

# ĐỘ NHẠY CỦA ĐỘ TIN CẬY VÀ ỨNG DỤNG VÀO VIỆC CHỌN PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ HỢP LÝ

ThS. NGUYỄN TRỌNG HÀ  
Trường Đại học Vinh

## 1. Mở đầu

Bài toán độ nhạy của các tham số thiết kế được nghiên cứu trong các công trình [2, 4, 6, 7...]. Tuy nhiên trong các công trình đó việc tìm ra tham số thiết kế theo hai quan điểm tiền định mang lại hiệu quả chưa cao vì quá trình tính toán và phân tích là tương đối phức tạp.

Trong các công trình trên, phiếm hàm đáp ứng được chọn là các hàm trọng lượng, giá thành, chuyển vị hay hàm ràng buộc xác suất...

Đối với người thiết kế công trình thì an toàn là vấn đề quan trọng. Người ta cần nghiên cứu sự biến thiên của chất lượng công trình khi các tham số thiết kế thay đổi riêng rẽ hay đồng thời.

Độ tin cậy là chỉ tiêu an toàn quan trọng nhất của công trình. Nếu ta chọn phiếm hàm đáp ứng của bài toán là độ tin cậy thì lời giải của bài toán độ nhạy sẽ giúp cho việc đánh giá chất lượng công trình theo từng tham số thiết kế, từ đó cải tiến phương án thiết kế một cách nhanh chóng và hợp lý.

Trong bài báo này, tác giả xin giới thiệu phương pháp xác định độ nhạy của các tham số thiết kế trong đó phiếm hàm đáp ứng là độ tin cậy của công trình và phương pháp cải tiến phương án thiết kế theo độ nhạy của độ tin cậy.

Nội dung bài báo bao gồm:

- Phát biểu bài toán độ nhạy với hàm đáp ứng là độ tin cậy;
- Độ nhạy của một hàm tất định;
- Độ nhạy của một đại lượng ngẫu nhiên;
- Áp dụng vào chọn phương án thiết kế hợp lý bằng một ví dụ bài toán tấm uốn.

## 2. Phát biểu bài toán độ nhạy của độ tin cậy

Xét một công trình với các tham số thiết kế là vectơ  $\bar{\omega} = \{\omega_i\}$ , ở đây các tham số thiết kế được hiểu là diện tích mặt cắt ngang, chiều dài, chiều rộng và hằng số vật liệu... của các yếu tố. Ngoài ra tải trọng cũng được coi là tham số thiết kế.

Chẳng hạn,  $\bar{P}$  là véc tơ tải trọng ngoài thì ta đặt  $\bar{P} = \lambda \bar{P}_0$ ,  $\bar{P}_0$  là vectơ xác định trước (tải trọng cơ sở), khi  $\lambda$  thay đổi thì  $\bar{P}$  thay đổi theo hướng của  $\bar{P}_0$ . Nếu  $\bar{P}_0$  thay đổi tùy ý thì ta chọn  $\bar{P} = \{\lambda_i P_i^{(0)}\}$  các  $\lambda_i$  thay đổi một cách độc lập, các  $P_i^{(0)}$  xác định trước.

Các tham số thiết kế có thể là đại lượng tất định ngẫu nhiên, hàm tất định ngẫu nhiên hay quá trình ngẫu nhiên. Do đó, nói chung độ tin cậy là một hàm thời gian.

Trường hợp tổng quát độ tin cậy  $P(t)$  được xác định như sau:

$$P_s(t) = P_{\text{rob}} \left\{ \begin{array}{l} L\bar{u}(\tau, \bar{x}) = \bar{q}(\tau, \bar{x}) \\ M\bar{u}(\tau, \bar{x}) = \bar{v}(\tau, \bar{x}) \\ f[\bar{v}(\tau, \bar{x})] \in \Omega_0 \\ \forall \tau \in [0, t] \\ \forall \bar{x} \in V \end{array} \right\} \quad (1)$$

Trong đó:

$\bar{x} = [x_1, \dots, x_n]$  - là biến không gian (các điểm trên công trình);

$\bar{u}$  - là biến trạng thái: chuyển vị, ứng suất, vết nứt, ... phụ thuộc vào thời gian  $t$  và biến không gian;

$\bar{v}$  - là biến chất lượng, có thể trùng hoặc khác biến trạng thái  $\bar{u}$ ;

$L\bar{u}(\tau, \bar{x}) = \bar{q}(\tau, \bar{x})$  - là phương trình trạng thái;

$M\bar{u}(\tau, \bar{x}) = \bar{v}(\tau, \bar{x})$  - là phép biến đổi từ biến trạng thái qua biến chất lượng (ví dụ như từ chuyển vị qua biến dạng, nội lực qua ứng suất);

$f[\bar{v}(\tau, \bar{x})] \in \Omega_0$  - thể hiện điều kiện an toàn,  $\Omega_0$  là biến an toàn;

$V$  - là miền công trình chiếm trong không gian;  
 $\forall \tau \in [0, t]$  - kể đến mọi thời điểm từ 0 (khi đưa công trình vào sử dụng) đến thời điểm kiểm tra chất lượng công trình  $t$ .

Trong trường hợp riêng V.V. Bolotin đã đưa ra biểu thức  $P(t)$ :

$$P(t) = P_{\text{rob}} \left\{ f(\vec{V}) \in \Omega_0, \forall \vec{V} \in V, \forall \tau \in [0, t] \right\} \quad (2)$$

Bài toán độ nhạy của các tham số thiết kế với phiếm hàm đáp ứng là độ tin cậy là bài toán tìm gradient của  $P(t)$  theo các tham số thiết kế  $\omega_i$ . Tức là tìm:

$$\frac{\partial P(t)}{\partial \bar{\omega}} = \left\{ \frac{\partial P}{\partial \omega_i} \right\} \quad (3)$$

Chú ý rằng:  $P(t)$  là đại lượng tất định, còn các tham số thiết kế có thể là ngẫu nhiên. Nếu các tham số thiết kế không ngẫu nhiên thì ta có bài toán độ nhạy tất định.

### 3. Phương pháp xác định độ nhạy của độ tin cậy

Giá trị véctor  $\left\{ \frac{\partial P}{\partial \omega_i} \right\}$  nói lên tốc độ biến thiên của phiếm hàm độ tin cậy theo các tham số thiết kế.

Nhờ đó ta có thể điều chỉnh một cách hợp lý (trong điều kiện nhất định) để đạt được hiệu quả cao nhất.

Trường hợp tổng quát: Để không mất tính chất tổng quát ta xét trường hợp xác suất tin cậy phụ thuộc một hệ bất đẳng thức:

$$P = P_{\text{rob}} \left( \left\{ \bar{\omega} : \xi_i(\bar{\omega}) \leq 0, i = \overline{1, n} \right\} \right) \quad (4)$$

Tuyến tính hoá các hàm  $\xi_i$  quanh giá trị kỳ vọng  $E\bar{\omega}$  của  $\bar{\omega}$  ta có:

$$\xi_i(\bar{\omega}) = \xi_i(E\bar{\omega}) + \sum \frac{\partial \xi_i}{\partial \omega_j} \Delta \omega_j + \dots$$

Bỏ qua các số hạng bậc cao ta có:

$$P = P_{\text{rob}} \left( \sum \Psi_{ij}(E\bar{\omega}) \Delta \omega_j \leq 0, j = \overline{1, n} \right) \quad (5)$$

Trong đó,  $\Delta \omega_j$  là các đại lượng ngẫu nhiên đủ nhỏ.

Như vậy bài toán dẫn đến tìm xác suất đồng thời thoả mãn một hệ bất đẳng thức tuyến tính của các đại lượng ngẫu nhiên.

Ngay việc tính (5) cũng gặp nhiều khó khăn, cho đến nay chưa có phương pháp hữu hiệu. Điều đáng chú ý là các phương pháp hiện hành [3] đòi hỏi số thông tin quá lớn, thực tế không đáp ứng được. Để đáp ứng các đòi hỏi của thực tế, khi xét các hệ thống có xác suất an toàn cao và sự cố là các biến cố hiếm (xác suất bé) chẳng hạn đối với các công trình xây dựng được thiết kế một cách nghiêm túc thì người ta dùng dạng gần đúng của (5) như sau:

$$P \approx \min \left\{ P_{\text{rob}} \left( \sum_j \Psi_{ij}(E\omega_j) \Delta \omega_j \leq 0 \right) \right\} \quad (6)$$

Điều này trùng với quan niệm quen thuộc trong xây dựng là kiểm tra an toàn một kết cấu (hệ yếu tố) nào đó ta chỉ cần kiểm tra tại các tiết diện nguy hiểm (nơi có ứng suất, mômen, chuyển vị, ... đạt cực trị). Một cách tính khác xác suất đã được trình bày trong [3]. Khi có cách tính độ tin cậy  $P(t)$  thì

ta tính được biểu thức gần đúng  $\frac{\partial P(t)}{\partial \omega_i} \approx \left\{ \frac{\Delta P(t)}{\Delta \bar{\omega}_i} \right\}$

Trường hợp riêng, khi xác suất tin cậy chỉ phụ thuộc một điều kiện:

$$F_\xi(x) = P_{\text{rob}}(\{\bar{\omega} : \xi(\bar{\omega}) < x\})$$

$$g_\xi(x) = \frac{dF_\xi(x)}{dx}, \quad F_\xi(x) = \int_{-\infty}^x g_\xi(x) dx$$

Nếu  $\xi(\bar{\omega})$  là đại lượng ngẫu nhiên chuẩn hoặc nếu không thoả mãn giả thiết đó thì ta dùng phép biến đổi **Rachwitz – Fiessler**, để đưa về chuẩn độc lập thì:

$$P = P_{\text{rob}}(\xi(\bar{\omega}) < x = \left[ 1 + \Phi \left( \frac{x - a}{S} \right) \right]) \quad (7)$$

Trong đó  $a$  là kỳ vọng toán,  $S$  là độ sai lệch chuẩn của  $\xi(\omega)$  và  $\Phi$  là hàm Laplace.

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Vì vậy việc tính  $\frac{\partial P}{\partial \bar{\omega}} = \left\{ \frac{\partial P}{\partial \omega_1} \right\}$  có thể tiến hành dễ dàng.

$$\frac{\partial P}{\partial \omega_1} = \frac{1}{2} \frac{\partial \Phi}{\partial \omega_1} \text{ mà } \frac{\partial \Phi}{\partial \omega_1} = \frac{\partial \Phi}{\partial t} \cdot \frac{\partial t}{\partial \omega_1} \text{ với } t = \frac{x-a}{S}$$

Kỳ vọng  $a = \varphi(\bar{\omega}_1)$ ,  $\bar{\omega}_1$  là kỳ vọng của  $\omega_1$

$$S = \text{const}$$

mà  $\frac{\partial t}{\partial \omega_1} = \frac{1}{S} \frac{\partial a}{\partial \omega_1}$ ,  $\frac{\partial \Phi}{\partial t} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$  ta có:

$$\frac{\partial P(\xi(\bar{\omega}) < x)}{\partial \omega_1} = -\frac{2}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial \omega_1} \quad (8)$$

Các biến thiết kế chứa trong  $a$ , ta xét sự biến thiên ngẫu nhiên quanh giá trị trung bình.

Như ta đã biết, để ứng dụng trong công tác thiết kế người ta tìm xác suất an toàn phụ thuộc vào giá trị của hệ số an toàn  $m$ .

Xét cho trường hợp ứng suất một chiều,  $\sigma$  là một đại lượng ngẫu nhiên được gọi là ứng suất thực  $\sigma_{th}$ , kỳ vọng của ứng suất thực là ứng suất tính toán  $\sigma_{tt}$ .

Nếu chọn điều kiện an toàn là  $\sigma_{th} < \sigma_{tt}$  thì  $\sigma$  là đại lượng ngẫu nhiên chuẩn ta có  $P(\sigma_{th} < \sigma_{tt}) = 0,5$ .

Để nâng cao độ an toàn, ta có thể chọn  $\sigma_{tt} = \frac{\sigma_0}{m}$ .

Khi tính toán theo ứng suất cho phép ta có thể chọn  $\sigma_0$  là giá trị trung bình thống kê giá trị bền của vật liệu, nó được xác định theo kết quả thực nghiệm.

Theo công thức:

$$P(X \leq \ell) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{\ell - a}{S} \right) \right] \quad (9)$$

Trong đó,  $X$  là đại lượng ngẫu nhiên,  $\ell$  là một số,  $a$  là kỳ vọng,  $S$  là độ lệch chuẩn. Ta có:

$$P(\sigma_{th} \leq m \cdot \sigma_{tt}) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{(m-1)\sigma_{tt}}{S\sigma_{th}} \right] \quad (10)$$

Trong đó,  $S_{\sigma_{th}}$  là độ lệch chuẩn của ứng suất thực. Các tham số chứa trong  $\sigma_{tt}$ .

Trong bài báo này tác giả xét cho bài toán tấm. Nếu gọi  $M_{\max}$  là khoảng an toàn của bài toán tấm uốn cần kiểm tra, ta có

$$M_{\max} = \Psi(\omega_1) \quad (11)$$

Ta coi gần đúng kỳ vọng của  $\Psi$  là giá trị của  $\Psi$  khi các ẩn kỳ vọng của chúng tức là:

$$\bar{\psi} = \Psi(\omega_1) \text{ và } \bar{\psi} = \bar{M}_{\max}$$

Thì xác suất an toàn của kết cấu khi:

$$\bar{M}_{\max} = a \text{ là giá trị kỳ vọng}$$

$$\sigma_M = \sigma_{th} = \text{const}$$

Do kết quả thực nghiệm quan sát đo đạc được nên:

$$\sigma_M = \sigma_{th} = \sqrt{\sum \sigma_{\omega_i}^2} \text{ và } \sigma_{\omega_i} \text{ là độ lệch chuẩn của các tham số } \omega_i.$$

Thì độ nhạy của độ tin cậy các tham số thiết kế là không tương quan, nếu tương quan ta biến đổi thông qua ma trận biến đổi Palle được xác định theo công thức sau:

$$\frac{\partial P}{\partial \omega_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial \omega_1} = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m-1)^2 a^2}{2}} \cdot \frac{\partial \Psi}{\partial \omega_1} \quad (12)$$

Trong trường hợp là một hàm xác định ta xác định độ nhạy qua đạo hàm riêng các tham số.

Trong trường hợp tồn tại dưới dạng số giải tích của các biến thiết kế thì ta thay quá trình tính đạo hàm riêng  $\frac{\partial P}{\partial \omega_i}$ , hay bằng giá trị gần đúng của đạo hàm riêng như sau:

$$\frac{\partial P}{\partial \omega_i} \approx \frac{\Delta P}{\Delta \omega_i} = \frac{(P_{(\omega_i + \Delta \omega_i)} - P_{(\omega_i)})}{\Delta \omega_i} \quad (13)$$

Trong đó,

$\Delta \omega_i$  - số gia của tham số thiết kế phụ thuộc vào quan sát đo đạc;

$P_{(\omega_i + \Delta \omega_i)} - P_{(\omega_i)}$  - số gia kỳ vọng nội lực.

Hay thông qua chỉ số độ tin cậy  $\beta$

$$\frac{\partial \beta}{\partial \omega_i} \approx \frac{\Delta \beta}{\Delta \omega_i} = \frac{(\beta_{(\Delta \omega_i + \omega_i)} - \beta_{(\omega_i)})}{\Delta \omega_i} \quad (14)$$

Trong đó:

$\Delta \omega_i$  - số gia của tham số thiết kế phụ thuộc vào quan sát đo đạc;

$\beta_{(\omega_i + \Delta \omega_i)} - \beta_{(\omega_i)}$  - số gia kỳ vọng của chỉ số độ tin cậy.

#### 4. Ứng dụng vào chọn phương án thiết kế hợp lý

Nếu ta gọi các tham số thiết kế là  $\bar{x}_0 = \{\bar{x}_i\}$  đó là phương án thiết kế ban đầu. Người ta tính toán, thiết kế theo các tiêu chuẩn và xem các phương án chọn có thoả mãn hay không. Thông thường nếu thoả mãn thì phương án đó được chấp nhận mà không quan tâm đến phương án đó có tối ưu và đạt độ tin cậy là bao nhiêu. Với những phương án thiết kế như thế này những kỹ sư thiết kế có kinh nghiệm sẽ lựa chọn được những phương án hợp lý vì họ thường thừa kế các công trình tương tự khi thiết kế các công trình mới.

Trong trường hợp gặp công trình mới hay vật liệu mới mà không có công trình tương tự thì người thiết kế phải chọn một trường hợp cho  $\bar{x}_0 = \{\bar{x}_i\}$  và phải cải tiến phương án đó sao cho hợp lý nhất. Nhưng nếu độ tin cậy không đạt thì phải tăng độ tin cậy và như vậy ta phải thay đổi tham số thiết kế.

Muốn tăng từng bước ta sẽ tăng ở tham số có độ nhạy dương và giảm các tham số có độ nhạy âm đó là các điều chỉnh, sau đó ta tiến hành tính lại cho đến khi hợp lý.

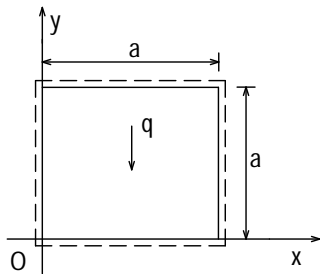
##### 4.1. Ví dụ

Giả sử các phương án ban đầu được lựa chọn với các tham số thiết kế là  $x = \{q, l, h, \sigma_0\}$ .

$$M_e = \frac{1}{6} h^2 \sigma_0; M_x = 0,0469 q a^2; M_y = 0,0469 q a^2; M_{xy} = 0$$

Lượng dư trữ an toàn (Safety Margin) của tấm (hàm mục tiêu của bài toán tấm uốn):

$$M = \frac{1}{36} \sigma_0^2 h^4 - (0,0469)^2 q^2 a^4$$



Hình 1. Minh họa cho bài toán tấm

Lựa chọn trị số các tham số đầu vào như sau:

$$q = 200 (\text{kN/m}^2), a = 6 (\text{m}), h = 0,12 (\text{m}), \sigma_0 = 3,5 \cdot 10^5 (\text{kN/m}^2).$$

Thống kê độ sai lệch của các tham số thiết kế tương ứng là 5% ta có độ lệch chuẩn tương ứng của các tham số thiết kế  $q, l, h, \sigma_0$  là:

$\sigma_q = 10(\text{kN/m}^2), \sigma_a = 0,3(\text{m}), \sigma_h = 0,006(\text{m}), \sigma_{\sigma_0} = 0,175.10^5(\text{kN/m}^2)$ . Ta có độ lệch chuẩn của các tham số thiết kế.

Theo tham số ứng suất bền của vật liệu:

$$\left. \frac{\partial M}{\partial \sigma_0} \right|_{\bar{x}^0} \cdot \sigma_{\sigma_0} = 70560,000(\text{kN.m}) \quad (\text{a})$$

Theo tham số tải phân bố đều q:

$$\left. \frac{\partial M}{\partial q} \right|_{\bar{x}^0} \cdot \sigma_q = -11402,778(\text{kN.m}) \quad (\text{b})$$

Theo tham số nhịp tằm a:

$$\left. \frac{\partial M}{\partial a} \right|_{\bar{x}^0} \cdot \sigma_a = -22805,556(\text{kN.m}) \quad (\text{c})$$

Theo tham số chiều cao tiết diện tằm h:

$$\left. \frac{\partial M}{\partial h} \right|_{\bar{x}^0} \cdot \sigma_h = 141120,000(\text{kN.m}) \quad (\text{d})$$

Độ lệch chuẩn  $\sigma_M$  ta tính được:

$$\sigma_M = \sqrt{(70560,000)^2 + (-11402,778)^2 + (-22805,556)^2 + (141120,000)^2} = 159823,918(\text{kN.m})$$

Kỳ vọng của M (kỳ vọng khoảng an toàn của tằm):

$$\mu_M = \frac{1}{36}(\sigma_{\sigma_0} \sigma_0)^2 (\sigma_h h)^4 - (0,0469)^2 (\sigma_q q)^2 (\sigma_a a)^4 = 187690,140 (\text{kN.m})$$

Độ tin cậy của tằm:

$$\beta = \frac{\mu_M}{\sigma_M} = \frac{187690,140}{159823,918} = 1,17435$$

Xác định độ nhạy của độ tin cậy theo các tham số thiết kế:

Độ nhạy của độ tin cậy theo tham số ứng suất bền của vật liệu  $\sigma_0$

$$\frac{\partial \beta}{\partial \sigma_0} \approx \frac{\Delta(\beta_{(\sigma_0 + \Delta \sigma_0)} - \beta)}{\Delta \sigma_0} = \frac{(1,35396 - 1,17435)}{0,175.10^5} = 1,1.10^{-5}$$

Trong đó:

$$\beta_{(\sigma_0 + \Delta \sigma_0)} = \frac{\mu_{\sigma_0 + \Delta \sigma_0}}{\sigma_M} = \frac{216395,532}{159823,918} = 1,35396$$

Ta có giá trị kỳ vọng:

$$\mu_{\sigma_0 + \Delta \sigma_0} = \frac{1}{36}(\sigma_{\sigma_0} (\sigma_0 + \Delta \sigma_0))^2 (\sigma_h h)^4 - (0,0469)^2 (\sigma_q q)^2 (\sigma_a a)^4 = 216395,532(\text{kN.m})$$

Độ nhạy của độ tin cậy theo tham số tải phân bố đều q:

$$\frac{\partial \beta}{\partial q} \approx \frac{\Delta(\beta_{(q + \Delta q)} - \beta)}{\Delta q} = \frac{(1,11512 - 1,17435)}{10} = -0,05923$$

Trong đó:

$$\beta_{(q + \Delta q)} = \frac{\mu_{q + \Delta q}}{\sigma_M} = \frac{178222,976}{159823,918} = 1,11512$$

Ta có giá trị kỳ vọng:

$$\mu_{q + \Delta q} = \frac{1}{36}(\sigma_{\sigma_0} \sigma_0)^2 (\sigma_h h)^4 - (0,0469)^2 (\sigma_q (q + \Delta \sigma_q))^2 (\sigma_a a)^4 = 178222,976(\text{kN.m})$$

Độ nhạy của độ tin cậy theo tham số nhịp tằm a:

$$\frac{\partial \beta}{\partial a} \approx \frac{\Delta(\beta_{(a + \Delta a)} - \beta)}{\Delta a} = \frac{(1,04981 - 1,17435)}{0,3} = -0,41513$$

Trong đó:

$$\beta_{(a+\Delta a)} = \frac{\mu_z^{a+\Delta a}}{\sigma_z} = \frac{167785,439}{159823,918} = 1,04981$$

Ta có giá trị kỳ vọng:

$$\mu_M^{a+\Delta a} = \frac{1}{36}(\sigma_{\sigma_0}\sigma_0)^2(\sigma_h h)^4 - (0,0469)^2(\sigma_q q)^2(\sigma_a(a+\Delta\sigma_a))^4 = 167785,439(\text{kN.m})$$

Độ nhạy của độ tin cậy theo tham số chiều cao tiết diện tấm  $h$ :

$$\frac{\partial\beta}{\partial h} \approx \frac{\Delta(\beta - \beta_{(h+\Delta h)})}{\Delta h} = \frac{(1,55197 - 1,17435)}{0,006} = 62,93706$$

Trong đó:

$$\beta_{(h+\Delta h)} = \frac{\mu_z^{h+\Delta h}}{\sigma_z} = \frac{248043,230}{159823,918} = 1,55197$$

Ta có giá trị kỳ vọng:

$$\mu_M^{h+\Delta h} = \frac{1}{36}(\sigma_{\sigma_0}\sigma_0)^2(\sigma_h(h+\Delta\sigma_h))^4 - (0,0469)^2(\sigma_q q)^2(\sigma_a a)^4 = 248043,230(\text{kN.m})$$

Từ kết quả tính toán độ nhạy của độ tin cậy theo các tham số thiết kế của bài toán tấm uốn chịu tác động của tải trọng phân bố đều ta nhận thấy rằng: Tốc độ biến thiên độ nhạy theo các tham số thiết kế là khác nhau, các tham số có độ nhạy dương là  $\sigma_0, h$  và các tham số có độ nhạy âm là  $q, a$ . Do đó, tùy thuộc vào điều kiện kinh tế, kỹ thuật và các tiêu chuẩn cho phép người thiết kế có thể điều chỉnh theo nhiều phương án khác nhau sẽ cho ta một thiết kế hợp lý. Ta tiến hành điều chỉnh theo quan điểm sau:

- Với những tham số có độ nhạy dương là  $\sigma_0, h$  ta tiến hành tăng các tham số đó;
- Với những tham số có độ nhạy âm là  $q, a$  ta tiến hành giảm các tham số đó.

Ta tiến hành điều chỉnh theo các trường hợp sau:

*Trường hợp 1:* Để nâng cao độ tin cậy ta điều chỉnh tăng tham số  $h$  từ chiều cao ban đầu lên 10% và các tham số không điều chỉnh ta xem như là xác định.

*Trường hợp 2:* Để nâng cao độ tin cậy ta điều chỉnh tăng tham số  $\sigma_0$  từ độ bền vật liệu ban đầu 10% và các tham số không điều chỉnh ta xem như là xác định.

*Trường hợp 3:* Để nâng cao độ tin cậy ta điều chỉnh giảm tham số  $q$  từ tải trọng ban đầu 10% và các tham số không điều chỉnh ta xem như là xác định.

*Trường hợp 4:* Để nâng cao độ tin cậy ta điều chỉnh giảm tham số  $a$  bề rộng tấm ban đầu 10% và các tham số không điều chỉnh ta xem như là xác định.

*Trường hợp 5:* Để nâng cao độ tin cậy ta điều chỉnh tăng đồng thời các tham số  $h, \sigma_0$  lên 10% và các tham số không điều chỉnh ta xem như là xác định.

*Trường hợp 6:* Để nâng cao độ tin cậy ta điều chỉnh giảm đồng thời các tham số  $q$  và  $a$  xuống 10% và các tham số không điều chỉnh ta xem như là xác định.

*Trường hợp 7:* Để nâng cao độ tin cậy ta điều chỉnh tăng đồng thời các tham số  $h, \sigma_0$  lên 10% và giảm đồng thời các tham số  $q$  và  $a$  xuống 10%.

Ta có các giá trị trong bảng 1.

**Bảng 1.** Bảng tổng hợp chỉ số độ tin cậy khi điều chỉnh các tham số thiết kế

Trường hợp điều chỉnh	$\beta$ trước khi điều chỉnh	$\beta$ sau khi điều chỉnh	$M_{\max}$ (kN.m)
Trường hợp 1	1,17435	2,74232	50.560,66
Trường hợp 2	1,17435	1,64929	739.748,22
Trường hợp 3	1,17435	1,37914	613.237,50
Trường hợp 4	1,17435	1,51450	630.786,37
Trường hợp 5	1,17435	2,80242	1.735.985,66
Trường hợp 6	1,17435	1,60375	645.000,96
Trường hợp 7	1,17435	3,74759	1.189.414,40

#### 4.2. Nhận xét sau khi điều chỉnh

- Nếu tiếp tục điều chỉnh ta sẽ có một độ tin cậy như yêu cầu thiết kế;
- Tham số có độ nhạy của độ tin cậy cao thì khi điều chỉnh nhanh đạt được độ tin cậy cần thiết;
- Tham số có độ nhạy của độ tin cậy thấp thì khi điều chỉnh chậm đạt được độ tin cậy cần thiết;

- Để đạt được độ tin cậy cần thiết và đảm bảo các điều kiện kinh tế kỹ thuật ta sẽ ưu tiên điều chỉnh các tham số có độ nhạy cao, sau đó mới đến tham số có độ nhạy thấp hơn hoặc có thể điều chỉnh đồng thời tất cả các tham số và lúc này ta sẽ có một thiết kế hợp lý cho công trình mới;

- Phương án điều chỉnh ở trên có  $\beta = 3,74759$  là chấp nhận được. Với phương án này ta có giá trị mô men lớn nhất (hàm trạng thái)  $M_{\max} = 1.189.141,40$  (kN.m) và có kì vọng là  $\mu_M = 852.839,250$  (kN.m).

## 5. Kết luận

Bài báo đã nêu lên được những vấn đề sau:

Giới thiệu phương pháp xác định độ nhạy của các tham số thiết kế trong đó phiếm hàm đáp ứng là độ tin cậy của công trình, và đưa ra phương án thiết kế hợp lý khi thiết kế công trình bao gồm:

- Phát biểu bài toán độ nhạy với hàm đáp ứng là độ tin cậy;
- Độ nhạy của một hàm tất định;
- Độ nhạy của một đại lượng ngẫu nhiên;
- Áp dụng vào chọn phương án thiết kế hợp lý.

Từ kết quả này người thiết kế có thêm một phương pháp để đưa ra được phương án thiết kế hợp lý khi thiết kế công trình.

Tác giả chân thành cảm ơn GS.TS. Nguyễn Văn Phó – Trường Đại học Xây dựng đã góp một số ý kiến quý báu cho bài viết này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN VĂN PHÓ. Lý thuyết độ tin cậy và tuổi thọ công trình. *Bài giảng cao học, Đại học Xây dựng, Hà Nội, 2003.*
2. NGUYỄN VĂN PHÓ. Bài toán xác định độ nhạy của các tham số thiết kế với phiếm hàm đáp ứng là độ tin cậy. *Tạp chí Cơ học T.XVI N<sup>o</sup> -04, 1994.*
3. TRẦN VĂN LIÊN. Bài toán ngược của cơ học và ứng dụng. *Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Đại học xây dựng, Hà Nội, 2003.*
4. ACHITYA HALDAR, SANKARAN MAHADEVAN. Probability Reliability And Statistical Method in Engineering Design. *John Wiley & Sons, 2000.*
5. NGUYỄN TRỌNG HÀ. Tính toán độ nhạy của các tham số công trình với hàm đáp ứng là độ tin cậy và ứng dụng. *Luận văn thạc sỹ - Đại học xây dựng, Hà Nội, 2008.*
6. Edward J. Haug, Kyung K. Choi, Vadim Komkov. Design sensitivity analysis of structural systems, Academic press. *Inc – New york – London – Tokyo, 1986.*
7. E. Atrek, R.H. Gallagher, K.M Raysdell, O.C Zienkiewicz. New Directions in Optimum Structural Design. *John Wiley & Sons, New york – Toronto – Singapor, 1984.*