

京都大学 正岡田清
中部大学 正岡澤征夫

1. まえがき

本研究は鉄筋コンクリート柱の二軸曲げ終局強度および変形に対する実験と解析の結果にもとづいて、このような荷重作用を受ける鉄筋コンクリート長柱の合理的かつ実用的な終局強度設計に関する一提案を行なったものである。

2. 終局強度と終局時変形

一般に、両端にヒンジの鉄筋コンクリート長柱が二軸曲げを受けた場合、限界断面(柱高中央断面)における変形は、図1に示すように、初期偏心位置から終局荷重時偏心位置に移行するのであって、終局時偏心位置は必ずしも初期偏心位置の方向と一致しないで、おだけずれた方向に変形する。

図2(a)は、図1を e_x - e_y 面に投影して偏心位置の変化を示したものであり、同様に図2(b)は P と β の関係を示したものである。そして、これらの図2(a), (b)より、終局時の二方向のモーメントを求めて示せば、図2(c)のように表わせる。一般に、終局強度(荷重, モーメント)および終局時変形(終局時偏心位置)はこのように表わせるものと考えられる。

3. 修正付加モーメント法 (Modified additional moment method)

図2(a), (b), (c)に示したような終局時における荷重～偏心位置～モーメントの関係を表示するものとして、以下に述べる“修正付加モーメント法”を提案する。

まず、多くの実験結果よりみて、終局時偏心位置 $Q(e_x, e_y)$ に對して式(1)が仮定できるものとする。

$$\left(\frac{e_x}{e_{x0}}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{e_{y0}}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

ここに、 e_{x0}, e_{y0} は図2(a)に示したように、二方向曲げの場合と同じ初期偏心距離を一方曲げの場合の初期偏心距離とした場合の終局時偏心距離を表わすものである。式(1)の関係は、図3で示される。

この関係から、二軸曲げの場合の終局時偏心距離の x, y 軸方向の成分 e_x および e_y はそれぞれ、初期偏心方向角度 α の函数として、

$$\begin{cases} e_x = e_{x0} \cdot \cos \alpha \\ e_y = e_{y0} \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (2)$$

で表されるから、二軸曲げの場合の斜方向の終局時偏心距離は、

$$e_r = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad (3)$$

で表される。

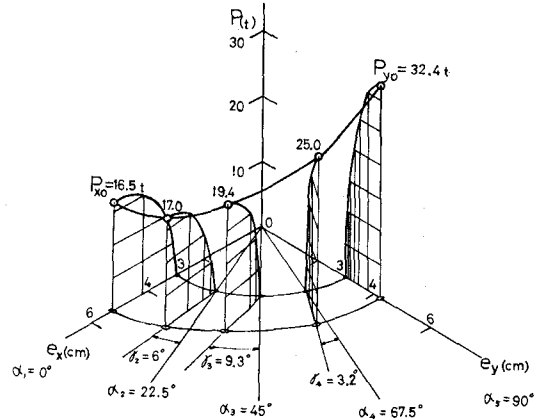


Fig.1 Load-Eccentricity Relationships at the Center Section of Biaxially Loaded Columns

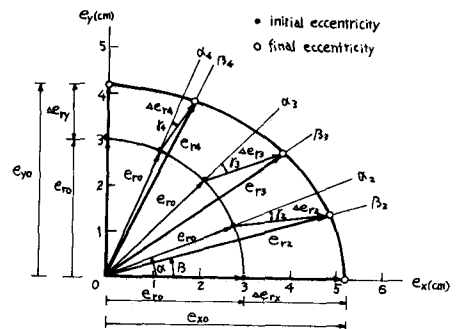


Fig.2(a) Initial and final eccentricities projected on the e_x - e_y plane

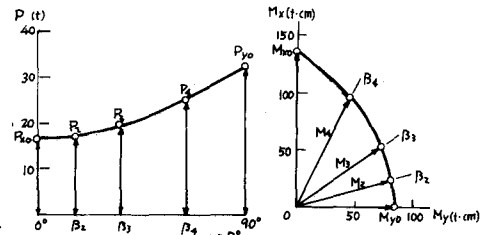


Fig.2(b) P - β relationship

Fig.2(c) Radial ultimate moment on final direction of eccentricity

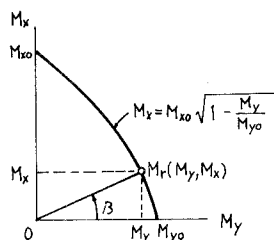


Fig. 4
Approximation for radial
ultimate moment

ここに、 M_{y0} および M_{x0} は、それぞれ、 x 軸および y 軸まわりの終局モーメントの値であり、二軸曲げの場合の斜方向の初期偏心距離と同じ初期偏心距離の場合の一軸曲げ終局モーメントを表すものであり、等価一軸曲げ終局モーメント (Equivalent uniaxial moment) と呼ぶものである。また、 M_y および M_x はそれぞれ、実際の斜方向の終局時モーメント M_r の x 方向および y 方向の成分である。式 (5) の関係より、つぎの関係が求まる。

$$M_y = M_r \cdot \cos \beta \quad \text{----- (6)}$$

$$M_x = M_r \cdot \sin \beta \quad \text{----- (7)}$$

$$M_r = \frac{M_{x0}}{A \sin \beta} [\sqrt{A+1} - 1] \quad \text{---- (8)}$$

$$\text{ここに } A = Z \cdot \frac{M_{y0}}{M_{x0}} \cdot \tan \beta \quad \text{----- (9)}$$

こうして、二軸曲げの終局荷重 P_r は式 (3) および式 (8) より、次式 (10) で表まる。

$$P_r = \frac{M_r}{e_r} \quad \text{----- (10)}$$

また、初期偏心方向角度 α と終局時偏心方向角度 β の関係も次式で与えられる。

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{e_{y0}}{e_{x0}} \cdot \tan \alpha \right) \quad \text{----- (4)}$$

つぎに、図 2(c) に示したような二軸曲げの終局モーメントの限界曲線に対するものとして、図 4 に示すような、次式 (5) の関係が近似的に成立するものと仮定する。

$$M_x = M_{x0} \sqrt{1 - \frac{M_y}{M_{y0}}} \quad \text{----- (5)}$$

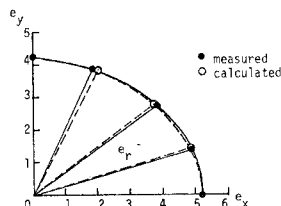


Fig. 5 (a) comparison for e_r

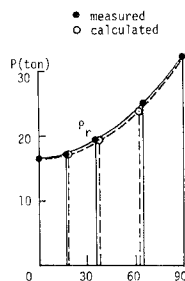


Fig. 5 (b) comparison for P_r

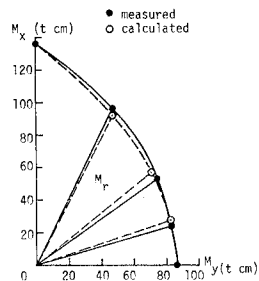


Fig. 5 (c) comparison for M_r

4. 適合性と一般適用性

図 5 はとくに二軸曲げの場合に対する本提案法の適合性を 5 本の長柱の実験結果を用いて検討した一例である。また表 1 は、短柱を含む 30 本の柱について、本法の一般適用性を検討した結果を示したものである。

5. まとめ

図 5、表 1 の結果から明らかなように、ここに提案した“修正付加モーメント法”は、適合性および一般適用性を有するものと考えられる。

Table 1 Comparison between test results with calculated results

Column	l cm	b cm	h cm	d/h	σ'_c kg/cm ²	σ'_{sy} kg/cm ²	e_{r0} cm	P_{test} ton	e_r cal cm	$\frac{e_r}{e_{r0}}$ test cal	P_{test} ton	P_{cal} ton	$\frac{P_{test}}{P_{cal}}$ test cal	Remark
A 60 III V	60	6	9	0.833	296	3430	3	3.30 3.30 3.47	3.16 3.22 3.29	1.044 1.025 1.055	7.75 5.35 3.95	8.59 4.36 3.54	0.902 1.227 1.116	I
A 120 III V	120	6	9	0.833	296	3430	3	4.20 4.50 4.17	3.65 3.88 4.10	1.151 1.160 1.017	7.40 3.65 2.68	7.96 3.10 2.37	0.930 1.178 1.131	II
A 180 III V	180	6	9	0.833	296	3430	3	5.46 5.12 5.42	4.57 4.99 5.37	1.195 1.026 1.010	6.00 2.45 2.09	7.02 2.11 1.56	0.855 1.161 1.340	III=45°
B 60 III IV V	60	6	9	0.833	318	3430	3	3.35 3.23 3.27 3.50 3.59	3.16 3.18 3.22 3.27 3.28	1.060 1.016 1.016 1.016 1.095	8.87 5.40 4.66 4.40 4.69	9.06 6.97 5.97 5.51 5.39	0.979 0.775 0.781 0.799 0.870	IV
B 120 III IV V	120	6	9	0.833	293	3430	3	4.34 4.48 4.50 4.35 4.01	3.66 3.73 3.89 4.04 4.10	1.186 1.201 1.157 1.077 0.978	6.20 4.33 4.16 3.35 3.00	8.02 5.52 4.30 3.72 3.55	0.773 0.784 0.967 0.901 0.845	II=22.5° III=45° IV=67.5°
B 180 III IV V	180	6	9	0.833	318	3430	3	5.11 5.22 5.45 6.45 6.25	4.58 4.70 4.97 5.24 5.34	1.116 1.111 1.097 1.231 1.170	5.05 3.65 2.93 2.90 2.73	7.28 4.33 3.06 2.52 2.37	0.694 0.843 0.958 1.151 1.152	
A 60 III A 120 III A 180 III	60 120 180	6	9	0.833	333	3430	3	3.25 4.16 5.55	3.22 3.87 4.96	1.010 1.075 1.119	4.28 4.10 2.44	4.50 3.18 2.16	0.951 1.289 1.130	
B 60 III B 120 III B 180 III	60 120 180	6	9	0.833	333	3430	3	3.38 4.25 5.55	3.22 3.88 4.96	1.050 1.095 1.119	4.75 4.40 3.00	6.05 4.44 3.09	0.785 0.991 0.971	
Average									1.091				0.974	