. Đo lường các tham số động

4.1. Các đặc trưng khảo sát và điều kiện tiến hành đo các tham số động

Khi thí nghiệm khảo sát KCCT 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 được đầy đủ và chính xác các tham số động xuất hiện trong KCCT 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

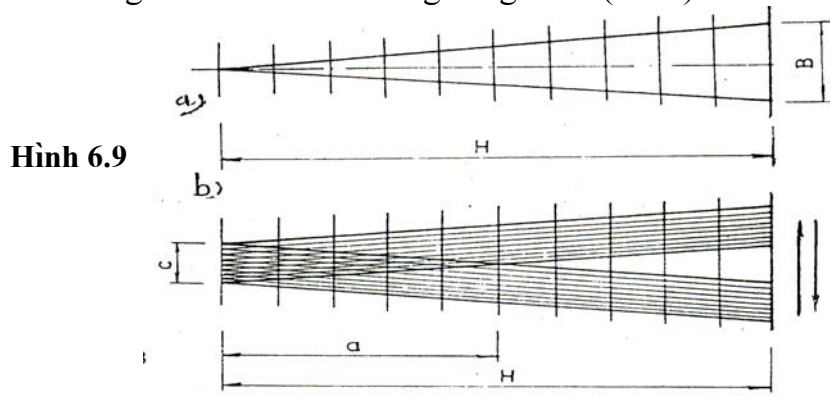
khi khả năng đo lường tự động bị hạn chế và điều kiện thí nghiệm cho phép thì có thể tiến hành bằng phương pháp quan trắc trên các dụng cụ đo đơn giản; các dụng cụ đo này thường cho các số liệu rời rạc và độ chính xác không cao.

4.2. Đo rung động của kết cấu công trình.

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.

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 trắng hình chữ nhật có kích thước 30x250 mm, trên đó vẽ một hình tam giác cân bằng mực đen có nét rộng 0,5 mm; cạnh đáy $B = 5 \div 20 \text{ mm}$, chiều cao H gấp khoảng 10 lần B . Trên chiều cao của tam giác chia mười khoảng bằng nhau (h.6.9).



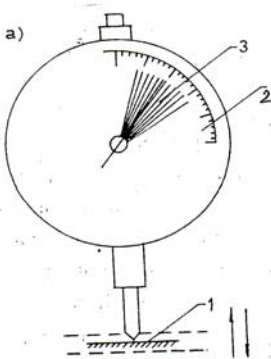
Hình 6.9

Theo tính đồng dạng của tam giác, ta có thể xác định giá trị chuyển vị c (biên độ dao động) của kết cấu tại vị trí đo bằng :

$$c = \frac{B}{H} a,$$

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.

2. Đồng hồ đo chuyển vị.



Hình 6.10

Đo rung động của công trình có thể dùng các đồng hồ đo chuyển vị thẳng (h6.10). 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 rổ quạt; từ khoảng

dịch chuyển của đầu mút kim có thể đọc được biên độ dao động của kết cấu.

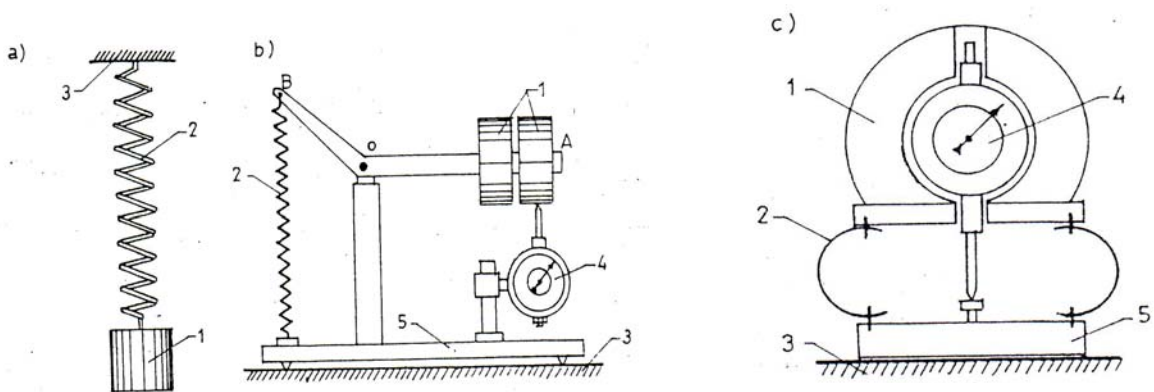
Điều kiện cơ bản để đo đúng là trong quá trình kết cấu rung động, luôn đảm bảo thanh chuyển động của đồng hồ tiếp xúc với điểm đo chuyển vị; điều này chỉ thực hiện được khi trong tất cả các pha dao động, lực quán tính của thanh chuyển động của đồng hồ không vượt quá lực kéo của lò xo trong đồng hồ .

3. Đo rung động công trình bằng các khối lượng quán tính

a. Đo dao động đứng

Phương pháp đơn giản nhất là phải tạo nên những điểm cố định hay những điểm có tần số dao động thấp, chập chập nằm trong không gian của kết cấu khảo sát. Để tạo được những điểm có dao động thấp hơn nhiều lần so với kết cấu, thường dùng các con lắc quán tính gồm một khối lượng (1) được treo bằng một lò xo (2) vào kết cấu dao động (3). Chiều dài tương ứng của lò xo cần đảm bảo cho tần số dao động riêng của khối lượng này khá thấp so với tần số rung động khảo sát. Để tiến hành đo rung của kết cấu có thể dùng đồng hồ đo gắn chặt trên kết cấu và để đầu thanh chuyển động của đồng hồ luôn được tiếp xúc với khối lượng quán tính (h.6.11a)

Trên hình 6.11b trình bày sơ đồ cấu tạo của dụng cụ đo rung động thẳng đứng theo kiểu dùng khối lượng quán tính. Trên hình 6.11c, giới thiệu một kiểu cấu tạo khác của dụng cụ đo rung động đứng nhờ khối lượng quán tính.



Hình 6.11- Cấu tạo các thiết bị đo dao động đứng

a-con lắc quán tính, b-thiết bị đo qua đòn bẩy, c- thiết bị đo qua lò xo lá

1- con lắc quán tính, 2- lò xo, 3- đòn bẩy, 4- đồng hồ đo , 5- giá đế

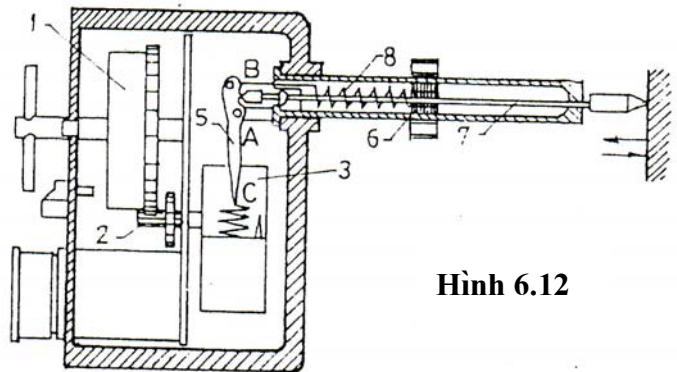
b. Máy đo rung động cầm tay (h. 6.12)

Ở đây, trong thiết bị không cần bộ phận khối lượng quán tính có tần số dao động thấp so với kết cấu mà dùng trực tiếp dao động của người sử dụng máy đo đứng trên công

trình. Vì thế, khi cùng 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 chuyển 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 bản ghi (3). Để tạo chuyển động thẳng đều của băng giấy ghi biểu đồ (4) trên bản 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 1s.

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.



Hình 6.12

4.3. Đo biến dạng động.

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 trong mục 3 chương 3. 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 tenzo 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 nhận 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 (7kênh 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 chương trình xử lý tương ứng.

5. Tiến hành thí nghiệm và xác định các tham số động.

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:

1. Khảo sát trạng thái kết cấu:

Các nội dung :

- ◆ Đo và kiểm tra lại hình dạng và kích thước cấu tạo kết cấu;
- ◆ Xác định các đặc trưng và chất liệu của vật liệu trên đối tượng thí nghiệm;
- ◆ Phát hiện và đánh giá mức độ nguy hiểm của khuyết tật và hư hỏng tồn tại trong đối tượng do quá trình chế tạo;
- ◆ 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.

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 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, chuyển đủ tải trọng lên đối tượng .

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. Thiết kế các biện pháp an toàn trong quá trình tiến hành thí nghiệm.

Đặc biệt cần chú ý khi thí nghiệm đến phá hoại hoặc với tải trọng chuyển động có tốc độ cao.

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 (thiết bị máy móc) 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:

- ◆ **Cách thí nghiệm thứ nhất.** Tác dụng lên kết cấu một lực va chạm bằng cách tạo vật rơi (va chạm đứng), hoặc bằng búa va (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 độ 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 f 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.

6. Xử lý kết quả thí nghiệm động.

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 KCCT, thường gặp các dạng dao động như sau :

- ◆ Dao động tắt dần;
- ◆ Các dao động có dạng gần điều hòa không tắt dần;
- ◆ Các 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:

1. *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 (nằm ngang) và trục tham số khảo sát (thẳng đứng) được sử dụng trên các đồ thị tự ghi.

2. *Xác định giá trị các tham số đặc trưng của quá trình khảo sát*.

3. 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 và gia tốc hay ngược lại; hoặc bằng các phép so sánh đồng thời các số liệu đo đạc sẽ có được dạng dao động...

4. 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.

6.2 Phân tích dao động tắt dần.

Phân tích dao động tự do của kết cấu công trình được tiến hành nhằm mục đích xác định chu kỳ và độ suy giảm của dao động.

6.3 Khảo sát các dao động theo chu kỳ.

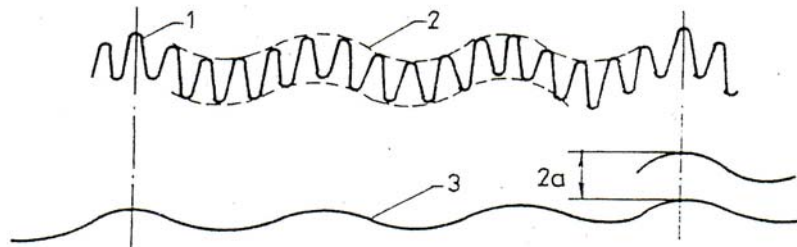
Các dao động theo chu kỳ thường là tổ hợp của một số các dao động điều hòa. Đối với loại dao động này cần xác định các chỉ tiêu sau:

- ◆ 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 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 các 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.

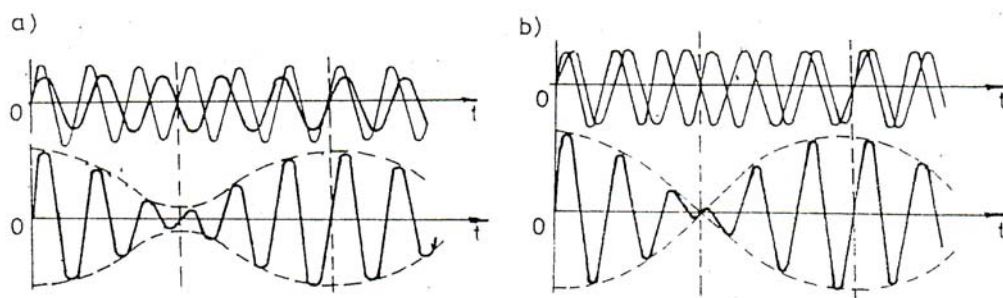
Trên hình 6.13 là biểu đồ ghi được từ quá trình dao động gồm hai dao động hình sin có tần số khác nhau. Hai đường bao (2) tạo thành bằng cách nối các đỉnh cùng phía của biểu đồ ghi được sẽ cho dạng dao động của thành phần có tần số thấp (3); bề rộng $2a$ của dải ở giữa hai đường bao trên và dưới bằng hai lần giá trị biên độ của dao động thành phần có tần số cao (1).



Hình 6.13. 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 cứng là kết quả tổ hợp hai dao động thành phần có tần số dao động rất gần nhau (h 6.14) .



Hình-6.14. Phân tích dao động biên

a- khi các biên độ thành phần không bằng nhau

b- khi các biên độ thành phần bằng nhau

6.5 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 đo 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: phương trình xác định gia tốc có dạng:

$$y'' = -a\omega^2 \sin \omega t$$

Nói chung, gia tốc cũng có thể xác định trên cơ sở các tham số đo được trong biểu đồ ghi rung động của KCCT.

Chu kỳ dao động của phần tử kết cấu có dạng:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{A}{y}} \quad T - \text{chu kỳ dao động, } A - \text{biên độ cực đại;}$$

y'' gia tốc của kết cấu.

Từ đó, có thể xác định giá trị gia tốc của phần tử kết cấu bằng:

$$y'' = \frac{4\pi^2 A}{T^2} = 4\pi^2 A f^2$$

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.

7. Đánh giá trạng thái CT 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 của 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.

Cuối cùng, 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 tác dụng rung động và hoàn toàn không ảnh hưởng đến điều kiện và trạng thái làm việc của công trình, đồng thời cũng không tốn nhiều công sức và thời gian thí nghiệm.

HƯỚNG DẪN THỰC NGHIỆM

MÔN HỌC

THÍ NGHIỆM CÔNG TRÌNH

CHUYÊN NGÀNH: XÂY DỰNG DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

BIÊN SOẠN: BÙI THIÊN LAM
NGUYỄN PHAN PHÚ

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Hướng dẫn thực nghiệm môn học Thí nghiệm Công trình - Trường Đại học Xây dựng.
- TCVN 225-1998, TCVN 162-1987

LỜI GIỚI THIỆU.

Môn học **Thí Nghiệm Công Trình** là môn học chuyên ngành, giới thiệu cho sinh viên ngành xây dựng làm quen với các máy móc, thiết bị dùng trong nghiên cứu thực nghiệm, giúp sinh viên nắm được cơ sở thí nghiệm thực hành trong lĩnh vực xây dựng cơ bản. củng cố và phát triển thêm những môn học cơ sở như Sức Bền Vật Liệu, Cơ Học Kết Cấu và những môn học chuyên ngành như Kết Cấu Bê tông, Bê tông Cốt Thép, Kết Cấu Gạch Đá, Kết Cấu Thép Và Kết Cấu Gỗ. Đồng thời giúp sinh viên nắm được những phương pháp thực nghiệm để giải quyết những bài toán mà lý thuyết không thể xác định được.

Sau khi học môn **Thí Nghiệm Công Trình** sinh viên phải làm được những thí nghiệm đơn giản để xác định ứng suất, biến dạng và những trạng thái chịu tải vật liệu, của kết cấu chịu lực chính như cột nén đúng tâm, cột nén lệch tâm, dầm và dàn. Từ những cơ sở cơ bản đó tạo cho sinh viên có thể thực hiện những thí nghiệm phức tạp hơn trong phòng thí nghiệm cũng như trên hiện trường.

Phương pháp thí nghiệm công trình rất đa dạng nhưng trong giáo trình này chỉ giới thiệu 5 bài thí nghiệm cơ bản gồm : 1 bài thí nghiệm không phá hoại, 3 bài thí nghiệm tĩnh và 1 bài thí nghiệm động.

**BỘ MÔN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐÀ NẴNG.**

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 1 :

PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM KHÔNG PHÁ HOẠI.

Trong bài thí nghiệm này, sinh viên làm quen với một số phương pháp không phá hoại thường được áp dụng trong đánh giá chất lượng bê tông trên công trình, bao gồm :

1. Phương pháp sử dụng súng bẩy kiểm tra cường độ bê tông.
2. Phương pháp siêu âm kiểm tra cường độ, khuyết tật cấu kiện bê tông.

1. XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG BẰNG SÚNG BẬY NẢY (TCXD 162-1987):

1.1. Tóm lược nội dung phương pháp :

Đây là một trong những phương pháp xác định cường độ bê tông theo độ cứng bề mặt vật liệu. Quan hệ thực nghiệm **R-n** được thể hiện ở dạng bảng số hay biểu đồ chuẩn. Dựa vào đó, nếu có trị trung bình độ nảy n^{TB} đo được trên mỗi vùng của mẫu thử, tra bảng hay trên biểu đồ lập sẵn đối với bê tông cùng loại, ta sẽ xác định được cường độ bê tông trên vùng tương ứng **R**.

1.2. Thiết bị thí nghiệm :

Súng bẩy nẩy : **SCHMIDT**, trên vỏ súng đã có sẵn biểu đồ R-n.

1.3. Tiến hành thí nghiệm :

Dùng súng bắn theo phương ngang trên 3 vùng của mẫu thử, mỗi vùng lấy 10 trị số bẩy nảy n_i . Ghi kết quả vào bảng.

Các điểm bắn cách nhau ít nhất 30mm và cách mép mẫu thử ít nhất 5mm (đối với cấu kiện con số này là 50mm).

1.4. Tính toán, xử lý kết quả thí nghiệm :

Xác định cường độ bê tông R theo phương pháp thử súng : căn cứ vào trị số bẩy nảy trung bình của từng vùng n^{TB} , tra biểu đồ có cường độ bê tông của mỗi vùng R. Cường độ bê tông của mẫu thử R^{TB} bằng trung bình cộng của 3 vùng kiểm tra.

Tên cấu kiện	STT vùng thử	Trị số bẩy nảy n_i (vạch)	n^{TB} (vạch)	R (KG/cm ²)	R^{TB} (KG/cm ²)
	1				
	2				
	3				

Kiểm tra sai lệch giữa kết quả cường độ chịu nén thực tế và kết quả cường độ thí nghiệm bằng thí nghiệm súng bẩy nẩy :

$$\Delta = \frac{R^{TB} - R_n}{R_n} \cdot 100 \quad (\%).$$

Trong đó : R_n : cường độ chịu nén của mẫu thử, có được từ thí nghiệm phá hoại mẫu.

2. XÁC ĐỊNH CHẤT LƯỢNG VẬT LIỆU BÊTÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SIÊU ÂM (TCXD 225-1998) :

2.1. Xác định cường độ chịu nén :

a) Tóm tắt nội dung phương pháp :

Việc xác định cường độ bê tông bằng phương pháp siêu âm chủ yếu dựa trên mối quan hệ thực nghiệm giữa cường độ chịu nén R (Kg/cm^2) với tốc độ truyền sóng siêu âm V (Km/s). Quan hệ này có thể được biểu diễn chuẩn dưới dạng đồ thị hoặc có thể biểu thị gần đúng thông qua hàm quan hệ : $R = a.V^4$. Trong đó a là hệ số thực nghiệm (được xác định thông qua hệ mẫu chuẩn đi kèm theo).

b) Tiến hành thí nghiệm :

- Thực hiện siêu âm theo phương pháp đo xuyên trên 2 vùng của **cấu kiện** (thường là 2 mặt bên), mỗi vùng lấy 5 trị số thời gian truyền sóng t_i .

- Tương tự đo **thời gian truyền sóng qua mẫu lập phương** ($150 \times 150 \times 150 \text{mm}$) t_i^{lp}

- **Nén phá hoại hoàn toàn mẫu** để có giá trị cường độ chịu nén R_{lp} .

c) Tính toán kết quả thí nghiệm :

- Vận tốc truyền sóng V được tính theo công thức : $V = \frac{L}{t}$ (Km/s).

Trong đó : L : khoảng cách 2 đầu dò (mm).

t : thời gian truyền sóng đo được (μs).

- Xác định hệ số thực nghiệm a : $a = \frac{R_{lp}}{(V_{lp})^4}$

Trong đó : R_{lp} : cường độ chịu nén của mẫu chuẩn (Kg/cm^2)

V_{lp} : vận tốc truyền sóng trung bình trên mẫu chuẩn (Km/s).

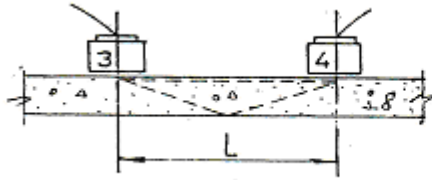
$V_{lp} = 150/t_{TB}^{lp}$

- Kết quả tính toán ghi vào bảng sau :

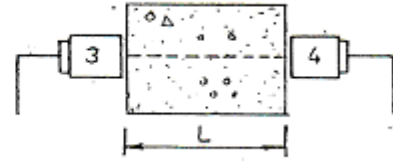
Tên cấu kiện	Vùng thí nghiệm	Thời gian truyền sóng t_i (μs)	t_{TB} (μs)	L (mm)	V (Km/s)	V_{TB} (Km/s)	R (Kg/cm^2)
	1,,,,					
	2,,,,					

2.2. Xác định độ sâu vết nứt trên cấu kiện :

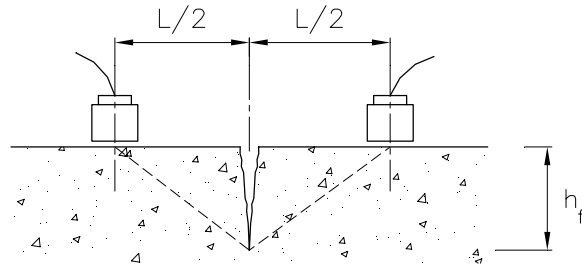
- Thực hiện siêu âm theo phương pháp đo mặt trên 2 vùng bê tông của cấu kiện với cùng chiều dài chuẩn đo (khoảng cách 2 đầu dò) như nhau : vùng không có khuyết tật và vùng có vết nứt. Đo thời gian truyền sóng siêu âm trên 2 vùng đó.



Phương pháp đo mặt



Phương pháp đo xuyên



- Độ sâu vết nứt h_f được xác định theo công thức :

$$h_f = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{t_f}{t}\right)^2 - 1}$$

Trong đó : L : khoảng cách 2 đầu dò.

t_f : thời gian truyền siêu âm qua vùng có vết nứt.

t : thời gian truyền siêu âm qua vùng không có khuyết tật.

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 2 : **THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH DÀN THÉP.**

Trong các công trình dân dụng và công nghiệp, dạng kết cấu hệ thanh chịu lực được sử dụng rất phổ biến. Một trong những kết cấu thường gặp là dàn thép được cấu tạo bằng thép hình. Trong bài thí nghiệm này, sẽ khảo sát sự làm việc của mô hình dàn đơn giản có hai cánh song song.

1. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM :

- Nghiên cứu quy luật phân bố nội lực trong giới hạn đàn hồi của mô hình dàn thép chịu tác dụng của tải trọng tĩnh tập trung tại các mắt dàn.
- Xác định các giá trị chuyển vị của các mắt dàn và biểu đồ độ võng tổng thể của dàn tương ứng với các cấp tải trọng tác dụng.
- Làm quen với phương pháp thí nghiệm một kết cấu hệ thanh, biết cách sử dụng các thiết bị đo để xác định các giá trị biến dạng, ứng suất và chuyển vị bằng phương pháp thực nghiệm.

2. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM :

2.1. Kích thước hình học và sơ đồ làm việc :

Mô hình dàn thép thí nghiệm có nhịp làm việc $l = 3\text{m}$, chiều cao $h = 0,4\text{m}$ có hai cánh song song. Tất cả các thanh dàn được chế tạo bằng hai thép góc L $32 \times 32 \times 3$. Kích thước hình học và sơ đồ làm việc của dàn thép thể hiện trên hình 1.

Chiều dài hình học của các thanh dàn như sau :

$$AC = LF = MH = OJ = BD = 40\text{cm.}$$

$$AL = LM = MC = OB = 75\text{cm.}$$

$$AE = EL = LG = GM = \dots = 54,8\text{cm.}$$

Diện tích tiết diện mỗi thanh dàn 2L $32 \times 32 \times 3$:

$$F = 2 \times 1,86 = 3,72\text{cm}^2.$$

Mác thép CT3 có các đặc trưng cường độ sau :

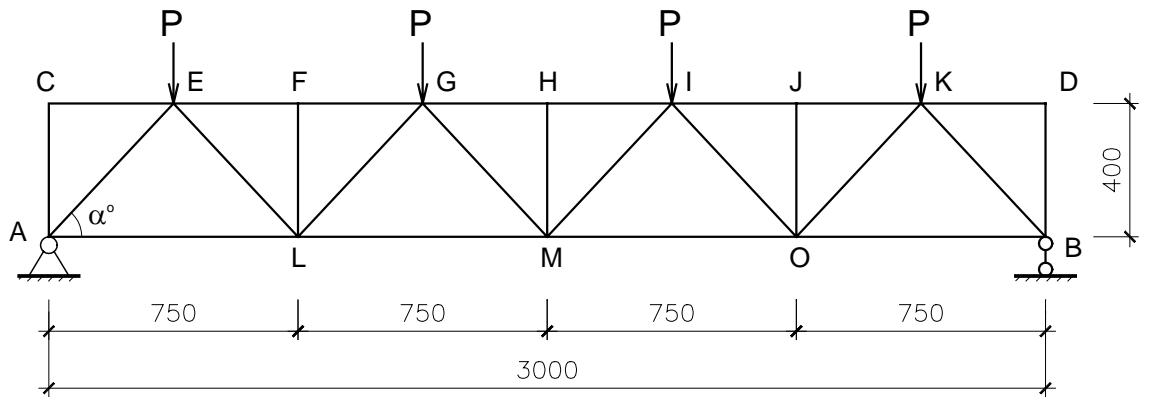
$$\text{- Cường độ tính toán : } R = 2100 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\text{- Môđun đàn hồi : } E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2.$$

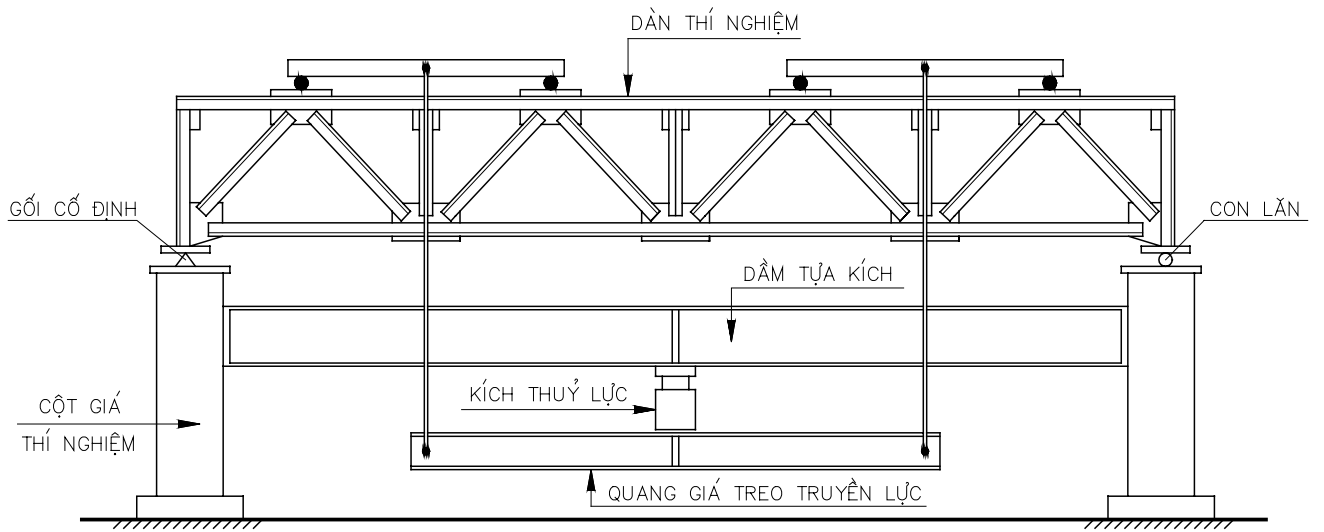
2.2. Xác định nội lực trong thanh dàn theo lý thuyết :

Trong tính toán thiết kế, ta coi dàn thép như một hệ thanh với liên kết tại các nút là hoàn toàn khớp. Bằng các phương pháp tính toán đơn giản như tách mắt, mặt cắt hay biểu đồ Crêmona để xác định nội lực trong các thanh dàn.

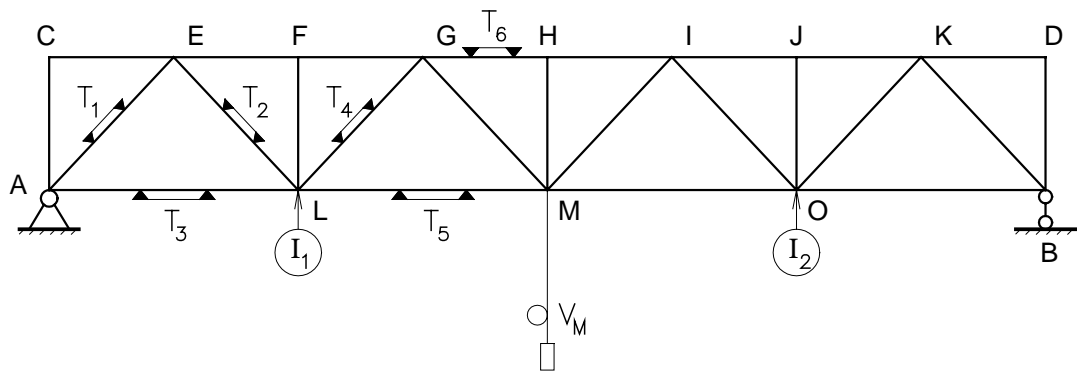
Kết quả tính toán theo sơ đồ làm việc với tải trọng P tác dụng tại các nút trên thanh cánh thượng được ghi trong bảng 1. Lợi dụng tính đối xứng hình học và lực tác dụng ta chỉ cần biết các trị số nội lực trên nửa dàn.



HÌNH 1 : DẠNG HÌNH HỌC VÀ SƠ ĐỒ TẢI TRỌNG.



HÌNH 2 : HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH DÀN.



HÌNH 3 : SƠ ĐỒ BỐ TRÍ DỤNG CỤ ĐO.

Bảng 1 : Nội lực trong thanh dàn tính theo lý thuyết.

Tải trọng	Cánh thượng			Cánh hạ		Thanh xiên			
	CE	EL = FG	GH	AL	LM	AE	EL	LG	GM
P	0	$-3P \cdot \cot \alpha$	$-4P \cdot \cot \alpha$	$2P \cdot \cot \alpha$	$4P \cdot \cot \alpha$	$\frac{-2P}{\sin \alpha}$	$\frac{P}{\sin \alpha}$	$\frac{-P}{\sin \alpha}$	0

Theo sơ đồ tải trọng như hình 1, nội lực trong các thanh đứng của dàn đều bằng 0.

2.3. Bố trí thiết bị gia tải và dụng cụ đo :

Để tạo các lực tập trung tác dụng lên các mắt dàn thuộc thanh cánh thượng ta dùng kích thủy lực cùng với hệ đòn phân lực như hình 2. Giá trị lực do kích truyền lên kết cấu được xác định bằng đồng hồ đo áp lực gắn trên hệ thống bơm thủy lực.

Dụng cụ đo dùng trong thí nghiệm dàn gồm ba loại chủ yếu: vông kế, Indicato, Tenzomet. Sơ đồ bố trí thiết bị đo thể hiện trên hình 3.

3. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM :

3.1. Xác định tải trọng thí nghiệm :

Dựa vào kết quả tính toán lý thuyết ta rút ra khả năng chịu lực của dàn ứng với giá trị nội lực lớn nhất trong các thanh dàn :

$$\frac{N_{\max}}{F} \leq R \Rightarrow N_{\max} \leq R \cdot F \Rightarrow 4P \cdot \cot \alpha \leq R \cdot F \Rightarrow P \leq \frac{R \cdot F}{4 \cot \alpha} = \frac{2100 \cdot 3,72}{4 \cdot \frac{3,75}{4}} = 2083 \text{ Kg.}$$

Để đảm bảo lấy số liệu đo đạc trong phạm vi giới hạn đàn hồi ta chỉ gia tải với $P_{\text{tn}} = P_{\text{tt}} / 2 = 1000 \text{ Kg.}$

3.2. Xác định cấp gia tải :

Trong thí nghiệm, ta sử dụng Tenzomet tròn để đo biến dạng của các thanh dàn với chuẩn đo $L = 100 \text{ mm}$. Cần xác định giá trị cấp tải theo biến dạng tương ứng với 1 vạch trên dụng cụ đo. Để tiện theo dõi thí nghiệm ta chọn thanh dàn có giá trị nội lực trung bình để tính.

Ứng suất trong thanh dàn khi kim của Tenzomet chạy được 1 vạch :

$$\sigma_1 = E \cdot \frac{1}{K \cdot L} = 2,1 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{1000 \cdot 100} = 21 \text{ Kg/cm}^2$$

Trong đó :

$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$: môđun đàn hồi của thép.

$K = 1000$: hệ số phóng đại của tenzomet tròn.

$L = 100 \text{ mm}$: chuẩn đo của tenzomet.

Lấy thanh có nội lực trung bình là $AL = 2P \cdot \cot \alpha$ để tính :

$$N_{AL} = 21 \cdot 3,72 = 2P \cdot \cot \alpha.$$

$$P_i = 21 \cdot 3,72 \cdot 0,5 \cdot \text{tg} \alpha = 21 \cdot 3,72 \cdot 0,5 \cdot 4/3,75 = 41,6 \text{ Kg.}$$

Khả năng chịu lực của dàn thép tính toán theo lý thuyết $P = 2083 \text{ Kg}$. Như vậy số vạch Tenzomet đo trên thanh AL sẽ là :

$$n = \frac{2083}{41,6} = 50 \text{ vạch}$$

Trong thí nghiệm, để đảm bảo sự làm việc của vật liệu trong giới hạn đàn hồi, ta chỉ nên thí nghiệm với tải trọng bằng nửa tải trọng tính toán. Để thuận lợi theo dõi, ta lấy giá trị mỗi cấp gia tải là $P_i = 200 \text{ Kg}$.

3.3. Trình tự thí nghiệm :

Gia tải thử với tải trọng ở cấp thứ nhất quan sát sự làm việc của dụng cụ đo và toàn bộ mô hình thí nghiệm. Nếu phát hiện sự cố, cần điều chỉnh lại. Nếu chúng làm việc bình thường thì hạ tải về không. Đọc các số liệu ban đầu (tương ứng với $P = 0$) ở các dụng cụ đo.

Tiến hành tác dụng tải trọng theo từng cấp. Sau khi bơm kích thủy lực đạt trị số lực cần thiết phải dừng lại 5-7 phút rồi ghi số liệu trên các dụng cụ đo.

Sau khi đọc số liệu trên các dụng cụ đo ứng với cấp tải trọng cuối cùng thì tiến hành hạ tải về không. Quá trình giảm tải phải thực hiện từ từ, từng cấp ngược với quá trình tăng tải và cũng ghi số liệu tương ứng để có những nhận xét về quá trình làm việc thuận nghịch.

4. TÍNH TOÁN KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM :

4.1. Số liệu thí nghiệm :

Tất cả số liệu thí nghiệm được ghi vào bảng 2 sau đây :

Cấp tải	P (Kg)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	I ₁	I ₂	V	Ghi chú
0	0										
1	200										
2	400										
3	600										
4	800										
5	1000										
6	600										
7	0										

Trong đó : T₁, ..., T₆ : trị số đọc trên các tenzomet 1, ..., 6.

I₁, I₂ : trị số đọc trên các indicatơ 1, 2.

V : trị số đọc trên vông kế.

4.2. Xác định nội lực trong các thanh dầm theo từng cấp tải trọng :

Giá trị nội lực trong các thanh dầm ứng với cấp tải trọng thứ i được tính theo công thức

:

$$N = \varepsilon.E.F = \frac{(c_i - c_o)}{K.L} E.F \quad [\text{Kg}].$$

Trong đó : (c_i - c_o) : hiệu số số đọc trên Tenzomet giữa cấp tải thứ i và số đọc ban đầu.

$E = 2,1.10^6 \text{ Kg/cm}^2$: môđun đàn hồi của thép.

$F = 3,72 \text{ cm}^2$: diện tích tiết diện của thanh dãn.

$K = 1000$: hệ số phóng đại của tenzomet tròn, $L = 100\text{mm}$: chuẩn đo của Tenzomet.

4.3. So sánh kết quả nội lực xác định theo lý thuyết và thực nghiệm :

Độ sai lệch giữa lý thuyết và thực nghiệm được xác định như sau :

$$S = \frac{N_{TN} - N_{LT}}{N_{LT}} \times 100\%$$

Kết quả tính ghi vào bảng 3 sau đây :

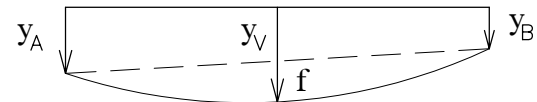
Cấp tải	P (Kg)	Thanh AE	Thanh EL	Thanh AL	Thanh LG	Thanh LM	Thanh GH
1	200						
2	400						
3	600						
4	800						
5	1000						

4.4. Xây dựng đường chuyển vị và xác định độ võng cực đại của dãn :

Dùng các số liệu đo được trên các đồng hồ đo chuyển vị tại các mắt dãn và các số đo độ lún tại 2 gối đầu dãn để xây dựng biểu đồ chuyển vị của dãn qua 5 cấp tải trọng thí nghiệm. Biểu đồ chuyển vị có dạng như trên hình 4. Trong đó :

Độ võng tại giữa nhịp được xác định theo công thức :

$$f_{\max} = y_v - \frac{y_a + y_b}{2}$$



5. NHẬN XÉT KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM :

Nhận xét về quy luật phân bố nội lực trong các thanh của mô hình dãn. Đối chiếu sơ đồ tính với sơ đồ thí nghiệm.

Đánh giá sự sai lệch giữa lý thuyết và thực nghiệm, trình bày một số nguyên nhân dẫn đến sự sai lệch đó.

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 3 :

THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH CỘT BÊTÔNG CỐT THÉP

CHỊU NÉN LỆCH TÂM LỚN.

Cấu kiện bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm lớn thường gặp trong các công trình dân dụng và công nghiệp, đó là các cột khung trong nhà nhiều tầng, các cột đỡ dầm cầu trục trong nhà công nghiệp ... Trong bài thí nghiệm này tải trọng sẽ tác dụng cho đến khi mẫu bị phá hoại hoàn toàn.

1. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM :

- Nghiên cứu sự phân bố ứng suất trong tiết diện cột bê tông cốt thép khi chịu tác dụng của lực với độ lệch tâm lớn.
- Nghiên cứu quá trình hình thành và mở rộng vết nứt trong bê tông của cột, trạng thái phá hoại của cột.

2. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM :

Mô hình thí nghiệm cột chịu nén lệch tâm trình bày trên hình 1, được thiết kế và chế tạo với các đặc trưng hình học sau đây :

Đặc trưng hình học của cột : cột có tiết diện chữ nhật, hai đầu cột có cấu tạo vai mở rộng để đỡ lực tác dụng, trong đó có đặt thêm các cốt thép tăng cường để tránh sự phá hoại cục bộ.

- Chiều dài cột : $L = 1000\text{mm}$.
- Tiết diện làm việc : $b \times h = 120 \times 200\text{mm}$.
- Độ lệch tâm : $e = 130\text{mm}$.

Đặc trưng vật liệu :

- Bê tông mác M200# có cường độ nén : $R_n = 90 \text{ Kg/cm}^2$.
- Mô đun đàn hồi của bê tông : $E_b = 2,65 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2$.
- Cường độ chịu kéo của thép AI : $R_a = 2100 \text{ Kg/cm}^2$.
- Mô đun đàn hồi của thép : $E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$.

Cốt thép làm việc trong tiết diện gồm :

- $2\phi 12$ trong vùng chịu kéo có $F_a = 2,26\text{cm}^2$.
- $2\phi 10$ trong vùng chịu nén có $F_a' = 1,57\text{cm}^2$.
- Cốt đai $\phi 6$.

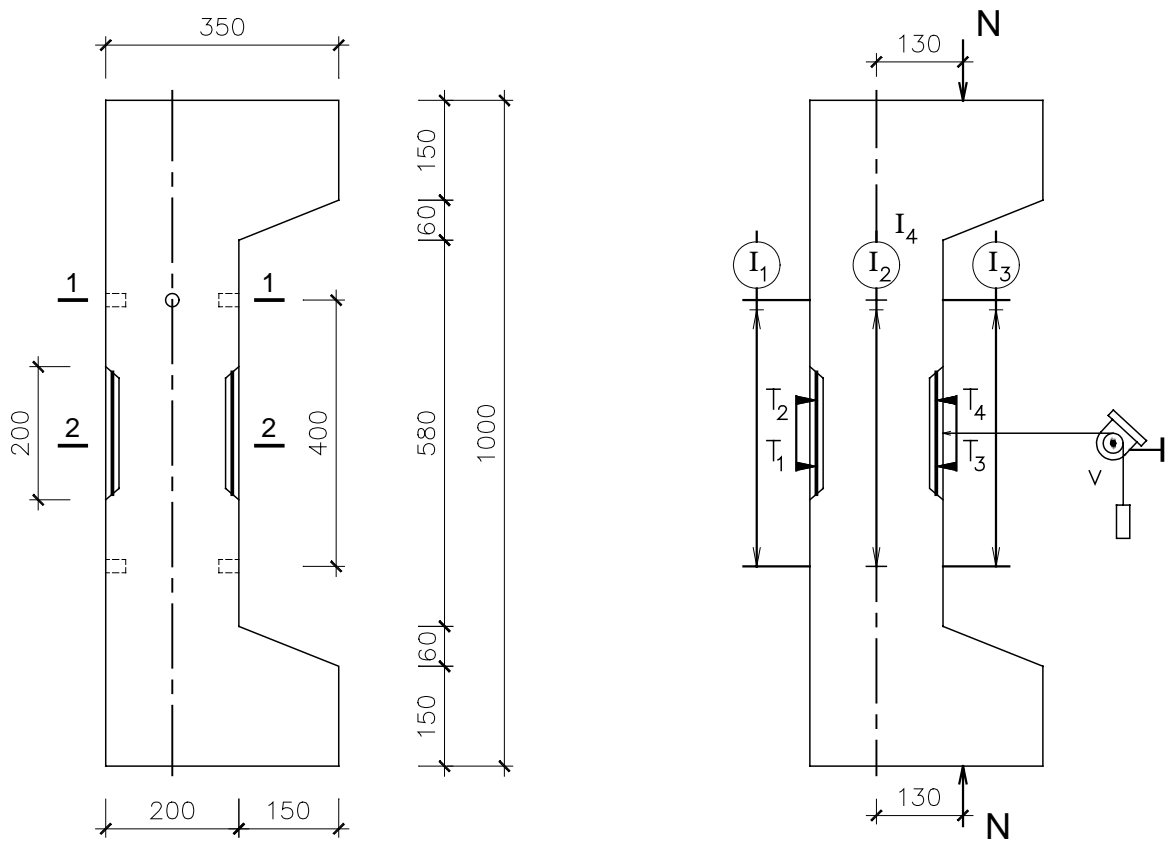
3. TÍNH KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA CỘT THEO LÝ THUYẾT :

Tải trọng P tác dụng lên cột với độ lệch tâm e tạo nên mômen $M = P \cdot e$

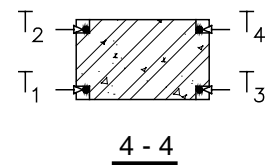
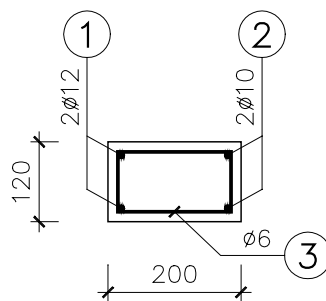
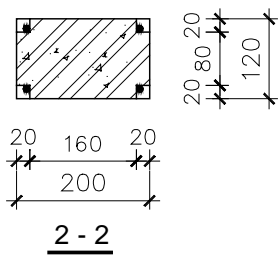
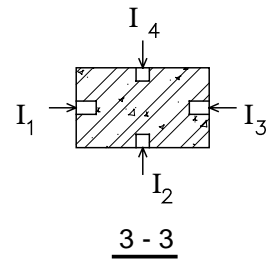
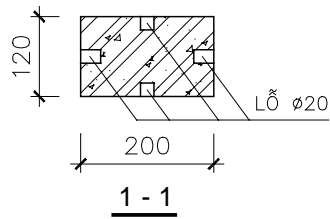
Dựa vào biểu thức cân bằng nội lực, ta có :

$$M = P \cdot e = R_n \cdot b \cdot h_o^2 \cdot A_o + R_a \cdot F_a' \cdot (h_o - a')$$

Trị số của A_o được xác định qua tra bảng nhờ hệ số α . Hệ số α được xác định bằng :



HÌNH 1 : SƠ ĐỒ CẤU TẠO CỘT VÀ BỐ TRÍ DỤNG CỤ ĐO.



$$\alpha = \frac{R_a \cdot F_a - R_a \cdot F_a'}{R_n \cdot b \cdot h_o} = \frac{2100 \cdot (2,26 - 1,57)}{90 \cdot 12 \cdot 16} = 0,08 \Rightarrow A = 0,077.$$

Khả năng chịu lực bằng :

$$P = \frac{1}{e} [R_n \cdot b \cdot h_o^2 \cdot A + R_a \cdot F_a' (h_o - a')] = \frac{1}{13} [90 \cdot 12 \cdot 16^2 \cdot 0,077 + 2100 \cdot 1,57 \cdot (16 - 4)] = 4681$$

Kg.

Tải trọng phá hoại : $P_{ph} = 2 \cdot P = 2 \cdot 4681 = 9362$ Kg (lấy tròn 9 tấn).

Tải trọng gây nứt với độ mở rộng mắt thường quan sát được :

$$P_{nứt} = 1,4 \cdot P = 1,4 \cdot 4681 = 7021,5 \text{ (lấy tròn 7 tấn).}$$

4. BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM :

Mô hình thí nghiệm được dựng lắp trên hệ thống thiết bị nén cột chuyên dụng. Lực tác dụng vào cột truyền qua 2 con lăn nằm song song với trục của cột và cách trục cột một khoảng bằng độ lệch tâm $e = 13$ cm (hình 2).

Trong thí nghiệm này, ta đo ứng suất trong bê tông bằng indicatơ có chuẩn đo $L = 400$ mm (lắp trên mỗi mặt của thân cột). Đo ứng suất trong cốt thép bằng tenzomet đôn có chuẩn đo 20mm. Theo dõi độ cong bằng võng kế.

5. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM :

Sinh viên thực hiện thí nghiệm theo trình tự các bước sau :

Bước 1 : gia tải thử với 2 cấp đầu tiên, kiểm tra sự làm việc của dụng cụ đo và hệ thống thí nghiệm.

Bước 2 : thí nghiệm lấy số liệu đo.

Trình tự gia tải theo các cấp như đối với thí nghiệm dàn. Cần lưu ý ở các giá trị $P = 6000 \div 7000$ Kg, sau mỗi cấp cần dừng 10 ÷ 15 phút để quan sát phát hiện vết nứt đầu tiên và sau đó theo dõi sự phát triển các vết nứt cũ và hình thành các vết nứt mới (đánh dấu bằng bút chì trên bề mặt bê tông song song với đường nứt).

Để đảm bảo an toàn cho dụng cụ đo, chúng cần được tháo dỡ ngay khi xuất hiện vết nứt đầu tiên. Riêng với võng kế có thể giữ lại để tiếp tục theo dõi độ cong cho đến khi cột bị phá hoại.

6. TÍNH TOÁN KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM :

Sinh viên cần tính toán những nội dung sau :

- Xác định ứng suất phân bố trong tiết diện bê tông cột. Xác định vị trí trục trung hòa.
- Xác định ứng suất trong cốt thép.
- Vẽ biểu đồ phân bố nội lực trong tiết diện cột (ở cấp trước khi nứt).
- Vẽ biểu đồ quan hệ giữa tải trọng tác dụng và độ cong của cột.
- Vẽ sơ đồ phá hoại cột.

7. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN :

- Về khả năng chịu lực của cột.
- Về hình ảnh và trạng thái phá hoại cột.

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 4 : THÍ NGHIỆM DẦM BÊTÔNG CỐT THÉP CHỊU UỐN.

Dầm chịu uốn loại kết cấu thường gặp nhất trong các công trình xây dựng. Qua thí nghiệm này, chúng ta được quan sát sự làm việc của các vùng bê tông trong tiết diện, quá trình biến dạng, hình thành vết nứt, khớp dẻo và mất ổn định tiến tới phá hoại.

1. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM :

- Xác định sự phân ứng suất trong tiết diện bê tông cốt thép chịu uốn thuần túy trong giai đoạn chưa hình thành vết nứt.
- Xác định các giai đoạn làm việc của dầm và giá trị tải trọng tương ứng.
- Xác định hệ số an toàn của dầm tương ứng với các trạng thái giới hạn.

2. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM :

2.1. Mô hình dầm bê tông cốt thép :

Dầm bê tông cốt thép chịu uốn với nhịp $l = 2,6\text{m}$ chịu tác dụng của hai lực tập trung cách gối $0,8\text{m}$ (hình 1).

Dầm có tiết diện chữ nhật $b \times h = 10 \times 16\text{cm}$. Cốt thép làm việc trong tiết diện gồm $2\phi 8$ trong vùng nén và $2\phi 10$ trong vùng kéo. Bê tông mác M200#, cốt thép AI.

2.2. Tính toán khả năng chịu lực của dầm :

Bỏ qua cốt thép vùng nén ta có :

$$R_a \cdot F_a = \alpha \cdot R_n \cdot b \cdot h_o \Rightarrow \alpha = \frac{R_a \cdot F_a}{R_n \cdot b \cdot h_o} = \frac{2100 \cdot 1,57}{90 \cdot 10 \cdot 14} = 0,26$$

Tra bảng với $\alpha = 0,26$ có $A = 0,226$

$$\Rightarrow M = A \cdot R_n \cdot b \cdot h_o^2 = 0,226 \cdot 90 \cdot 10 \cdot 14^2 = 39866 \text{ Kg.cm}$$

Theo sơ đồ làm việc của dầm ta có mômen do tác dụng của ngoại lực P là :

$$M = P \cdot l_1 \Rightarrow P = \frac{M}{l_1} = \frac{39866}{80} = 498 \text{ Kg.}$$

Lực phá hoại : $P_{\text{phá hoại}} = 2 \cdot P = 2 \cdot 498 = 996 \text{ Kg}$ (lấy tròn 1000 Kg).

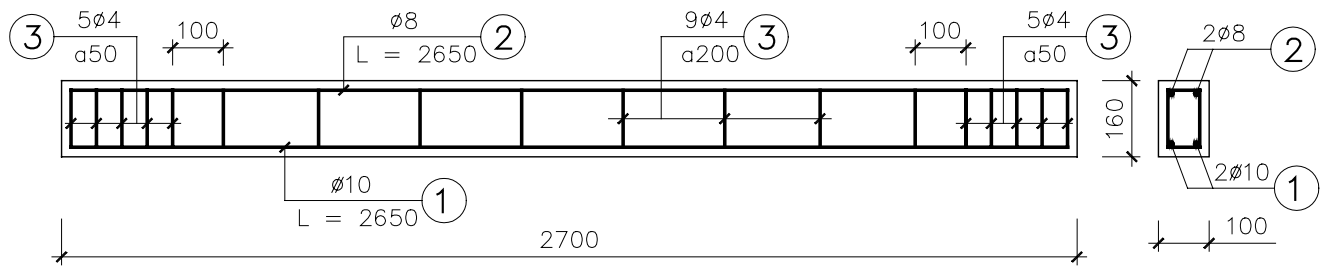
3. BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM :

Để phù hợp với sơ đồ làm việc như hình 1 ta bố trí hệ gia tải dầm theo sơ đồ hình 3.

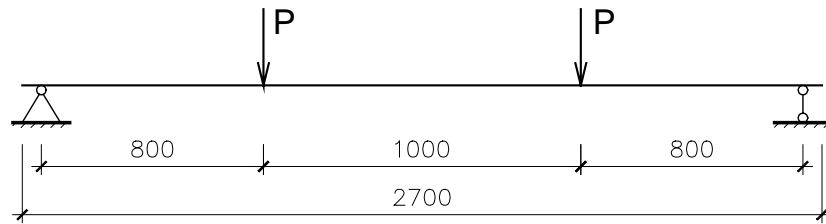
Trong thí nghiệm này dùng kích thủy lực 5 tấn, đồng hồ Kg/cm^2 . Giá trị mỗi vạch đồng hồ tương ứng với 5 Kg trên kích.

Đo ứng suất trong bê tông tại tiết diện giữa nhịp bằng tenzomet tròn có chuẩn đo $L = 10\text{cm}$

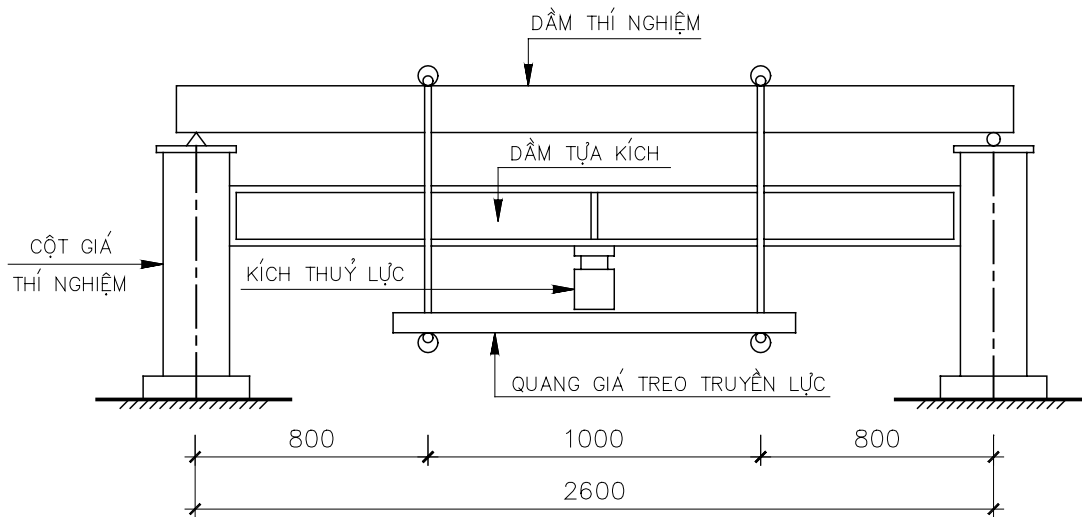
Đo độ võng dầm bằng võng kế và indicatơ theo hình 4.



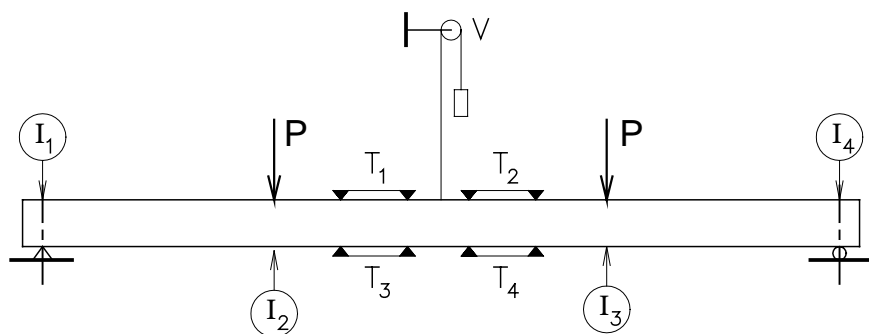
HÌNH 1 : CẤU TẠO DẪM.



HÌNH 2 : SƠ ĐỒ TẢI TRỌNG.



HÌNH 3 : SƠ ĐỒ BỐ TRÍ THIẾT BỊ GIA TẢI DẪM.



HÌNH 4 : SƠ ĐỒ BỐ TRÍ THIẾT ĐO.

4. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM :

Cấp tải trọng lấy bằng 1/10 giá trị tải trọng phá hoại dầm, tức là 100 Kg/cấp.

Trước khi thí nghiệm lấy kết quả đo cần gia tải thử kiểm tra với 3 cấp đầu tiên, sau đó hạ tải về không ($P = 0$). Đọc các số liệu ban đầu (tương ứng với $P = 0$) ở các dụng cụ đo.

Tiếp tục tiến hành thí nghiệm với từng cấp tải trọng qui định.

Sau mỗi cấp tải cần giữ nguyên giá trị tải trọng từ 3 ÷ 5 phút rồi tiến hành đọc số liệu trên các dụng cụ đo.

Kết quả đo được ghi vào bảng tương tự bài thí nghiệm số 1.

5. TÍNH TOÁN KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM :

5.1. Xác định ứng suất trong bê tông :

$$\sigma_b = \varepsilon \cdot E = \frac{(c_{iT} - c_{oT})}{K_T \cdot L_T} E_b.$$

Trong đó :

$(c_{iT} - c_{oT})$: hiệu số số đọc trên tenzomet giữa cấp tải thứ i và số đọc ban đầu.

E_b : môđun biến dạng của bê tông.

$K_T = 1000$: hệ số phóng đại của tenzomet đòn.

$L_T = 100\text{mm}$: chuẩn đo của tenzomet.

5.2. Xác định độ võng :

$$f = \frac{m_i - m_o}{K}.$$

Kết quả tính toán ghi vào bảng như bài thí nghiệm số 1.

Trên cơ sở tính toán ứng suất và độ võng, vẽ biểu đồ thể hiện mối quan hệ $P - \sigma$ và biểu đồ $P - f$ tại giữa nhịp.

6. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN :

- Về trạng thái ứng suất biến dạng của dầm bê tông cốt thép chịu uốn.
- Về các giai đoạn làm việc của dầm, hình ảnh, diễn biến, quá trình phá hoại, sự hình thành khớp dẻo.
- Về khả năng chịu lực và hệ số an toàn của dầm.

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 5 : THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH CẦU DÂY VẰNG CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG.

Các công trình cầu giao thông, cầu thang băng truyền tải, kết cấu dầm, cầu trục ... chịu tác dụng lực chủ yếu là tải trọng động. Trong thực tế, các lực động tác dụng lên kết cấu rất phức tạp. Để nghiên cứu sự làm việc của nó thường đề cập đến việc xác định biểu đồ giao động của công trình. Sau đây ta sẽ làm quen với thí nghiệm mô hình cầu dây văng dưới tác dụng của tải trọng động theo phương thẳng đứng.

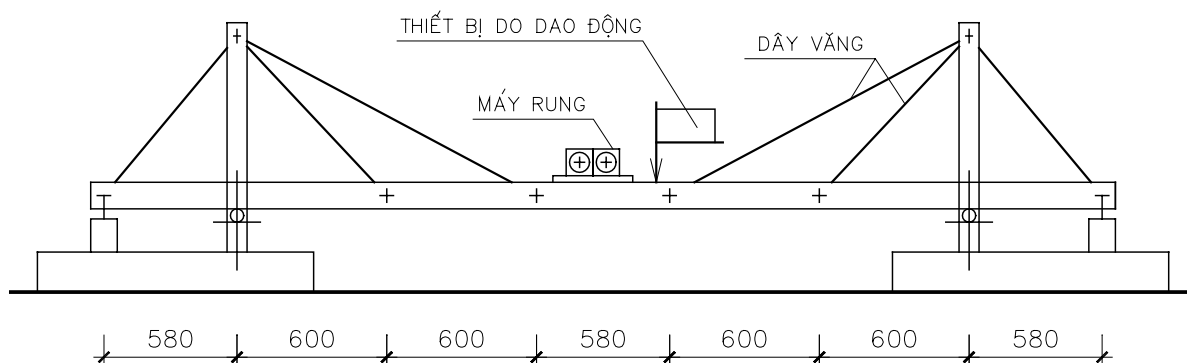
3. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM :

- Vẽ biểu đồ dao động của tiết diện vùng giữa nhịp cầu với lực tác dụng của máy rung và lực xung kích.
- Xác định các giá trị đặc trưng của dao động bản thân mô hình ứng với thời điểm xuất hiện dao động cộng hưởng.

4. MÔ HÌNH CẦU DÂY VẰNG VÀ BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM :

Kết cấu cầu dây văng là một dạng kết cấu nhẹ, hỗn hợp bao gồm hệ dầm liên tục và dây văng treo trên các gối trụ. Dạng loại kết cấu này có thể thiết kế nhịp cầu dài hàng trăm mét.

Trên mô hình thí nghiệm (hình 1) dầm cầu có tiết diện hộp được ghép từ 2 thép góc L32×32×3 treo trên hệ dây cáp $\phi 4$ tập trung tại nút đỉnh hai trụ A và B. Hai đầu dầm tựa trên hai gối phụ C, D. Tải trọng tác dụng tại giữa nhịp cầu là máy rung. Theo cấu tạo nó chỉ gây nên tải trọng thay đổi theo phương thẳng đứng với quy luật hình sin (hình 2). Biểu đồ dao động được ghi bằng dao động kế cầm tay, trên đó có đánh dấu vạch chỉ thời gian. Độ lớn của biên độ vẽ theo tỉ lệ 1 : 1 hay 1 : 5 tùy thuộc vào việc đo trực tiếp hay qua đầu gá.



5. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM :

Biểu đồ dao động cần được ghi nhận trong hai trường hợp sau đây :

- Dưới tác dụng của lực xung kích : dùng búa gõ lên dầm, ngay lúc đó cho dao động kế làm việc. Ta ghi được biểu đồ dao động tự do của cầu có dạng tắt dần.
- Dưới tác dụng của máy rung : điều khiển tốc độ dao động của máy rung, quan sát thời điểm cộng hưởng. Sau đó lặp lại thí nghiệm cho dao động kế ghi nhận biểu đồ quá trình cộng hưởng (kể cả trước và sau cộng hưởng).

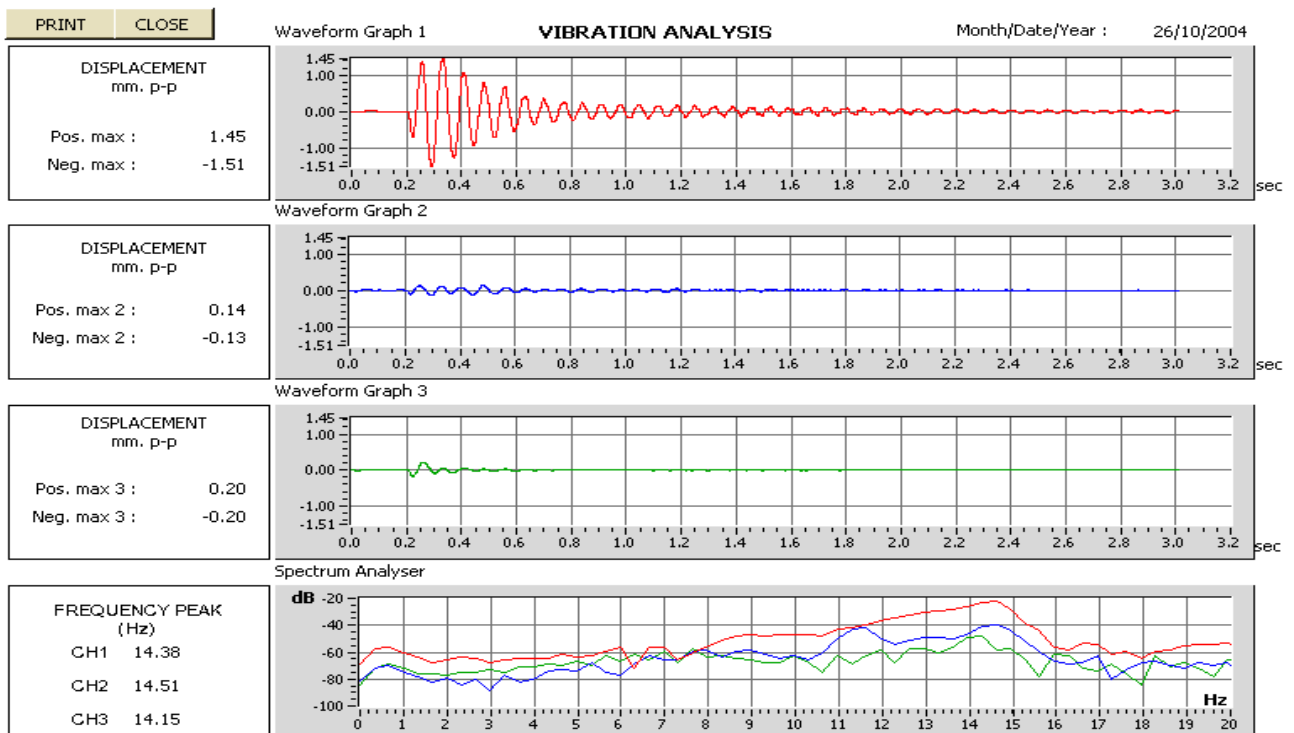
6. TÍNH TOÁN KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM :

Quan sát bằng giấy ghi biểu đồ dao động thu được bằng dao động kế, ta chọn 2 hình biểu đồ cho dạng dao động đặc trưng quá trình dao động tắt dần và dao động cộng hưởng. Vẽ lại các biểu đồ theo tỉ lệ và tính các đại lượng đặc trưng của dao động gồm : biên độ A, tần số f và chu kỳ T.

Đơn vị đo : thời gian tính bằng giây (độ chính xác tới 1/10 giây). Độ dài tính bằng mm (độ chính xác tới 1/10mm).

7. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN :

- Về dạng dao động của mô hình.
- Về vai trò của hiện tượng cộng hưởng đối với công trình chịu tải trọng động.



Biểu đồ dao động cộng hưởng do máy đo dao động kỹ thuật số ghi.