

HAI CẢI TIẾN TRONG GIẢNG DẠY MÔN SỨC BỀN VẬT LIỆU

TWO IMPROVEMENTS IN TEACHING THE SUBJECT OF MATERIAL DURABILITY

HOÀNG ĐÌNH TRÍ(*) và ĐOÀN VĂN ĐÀO(**)

TÓM TẮT: Xác định nội lực tại một tiết diện thanh, vẽ biểu đồ nội lực cho hệ thanh chịu tải trọng là yêu cầu quan trọng nhất của môn sức bền vật liệu. Nội dung được đề cập trong bài viết là đưa ra quy tắc xác định nhanh nội lực tại một tiết diện thanh với cách xét dấu đơn giản, dễ thực hành. Thêm vào đó, cách đơn giản trong thực hành phương pháp thông số ban đầu. Hai cải tiến này sẽ giúp giảng dạy của giáo viên đơn giản, thực dụng hơn và giúp sinh viên thực hành nhanh hơn.

Từ khóa: nội lực; tiết diện thanh; phương pháp thông số ban đầu.

ABSTRACT: Determining internal force at a bar section, drawing internal force diagrams for the load-bearing bar system is the most important requirement of the subject material durability. The content mentioned in this article is to provide a principle for quickly determining the internal force at a bar section with a simple and easy to practice check mark. In addition, the simple way in practicing the initial parameter method. These two improvements will make the teacher's teaching simpler, more practical and help students practice faster.

Key words: internal force; bar section; initial parameter method.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Xác định nhanh nội lực tại một tiết diện thanh

Để vẽ biểu đồ nội lực cho hệ thanh tĩnh định, ta phải xác định nội lực tại một tiết diện của thanh. Cách thông dụng mà ta thường làm như trình bày trong tài liệu [1] là thực hiện đầy đủ các bước của phương pháp mặt cắt. Nhược điểm của cách tính này là phải vẽ nhiều phần của hệ, viết và giải nhiều phương trình cân bằng. Để khắc phục nhược điểm này, Vũ Đình Lai và các tác giả khác [2] đã đưa ra cách xác định trực tiếp nội lực tại một tiết diện thanh theo ngoại lực đã biết của một phần hệ như các quy tắc 2-1, 7-1, 8-1 với thanh thẳng chịu lực cơ bản: Kéo (nén) đứng tâm, xoắn và uốn. Song các quy tắc này lại ở dạng rất tổng quát và đặc biệt là cách xét dấu nội lực lại rất chung chung, nên không dễ áp dụng. Vì vậy, có hai vấn đề cần đặt ra ở đây là đưa ra biểu thức cụ

thể xác định nội lực N_z , M_z , M_x , Q_y và cách xác định dấu nội lực tại một tiết diện thanh.

1.2. Cách thực hành đơn giản trong phương pháp thông số ban đầu

Phương pháp thông số ban đầu được ứng dụng rộng rãi trong cơ học công trình. Trong môn Sức bền vật liệu, phương pháp thông số ban đầu dùng để xác định chuyển vị cho dầm trên gối tựa cứng và xác định chuyển vị, nội lực cho dầm trên nền đàn hồi. Phương pháp thông số ban đầu khá phức tạp và có khối lượng tính toán lớn. Theo các tác giả Phạm Ngọc Khánh và các tác giả khác [1], Vũ Đình Lai và các tác giả khác [2] để thực hành theo phương pháp này, ngoài công thức truy hồi và bảng các thông số ban đầu, ta còn phải biết phương trình chuyển vị, nội lực của đoạn dầm đầu tiên. Yêu cầu này làm tăng tính phức tạp của phương pháp thông số ban đầu. Mặt khác khi lập bảng

(*) PGS.TS. Trường Đại học Văn Lang, Mã số: TCKH25-06-2021

(**) TS. Trường Đại học Văn Lang, daodvhwru47@gmail.com

thông số ban đầu đã đưa ra nhiều ký hiệu và các thông số ban đầu lại lặp đi lặp lại nhiều lần nên bất tiện trong thực hành. Vì vậy, nghiên cứu cải tiến nhằm đơn giản hóa phương pháp thông số ban đầu là cần thiết. Kết hợp giữa lý thuyết chung của hai vấn đề quan tâm với thực tiễn giảng dạy nhiều năm của các chúng tôi. Tóm lại có hai vấn đề cần nghiên cứu cải tiến là: đưa ra quy tắc xác định nhanh nội lực tại một tiết diện thanh; cách thực hành đơn giản trong phương pháp thông số ban đầu.

2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU, CẢI TIẾN

Từ viết tắt: Phần xét: PX, hình chiếu: hc, tiếp tuyến trục thanh tại K: tk, vuông góc với tiếp tuyến trục thanh tại K: vtk.

2.1. Xác định nhanh nội lực tại một tiết diện thanh

Qua nghiên cứu, chúng tôi đã đưa ra biểu thức đơn giản xác định nội lực tại một tiết diện thanh và đặc biệt là đề xuất cách xét dấu nội lực để áp dụng hơn. Cách xét dấu nội lực thông thường là so sánh chiều của ngoại lực với chiều dương quy ước của nội lực để biết nội lực tại tiết diện K mang dấu gì? Cách xét dấu nội lực của tác giả là chỉ dựa vào chiều của ngoại lực phần xét là biết ngay dấu của nội lực tại tiết diện K. Sau đây sẽ lần lượt trình bày kết quả xác định nhanh nội lực tại tiết diện K bất kỳ của thanh thẳng, thanh cong với các trường hợp chịu lực khác nhau.

2.1.1. Thanh thẳng chịu kéo (nén) đúng tâm

Lực dọc N_z tại tiết diện K của thanh chịu kéo (nén) đúng tâm:

$$N_z = \sum z(P_i)^{PX} \quad (\text{quy tắc 1})$$

$\sum z(P_i)^{PX}$ là tổng hình chiếu của các ngoại lực P_i của phần xét lên phương dọc trục thanh (phương z).

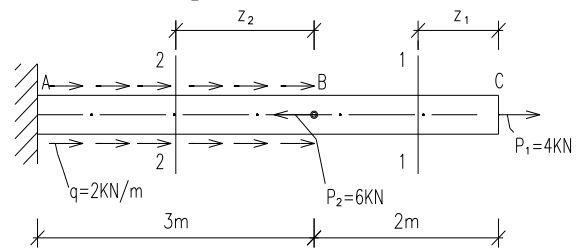
Xét dấu N_z : nếu ngoại lực P_i có chiều ra khỏi tiết diện K, thì $N_z > 0$ (kéo), có chiều ngược lại, $N_z < 0$ (nén).

Chú ý: Với thanh hai đầu khớp để xác định lực dọc trong thanh, ta thường dùng phương trình cân bằng mô men kết hợp với phương trình hình chiếu của phần xét.

Ví dụ 1: Xác định biểu thức lực dọc cho thanh trên hình 1. Chia thanh làm hai đoạn, áp dụng quy tắc 1:

+ Đoạn BC: (Mặt cắt 1-1, xét phần phải): $N_z = +P_1 = +4 \text{ KN}$.

+ Đoạn AB: (Mặt cắt 2-2, xét phần phải): $N_z = +P_1 - P_2 + qz_2 = 2z_2 - 2$



Hình 1

2.1.2. Thanh thẳng chịu xoắn

Nội lực M_z tại tiết diện K của thanh chịu xoắn:

$$M_z = \sum m_z(P_i)^{PX} \quad (\text{quy tắc 2})$$

$\sum m_z(P_i)^{PX}$ là tổng mô men quay quanh trục thanh cho từng ngoại lực P_i của phần xét.

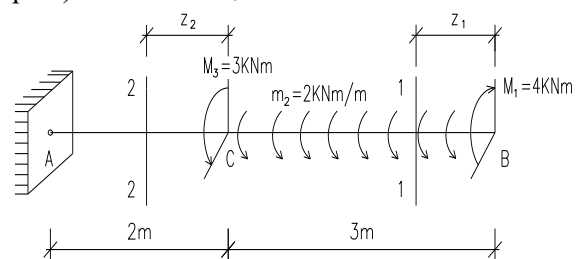
Xét dấu M_z : Nếu nhìn vào tiết diện K của phần xét, ngoại lực P_i quay ngược chiều kim đồng hồ quanh trục thanh thì $M_z > 0$, quay thuận kim đồng hồ $M_z < 0$.

Ví dụ 2: Xác định biểu thức mô men xoắn cho thanh trên hình 2.

Chia thanh làm 2 đoạn, áp dụng quy tắc 2:

+ Đoạn CB (dùng mặt cắt 1-1, xét phần phải): $M_z = +M_1 - m_2z_1 = 4 - 2z_1$

+ Đoạn CA (dùng mặt cắt 2-2, xét phần phải): $M_z = +M_1 - M_3 - m_2z_3 = -5 \text{ KNm}$



Hình 2

2.1.3. Thanh thẳng chịu uốn

Nội lực Q_y và M_x tại tiết diện K của thanh chịu uốn ngang phẳng:

$$Q_y = \sum y(P_i)^{PX} \quad (\text{quy tắc 3})$$

$\sum y(P_i)^{PX}$ là tổng hình chiếu lên phương vuông góc với trục thanh cho từng ngoại lực P_i của phần xét.

Xét dấu Q_y : khi P_i quay thuận kim đồng hồ quanh trục trung hòa của tiết diện K thì $Q_y > 0$ (quay ngược kim đồng hồ $Q_y < 0$)

$$M_x = \sum m_x(P_i)^{PX} \quad (\text{quy tắc 4})$$

$\sum m_x(P_i)^{PX}$ là tổng mô men các lực P_i của phần xét, quanh trục trung hòa của tiết diện K.

Xét dấu M_x : khi P_i làm tiết diện K căng dưới: $M_x > 0$ (làm căng trên $M_x < 0$).

Để xét dấu nhanh nội lực tại K ta đưa phần xét về dầm công xôn (ngàm tại tiết diện K, bỏ hết liên kết của phần xét).

Ví dụ 3: Xác định biểu thức nội lực cho dầm trên hình 3.

Xác định phản lực và chia dầm làm 2 đoạn AC, CB.

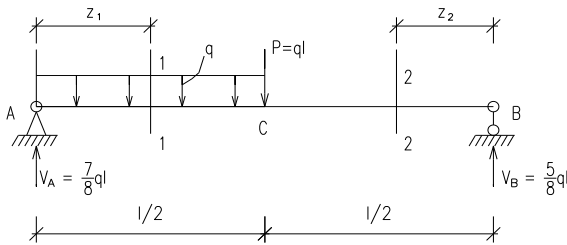
Đoạn AC (dùng mặt cắt 1-1, xét phần trái):

$$Q_y = +V_A - qz_1 = \frac{7}{8}ql - qz_1$$

$$M_x = +V_A z_1 - qz_1 \cdot \frac{1}{2} z_1 = +\frac{7}{8}qlz_1 - \frac{1}{2} qz_1^2$$

Đoạn BC (dùng mặt cắt 2-2, xét phần phải):

$$Q_y = -V_B = -\frac{5}{8}ql; M_x = +V_B \cdot z_2 = +\frac{5}{8}qlz_2$$



Hình 3

Chú ý: Với thanh chịu lực phức tạp, ta vận dụng đồng thời các quy tắc 1, 2, 3, 4 để xác định các thành phần nội lực tại một tiết diện thanh.

2.1.4. Xác định nội lực N_z , Q_y , M_x tại tiết diện K của thanh cong phẳng chịu lực bất kỳ trong mặt phẳng thanh

Vận dụng các quy tắc 1,3,4 sẽ có quy tắc xác định N_z , Q_y , M_x tại tiết diện K của thanh cong như sau:

$$N_z = \sum hc(P_i)_{tk}^{PX} \quad (\text{quy tắc 5})$$

$\sum hc(P_i)_{tk}^{PX}$ là tổng hình chiếu theo phương tiếp tuyến của trục thanh tại tiết diện K cho từng ngoại lực P_i của phần xét.

Xét dấu N_z : Thành phần theo phương tk của ngoại lực P_i đi ra khỏi K thì $N_z > 0$ (đi vào K thì $N_z < 0$).

$$+ Q_y = \sum hc(P_i)_{vtk}^{PX} \quad (\text{quy tắc 6})$$

$\sum hc(P_i)_{vtk}^{PX}$ là tổng hình chiếu theo phương vuông góc với tiếp tuyến của trục thanh tại tiết diện K cho từng ngoại lực P_i của phần xét.

Xét dấu Q_y : Nếu ngoại lực P_i quay thuận kim đồng hồ quanh trục trung hòa của tiết diện K thì $Q_y > 0$ (quay ngược chiều kim đồng hồ $Q_y < 0$).

Chú ý: Quy tắc xét dấu này chỉ đúng khi phần xét là phần bên trái K với K nằm bên trái đỉnh thanh cong và khi phần xét là phần bên phải K với K bên phải đỉnh thanh cong. $M_x = \sum m_x(P_i)^{PX}$ (quy tắc 7).

$\sum m_x(P_i)^{PX}$ là tổng mô men quay quanh trục trung hòa của tiết diện K cho từng ngoại lực P_i của phần xét.

Xét dấu M_x : Ngoại lực P_i làm căng dưới tại K thì $M_x > 0$ (làm căng trên $M_x < 0$). Tương tự phần xét là thanh công xôn, ngàm tại tiết diện K, ta dễ dàng xác định được P_i làm căng phía nào của tiết diện K.

Ví dụ 4: Xác định giá trị nội lực tại tiết diện D và F cho thanh cong cho trên hình 4.

Tính $\sin \alpha_k$, $\cos \alpha_k$ của góc hợp bởi tiếp tuyến với trục thanh với phương nằm ngang tại các tiết diện D và F:

$$y_D' = 0,64 \rightarrow \sin \alpha_D = 0,5391$$

$$\cos \alpha_D = 0,8423$$

$$|y_F'| = 0,96 \rightarrow \sin \alpha_F = 0,6926$$

$$\cos \alpha_F = 0,7215$$

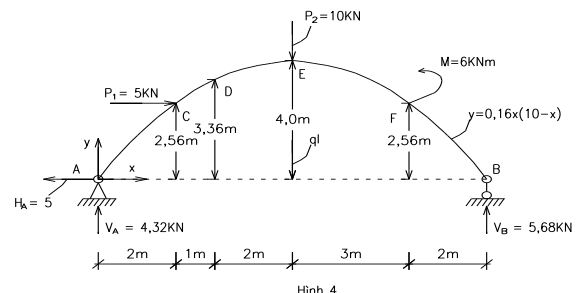
Tiết diện D (xét phần trái):

$$N_z = -V_A \sin \alpha_D + (+H_A - P_1) \cos \alpha_D$$

$$= -2,33 \text{ KN}$$

$$Q_y = +V_A \cos \alpha_D + (+H_A - P_1) \sin \alpha_D$$

$$= +3,64 \text{ KN}$$



Hình 4

$$M_x = +V_A x_D + H_A y_D - P_1 (y_D - y_C) = +25,76 \text{ KNm}$$

Tiết diện D (xét phần phải):

$$N_z = -V_B \sin \alpha_F = -3,93 \text{ KN}$$

$$Q_y = -V_B \cos \alpha_F = -4,1 \text{ KN}$$

$$M_x^{Tr} = +V_B \cdot 2 + M = +17,36 \text{ KNm}$$

$$M_x^{Ph} = +V_B \cdot 2 = +11,36 \text{ KNm}$$

2.2. Cách thực hành đơn giản trong phương pháp thông số ban đầu

Để không cần biết phương trình chuyển vị, phương trình nội lực của đoạn thanh đầu tiên, ta chỉ cần tưởng tượng có thêm đoạn 0 ngay trước đoạn 1 của dầm. Đoạn 0 có phương trình độ võng $y_0(z) = 0$ (tức góc xoay, ngoại lực, nội lực đều bằng không). Để bảng thông số ban đầu ngắn gọn và hợp lý hơn, ta cho thêm cột đầu tiên là các thông số ban đầu dạng tổng quát ($\Delta y_a, \Delta \varphi_a, \Delta M_a, \Delta Q_a, \Delta q'_a$) đã có trong công thức truy hồi, các cột còn lại chỉ là các số liệu cụ thể.

Để minh họa cải tiến này, ta xét ví dụ sau: Dầm AB như hình 5a, yêu cầu xác định phương trình độ võng bằng phương pháp thông số ban đầu. Chọn hệ trục zAy và thêm đoạn 0 như hình 5b. Dầm tính toán 5b có 3 đoạn: 0,1,2 với các điểm nối giữa các đoạn là $A(a=0), C(a=l/2)$. Lập bảng thông số ban đầu (bảng 1). Công thức truy hồi về độ võng dầm trên gối tựa cứng có EJ hằng số là:

$$y_{i+1}(z) = y_i(z) + \Delta y_a + \Delta \varphi_a(z-a) - \frac{1}{EJ} \left[\frac{\Delta M_a(z-a)^2}{2!} + \frac{\Delta Q_a(z-a)^3}{3!} + \frac{\Delta q_a(z-a)^4}{4!} + \frac{\Delta q'_a(z-a)^5}{5!} \dots \right]$$

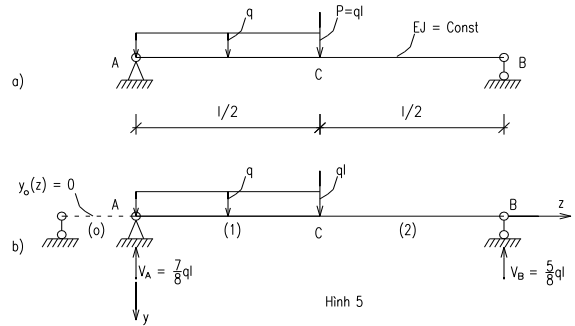
Bảng 1. Các thông số ban đầu (ĐN là điểm nối)

ĐN ΔS_a	A (a=0)	C (a=l/2)
Δy_a	0	0
$\Delta \varphi_a$	$\varphi_A \neq 0$?	0
ΔM_a	0	0
ΔQ_a	$+\frac{7}{8}ql$	$-ql$
Δq_a	$-q$	$+q$
$\Delta q'_a$	0	0

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Phạm Ngọc Khánh (Chủ biên), Nguyễn Ngọc Oanh, Đoàn Văn Đào, Đỗ Khắc Phương, Nguyễn Công Thắng (2006), *Sức bền vật liệu*, Nxb Từ điển Bách khoa, Hà Nội.
 [2] Vũ Đình Lai (Chủ biên), Nguyễn Xuân Lựu, Bùi Đình Nghi (2009), *Sức bền vật liệu*, tập 1, Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 09-11-2020. Ngày biên tập xong: 11-01-2021. Duyệt đăng: 22-01-2021



Chỉ cần dựa vào công thức truy hồi và bảng thông số ban đầu ta sẽ có ngay phương trình độ võng của đoạn 1, đoạn 2 mà không cần quan tâm đến phương trình độ võng của đoạn thứ nhất như trong các sách yêu cầu phải có:

$$y_1(z) = 0 + 0 + \varphi_A \cdot z - \frac{1}{EJ} \left[0 + \frac{7}{8} qlz^3 - \frac{qz^4}{4!} + 0 \right]$$

$$y_2(z) = y_1(z) + 0 + 0 - \frac{1}{EJ} \left[0 - \frac{ql(z-\frac{1}{2})^3}{3!} + \frac{q(z-\frac{1}{2})^4}{4!} + 0 \right]$$

Thông số φ_A xác định từ điều kiện biên: $y_2(z=l) = 0$. Chú ý: Cải tiến trên cũng áp dụng cho dầm dài hữu hạn trên nền đàn hồi và qua bài toán này, ta sẽ thấy rõ hơn ý nghĩa của vấn đề nghiên cứu trên.

3. KẾT LUẬN

Đưa ra quy tắc xác định nhanh nội lực tại một tiết diện của thanh thẳng, thanh cong với cách xét dấu nội lực đơn giản và cách thực hành nhằm đơn giản tính dầm bằng phương pháp thông số ban đầu đã giúp cho việc giảng dạy, học tập môn Sức bền vật liệu được thuận lợi hơn.