

ỔN ĐỊNH CỦA CỘT VÁT TRONG KHUNG THÉP NHÀ TIỀN CHẾ

PGS.TS Nguyễn Quang Viên

Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt:

- Nghiên cứu sự oằn ngang của cột trong khung thép nhà tiền chế với các gối tựa khác nhau. Xác định lực tới hạn của cột dạng vát trong khung một tầng, một nhịp khi thay đổi hình dạng xà ngang.

- Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, kiến nghị phương pháp kiểm tra ổn định tổng thể của cột vát theo quy định của tiêu chuẩn thiết kế hiện hành ở nước ta TCXDVN 338:2005.

Summary:

- Study the buckling problem of column in prefabricated frame with various supports. Determine a critical force of tapered column in symmetrical prefabricated frame in a change of beam's shape.

- Recommend a method of checking global buckling of tapered column based on the results and on the regulations of the Vietnamese design Standard TCXDVN 338:2005.

Nhà tiền chế là loại nhà được xây dựng theo công nghệ mới, được sử dụng từ lâu ở khá nhiều nước trên thế giới. Phổ biến nhất là loại mà kết cấu chịu lực chính của nhà là các khung ngang một nhịp, có chiều cao tiết diện thay đổi tuyến tính dọc chiều dài cấu kiện thành dạng vát. Theo chiều dài, cột thường được vát một lần, dầm có thể vát một hoặc vài ba lần. Sự thay đổi liên tục chiều cao tiết diện là giải pháp hữu hiệu để có kết cấu hợp lý; chỗ có nội lực lớn thì sử dụng tiết diện lớn, chỗ có nội lực bé thì thu nhỏ chiều cao tiết diện lại. Trọng lượng thép kết cấu có thể giảm thiểu tới 20%, kéo theo đó còn giảm được lao động chế tạo, chuyên chở và lắp dựng.

Ở nước ta trong khoảng vài chục năm gần đây nhà tiền chế đã được áp dụng để xây dựng nhiều công trình công nghiệp và cho cả một số nhà dân dụng. Tuy nhiên các công trình này đều được thiết kế theo tiêu chuẩn của nước ngoài. Lý do chính là việc kiểm tra ổn định cho cấu kiện dạng vát chưa được đề cập đến một cách chi tiết trong Tiêu chuẩn thiết kế Kết cấu thép hiện hành ở nước ta.

Khi kiểm tra ổn định của cột vát, quy định kỹ thuật về kết cấu nhà thép (1989) của Viện Kết cấu Hoa Kỳ dựa trên ý tưởng cơ bản là lực tới hạn của cột vát có chiều dài L cho bằng lực tới hạn của cột không vát có tiết diện bằng đầu nhỏ, coi độ cứng của xà ngang là không đổi (chấp nhận giá trị trung bình nếu xà ngang cũng vát) rồi thông qua độ vát của cột và độ ngàm của chân cột với móng để tra bảng ra 1 hệ số chiều dài tính toán K_y cho cột.

Tiêu chuẩn thiết kế hiện hành của nước ta TCXDVN 338-2005 thì trên cơ sở độ vát, chiều dài tính toán của cột được hiệu chỉnh bằng cách nhân thêm vào hệ số điều chỉnh μ_1 nhằm tăng giá trị chiều dài tính toán của cột vát so với cột không vát.

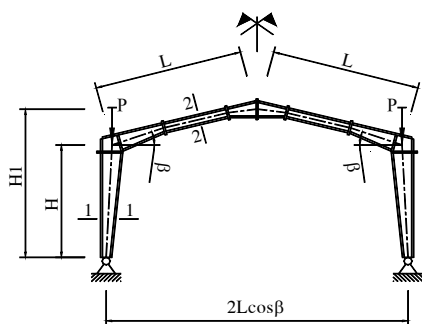
Cả hai cách tính này đều chấp nhận sự gần đúng độ cứng của xà ngang; không có lời giải cho trường hợp xà ngang vát một số lần; và do vậy kết quả cũng chỉ là gần đúng và không phản ánh được bản chất của bài toán ổn định. Phương pháp sẽ giới thiệu sau đây nhằm giải quyết các khó khăn này.

1. CÁC GIẢ THIẾT, SƠ ĐỒ TÍNH TOÁN

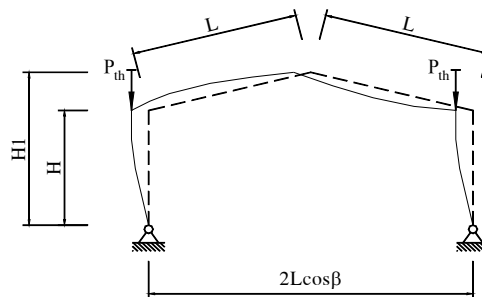
Xét khung một tầng, một nhịp đối xứng, xà ngang gầy (mái dốc), cột có tiết diện thay đổi (cột vát) hoặc không đổi; liên kết chân cột với móng là khớp hoặc liên kết ngàm (chỉ với cột tiết diện không đổi), liên kết cột với xà ngang là cứng. Việc xác định lực tối hạn cho cột khung chấp nhận các giả thiết sau:

- Vật liệu thép làm việc trong giới hạn đàn hồi.
- Nút khung coi như nút cứng, chuyển vị của các đầu thanh quy tụ vào nút là như nhau.
- Biến dạng dọc trục và biến dạng trượt là không đáng kể so với biến dạng uốn. Trước và sau khi biến dạng, chiều dài theo phương ban đầu của các thanh không đổi.
- Tải trọng tác dụng trên khung chỉ đặt ở các nút. Khi hệ chưa mất ổn định, những tải trọng này chỉ gây ra hiện tượng kéo hoặc nén mà không gây ra hiện tượng uốn ngang trong các thanh của khung.
- Hai cột có kích thước như nhau. Khi mất ổn định, cả hai cột mất ổn định đồng thời (hình 1.2).
- Coi trục cột là thẳng đứng. Nếu cột là cột vát, bỏ qua độ nghiêng của trục cột thực so với trục thẳng đứng.

Từ các giả thiết trên, ta có sơ đồ tính toán ổn định của cột trong khung thép một tầng, một nhịp như thể hiện trên hình 1.1, 1.2.



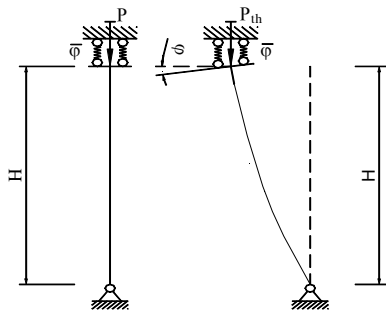
Hình 1.1



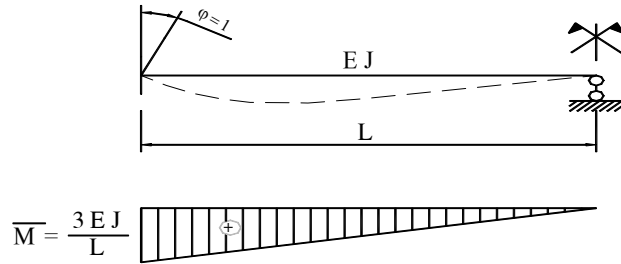
Hình 1.2

2. THAY THẾ ĐỘ CỨNG CỦA XÀ NGANG - XÁC ĐỊNH HỆ SỐ ĐÀN HỒI $\bar{\varphi}$, HỆ SỐ ĐÀN HỒI TƯƠNG ĐỐI $\bar{\varphi}'$

Để tìm lực tới hạn trong cột, tách riêng cột ra như hình 1.3. ảnh hưởng của độ cứng xà ngang được thay thế bằng liên kết ngàm đàn hồi trượt có hệ số đàn hồi $\bar{\varphi}$. Đó chính là góc xoay của ngàm đàn hồi trượt khi mômen bằng đơn vị gây ra. Tương ứng với từng trường hợp cấu tạo của xà, hệ số đàn hồi $\bar{\varphi}$ được xác định như sau:



Hình



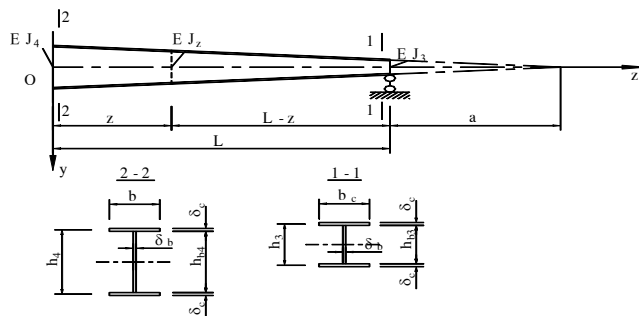
Hình

2.1 Khi xà ngang có tiết diện không đổi:

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{M} = \frac{L}{3EJ}$$

2.2. Khi xà ngang có tiết diện chữ I, chiều cao tiết diện thay đổi theo luật bậc nhất (là cấu kiện vát 1 lần)

$$\bar{\varphi} = \frac{L}{EJ_3} \frac{1}{\left(\frac{h_4}{h_3} - 1\right)^3} \left[\frac{h_4}{h_3} - 2 \ln\left(\frac{h_4}{h_3}\right) - \frac{1}{\left(\frac{h_4}{h_3}\right)} \right]$$



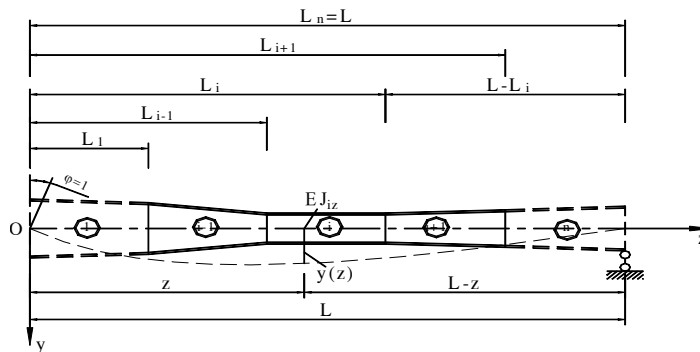
Hình

Để thuận tiện sử dụng, ta đặt $i = \frac{EJ_3}{L}$, và lập bảng tra $\bar{i\varphi}$ theo tỷ số $\frac{h_4}{h_3}$:

Bảng 2.1 Bảng xác định giá trị $\bar{i\varphi}$ (với: $i = \frac{EJ_3}{L}$)

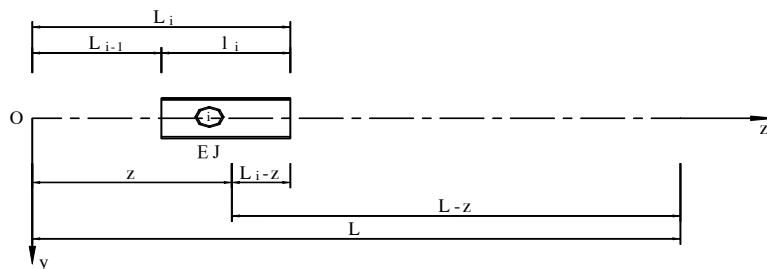
h_4/h_3	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.0
$\bar{i\varphi}$	0.289	0.253	0.224	0.200	0.179	0.162	0.147	0.135	0.123	0.114
h_4/h_3	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00
$\bar{i\varphi}$	0.105	0.098	0.091	0.085	0.079	0.074	0.070	0.066	0.062	0.059
h_4/h_3	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.60	3.70	3.80	3.90	4.00
$\bar{i\varphi}$	0.056	0.053	0.050	0.048	0.045	0.043	0.041	0.039	0.038	0.036
h_4/h_3	4.10	4.20	4.30	4.40	4.50	4.60	4.70	4.80	4.90	5.00
$\bar{i\varphi}$	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.029	0.027	0.027	0.026	0.025

2.3. Khi xà ngang có tiết diện chữ I, tổ hợp từ nhiều đoạn với các độ vát khác nhau:
xác định hệ số đàn hồi thay thế $\bar{\varphi}$ tương ứng với từng đoạn; hệ số đàn hồi cuối cùng bằng tổng các hệ số đàn hồi thành phần (tổng tất cả các giá trị tính được từ các đoạn không vát hoặc chỉ vát một lần):



Hình 1.6

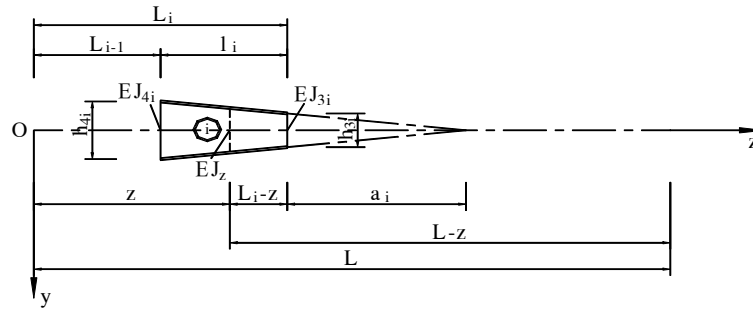
+ Đoạn xà ngang có tiết diện không đổi:



Hình 1.7

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{EJ} \left(-\frac{L}{3}\right) \left(1 - \frac{z}{L}\right)^3 \Big|_{z=L_{i-1}}^{z=L_i} = \frac{L}{3EJ} \left[\left(1 - \frac{L_{i-1}}{L}\right)^3 - \left(1 - \frac{L_i}{L}\right)^3 \right]$$

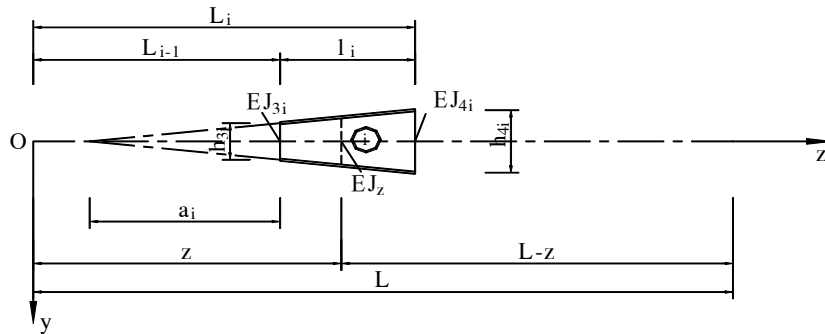
+ Đoạn xà vát với đầu nhỏ nằm xa gốc O



Hình 1.8

$$\bar{\varphi} = \frac{l_i^3}{EJ_{3i}L^2} \frac{1}{\left(\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1\right)^3} \left[\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1 + 2 \left(\frac{L - L_i}{l_i} \left(\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1 \right) - 1 \right) \ln \frac{h_{4i}}{h_{3i}} - \left(\frac{L - L_i}{l_i} \left(\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1 \right) - 1 \right)^2 \left(\frac{1}{\frac{h_{4i}}{h_{3i}}} - 1 \right) \right]$$

+ Đoạn xà vát với đầu nhỏ nằm gần gốc O:



Hình 1.9

$$\bar{\varphi} = \frac{l_i^3}{EJ_{3i}L^2} \frac{1}{\left(\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1\right)^3} \left[\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1 - 2 \left(\frac{L - L_{i-1}}{l_i} \left(\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1 \right) + 1 \right) \ln \frac{h_{4i}}{h_{3i}} - \left(\frac{L - L_{i-1}}{l_i} \left(\frac{h_{4i}}{h_{3i}} - 1 \right) + 1 \right)^2 \left(\frac{1}{\frac{h_{4i}}{h_{3i}}} - 1 \right) \right]$$

3. XÁC ĐỊNH LỰC TỐI HẠN CỦA CỘT

Lực tối hạn của cột khung P_{th} được xác định theo trình tự sau:

3.1 Theo giả thiết ở phần 1, coi nút khung là cứng, góc xoay tương đối giữa đầu trên của cột và xà ngang bằng 0, nghĩa là hệ số đàn hồi của nút liên kết đầu trên cột đã được xác định như ở xà ngang $\bar{\varphi}$, tương ứng với từng trường hợp đã xác định ở phần 2 trên đây.

3.2. Tính hệ số đàn hồi tương đối của cột $\overline{\varphi}'$, theo công thức: $\overline{\varphi}' = \overline{\varphi} \frac{EJ_1}{I}$

Với: I - chiều dài hình học của cột ; ($I=H$)

J_1 - mômen quán tính của tiết diện đầu nhỏ của cột vát hoặc là mômen quán tính của tiết diện không đổi.

3.3. Khi cột có tiết diện không đổi, xà ngang không vát hoặc có dạng vát, lực nén tới hạn P_{th} xác định theo:

+ Trường hợp cột liên kết khớp với móng: $P_{th} = K_{13} \frac{EJ}{l^2}$; hệ số K_{13} xác định theo bảng 3.1.

+ Trường hợp cột liên kết ngàm với móng: $P_{th} = K_{14} \frac{EJ}{l^2}$ hệ số K_{14} xác định theo bảng 3.2.

Bảng 3.1 Hệ số K_{13} cho cột khung một tầng một nhịp, cột tiết diện không đổi, liên kết khớp với móng

$\overline{\varphi}'$	∞	69.11	50.69	38.73	30.53	24.67	20.33	17.03	14.46	12.42
K13	0	0.014	0.020	0.026	0.032	0.04	0.048	0.058	0.068	0.078
$\overline{\varphi}'$	10.78	9.43	8.31	7.38	6.59	5.913	5.332	4.828	4.388	4.002
K13	0.09	0.102	0.116	0.130	0.144	0.16	0.176	0.194	0.212	0.230
$\overline{\varphi}'$	3.661	3.359	3.089	2.848	2.632	2.436	2.259	2.099	1.952	1.819
K13	0.25	0.270	0.292	0.314	0.336	0.36	0.384	0.410	0.436	0.462
$\overline{\varphi}'$	1.696	1.584	1.480	1.384	1.296	1.214	1.138	1.067	1.001	0.939
K13	0.49	0.518	0.548	0.578	0.608	0.64	0.672	0.706	0.740	0.774
$\overline{\varphi}'$	0.882	0.828	0.777	0.729	0.684	0.642	0.602	0.564	0.529	0.495
K13	0.81	0.846	0.884	0.922	0.960	1.0	1.040	1.082	1.124	1.166
$\overline{\varphi}'$	0.463	0.432	0.403	0.375	0.349	0.324	0.300	0.277	0.255	0.234
K13	1.21	1.254	1.300	1.346	1.392	1.44	1.488	1.538	1.588	1.638
$\overline{\varphi}'$	0.214	0.194	0.175	0.157	0.140	0.123	0.107	0.091	0.076	0.062
K13	1.690	1.742	1.796	1.850	1.904	1.96	2.016	2.074	2.132	2.190
$\overline{\varphi}'$	0.047	0.033	0.020	0.007	0					
K13	2.25	2.310	2.372	2.434	$\pi/4$					

Bảng 3.2. Hệ số K_{14} cho cột khung một tầng một nhịp, cột tiết diện không đổi, liên kết ngàm với móng

$\overline{\varphi}$	0.048	0.055	0.062	0.070	0.077	0.085	0.093	0.101	0.110	0.118
K14	9.000	8.880	8.762	8.644	8.526	8.410	8.294	8.180	8.066	7.952
$\overline{\varphi}$	0.127	0.136	0.145	0.155	0.165	0.175	0.186	0.196	0.208	0.219
K14	7.840	7.728	7.618	7.508	7.398	7.290	7.182	7.076	6.970	6.864
$\overline{\varphi}$	0.231	0.244	0.257	0.270	0.284	0.299	0.314	0.330	0.346	0.364
K14	6.760	6.656	6.554	6.452	6.350	6.250	6.150	6.052	5.954	5.856
$\overline{\varphi}$	0.382	0.401	0.421	0.441	0.463	0.487	0.511	0.537	0.564	0.594
K14	5.760	5.664	5.570	5.476	5.382	5.290	5.198	5.108	5.018	4.928
$\overline{\varphi}$	0.624	0.657	0.693	0.730	0.771	0.814	0.861	0.912	0.967	1.027
K14	4.840	4.752	4.666	4.580	4.494	4.410	4.326	4.244	4.162	4.080
$\overline{\varphi}$	1.093	1.165	1.244	1.332	1.430	1.541	1.665	1.807	1.970	2.159
K14	4.000	3.920	3.842	3.764	3.686	3.610	3.534	3.460	3.386	3.312
$\overline{\varphi}$	2.381	2.646	2.967	3.364	3.868	4.53	5.43	6.74	8.80	12.54
K14	3.240	3.168	3.098	3.028	2.958	2.890	2.822	2.756	2.690	2.624
$\overline{\varphi}$	21.40	25.90	32.75	44.42	∞					
K14	2.560	2.544	2.528	2.512	$\pi/4$					

3.4 Khi cột có dạng vát, liên kết khớp với móng, liên kết cứng với xà ngang, xà ngang không vát hoặc có dạng vát, lực tới hạn của cột xác định theo: $P_{th} = K_{11} \frac{EJ_1}{l^2}$

J_1 - mômen quán tính của tiết diện đầu nhỏ của cột vát.

K_{11} - Hệ số ổn định của cột vát, phụ thuộc tỷ số chiều cao tiết diện của 2 đầu cột và hệ số đàn hồi tương đối $\overline{\varphi}$, xác định theo bảng 3.3 dưới đây:

Bảng 3.3 Hệ số K₁₁ cho cột khung một tầng một nhịp, cột vát, liên kết khớp với móng

	Hệ số K ₁₁ khi tỉ số h ₂ /h ₁											
	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00
0.0	3.389	4.407	5.525	6.732	8.033	9.417	10.890	12.444	14.083	15.799	17.598	19.471
0.05	2.975	3.739	4.518	5.299	6.073	6.831	7.566	8.275	8.953	9.597	10.207	10.782
0.10	2.637	3.218	3.774	4.295	4.779	5.223	5.628	5.995	6.326	6.624	6.893	7.134
0.15	2.359	2.810	3.219	3.584	3.907	4.191	4.440	4.657	4.848	5.015	5.161	5.29
0.20	2.129	2.486	2.797	3.063	3.292	3.487	3.653	3.796	3.918	4.024	4.115	4.195
0.25	1.937	2.225	2.467	2.670	2.839	2.980	3.099	3.199	3.284	3.356	3.419	3.472
0.30	1.775	2.011	2.205	2.363	2.493	2.600	2.688	2.762	2.824	2.877	2.922	2.961
0.35	1.636	1.834	1.992	2.118	2.221	2.304	2.373	2.429	2.477	2.517	2.551	2.581
0.40	1.517	1.684	1.815	1.919	2.001	2.068	2.123	2.168	2.205	2.237	2.264	2.287
0.45	1.4133	1.5560	1.6664	1.7528	1.8212	1.8759	1.9204	1.9569	1.9872	2.0126	2.0341	-
0.50	1.3225	1.4458	1.5401	1.6131	1.6704	1.7161	1.7530	1.7832	1.8082	1.8291	1.8906	-
0.55	1.2424	1.3500	1.4313	1.4938	1.5425	1.5812	1.6123	1.6377	1.6586	1.6762	-	-
0.60	1.1712	1.2659	1.3368	1.3908	1.4327	1.4659	1.4925	1.5141	1.5319	1.5625	-	-
0.65	1.1076	1.1915	1.2538	1.3010	1.3375	1.3662	1.3891	1.4078	1.4231	-	-	-
0.70	1.0504	1.1253	1.1804	1.2220	1.2540	1.2791	1.2992	1.3154	1.3288	-	-	-
0.75	0.9988	1.0659	1.1151	1.1520	1.1803	1.2025	1.2201	1.2344	1.2656	-	-	-
0.80	0.9519	1.0125	1.0566	1.0896	1.1148	1.2025	1.1501	1.1627	-	-	-	-
0.85	0.9091	0.9641	1.0039	1.0335	1.0561	1.0737	1.0877	1.0989	-	-	-	-
0.90	0.8700	0.9201	0.9562	0.9829	1.0033	1.0191	1.0317	-	-	-	-	-
1.00	0.8010	0.8430	0.8731	0.8952	0.9120	0.9250	0.9363	-	-	-	-	-
1.10	0.7421	0.7778	0.8032	0.8219	0.8359	0.8468	0.8554	-	-	-	-	-
1.20	0.6912	0.7220	0.7437	0.7596	0.7715	0.7808	0.7880	-	-	-	-	-
1.30	0.6467	0.6735	0.6923	0.7061	0.7164	0.7243	-	-	-	-	-	-
1.40	0.6077	0.6312	0.6476	0.6596	0.6685	0.6754	-	-	-	-	-	-
1.50	0.5730	0.5938	0.6083	0.6188	0.6267	0.6327	-	-	-	-	-	-
1.75	0.5015	0.5172	0.5281	0.5360	0.5419	0.5625	-	-	-	-	-	-
2.00	0.4457	0.4581	0.4666	0.4727	0.4773	-	-	-	-	-	-	-
2.25	0.4011	0.4111	0.4179	0.4228	0.4264	-	-	-	-	-	-	-
2.50	0.3647	0.3728	0.3784	0.3824	0.3906	-	-	-	-	-	-	-
3.00	0.3085	0.3143	0.3182	0.3210	-	-	-	-	-	-	-	-
4.00	0.2358	0.2392	0.2414	0.2500	-	-	-	-	-	-	-	-

4. PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ CỦA CỘT VÁT

Sau khi xác định được P_{th} theo các công thức ở phần 3 trên đây; biểu diễn P_{th} theo cách quen thuộc của công thức L.Euler, cho tiết diện i bất kỳ của cột vát:

$$P_{th} = \frac{\pi^2 E J_i}{(\mu_i l)^2} \quad (4.1)$$

Trong đó: P_{th} - lực tới hạn của cột vát được tính toán theo phần 3.

J_i - mômen quán tính của tiết diện i của cột vát (tiết diện đang xét).

l - chiều dài thực của cột vát, (chính là chiều cao H của cột khung)

μ_i - hệ số chiều dài tính toán theo tiết diện i của cột vát.

Từ công thức (4.1) trên, xác định được hệ số chiều dài tính toán μ_i theo tiết diện i của cột:

$$\mu_i = \sqrt{\frac{\pi^2 E J_i}{P_{th} l^2}} \quad (4.2)$$

Chiều dài tính toán của cột vát theo tiết diện i , xác định theo: $l_{oi} = \mu_i l$

Từ đó, xác định được độ mảnh của cột vát theo tiết diện i : $\lambda_i = \frac{l_{oi}}{r_i}$

Với r_i - bán kính quán tính của tiết diện i : $r_i = \sqrt{\frac{J_i}{A_i}}$

J_i ; A_i - mômen quán tính, diện tích của tiết diện i .

Như vậy, ta đã đưa cột vát về cột giả định có tiết diện không đổi i , có chiều dài khác chiều dài hình học ban đầu, nhưng tương đương về mặt ổn định.

Với lập luận như trên, có thể kiểm tra ổn định của cột vát giống như kiểm tra ổn định của cột tiết diện không đổi theo các quy định của Tiêu chuẩn thiết kế hiện hành TCXDVN 338-2005. Việc kiểm tra tiến hành trên một số tiết diện đặc trưng. Điều đặc biệt là, tương ứng với mỗi tiết diện đặc trưng đó, ta có một chiều dài tính toán khác, mặc dù chúng đều nằm trên một cột thực. Thông thường thì:

- + Với cột vát chịu nén đúng tâm, kiểm tra tại 2 tiết diện ở 2 đầu cột
- + Với cột vát chịu nén lệch tâm hoặc nén uốn có mômen uốn không đổi dọc theo chiều dài cột, cần kiểm tra tại 2 tiết diện ở 2 đầu cột
- + Đối với cột vát chịu nén uốn, khi mômen uốn thay đổi theo chiều dài cột, cần kiểm tra tại một số tiết diện đặc trưng (vì không biết tiết diện nào là nguy hiểm nhất), thường là tiết diện chân cột, đầu cột, giữa cột và tại tiết diện mà tại đó có mômen uốn lớn.

Các ví dụ bằng số đã chứng tỏ rằng, kết quả tính toán theo phương pháp nêu trên, so với các trường hợp tính được theo phương pháp của Tiêu chuẩn Mỹ AISC (khi cột có hoặc không có vát), hoặc so với TCXDVN (khi cột không vát) thì sai số là khá bé (<4,0%). Và do vậy, nên thông qua một số thí nghiệm nữa để kiểm chứng và kịp thời bổ sung lời giải của bài toán này vào phần còn thiếu của tiêu chuẩn thiết kế Kết cấu thép hiện hành TCXDVN 338:2005, để kịp thời phục vụ cho yêu cầu thực tế xây dựng ở nước ta.

Tài liệu tham khảo

1. PGS.TS Nguyễn Quang Viên, ThS. Bùi Hùng Cường..., "Ổn định của cột vát trong khung thép", Báo cáo kết quả Đề tài KHCN cấp Bộ, mã số B2004-34-57.
2. PGS.TS Nguyễn Quang Viên, ThS. Bùi Hùng Cường, "Ổn định của cột vát tiết diện chữ I", Báo cáo tại Hội thảo kỷ niệm 20 năm thành lập Hội Kết cấu và công nghệ XD, Hà Nội, 12/2004.
3. TCXDVN 338:2005. Kết cấu Thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
4. GS.TS Đoàn Định Kiến, "Chiều dài tính toán của cột hình vát của khung thép", Tạp chí Xây dựng, Hà Nội, 2005.
5. AISC, "Manual of steel construction-Allowable stress design", 1994.