

中心圧縮力あるいは偏心圧縮力を受ける補剛された薄肉箱形短柱 の極限強度について

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
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 酒造敏廣

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補剛された薄肉箱形断面要素の極限強度を、箱形断面全体としてではなく、最も強度の低いモデル化された単一板の極限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、極限強度をかなり過小評価する場合のあることが明らかにされている。^{2)~4)} 本研究では、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、中心圧縮力あるいは偏心圧縮力(軸方向圧縮力+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、その極限強度特性を明らかにしようとするものである。

②解析モデル 図-1に示すように、軸方向圧縮力 P と1主軸まわりの曲げモーメント M_y を受ける2軸対称断面の箱形短柱を解析対象とする。各構成補剛板パネルのたわ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 (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は、解析モデルの載荷辺上の軸方向節点力ベクトル $\mathbf{P}$ 、および、節点変位ベクトル $\mathbf{U}$ は、平面保持の仮定を用いて、断面の中立軸から e だけ離れた点 R の節点外力 $\mathbf{P}'$, $\mathbf{M}_y'$, 変位 $\mathbf{U}_R$, θ_R に変換した。そして、この点 R で、一樣相対圧縮変位 $\mathbf{U}_R$ 、または、相対回転角 θ_R を漸増させることにより、箱形短柱に軸方向圧縮力、曲げモーメントを作用

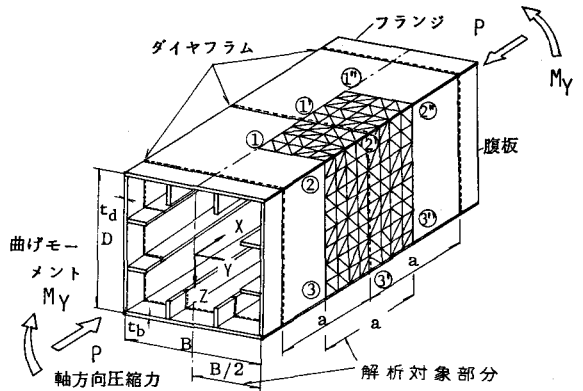


図-1 解析モデル

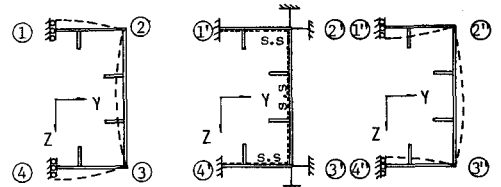
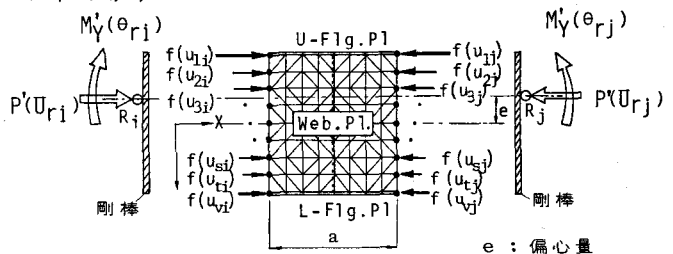


図-2 境界条件 (---: たわみ波形)



$\mathbf{f}(\mathbf{u})$: 載荷辺上の節点力(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

させた(図-3参照)。点Rの境界条件などは、次に示すとおりである。

- (i) 中心圧縮載荷: $\theta_r = 0$, $e = 0$ (U_r を漸増) --- $P = P'$, $M_y = 0$
- (ii) 偏心圧縮載荷: $M'_r = 0$, $e \neq 0$ (U_r を漸増) --- $P = P'$, $M_y = P' \cdot e$
- (iii) 純曲げ載荷: $P' = 0$, $e = 0$ (θ_r を漸増) --- $P = 0$, $M_y = M'_y$

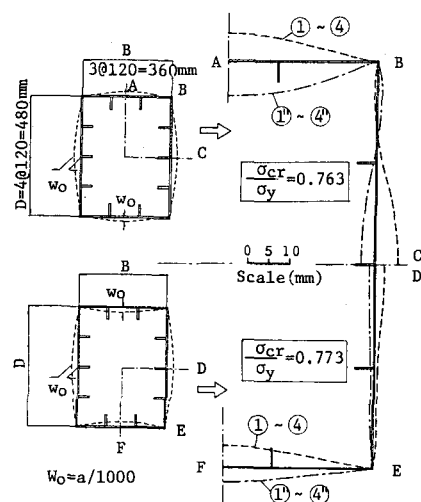
なお、非線形解析には、修正増分法とニュートン・ラブソン法の混用法を用いた。

4 数値計算結果 図-4に、中心圧縮載荷の補剛された箱形断面の崩壊モードと極限強度 σ_{cr}/σ_y の関係を示す。この図からわかるように、初期たわみモード(図-4(a))の違いにより、崩壊モードは異なるが、極限強度はほとんど変わらず、その差は1%程度である。

図-5に、偏心圧縮載荷($e/r = 0.92$, r : 断面2次半径)の正方形薄肉箱形短柱(幅厚比パラメーター $R = 0.7$)の荷重-変位の関係の一例を示す。ここに、 $\bar{\sigma}_m$: 圧縮側フランジの平均圧縮応力度, P_y : 断面積 $\times$ 降伏応力($=\sigma_y$), M_y : 降伏モーメント, w : 圧縮側フランジの最大たわみ, U_r (θ_r): 図-3参照。

図-6は、図-5中の箱形短柱において、偏心比 e/r の値を種々変化させた解析結果を、軸方向圧縮力と曲げモーメントの関係として表わしたものである。この図から、軸方向圧縮力に対する曲げモーメントの比 $(M/M_y)/(P/P_y)$ が大きくなる($e/r \rightarrow$ 大)につれて、初期降伏荷重(梁理論)からの極限強度の低下量は小さくなるということがわかる。

参考文献 1) 道路橋示方書, S55.2 2) 中井他: 土木学会関西支部, S56.5, I-43 3) G.H. Little: Journal of Strain Analysis, Vol.13, No.3, 1978 4) 福本他: 土木学会論文報告集, No.326, 1982.10



(a) 初期たわみモード (1-4) (b) 崩壊モード (1-4)
($t_b = t_d = 3.2\text{mm}$, $a = 360\text{mm}$, $\sigma_y = 3,200\text{kg/cm}^2$)
縦補剛材寸法: $25\text{mm} \times 3.2\text{mm}$

図-4 中心圧縮力を受ける補剛された箱形断面の崩壊モードと極限強度

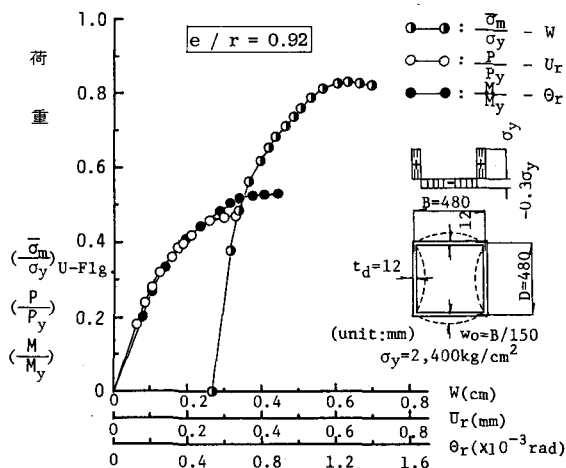


図-5 偏心圧縮力を受ける正方形薄肉箱形短柱の荷重-変位曲線の一例

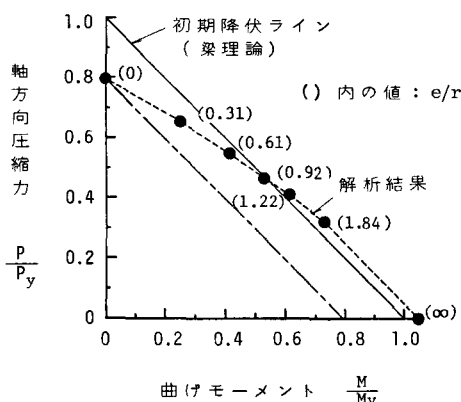


図-6 軸方向圧縮力と曲げモーメントの相關関係(解析モデルは図-5と同様)