

## VỀ MỘT PHƯƠNG PHÁP TÍNH ĐỘ TIN CẬY CỦA HỆ NHIỀU YẾU TỐ

NGUYỄN VĂN PHÓ, NGUYỄN XUÂN CHÍNH

### 1. MỞ ĐẦU

Tìm độ tin cậy của hệ nhiều yếu tố là bài toán quan trọng trong đánh giá chất lượng của hệ thống. Trước hết là đối với các hệ thống năng lượng, trong những năm gần đây bài toán độ tin cậy của hệ kinh tế, sinh thái và hệ cơ học được quan tâm một cách đặc biệt [1, 2, 3, ...].

Bài toán tìm độ tin cậy của yếu tố về cơ bản đã được giải quyết, song bài toán với hệ nhiều yếu tố thì còn nhiều vấn đề tồn tại. Cho đến nay cũng chưa có một phương pháp đủ tổng quát. Trong những trường hợp riêng, chẳng hạn hệ gồm  $m$  yếu tố, sự kiện từ chối các yếu tố độc lập và từ chối một yếu tố là coi như từ chối cả hệ, thì xác suất an toàn của hệ là:

$$P = p_1 p_2 \dots p_m = \prod_{i=1}^m p_i = \prod_{i=1}^m (1 - q_i) \quad (1.1)$$

trong đó  $p_i$  và  $q_i$  là xác suất an toàn và từ chối của yếu tố "i".

Nghĩa là biết xác suất an toàn của từng yếu tố, ta tính được xác suất an toàn của hệ.

Nhiều bài toán thực tế không thỏa mãn các giả thiết trên.

Chẳng hạn trong kết cấu siêu tĩnh, hỏng một yếu tố thì hệ có thể chưa xảy ra sự cố.

Trong trường hợp tổng quát [4], gọi  $Q_i(A_i)$  là xác suất từ chối của yếu tố "i" của hệ,  $Q_{ij}(A_i, A_j)$  là xác suất đồng thời xuất hiện  $A_i, A_j$ ;  $Q_{ij\dots k}(A_i, A_j, \dots, A_k)$  là xác suất đồng thời xuất hiện  $A_i, A_j, \dots, A_k$ . Ta có xác suất từ chối của hệ:

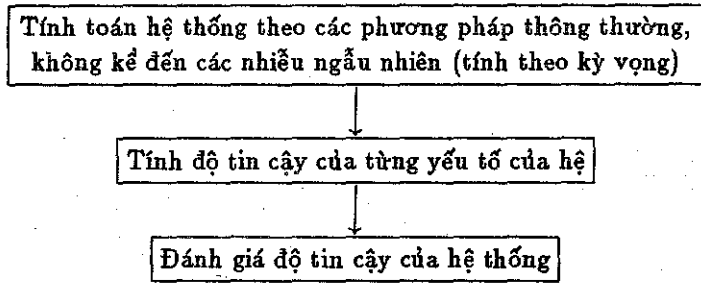
$$Q = \sum_{i=1}^m Q_i(A_i) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Q_{ij}(A_i, A_j) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m Q_{ijk}(A_i, A_j, A_k) \\ + \dots + (-1)^m Q(A_i, A_j, \dots, A_k) \quad (1.2)$$

Như vậy, để tính độ tin cậy của hệ, không chỉ biết độ tin cậy của các yếu tố là đủ, mà còn phải tính một loạt các xác suất đồng thời. Để tính các xác suất đồng thời đó ta cần một lượng thông tin lớn, thường thì không đủ, và lại cho đến nay cũng chưa có phương pháp tính các xác suất đồng thời nói trên một cách hiệu quả. Do đó, người ta chỉ nghiên cứu các trường hợp riêng hay chỉ cần tìm được cận của nó [5] khi dựa vào ý nghĩa kinh tế, kỹ thuật của vấn đề.

Trong bài này, các tác giả dựa theo các quy định quen thuộc trong thiết kế và giám định công trình để đề nghị một phương pháp tính gần đúng độ tin cậy của hệ nhiều yếu tố, từ đó suy ra cách thiết kế hệ có độ tin cậy đều [9].

### 2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH ĐỘ TIN CẬY

Sơ đồ khối của phương pháp tính (hình 1)



Hình 1

1. Dùng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán hệ thống theo quan điểm tất định, nghĩa là coi phương sai bằng không.

Nói chung, tính như vậy ta tìm được kỳ vọng của đầu ra, trừ một số trường hợp riêng [6].

2. Sau khi tính được nội lực trong các lát cắt (theo phương pháp phần tử hữu hạn), ta coi mỗi yếu tố là một đối tượng nghiên cứu độc lập. Trong đó nội lực tại các lát cắt vốn là nội lực của hệ được coi như ngoại lực của yếu tố. Như vậy ta đã đưa bài toán tính hệ về bài toán tính đối với từng yếu tố. Bài toán độ tin cậy của yếu tố về cơ bản đã được giải [7]. Song ở đây có một vấn đề phức tạp cần được giải quyết, đó là tìm phương sai của các nội lực.

Như ta đã biết, nội lực trong lát cắt là hàm của tải trọng và của các tham số thiết kế khác.

Theo phương pháp tuyến tính hóa [8] ta có thể tìm được phương sai của nội lực; bằng cách thay đạo hàm bằng tỷ số của gia số hàm số và gia số đối số.

3. Sau khi có độ tin cậy của các yếu tố, ta đánh giá độ tin cậy của hệ theo các kết quả quen thuộc [5, 2] như sau :

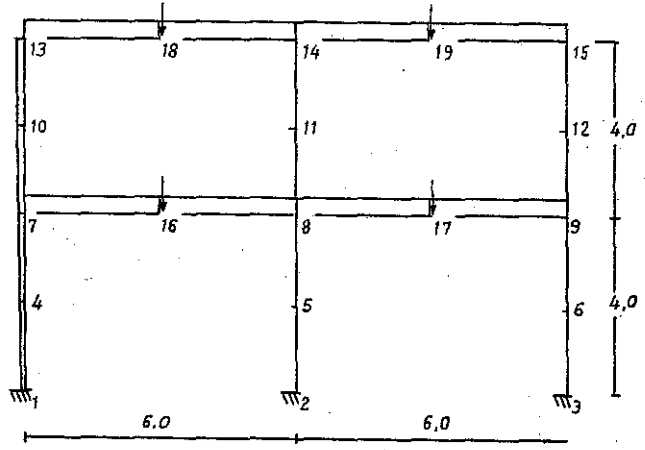
$$\prod_{j=1}^m P(A_j) \leq P(B) \leq \min_{\{j\}} P(A_j) \tag{2.1}$$

trong đó  $P(B)$  là xác suất an toàn của hệ,  $P(A_j)$  là xác suất an toàn của yếu tố.

Nếu số yếu tố đủ lớn thì ta dùng công thức:

$$Q(A_1) + \sum_{i=2}^m Q(A_i) - \sum_{j=1}^{i-1} Q(A_i, A_j) \leq Q(B) \leq Q(A_1) + \sum_{i=2}^m Q(A_i) - \max_{\{i < j\}} Q(A_i, A_j) \tag{2.2}$$

3. THÍ DỤ  
Xét khung



Hình 2. Sơ đồ tính

Nhìn kết quả của máy tính, ta cũng dự đoán được các yếu tố nguy hiểm, song để đảm bảo chính xác ta phải tính độ tin cậy của các yếu tố một cách chi tiết.

Độ tin cậy của yếu tố trong trường hợp tổng quát không chỉ phụ thuộc vào kỳ vọng (giá trị tính tất định) mà còn phụ thuộc vào phương sai của ngoại lực và các tham số thiết kế khác. Do đó, trong nhiều trường hợp cần cứ vào ứng suất cực đại của tính toán tất định để kết luận về sự an toàn là không chính xác, mà phải tính toán xác suất.

### Các số liệu nhập của bài toán

Tên bài toán: [General Information]

Tổng số nút: 19  
 Tổng số phần tử: 20  
 Số loại tiết diện: 2  
 Số loại vật liệu: 1  
 Số nhóm tải trọng: 4

### Các thông số về vật liệu

VL số      Module đàn hồi  
 1            2400000.00

### Các thông số về tiết diện hình học

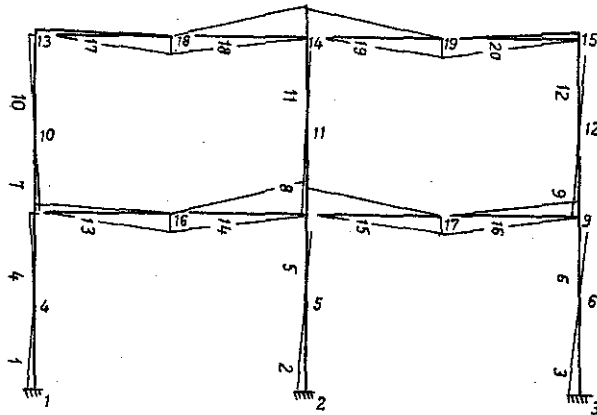
TD số	Hình dạng	Rộng	Cao	Dày bụng	Dày cánh
1	Chữ nhật	22.00	25.00		
2	Chữ nhật	22.00	45.00		

### Các số liệu tải trọng

Số TT	Dạng TT	nhóm	nút i	nút j	trị số i	trị số j
1	TT phân bố	0	7	16	-3.00	-3.00
2	TT phân bố	0	16	8	-3.00	-3.00
3	TT phân bố	0	8	17	-3.00	-3.00
4	TT phân bố	0	17	9	-3.00	-3.00
5	TT phân bố	0	13	18	-3.00	-3.00
6	TT phân bố	0	18	14	-3.00	-3.00
7	TT phân bố	0	14	19	-3.00	-3.00
8	TT phân bố	0	19	15	-3.00	-3.00
9	TT phân bố	1	1	4	-0.50	-0.68
10	TT phân bố	1	4	7	-0.68	-0.85
11	TT phân bố	1	7	10	-0.85	-1.03
12	TT phân bố	1	10	13	-1.03	-1.20
13	Tải TT( $P_Y$ )	2	16	0	-4.00	0.00
14	Tải TT( $P_Y$ )	2	18	0	-4.00	0.00
15	Tải TT( $P_Y$ )	2	17	0	-4.00	0.00
16	Tải TT( $P_Y$ )	2	19	0	-4.00	0.00

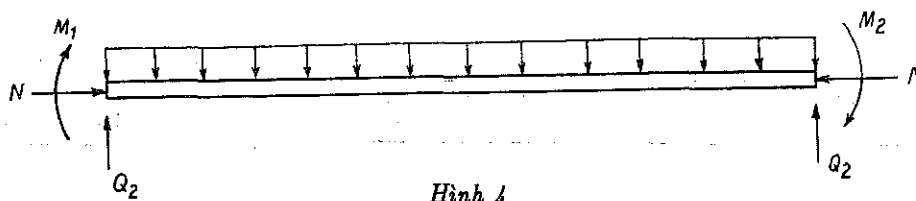
Kết quả tổ hợp nội lực của một số phần tử

	$M_i(\text{Max})$	$M_j(\text{Max})$	$M_i(\text{Min})$	$M_j(\text{Min})$	$Q_i(\text{Max})$	$Q_j(\text{Max})$	$N_e(\text{Max})$
Phần tử số: 9	Nối nút: 9		đến nút: 12				
Moment (T.m)	-4.1	0.3	-2.4	0.1	-4.1	0.3	-4.1
L. Cắt (Tấn)	2.2	2.2	1.2	1.2	2.2	2.2	2.2
L. Dọc (Tấn)	-9.2	-9.2	-7.5	-7.5	-9.2	-9.2	-9.2
Phần tử số: 10	Nối nút: 10		đến nút: 13				
Moment (T.m)	-0.5	-3.7	0.9	-2.6	-0.1	-3.1	-0.1
L. Cắt (Tấn)	-0.5	-2.8	-0.5	-1.2	-1.6	-3.1	-1.6
L. Dọc (Tấn)	-8.8	-8.8	-7.3	-7.3	-8.8	-8.7	-8.7
Phần tử số: 11	Nối nút: 11		đến nút: 14				
Moment (T.m)	-0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	-0.0
L. Cắt (Tấn)	0.0	0.9	0.9	0.0	0.9	0.9	0.0
L. Dọc (Tấn)	-21.1	-25.3	-25.3	-21.1	-25.3	-25.3	-25.6
Phần tử số: 12	Nối nút: 12		đến nút: 15				
Moment (T.m)	0.3	4.7	0.1	2.6	0.3	4.7	0.3
L. Cắt (Tấn)	2.2	2.2	1.2	1.2	2.2	2.2	2.2
L. Dọc (Tấn)	-9.2	-9.2	-7.5	-7.5	-9.2	-9.2	-9.2
Phần tử số: 13	Nối nút: 7		đến nút: 16				
Moment (T.m)	-5.0	9.9	-3.8	5.9	-5.0	6.7	-5.0
L. Cắt (Tấn)	9.2	-1.1	7.8	-1.2	9.2	-2.5	9.2
L. Dọc (Tấn)	0.9	-1.4	0.7	0.7	0.9	-1.6	0.9
Phần tử số: 14	Nối nút: 16		đến nút: 8				
Moment (T.m)	9.9	-17.8	5.9	-11.3	9.9	-17.8	9.0
L. Cắt (Tấn)	-4.7	-13.7	-1.2	-10.2	-4.7	-13.7	-3.4
L. Dọc (Tấn)	-1.4	-1.4	0.7	0.7	-1.4	-1.4	0.9
Phần tử số: 15	Nối nút: 8		đến nút: 17				
Moment (T.m)	-14.7	9.0	-11.3	5.9	-14.7	9.0	-14.7
L. Cắt (Tấn)	12.4	3.4	10.2	1.2	12.4	3.4	12.4
L. Dọc (Tấn)	0.9	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
Phần tử số: 16	Nối nút: 17		đến nút: 9				
Moment (T.m)	9.0	-9.3	5.9	-3.8	5.9	-9.3	9.0
L. Cắt (Tấn)	-0.2	-10.4	1.2	-7.8	1.2	-10.4	-0.2
L. Dọc (Tấn)	0.9	-0.3	0.7	0.7	0.7	-0.3	0.9



Hình 3. Biểu đồ bao Moment

Theo kết quả tính toán, ta xét từng yếu tố riêng biệt chẳng hạn phần tử số 14 (hình 4)



Hình 4

Trong đó

$$\begin{aligned} M_1 &= 10,213T.m; & M_2 &= 141T.m; & q &= 3T.m; \\ Q_1 &= 4,951; & Q_2 &= 13,951 \end{aligned}$$

Để tính độ tin cậy của phần tử 14 ta áp dụng phương pháp và số liệu nêu trong [7].

Ta tính được xác suất an toàn  $P_{14} = 0.997$ , cũng tương tự với các yếu tố còn lại

Sau khi tính với 20 phần tử ta có  $P_1, \dots, P_{20}$

Áp dụng công thức đánh giá (3) ta có biểu thức đánh giá sau:

$$0,78 \leq P \leq 0.997$$

## KẾT LUẬN

1. Để áp dụng phương pháp thì cần phải có các số liệu quan sát đo đạc về các đại lượng ngẫu nhiên tham gia bài toán (Kỳ vọng và Phương sai). Khi giả thiết các đại lượng đó là chuẩn thì việc tính toán cuối cùng là đơn giản.

Trường hợp không chuẩn thì sau khi xác định được là đại lượng ngẫu nhiên loại gì? ta cũng có bảng thống kê để tính.

2. Trường hợp các đại lượng tham gia vào bài toán là quá trình ngẫu nhiên thì bài toán sẽ phức tạp hơn vì khối lượng tính toán lớn, số liệu đo đạc nhiều. Song về mặt nguyên tắc thì vẫn dùng được phương pháp trên khi coi thời gian là tham số nhận giá trị trên một tập rời rạc.

3. Để thiết kế hệ có độ tin cậy đều, ta có thể dùng phương pháp trình bày trên như sau: yếu tố có độ tin cậy thấp nhất (chẳng hạn yếu tố 14) được thay đổi các tham số thiết kế sao cho độ tin cậy tăng (tăng cốt thép, tiết diện, mác bê tông v.v...), sau đó tính lại cho toàn hệ, quá trình tiến hành tương tự, cho đến khi các yếu tố có độ tin cậy gần bằng nhau thì dừng lại.

Địa chỉ:

Trường đại học Xây dựng

Viện KHKT Xây dựng

Nhận ngày 18/1/1996

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bolotin V. V. Methods of probability theory and reliability theory in the Calculation of structures, Xtroizdat, Moscow, 1982 (in Russian).
2. Raizer V. D. Reliability theory methods for design making, Xtroizdat, Moscow, 1986 (in Russian).
3. Angusti G., Barrata A. and Casciati F. Probabilistic methods in structural engineering. London New York, Chaman and Hall 1984.
4. Raizer V. D. Analysis of structural safety and design code making procedures Xtroizdat, Moscow 1995 (in Russian).

5. Cornell C. A. Bounds on the reliability of structural systems Journal of struct. Div. AscE Vol.93, No ST1, 1967, pp 171-200.
6. Ermolev Yu. M. Methods of the stochastic programming. Nauka, Moscow, 1976 (in Russian).
7. Nguyễn Văn Phó và Nguyễn Xuân Chính. Tính toán độ tin cậy dầm bê tông cốt thép. Thông báo Khoa học Kỹ thuật Xây dựng số 4, 1994, Viện KHKT XD.
3. Nguyễn Văn Phó và Lê Ngọc Thạch. Phương pháp tuyến tính hóa trong bài toán độ tin cậy. Tạp chí Cơ học số 3, tập XV, 1993.
2. Nguyễn Văn Phó. On the problem of optimal structure design subjected to regular lifetime criterion. Journal of Mechanics, NCNST of Vietnam No 2, 1995.

## SUMMARY

### A METHOD FOR EVALUATION RELIABILITY OF SYSTEM

In this paper, the authors have presented a method for evaluation reliability of system.

The method includes three steps:

- Deterministic calculation by finite element method to find inner forces of structure. In which values of design parameters and loads are chosen as their expectations.
- To find reliability of every element according to statistic datas of design parameters and external loads. In which inner forces of structure are external force of element.
- To evaluate reliability of system by to determine lower and upper bounds.

For illustration, evaluation of reliability of multi-story frame of reinforce concrete is considered.