

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 khoảng 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.

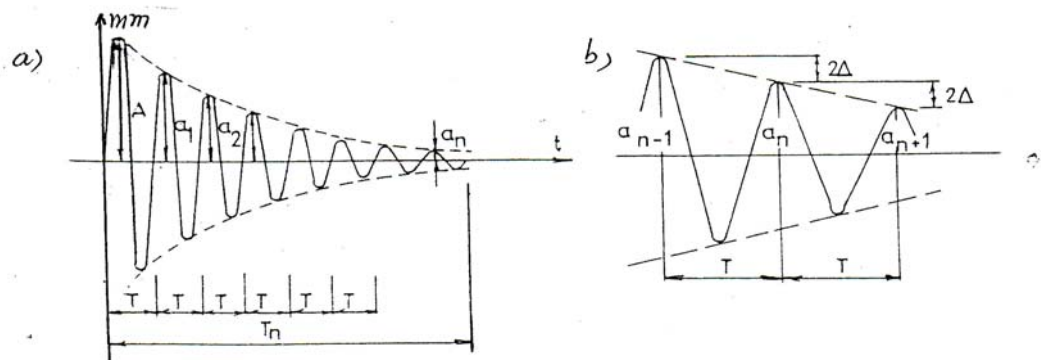
1.2 Sự làm việc của kết cấu dưới tác dụng động

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 $f=1/T(\text{Hz})$;
- ◆ 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 :

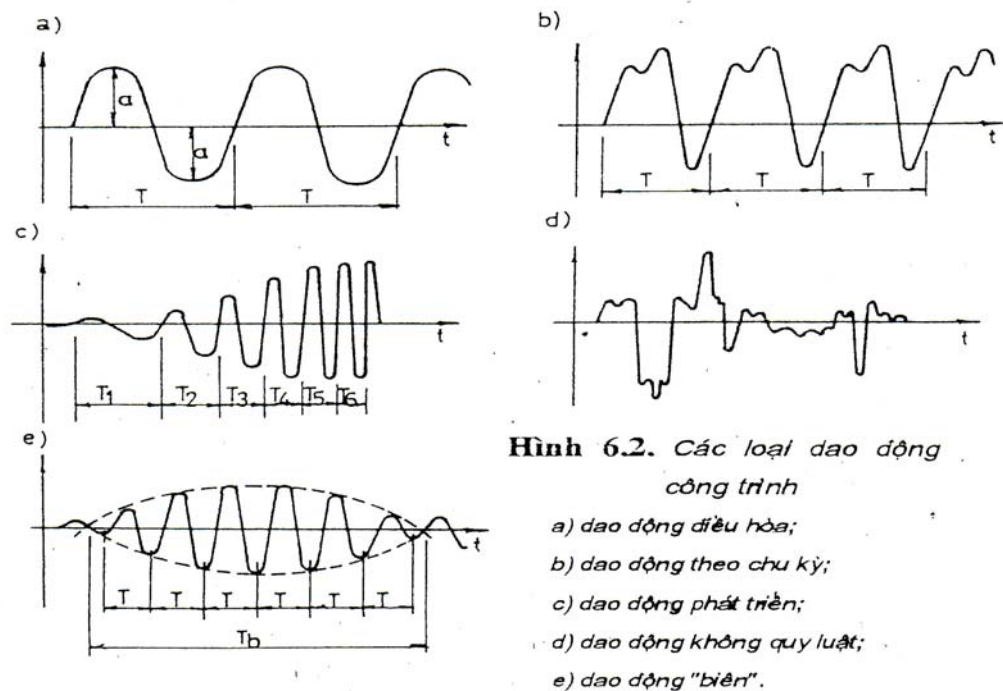
$$z = a \sin(\omega t + \alpha)$$

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 UŞ-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 phục cho phép phán đoán về quá trình thay đổi trạng thái của chúng theo thời gian. Với mục đích này, các thí nghiệm động có thể được thực hiện :

- ◆ Theo sự hoạch định trước của điều kiện kỹ thuật đối với quá trình khai thác sử dụng công trình;
- ◆ Sau lúc sửa chữa, gia cường;
- ◆ Khi tồn tại những nghi ngờ về khả năng chịu lực cũng như độ cứng của công trình (do han gỉ hay 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.

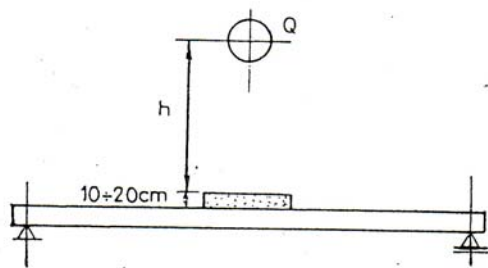
3.2. Tải trọng thí nghiệm chuyên dùng.

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.

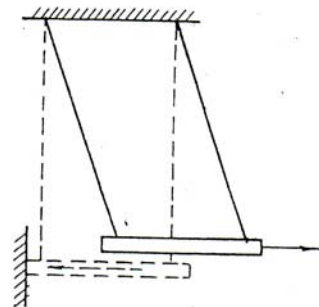
1. Tải trọng xung kích (va chạm)

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 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 $h = 2,0 - 2,5\text{m}$. 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 mô 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)

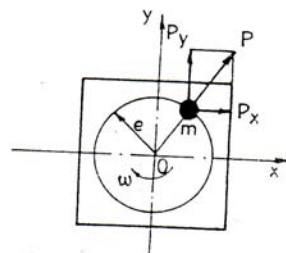
Khi giữ nguyên được tốc độ quay ω thì cường độ của lực ly tâm không thay đổi, nhưng phương tác dụng của lực liên tục thay đổi. Các thành phần lực nằm ngang P_x và thẳng đứng P_y sẽ tác dụng vào kết cấu thí nghiệm và thay đổi theo quy luật điều hòa :

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

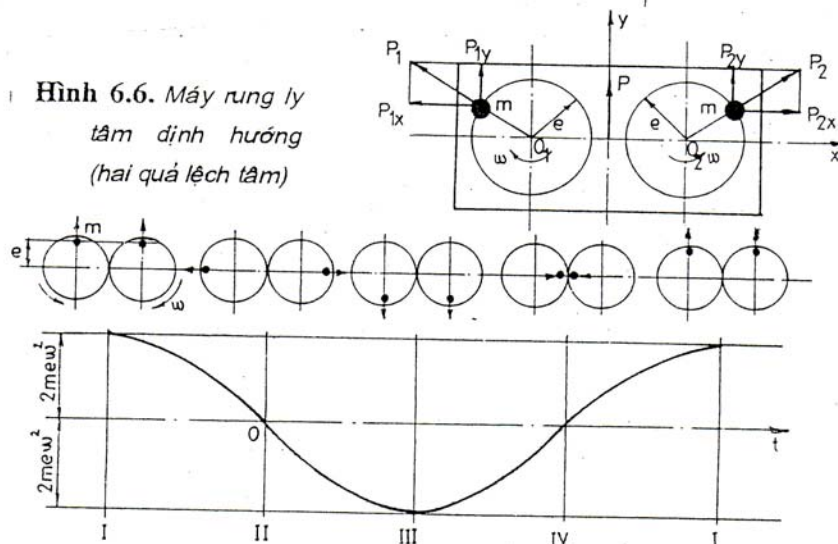
Ở đây, ωt - góc đặc trưng cho vị trí của khối lượng m tại thời điểm khảo sát.

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:

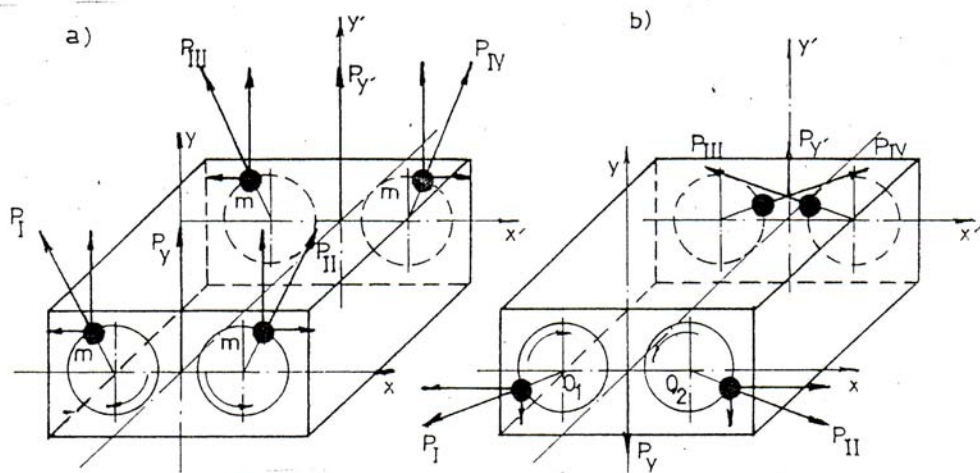
$$P_y(t) = 2m e \omega^2 \sin \omega t$$

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

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 $P_{y'}(t)$ 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.

$$M_k = \sum \omega m_i e_i$$

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.

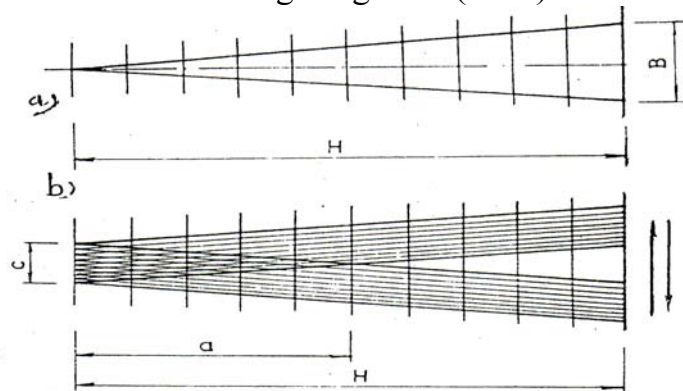
4.2. Đo rung động của kết cấu công trình.

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

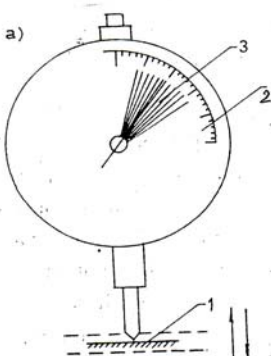


Theo tính đồng dạng của tam giác, ta có thể xác định giá trị chuyển vị c (biên độ dao động) của kết cấu tại vị trí đo bằng :

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

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.



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

Hình 6.10

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

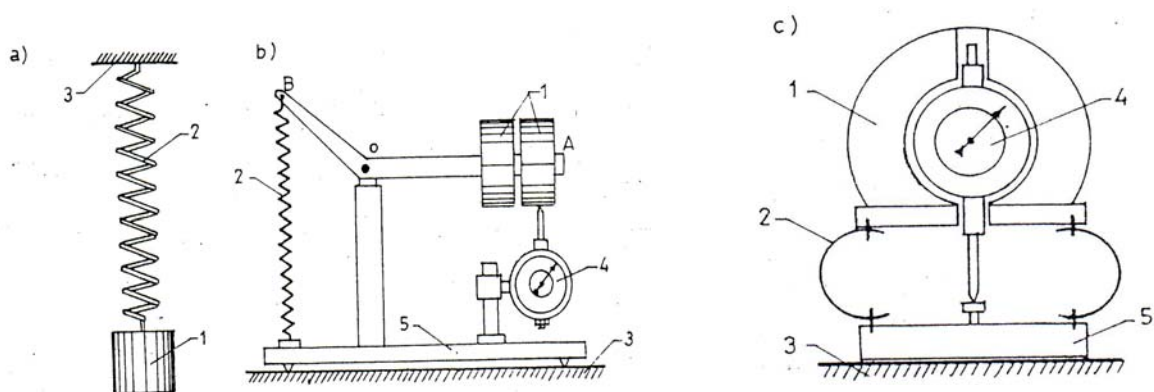
Điều kiện cơ bản để đo đúng là trong quá trình kết cấu rung động, luôn đảm bảo thanh chuyển động của đồng hồ tiếp xúc với điểm đo chuyển vị; điều này chỉ thực hiện được khi trong tất cả các pha dao động, lực quán tính của thanh chuyển động của đồng hồ không vượt quá lực kéo của lò xo trong đồng hồ.

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, chậm chạp 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 đỡ

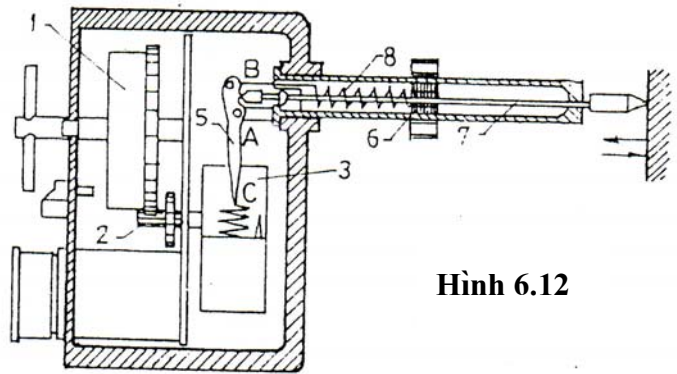
b. Máy đo rung động cầm tay (h. 6.12)

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 dùng dụng cụ này có thể cầm tay để đo trực tiếp sự rung động của công trình không yêu cầu phải có điểm gá lắp máy cố định.

Cấu tạo của máy đo gồm vỏ máy, trên đó có gắn ống (6), trong ống có thanh 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 bàn ghi, trong thiết bị đã dùng hộp khối 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 (năm 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.

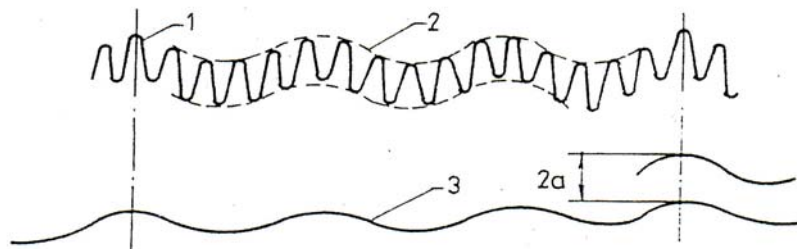
Các dao động theo chu kỳ thường là tổ hợp của một số các dao động điều hòa. Đối với loại dao động này cần xác định các chỉ tiêu sau:

- ◆ 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.

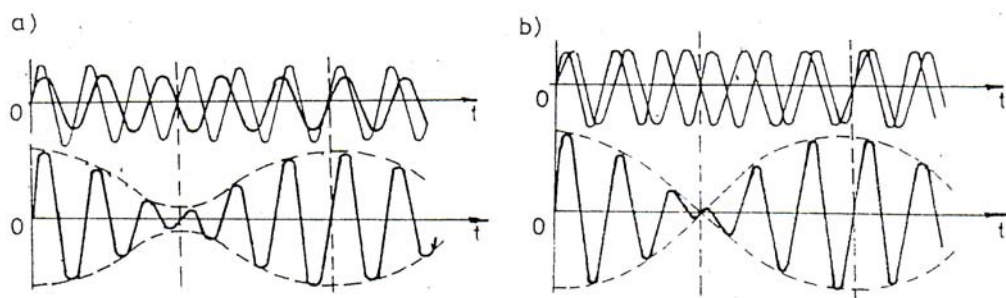
Trên hình 6.13 là biểu đồ ghi được từ quá trình dao động gồm hai dao động hình sin có tần số khác nhau. Hai đường bao (2) tạo thành bằng cách nối các đỉnh cùng phía của biểu đồ ghi được sẽ cho dạng dao động của thành phần có tần số thấp (3); bề rộng $2a$ của dải ở giữa hai đường bao trên và dưới bằng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