

中心圧縮力を受ける薄肉箱型短柱の極限強度特性について

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
 大阪市立大学工学部 学生員 山本 茂治

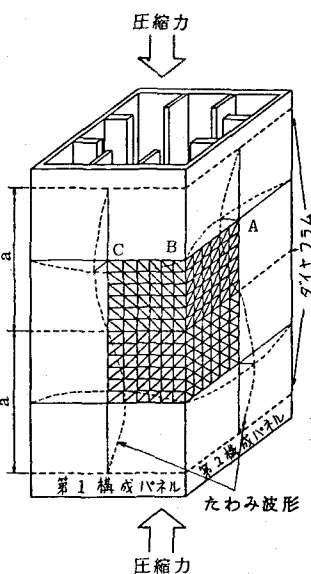
1. まえがき 現行の道路橋示方書¹⁾(以下、道示という)においては、中心圧縮力を受ける薄肉箱型短柱の基準耐荷力を、その構成パネル間の連成を無視した個々のパネルの最も低い耐荷力によって評価している。しかし、他の構成パネルの余剰耐力を考慮することによって、より経済的かつ合理的な設計を行うことも可能であると考えられる。そこで、本研究では、まず、2軸対称断面の薄肉箱型短柱に着目し、隣接パネルの圧縮強度比を種々変化させたパラメトリック解析を行い、その極限強度特性を明らかにする。その解析においては、弾塑性有限変位理論²⁾を用い、初期不整及び構成パネル間の連成を厳密に考慮している。また、周辺単純支持の単一无補剛板及び単一補剛板の極限強度曲線³⁾を用いて、薄肉箱型短柱の極限強度を近似的に算出できる実用計算法についても、若干の考察を加えている。

2. 解析方法 構造系、たわみ及び初期たわみ波形の対称性を利用して、図-1に示すように、箱型短柱の一部分を取り出し解析を行う。板パネル部分は三角形板要素の集合体として、また、縦補剛材はねじり剛性を無視した柱要素にモデル化する。

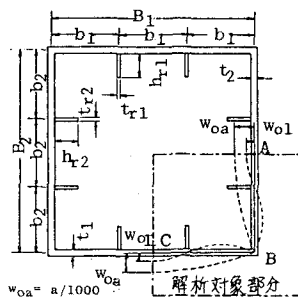
弾塑性有限変位解析においては、載荷辺に一樣な圧縮相対変位を漸増させた。そして、非線形解析には修正増分法とニュートン・ラプソン法の混用法を用いている³⁾。

3. 解析パラメーター

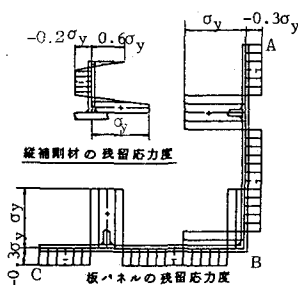
本報告においては、隣接する構成パネルが、(I)両方とも無補剛板、(II)一方が無補剛板、他方が補剛板、及び(III)両方とも補剛板の3 caseについて解析を行っている。解析パラメーターとして、次に示す3つの座屈パラメーター R 、 R_1 及び R_2 を用いた。



(a) 箱型短柱



(b) 寸法諸元と初期たわみ



(c) 残留応力分布

図-1 中心圧縮力を受ける箱型短柱の解析モデル

$R = \sqrt{\sigma_y / \sigma_{cr}}$; σ_{cr} は構成パネル間の連成を考慮し、エネルギー法により弾性座屈解析を行って求めた箱型短柱の弾性座屈応力

$R_i = \sqrt{\sigma_y / \sigma_{cri}}$; σ_{cri} は周辺単純支持の単一圧縮板にモデル化した場合の第*i*構成パネルの弾性座屈応力 ($i = 1, 2$)

ここで、 σ_y は板パネル及び縦補剛材の降伏点である。なお、縦補剛材は曲げ剛比が道示の所要剛比 α_{req} に等しくなるように設計している。また、解析に用いた初期ねじり及び残留応力分布を図-1 (b), (c) に示す。

4. 解析結果と考察 case (I)~(III)において、箱型断面としての*R*を0.4と0.7に固定し、 R_1/R_2 を変化させた場合の解析結果を図-2に示す。この図より、座屈パラメーター*R*が一定であれば、構成パネルの座屈パラメーター R_1, R_2 の値が異なっても、箱型短柱の無次元極限応力 $(\bar{\sigma}_m / \sigma_y)_{box}$ は、ほとんど変わらないことがわかる。

5. 実用計算式について 薄肉箱型短柱の無次元極限応力 $(\bar{\sigma}_m / \sigma_y)_{box}$ を近似的に計算できる一つの実用計算式として、次式が考えられる。

$$(\frac{\bar{\sigma}_m^*}{\sigma_y})_{box} = \frac{(\bar{\sigma}_{m1} / \sigma_y) A_1 + (\bar{\sigma}_{m2} / \sigma_y) A_2}{A_1 + A_2} \quad \dots (1)$$

ここで、 A_i は第*i*構成パネルの断面積 ($i = 1, 2$)、 $(\bar{\sigma}_{mi} / \sigma_y)$ は周辺単純支持板にモデル化した第*i*構成パネルの極限応力 ($i = 1, 2$) である。

$(\bar{\sigma}_{mi} / \sigma_y)$ の値は、たとえば、文献3)に示されている無補剛板及び補剛板の極限強度曲線を用いて求めることができる。

式(1)によって計算した $(\bar{\sigma}_m^* / \sigma_y)_{box}$ の値と弾塑性有限変位解析による結果 $(\bar{\sigma}_m / \sigma_y)_{box}$ の比較を表-1に示す。

この表より、式

(1)で求めた $(\bar{\sigma}_m^* / \sigma_y)_{box}$ は、箱型短柱の無次元極限応力の良好な近似値となることがわかる。

表-1 実用計算式(1)と弾塑性有限変位解析結果の比較

Case	R	0.4			0.7		
		$\frac{R_1}{R_2}$	$\frac{\bar{\sigma}_m^*}{\sigma_y}$	$\frac{\bar{\sigma}_m}{\sigma_y}$	$\frac{R_1}{R_2}$	$\frac{\bar{\sigma}_m^*}{\sigma_y}$	$\frac{\bar{\sigma}_m}{\sigma_y}$
 (I)	$\frac{R_1}{R_2}$	1.000	1.254	1.507	1.000	1.252	1.487
	$\frac{\bar{\sigma}_m^*}{\sigma_y}$	0.977	0.976	0.974	0.974	0.975	0.972
 (II)	$\frac{R_1}{R_2}$	0.663	1.000	1.501	0.664	1.000	1.586
	$\frac{\bar{\sigma}_m^*}{\sigma_y}$	0.990	0.986	0.992	1.034	1.004	0.992
 (III)	$\frac{R_1}{R_2}$	—	—	—	1.000	1.256	1.503
	$\frac{\bar{\sigma}_m^*}{\sigma_y}$	—	—	—	1.017	1.025	1.039

参考文献 1)道路橋示方書・同解説 昭55.2

2)小松・北田・岡田；土木学会第31回学術講演会概要集

3)北田；圧縮力を受ける鋼板及び補剛鋼板の極限強度に関する研究

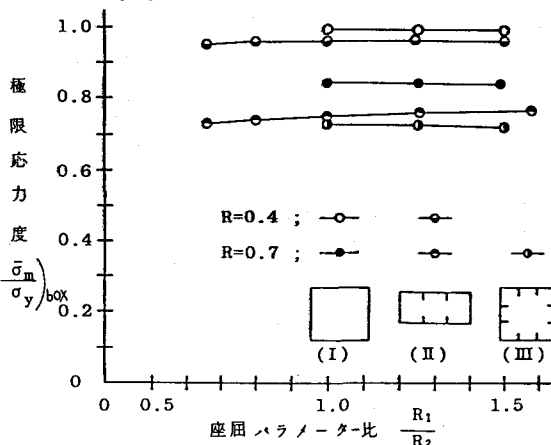


図-2 R_1/R_2 に対する $(\bar{\sigma}_m / \sigma_y)_{box}$ の変化