

大阪市立大学工学部 学生員 片野雅則  
 大阪市立大学工学部 正員 酒造敏廣  
 大阪市立大学工学部 正員 北田俊行  
 大阪市立大学工学部 正員 中井 博

**[1] まえがき** 現行の道路橋示方書<sup>1)</sup>においては、軸方向圧縮力と曲げモーメントとを同時に受ける箱形断面柱部材（以下、全体座屈が問題となるない箱形断面柱部材を総称する）の終局強度は、個々の構成板要素の最も低い終局強度を基準にして求められている。筆者らは、この点に着目してこれまで理論的・実験的研究を行<sup>2)~4)</sup>。現行示方書によると、断面寸法や作用する圧縮力と曲げモーメントの比などにより、終局強度を過小に評価する場合があることを明らかにしてきた。本研究は、圧縮と曲げを受ける箱形断面柱部材の弾塑性有限変位解析を行って、箱形断面のフランジおよびウェブ・プレートの終局状態に至るまでの挙動を明らかにし、圧縮と曲げに関する終局強度の相関曲線について検討しようとするものである。

## 2. 解析モデルと解析方法 軸方向圧縮力Pと一主軸ま

わりの曲げモーメントMとを同時に受ける二軸材称す箱形断面柱部材から、図-1に示すようにC型短柱を取り出しそれを解析モデルとした。解析に導入した初期たわみ波形と残留応力分布は、図-1および図-2に示すとおりである。解析方法としては、弾塑性有限変位理論を用いた有限要素法を用いた。載荷方法は、①純圧縮、②圧縮+曲げ（偏心圧縮）、③純曲げの3種類とした。

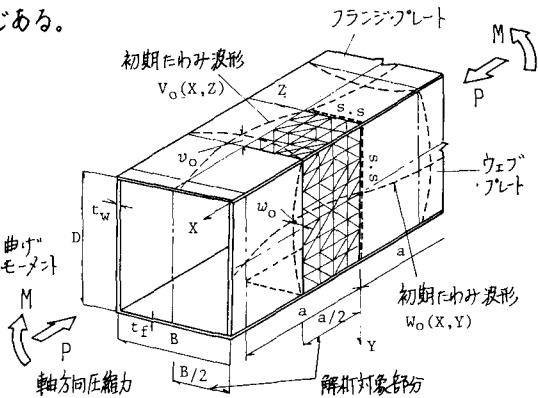
②において、曲げモーメントM = P · eとして評価した。

ここで、eは圧縮力の中立軸からの偏心量である。また、解析モデルでは、すべてB = 480 mm, t\_f = 12 mm, D = 360 mm, t\_w = 12 mm, a = 288 mm (0.6 · B), 降伏点  $\sigma_y = 3,200 \text{ kg/cm}^2$  の長方形箱形断面柱部材としている。

## 3. 解析結果と考察 ( $M/M_Y$ ) / ( $P/P_Y$ ) = 1 の偏心圧縮載荷の場合の解析結果より)

圧縮力  $P$ ,  $P_{f1}$ ,  $P_{f2}$  および  $P_w$  と縮み  $\Delta U$  との関係として表わしたものとを図-3に示す。ここに、 $P$ : 偏心圧縮力,  $P_{f1}$ : 圧縮力が大きくなる側のフランジ・プレート (F1) が分担する圧縮力,  $P_{f2}$ : その反対側のフランジ・プレート (F2) が分担する圧縮力,  $P_Y$ : 全塑性軸力 (= 断面積 ×  $\sigma_y$ ),  $M_Y$ : 降伏モーメント (= 断面系数 ×  $\sigma_y$ ),  $U_Y$ : 圧縮側のフランジ・プレート F1 の圧縮応力度が降伏点に達するときの載荷点の縮み。この図から、フランジ・プレート F1 は終局状態において全圧縮力のほぼ半分 ( $P_{f1u}/P_Y$ ) を受け持ち、残りの圧縮力はウェブ・プレート ( $P_{wu}/P_Y$ ) およびフランジ・プレート F2 ( $P_{f2u}/P_Y$ ) が受け持つ、ということがわかる。

図-4は、純曲げ載荷の場合の曲げモーメント  $M$ ,  $M_{f1}$ ,  $M_{f2}$  および  $M_w$  と回転角  $\theta_Y$  の関係を示したものである。ここに、 $M$ : 作用曲げモーメント,  $M_{f1}$ ,  $M_{f2}$ : それぞれフランジ・プレート F1 (圧縮側) および F2 が分担する曲げモーメント,  $\theta_Y$ : 降伏モーメント  $M_Y$  を生じさせる回転角である。この図から、終局状態においてフランジ・プレート F1 および F2 の分担する曲げモーメント ( $M_{f1u}/M_Y + M_{f2u}/M_Y$ ) は、終局曲げモ-



$$\text{初期たわみ波形 } v_o(X, Z) = -v_o \sin \frac{\pi X}{a} \sin \frac{\pi Z}{B}, v_o = \frac{B}{150}$$

$$\text{初期たわみ波形 } w_o(X, Y) = w_o \sin \frac{\pi X}{a} \sin \frac{\pi Y}{D}, w_o = \frac{D}{150}$$

図-1 箱形断面柱部材の解析モデル

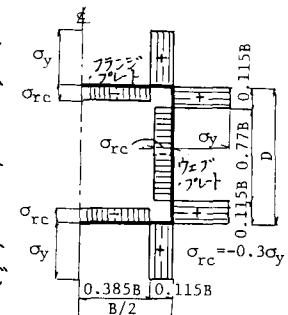


図-2 残留応力分布

メント  $M_u/M_y$  の約 74% であり、残りの曲げモーメントはウェブ・プレート ( $M_{wu}/M_y$ ) が受け持つ、ということがわかる。ちなみに、フランジプレート  $F_1$  に作用した終局の圧縮力  $P_{fu}$  は、 $P_{fu} = 0.795 \times (P_y/2)$  である。ここに、 $P_y = 2 \times B_f \times t_f \times \sigma_y$ 。このことから、薄肉箱形断面といえども、終局曲げモーメントのうち、ウェブ・プレートにおける分担モーメントの占める割合が、かなり大きいことがわかる。

#### 4. 終局の軸方向圧縮力 $P_u$ と曲げモーメント $M_u$ の終局強度相関曲線

箱形断面柱部材の純圧縮力と純曲げならびに圧縮と曲げとの比 ( $M/M_y$ ) / ( $P/P_y$ ) を変化させて解析を行った。その結果を終局軸方向圧縮力  $P_u/P_y$  と終局曲げモーメント  $M_u/M_p$  の相関図として、図-3 に示す。ここに、 $M_p$  は箱形断面の全塑性モーメントである。また、次式で表わされる全塑性相関曲線が、参考のため示してある。

$$f(\bar{P}_u, \bar{M}_u) = 0 \quad \text{---(1)}$$

ただし、

$$f(\bar{P}_u, \bar{M}_u) = \bar{M}_u - \frac{\bar{M}_{fp}}{P_{fr}} (1 - \bar{P}_u), \quad P_u > P_{wr} \quad \text{---(2)}$$

$$\begin{aligned} f(\bar{P}_u, \bar{M}_u) = \bar{M}_u - \frac{1}{P_{wr}^3} \left\{ 2(1 - \bar{M}_{fp}) - \frac{\bar{M}_{fp} \cdot \bar{P}_{wr}}{P_{fr}} \right\} \cdot \bar{P}_u^3 \\ + \frac{1}{P_{wr}^2} \left\{ 3(1 - \bar{M}_{fp}) - \frac{\bar{M}_{fp} \cdot \bar{P}_{wr}}{P_{fr}} \right\} \cdot \bar{P}_u^2 - 1 \end{aligned} \quad \text{---(3)}$$

$$, \quad P_u \leq P_{wr}$$

ここに、 $\bar{P}_u = P_u/P_y$ ,  $\bar{M}_u = M_u/M_p$ ,  $\bar{P}_{fr} = P_{fr}/P_y$ ,  $\bar{P}_{wr} = P_{wr}/P_y$ ,  $\bar{M}_{fp} = M_{fp}/M_p$  であり、 $P_{wr} = 2 \times D \times t_w \times \sigma_y$ ,  $M_{fp} = P_{fr} \times (D/2)$  である。

さらに、純圧縮の場合の終局強度  $P_u/P_y (= k)$ <sup>4)</sup> を基準にして、式(1)と相似な曲線、すなわち、式(1)において  $P_u$  を  $k \cdot P_u$ ,  $M_u$  を  $k M_u$  に置き換えた曲線

$$f(k \cdot P_u, k M_u) = 0 \quad \text{---(4)}$$

も図中に示す。図-5 から、解析結果はほぼ式(4)の上にのっていることがわかる。純曲げの場合の解析結果が式(4)によると終局強度を若干上まわっているのは、上述したように、ウェブ・プレートの受け持つ曲げモーメントが比較的大きいことを示しているものと思われる。

5. あとがき 圧縮と曲げと同時に受ける箱形断面柱部材の終局強度は、式(4)と純圧縮を受ける場合の終局強度  $k = P_u/P_y$  を用いれば、比較的簡単に算定できることがわかる。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、昭和 55 年 2 月

2) 酒造・北田・中井：土木学会年次学術講演会概要集、I-112, 1983 年 10 月

3) 中井・北田・酒造・阪野：土木学会年次学術講演会概要集、I-119, 1983 年 10 月

4) 中井・北田・酒造・山本：土木学会関西支部年次学術講演会概要集、I-32, 1982 年 5 月

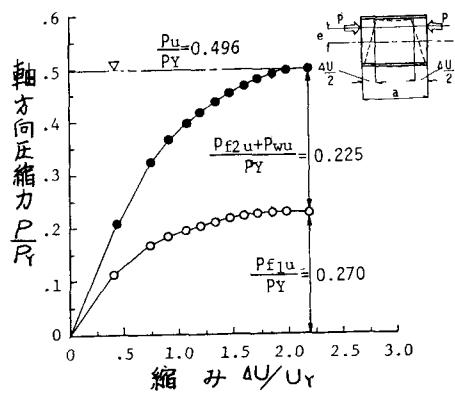


図-3 圧縮力と縮みと関係

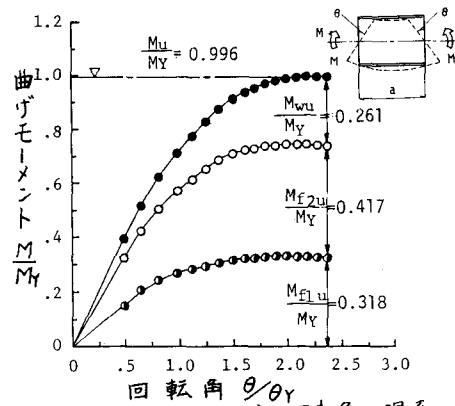


図-4 曲げモーメントと回転角との関係

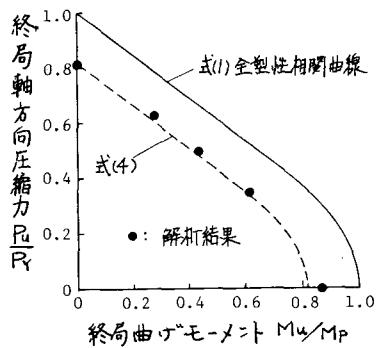


図-5 終局軸方向圧縮力と終局曲げモーメントの相関