

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA KẾT CẤU TRONG TRƯỜNG HỢP THIẾU SỐ LIỆU QUAN SÁT, ĐO ĐẠC

ThS. **NGUYỄN THANH HƯNG**

Khoa xây dựng - Trường Đại học Vinh

Tóm tắt: *Đối với bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình hiện hữu (nghĩa là đánh giá công trình đã xây dựng, công trình đang khai thác) thì vấn đề đủ hay thiếu số liệu là rất quan trọng vì người ta phải căn cứ vào số liệu đo đạc, quan sát, thực nghiệm để đánh giá công trình.*

Do biến đổi khí hậu, tác động của môi trường đối với công trình có sự thay đổi rõ rệt, không theo quy luật cũ mà số liệu mới thì không đủ nên tải trọng và vật liệu được coi là các đại lượng mờ. Vì vậy việc đánh giá khả năng chịu lực cho công trình (bài toán chẩn đoán kỹ thuật) được đặt ra một cách cấp bách. Trong bài này, tác giả trình bày phương pháp đánh giá khả năng chịu lực của công trình hiện hữu, sau đó áp dụng tính toán cho một công trình nhà khung bê tông cốt thép tại thị xã Cửa Lò – Nghệ An.

1. Mở đầu

Việc đánh giá công trình hiện hữu theo các thông tin (số liệu) đo đạc tại hiện trường, theo ý kiến dự báo của các chuyên gia được gọi là “chẩn đoán kỹ thuật công trình” [12].

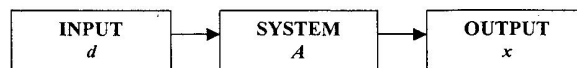
Số lượng và chất lượng thông tin sẽ quyết định phương pháp chẩn đoán, song trong bất kỳ trường hợp nào thì các tham số của công trình cũng phải thoả mãn hệ phương trình cơ bản của cơ học kết cấu.

$$Ax = d \quad (1)$$

Trong đó:

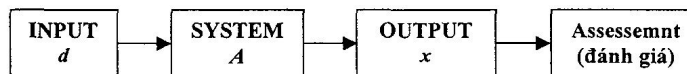
- Đầu vào (input), ký hiệu d ;
- Mô hình hoá công trình (system), ký hiệu A ;
- Đầu ra (output), ký hiệu là x .

Quá trình được mô hình hoá dưới dạng (hình 1)



Hình 1. Mô hình hoá quá trình giải bài toán cơ học

Thông thường trong các bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình không dừng ở tìm đầu ra x , mà còn phải tiến hành đánh giá, so sánh kết quả thu được với tiêu chuẩn, quy định của nhà quản lý để rút ra các kết luận. Chẳng hạn, đánh giá mức độ an toàn theo các tiêu chuẩn bền, ổn định, dao động,... Nên từ x phải tính độ tin cậy. Việc đánh giá cuối cùng không phải là đơn giản trong trường hợp thông tin mờ. Nên sơ đồ 1 cần được thêm phần “đánh giá” (hình 2).



Hình 2. Mô hình hoá quá trình giải bài toán chẩn đoán

Việc chẩn đoán gồm các bước sau:

- Thu thập số liệu (quan sát, đo đạc, hỏi ý kiến chuyên gia...);
- Xây dựng mô hình thực của công trình;

KHẢO SÁT – THIẾT KẾ XÂY DỰNG

- Tính toán hoặc chẩn đoán theo một tiêu chuẩn nào đó để tìm các tham số cần thiết, chưa biết của công trình;

- Đánh giá, kết luận theo mục đích của chẩn đoán.

Xét hai trường hợp sau:

- Đủ thông tin để giải bài toán cơ học kết cấu, song các thông tin thu thập được phạm vi những sai sót ngẫu nhiên;

- Thông tin không đủ và mang đặc trưng mờ. Trong bài này tác giả sau khi nêu phương pháp đã đánh giá khả năng chịu lực của khung bê tông cốt thép qua một công trình cụ thể nhà 16 tầng tại Cửa Lò - Nghệ An.

2. Bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình [12]

- Bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình trong điều kiện thông tin ngẫu nhiên;

- Bài toán chẩn đoán kỹ thuật trong điều kiện thông tin mờ.

Mô hình bài toán như hình 2 trong đó:

- Đầu vào d , A có ít nhất một thành phần mờ. Trong một bài toán các thông tin (số liệu) có tồn tại cả 3 dạng: tất định, ngẫu nhiên, mờ;

- Ma trận A phản ánh đặc trưng và cấu trúc của hệ, nó mang đặc trưng mờ ở những trường hợp không thể đo đạc, quan sát được hoặc chỉ dựa vào ý kiến chuyên gia, do thiếu số liệu...;

- Đầu ra x tất nhiên phải mờ vì d và A mờ, x được tìm theo một thuật toán tích hợp;

- Đánh giá (sau khi tìm được x), giải mờ hay phân tích độ tin cậy mờ.

3. Đánh giá khả năng chịu lực khung phẳng bê tông cốt thép nhiều tầng chịu tải trọng gió mờ

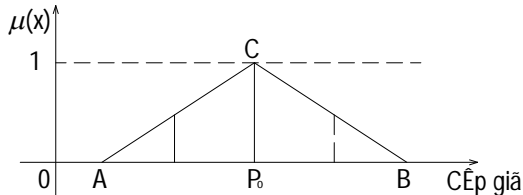
3.1. Cơ sở lý thuyết

3.1.1. Xác định tải trọng mờ trong phân tích kết cấu

Trong tình trạng biến đổi khí hậu, tải trọng là đại lượng mờ hay quá trình mờ. Xác định một đại lượng mờ ta cần xác định hàm thuộc của nó, đã có một số phương pháp để xác định hàm thuộc [1,5...].

Với tải trọng mờ, ta coi tải trọng là giá trị tin tưởng (ứng với hàm thuộc $\mu(x) = 1$), các sai lệch là các giá trị quanh giá trị tin tưởng nằm trong miền xác định của đại lượng mờ.

Chẳng hạn, tải trọng mờ với hàm thuộc tam giác. Giá trị tin tưởng là P_0 thì hàm thuộc là tam giác ABC. Như vậy tải trọng P có giá trị biến thiên trên đoạn AB. Tại P_0 là giá trị tin tưởng $\mu(P_0) = 1$. Các giá trị hàm thuộc tương ứng khác với $\mu(P) < 1$. Vì vậy khi tính toán với tải trọng P_0 thì do có sai lệch nên P có thể chạy trên đoạn AB (hình 3).



Hình 3. Hàm thuộc tải trọng

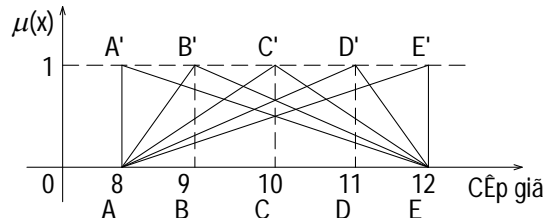
Theo tính chất và các thông tin thu được để chọn dạng hàm thuộc thích hợp thì hàm thuộc tam giác là hàm thuộc đơn giản nhất và phù hợp với ý nghĩa của tải trọng trong tính toán kết cấu công trình.

KHẢO SÁT – THIẾT KẾ XÂY DỰNG

3.1.2. Xác suất an toàn trung bình của kết cấu với tải trọng mờ trên một đoạn

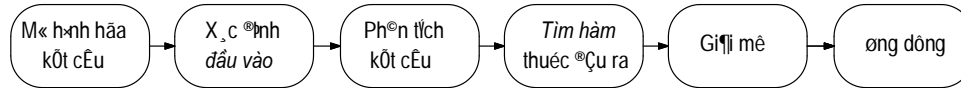
Trong thực tế, ta thường gặp trường hợp các tham số mờ chỉ dự đoán được nằm trong một khoảng nào đó, mà không rõ quy luật phân bố.

Căn cứ thông tin thu được hay theo dự báo trước khi phân tích, ta chọn được cận trên (B) và cận dưới (A) của tải trọng (hình 4). Hàm thuộc thể hiện mức độ tin tưởng chứ không phải quy luật biến thiên [13]. Rời rạc hóa các giá trị trên AB, mỗi giá trị tương ứng với một đại lượng mờ có giá trị tin tưởng là giá trị rời rạc, miền xác định là AB. Với mỗi giá trị rời rạc tính được một giá trị xác suất an toàn P_i . Giá trị trung bình $P_{tb} = \frac{1}{n} \sum P_i$, trong đó n là số điểm rời rạc.



Hình 4. Hàm thuộc của các giá trị rời rạc tải trọng

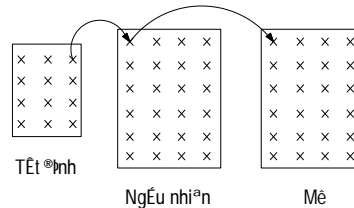
3.1.3. Sơ đồ phân tích mờ kết cấu (hình 5)



Hình 5. Sơ đồ phân tích kết cấu

3.1.4. Thuật toán và chương trình

- Thuật toán xác định các tổ hợp đầu vào tiền định từ đầu vào mờ. Có ba nhóm giá trị: tất định, ngẫu nhiên và mờ (hình 6).



Hình 6. Các tổ hợp số liệu

Tham số tất định là tham số không có sai số được xác định bằng một giá trị.

Tham số ngẫu nhiên có giá trị trong một miền nào đó (miền mà hàm mật độ không đủ nhỏ). Rời rạc hóa giá trị đại lượng ngẫu nhiên trong miền xác định bởi một tập giá trị, với giá trị rời rạc x_i tương ứng hàm mật độ $f(x_i)$.

Tham số mờ cũng làm tương tự như tham số ngẫu nhiên, nhưng trong đó hàm mật độ được thay bởi hàm thuộc $\mu(x_i)$.

Quy luật thành lập đầu vào tất định từ đầu vào mờ: “Toàn bộ số liệu nhóm tất định kết hợp với một giá trị ngẫu nhiên và một giá trị mờ, tạo thành một đầu vào tất định khả dĩ”. Trường hợp bài toán có một tham số ngẫu nhiên với số giá trị rời rạc là l_1 và một tham số mờ với giá trị rời rạc là l_2 , thì số tổ hợp khả dĩ là $l_1 \cdot l_2$.

- Thuật toán xây dựng biểu đồ tần số đầu ra.

Các tổ hợp thành lập theo nguyên tắc trên là các tổ hợp khác nhau. Song vai trò các giá trị rời rạc của các tham số là không giống nhau.

Tham số tiền định có giá trị chắc chắn (một giá trị) nên có mặt trong mọi tổ hợp, các giá trị rời rạc của tham số ngẫu nhiên tương ứng giá trị hàm mật độ khác nhau, các giá trị rời rạc của tham số mờ tương ứng với các giá trị hàm thuộc khác nhau.

3.2.2. Phương pháp tính

Công trình sử dụng hệ kết cấu khung kết hợp lõi, hệ dầm sàn được sử dụng bê tông cốt thép đổ tại chỗ.

Xác định nội lực, chuyển vị sử dụng Sap2000. Lấy kết quả nội lực và chuyển vị ứng với trường hợp của tải trọng.

a. Sơ đồ tính toán

Từ mặt bằng kết cấu của công trình, các giả thiết tính toán. Sơ đồ tính toán của công trình được mô hình hóa dưới dạng những kết cấu phẳng theo hai phương trong mặt bằng chịu tác động của tải trọng.

Tác giả tính kết cấu của khung trục 3 (K_3) chịu tải trọng gió theo phương cạnh ngắn trong mặt bằng.

b. Kích thước hình học

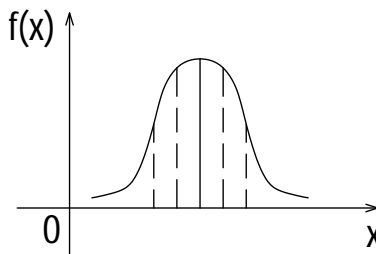
Kích thước hình học của cấu kiện trong quá trình thiết kế, thi công phụ thuộc nhiều vào con người và kiểm soát được, ta xem là các tham số bất định và được chọn như sau:

- Kích thước sàn, chọn chiều dày bản sàn $h_b = 10(\text{cm})$;
- Kích thước dầm: dầm chính lấy $b \times h = (25 \times 70)\text{cm}$, dầm phụ lấy $b \times h = (25 \times 60)\text{cm}$;
- Kích thước cột: tầng 1 đến tầng 8 lấy $b \times h = (50 \times 30)\text{cm}$; từ tầng 9 đến tầng 16 lấy $b \times h = (40 \times 30)\text{cm}$;
- Kích thước lõi: chiều dày lõi lấy bằng 30cm.

c. Vật liệu sử dụng

Kết cấu chính của công trình được sử dụng vật liệu bê tông cốt thép. Vật liệu thép ít phụ thuộc vào các điều kiện khác nên dễ kiểm soát ta xem là tham số bất định. Tính chất của vật liệu bê tông phụ thuộc vào nhiều tham số khác nhau (nước, xi măng, cốt liệu và không khí), những thay đổi về đặc tính hoặc tỷ lệ của các thành phần này cũng như những thay đổi trong việc vận chuyển... dẫn đến thay đổi cường độ của bê tông. Ngoài ra những sai số trong các thử nghiệm sẽ dẫn đến những khác biệt về cường độ. Song để tính toán đơn giản ở đây chỉ coi mô đun đàn hồi E của bê tông tương ứng với mác bê tông là đại lượng ngẫu nhiên chuẩn có số liệu sau:

$E_1 = 2,9.10^6(\text{T}/\text{m}^2)$; $E_2 = 3,0.10^6(\text{T}/\text{m}^2)$; $E_3 = 3,1.10^6(\text{T}/\text{m}^2)$; $E_4 = 3,2.10^6(\text{T}/\text{m}^2)$; $E_5 = 3,3.10^6(\text{T}/\text{m}^2)$.
Tại các giá trị đó hàm mật độ $f(x)$ (hình 9) tương ứng sẽ là: 0,54; 2,42; 3,989; 2,42; 0,54.



Hình 9. Hàm mật độ

Mô đun đàn hồi (E) có kỳ vọng $\mu_E = 3,1.10^6(\text{T}/\text{m}^2)$ và độ lệch chuẩn là $\sigma_E = 0,1.10^6(\text{T}/\text{m}^2)$.

d. Tải trọng gió (biến thiên trong một khoảng)

Tác dụng của gió lên công trình là tác dụng động, nó phụ thuộc vào các yếu tố của môi trường xung quanh như địa hình, hình dạng của mảnh đất xây dựng, độ mềm, đặc điểm mặt đứng của ngôi nhà và sự bố trí các ngôi nhà xung quanh.

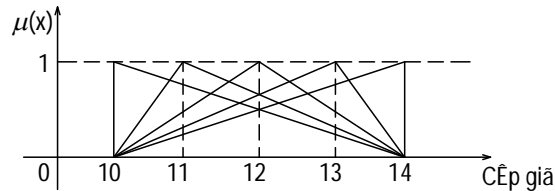
Trong tải trọng gió gồm hai thành phần tĩnh và động [6]. Căn cứ vào vị trí xây dựng công trình, xác định được áp lực gió tác động tiêu chuẩn w_0 : $w^{tc} = w_0 \cdot k \cdot c$

w_0 được lấy theo bản đồ phân vùng hoặc theo số liệu của số liệu Tổng cục Khí tượng thủy văn, kết quả khảo sát tại hiện trường xây dựng đã được xử lý. Khi đó giá trị w_0 được xác định: $w_0 = 0,0613 \cdot v_0^2$

v_0 - vận tốc gió ở độ cao 10m so với mốc chuẩn (vận tốc trung bình trong khoảng thời gian 3 giây, bị vượt trung bình một lần trong 20 năm).

Mặt khác trong thực tế chỉ dự đoán được tải trọng nằm trong một khoảng nào đó, mà không rõ quy luật phân bố. Khi cơ quan khí tượng dự báo bão đổ bộ vào vùng công trình được xây dựng có cường độ cấp 12 giạt đến cấp 14. Vậy theo nghĩa của đại lượng ngẫu nhiên thì bão có thể diễn ra từ cấp 10 đến cấp 14, trong khoảng (10, 14) là miền xác định của tải trọng. Lúc đó chọn tải trọng gió mờ tính toán như sau:

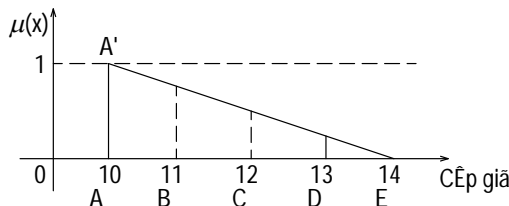
Rời rạc hóa các giá trị cấp gió từ 10 đến 14 thành 5 giá trị gồm cấp 10, 11, 12, 13, 14. Mỗi giá trị ứng với một tải trọng mờ, hàm thuộc tam giác, đỉnh tam giác ứng với tải trọng đó, còn miền xác định là đoạn từ 10 đến 14 (hình 10).



Hình 10. Hàm thuộc của các giá trị rời rạc tải trọng

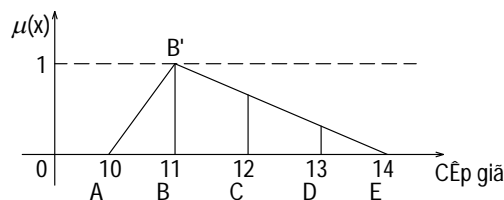
Với cách tính như vậy có 5 tam giác hàm thuộc ứng với 5 giá trị mờ, từng giá trị mờ được tính như sau:

- Xét giá trị mờ (gió cấp 10) có tam giác AEA' (hình 11), tại A ứng với W_{010} là giá trị tin tưởng nên $\mu(x) = 1$ do đó các giá trị hàm thuộc tương ứng là: 1,0; 0,75; 0,5; 0,25; 0,2.



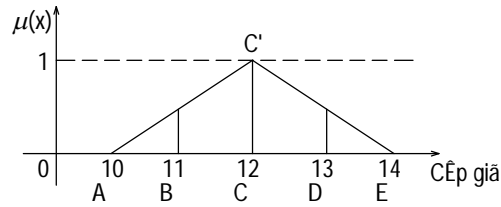
Hình 11. Hàm thuộc của tải trọng gió cấp 10

- Xét giá trị mờ (gió cấp 11) có tam giác AEB' (hình 12), tại B ứng với W_{011} là giá trị tin tưởng nên $\mu(x) = 1$ do đó các giá trị hàm thuộc tương ứng là: 0,2; 1,0; 0,75; 0,25; 0,2.



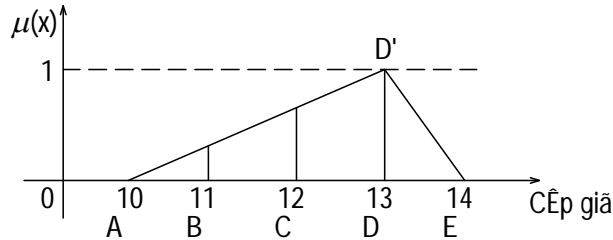
Hình 12. Hàm thuộc của tải trọng gió cấp 11

- Xét giá trị mờ (gió cấp 12) có tam giác AEC' (hình 13), tại C ứng với W_{012} là giá trị tin tưởng nên $\mu(x) = 1$ do đó các giá trị hàm thuộc tương ứng là: 0,2; 0,5; 1,0; 0,5; 0,2.



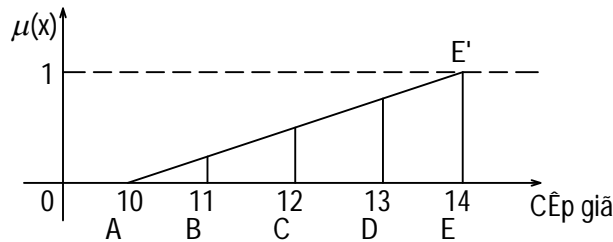
Hình 13. Hàm thuộc của tải trọng gió cấp 12

- Xét giá trị mờ (gió cấp 13) có tam giác AED' (hình 14), tại D ứng với W_{013} là giá trị tin tưởng nên $\mu(x) = 1$ do đó các giá trị hàm thuộc tương ứng là: 0,2; 0,5; 0,75; 1,0; 0,2.



Hình 14. Hàm thuộc của tải trọng gió cấp 13

Xét giá trị mờ (gió cấp 14) có tam giác AEE' (hình 15), tại E ứng với W_{014} là giá trị tin tưởng nên $\mu(x) = 1$ do đó các giá trị hàm thuộc tương ứng là: 0,2; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0.



Hình 15. Hàm thuộc của tải trọng gió cấp 14

Giá trị cấp gió tương ứng với vận tốc, áp lực gió w_0 được tính toán và tổng hợp trong bảng 1 sau [7]:

Tại mỗi cấp gió ta xác định được giá trị w_0 theo công thức $w_0 = 0,0613 \cdot v_0^2$ tương ứng: $w_{010} = 43,14(\text{Kg/m}^2)$; $w_{011} = 57,23(\text{Kg/m}^2)$; $w_{012} = 74,50(\text{Kg/m}^2)$; $w_{013} = 94,70(\text{Kg/m}^2)$; $w_{014} = 118,08(\text{Kg/m}^2)$.

3.2.3. Xác định tập đầu vào tính toán

Bảng 1. Xác định áp lực gió W_0

Cấp gió	Tốc độ gió	Trung bình	W_0
Bộpho	Km/h	Km/h	Kg/m ²
10	89	95.50	43.138
	102		
11	103	110.0	57.232
	117		
12	118	125.5	74.498
	133		
13	134	141.5	94.704
	149		
14	150	158.0	118.078
	166		

KHẢO SÁT – THIẾT KẾ XÂY DỰNG

Tham số tải trọng gió mờ xác định 5 giá trị, mỗi giá trị (cấp gió) ứng với một tải trọng mờ và hàm thuộc tam giác. Tổ hợp cho từng trường hợp:

- Tham số tất định là kích thước hình học được xác định một giá trị (KT);

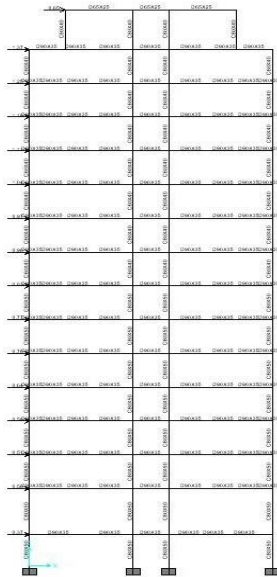
- Tham số ngẫu nhiên là vật liệu bê tông có mô đun được rời rạc hóa (5 giá trị): $E_1 = 2,9.10^6(T/m^2)$; $E_2 = 3,0.10^6(T/m^2)$; $E_3 = 3,1.10^6(T/m^2)$; $E_4 = 3,2.10^6(T/m^2)$; $E_5 = 3,3.10^6(T/m^2)$. Tại các giá trị đó có hàm mật độ tương ứng là: 0,54; 2,42; 3,989; 2,42; 0,54;

- Tham số mờ, giá trị mờ (gió cấp 10) có tam giác AEA' (hình 8) được rời rạc thành 5 giá trị: $w_{010} = 43,14(Kg/m^2)$; $w_{011} = 57,23(Kg/m^2)$; $w_{012} = 74,50(Kg/m^2)$; $w_{013} = 94,70(Kg/m^2)$; $w_{014} = 118,08(Kg/m^2)$. Có hàm thuộc tương ứng là: 1,0; 0,75; 0,5; 0,25; 0,2;

Tương ứng với giá trị E_1 ta có các tổ hợp: KT, E_1 , w_{010} ; KT, E_1 , w_{012} ;... KT, E_1 , w_{014} . Ứng với các giá trị E_2, E_3, E_4, E_5 cũng làm tương tự và ta có tổng số đầu vào tất định là: $5 \times 5 = 25$.

Một trường hợp đầu vào tương ứng một kết quả đầu ra khi thực hiện trên máy tính.

3.2.4. Sơ đồ tính, kết quả tính toán



Hình 16. Sơ đồ tính khung K_3

Ở đây chủ yếu xét đến phản ứng của hệ kết cấu thẳng đứng khung, lõi dưới tác động của tải trọng ngang [8, 9, 19, 11]. Trong bài báo này tác giả tính toán cụ thể cho trường hợp khung trục 3 (hình 16). Với quy trình tính theo tiêu chuẩn cho từng trường hợp của tổ hợp đầu vào, sử dụng chương trình Sap2000 tìm được giá trị mô men nguy hiểm nhất (M_{max}) của khung tại vị trí C6, kết quả được tổng hợp trong bảng sau:

	43.138220	57.232253	74.497710	94.704007	118.07818
2900000	18.447650	25.093200	33.065490	42.442830	55.598410
3000000	18.510840	25.179130	33.179060	42.588840	55.789040
3100000	18.595980	25.294980	34.113600	42.784570	54.759140
3200000	18.567700	25.256140	33.280410	42.719280	54.676060
3300000	18.726300	25.472460	34.740960	43.085030	55.143540

Từ kết quả ở bảng trên, tính giá trị của quỹ an toàn được xác định: $M = M_o - M_{max}$.

KHẢO SÁT – THIẾT KẾ XÂY DỰNG

M_0 là khả năng chịu lực tại mặt cắt của tiết diện xác định theo công thức: $M_0 = R_n \cdot b \cdot x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$.

Chỉ xét trường hợp khung chịu tải trọng gió ngang, nên khung làm việc chịu uốn (giá trị M_{max} tìm được tại mặt cắt của cột C6 trên sơ đồ tính khung K3 hình 16), xác định khả năng chịu lực cho cột chịu uốn. M_{max} giá trị nội lực (mô men) tính được của từng trường hợp đầu vào cho mỗi tổ hợp.

Kết quả tính $M = M_0 - M_{max}$ tổng hợp trong bảng sau:

	43.13822	57.232253	74.49771	94.704007	118.078179
2900000	23.82448	17.17893	9.20664	-0.17070	-13.32628
3000000	27.05193	20.38364	12.38371	2.97393	-10.22627
3100000	30.25743	23.55843	14.73981	6.06884	-5.90573
3200000	33.57636	26.88792	18.86365	9.42478	-2.53200
3300000	36.96153	30.21537	20.94687	12.60280	0.54429

- Xét trường hợp giá trị mờ (gió cấp 10) có tam giác AEA' (hình 15), tại A ứng với W_{010} là giá trị tin tưởng nên $\mu(x) = 1$ do đó các giá trị hàm thuộc tương ứng là: 1,0; 0,75; 0,5; 0,25; 0,2.

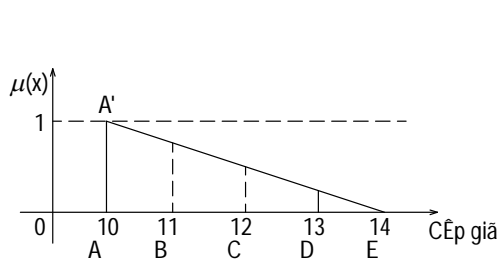
Chọn giá trị min $f(x) = 0,54$, min $\mu(x) = 0,2$. Theo công thức (2) ta có kết quả tính tần số của M trong bảng như sau:

M	-13	-8	-3	0	5	10	15	20	25	30	35
Tần số	1	4,50	11,86	7,68	9,30	16,46	22,30	30,50	27,40	40,70	26,20

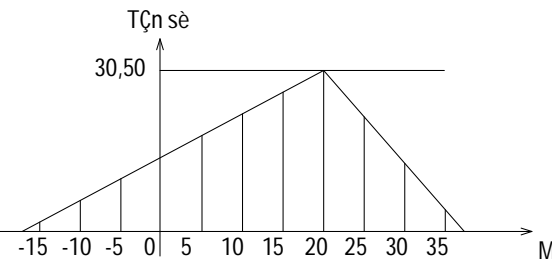
Dựa vào kết quả tính được trong bảng tần số M, ta chọn giá trị tin tưởng của M là 20 ứng với tần số là 30,50. Ta lập đường thẳng hồi qui đi qua điểm (20; 30,50) với các giá trị:

M	20	25	30	35
Tần số	30,50	27,40	40,70	26,20

Ta có một cạnh của tam giác, cạnh khác ta làm tương tự và ta có tam giác tần số (hình 16). Tam giác tần số có các đỉnh (20; 30,50), (-15,5; 0) và (35,5; 0). Theo công thức (2) ta có: $P_f = 0,1280$ □ $P_{s10} = 1 - P_f = 1 - 0,1280 = 0,8719$.



Hình 17. Hàm thuộc của tải trọng gió cấp 10



Hình 18. Tam giác tần số

- Với trường hợp các cấp gió 11, 12, 13, 14 tính toán tương tự thu được kết quả trong bảng sau:

Cấp gió	10	11	12	13	14
P_s	0,8719	0,8715	0,8484	0,8188	0,8165

Giá trị trung bình $P_{tbm} = 1/5(P_{s10} + P_{s11} + P_{s12} + P_{s13} + P_{s14}) = 0,84542$

Giá trị $P_{\max} = 0,8719$ tương ứng với tải trọng gió mờ (cấp 10).

Giá trị $P_{\min} = 0,8165$ tương ứng với tải trọng gió mờ (cấp 14).

$$\Rightarrow 0,8165 \leq P_s \leq 0,8719$$

3.3. Kết luận

- Kết quả tính toán kết cấu khung phẳng bê tông cốt thép nhiều tầng chịu tải trọng gió mờ (biến thiên trong một khoảng), xác định được các giá trị P_{\max} , P_{\min} , P_{tbn} . Qua đó đánh giá được khả năng chịu lực, mức độ an toàn của kết cấu phụ thuộc vào tầm quan trọng của công trình;

- Biến đổi khí hậu, tác động của môi trường lên công trình có sự thay đổi rõ rệt, không theo quy luật cũ nên tải trọng và vật liệu được coi là các đại lượng mờ. Vì vậy việc đánh giá khả năng chịu lực cho công trình hiện hữu (bài toán chẩn đoán kỹ thuật) rất cần thiết. Song chẩn đoán kỹ thuật mờ là vấn đề mới, chưa được nghiên cứu hoàn chỉnh. Bài này tác giả xét vấn đề có tính chất bước đầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN VĂN PHÓ, NGUYỄN XUÂN AN, “Một phương pháp phân tích kết cấu trong tình trạng biến đổi khí hậu”. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng – Đại học Xây dựng, số 4 - 2008*.
2. NGUYỄN VĂN PHÓ, LÊ NGỌC HỒNG, LÊ NGỌC THẠCH, TRẦN VĂN LIÊN, “Một số vấn đề của Cơ học Công trình trong tình trạng biến đổi khí hậu”. *Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học toàn quốc Kỷ niệm 30 năm Viện Cơ học và 30 năm Tạp chí cơ học, 2009*.
3. PHAN VĂN KHÔI, “Cơ sở đánh giá độ tin cậy”. *Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2001*.
4. NGUYỄN VĂN PHÓ, NGUYỄN ĐÌNH XÂN, NGUYỄN THẠCH VŨ, “Về mô hình giao thoa trong phân tích độ tin cậy mờ”. *Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ 8, 2006*.
5. BÙI ĐỨC CHÍNH, “Một số dạng hàm thuộc và ứng dụng trong chẩn đoán công trình”. *Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ 7, 2004*.
6. TCVN 2737 : 1995. Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế. *Nhà xuất bản Xây dựng, 1995*.
7. Tổng cục Khí tượng Thủy văn, “Thiên tai bão lũ và công tác dự báo”, 1999.
8. NGÔ THẾ PHONG, LÝ TRẦN CƯỜNG, TRỊNH KIM ĐẠM, NGUYỄN LÊ NINH, “Kết cấu bê tông cốt thép - Phần kết cấu nhà cửa”. *Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2002*.
9. PHAN QUANG MINH, NGÔ THẾ PHONG, NGUYỄN ĐÌNH CÔNG, “Kết cấu bê tông cốt thép - Phần cấu kiện cơ bản”. *Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2006*.
10. LÊ THANH HUẤN, “Kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép”. *Nhà xuất bản Xây dựng, 2007*.
11. NGUYỄN THANH HƯNG, “Đánh giá an toàn kết cấu khung phẳng bê tông cốt thép nhiều tầng chịu tải trọng gió mờ”. *Tạp chí kết cấu & công nghệ xây dựng, số 1/2009*.
12. NGUYỄN VĂN PHÓ, LÊ NGỌC THẠCH, TRẦN VĂN LIÊN, “Bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình trong điều kiện trong tin mờ”. *Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ 8, 2006*.
13. BERND MOLLER, MICHAEL BEER, “Fuzzy randomness uncertainty in Civil Engineering and computational Mechanics”, *Springer 2004*.
14. NGUYEN VAN PHO, “The general interference model in the fuzzy reliability analysis of system”, *Vietnam Journal of Mechanics 2005*.