

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においては¹⁾、軸方向圧縮力や曲げモーメントなどを受ける薄肉箱形要素の終局強度を、箱形断面全体としてではなく、理想化された個々の構成パネルの最も低い終局強度によって評価している。そのため、断面寸法や作用断面力の違いにより、終局強度をかなり過小評価する場合があるということが、これまで、理論的および実験的に明らかにされている。^{2)~4)} 本研究は、この種の断面を有する構造部材の合理的設計法を推進するため、軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける薄肉箱形短柱の弾塑性有限変位解析を行い、その終局強度特性を明らかにすることを目的としている。

2. 解析モデル 図-1に示すように、軸方向圧縮力 P と主軸まわりの曲げモーメント M_Y を受ける2軸対称の薄肉箱形断面の短柱を解析対象とする。断面を構成する補剛板パネルのためみ波形の対称性あるいは逆対称性を利用し、ダイヤフラムを挟む長さ a (=ダイヤフラム間隔)のコ形短柱を取り出して解析する。板パネル部分は三角形平板要素、また、縦補剛材は、ねじり剛性を無視した棒要素の集合体としてモデル化している。解析モデルの境界条件は、図-2に示すとおりである。

3. 解析方法 弾塑性有限変位解析において、解析モデルの荷重辺上の軸方向節点力ベクトル f 、および、節点変位ベクトル u は、平面保持の仮定を用いて、それぞれ、断面の中立軸から e だけ離れた点 R の節点外力 P' 、 M_Y' および、節点変位 U_r 、 θ_r に変換した。(図-3参照)そして、この点 R で、一樣相対圧縮変位 U_r または、相対回転角 θ_r を漸増させることにより、軸方向圧縮力 P と曲げモーメント M_Y を箱形短柱に作用させた。点 R の境界条件などは、次のとおりである。

(i) 中心圧縮荷重: U_r を漸増

$$\theta_r = 0, e = 0, P = P' \quad \dots(1)$$

(ii) 偏心圧縮荷重: U_r を漸増

$$M_Y' = 0, e \neq 0, P = P', M_Y = P' \cdot e \quad \dots(2)$$

(iii) 純曲げ荷重: θ_r を漸増

$$P' = 0, e = 0, M_Y = M_Y' \quad \dots(3)$$

なお、非線形解析には、修正増分法とニュートン・ラアソン法の混用法を用いた。²⁾

4. 数値計算結果

(i) 偏心圧縮荷重の正方形薄肉箱形短柱(幅厚比パラメータ $R = 0.7$, $a/B = a/D$)

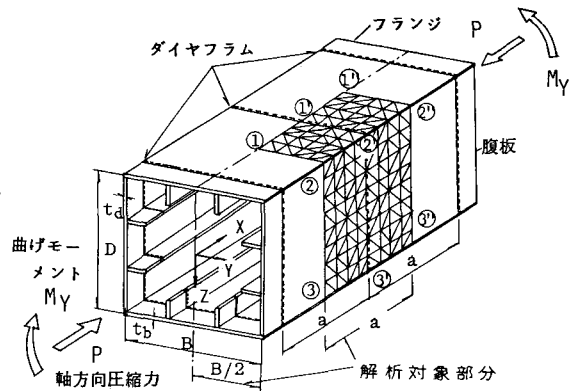


図-1 解析モデル

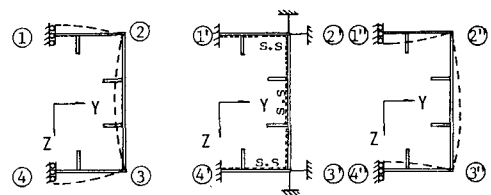
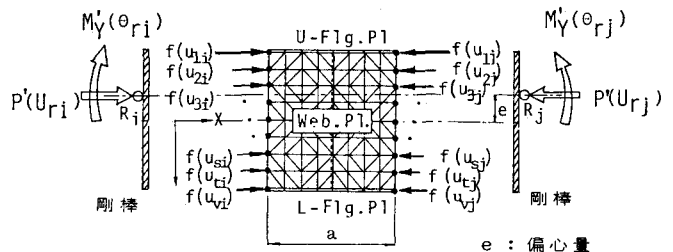


図-2 境界条件 (---: たわみ波形)



$f(u)$: 荷重辺上の節点力(節点変位)ベクトル

図-3 軸方向圧縮力と曲げモーメントの与え方

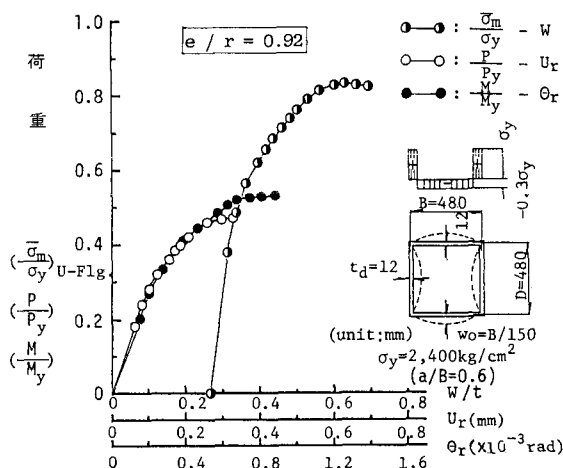


図-4 偏心圧縮力を受ける正方形薄肉箱形短柱の荷重-変位曲線の一例

= 0.6) の荷重と変位の関係の一例を図-4に示す。ここに、 $e/r = 0.92$ (r : 断面2次半径) であり、短柱の断面寸法および解析に用いた初期たわみ・残留応力などは図中に示すとおりである。また、 $\bar{\sigma}_m$: 圧縮側フランジの平均圧縮応力度、 σ_y : 降伏点、 P_y : 全断面降伏軸力 (= 断面積 × 降伏点)、 M_y : 降伏モーメント、 w_o : 圧縮側フランジの最大たわみ、 $U_r(\theta_r)$: 載荷点の縮み (回転角) である。

(ii) 図-4中の箱形短柱において、偏心比 e/r の値を種々変化させて解析した結果を、終局軸方向圧縮力 P_u と終局曲げモーメント M_u の相関図として図-5に示す。ここで、 $M_u = P_u \cdot e$ である。参考のため、軸力と曲げを受けるこの断面の、梁理論による初期降伏ラインと全塑性ラインを図中に示す。

図-5から、軸方向圧縮力に対する曲げモーメントの比 $K = (M_u/M_y)/(P_u/P_y)$ が大きくなるにしたがって、初期降伏ラインからの終局強度の低下量は小さくなることがわかる。また、全塑性ラインからの終局強度の低下量 $(l_p - l_r)/l_p$ は、 K 値の大きさにかかわらず、ほぼ一定となっていることがわかる。すなわち、全塑性ラインを基準にして、この種の箱形断面を設計すれば、初期降伏ラインを基準にした現行示方書に比べて、より合理的な設計が可能になることを示唆しているものと思われる。

(iii) 次に、中心圧縮力を受ける補剛された箱形短柱の初期たわみモードと崩壊形状および終局強度について解析した結果を図-6に示す。

図-6からわかるように、断面の崩壊形状(図-6(b))は、初期たわみモード(図-6(a))とほぼ同様となった。また、図-6(b)に示すように、Aモードの場合には、補剛板パネルの非載荷辺が固定に近い崩壊形状となるが、終局強度(P_u/P_y)は、崩壊形状がかなり異なるBモードの場合に比較して大差ないことがわかる。

あとがき 補剛された箱形短柱の軸方向圧縮力と曲げモーメントの相関図などについては、現在、解析を進めているところであり、別途報告する予定である。

参考文献 1) 道路橋示方書, S55.2 2) 中井・北田・酒造・山本: 土木学会関西支部 S56.5, I-43 3) 中井・北田・石崎・酒造・阪野: 土木学会関西支部, S58.5, I-42 4) 中井・北田・酒造: 土木学会関西支部, S58.5, I-43

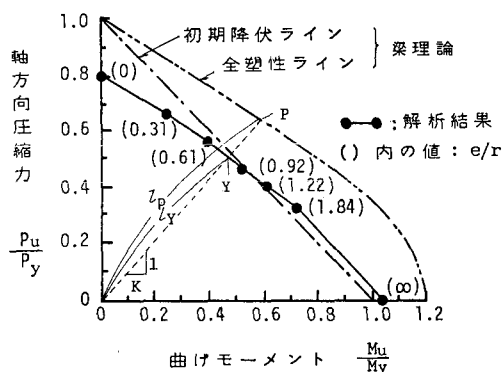


図-5 軸方向圧縮力と曲げモーメントの相関関係(解析モデルは図-4と同様)

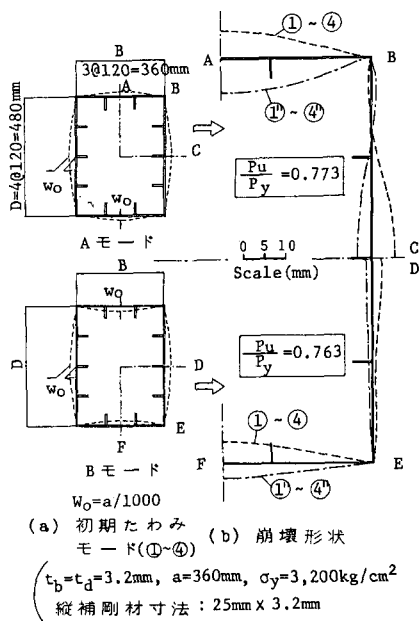


図-6 中心圧縮力を受ける補剛された箱形断面の崩壊形状と終局強度