

I-37

薄板集成断面部材の強度と板要素の強度の和の比較について

○運輸省 正員 和田匡央
名古屋大学 正員 宇佐美勉

1. 緒言

鋼製ラーメン橋脚, 斜張橋や吊橋のタワー等に, 薄肉補剛箱形断面部材はしばしば用いられる。設計レベルで薄肉断面の圧縮終局強度を評価する方法の1つとして, 薄肉断面の各板要素の圧縮強度を組み合わせる断面全体の終局強度を算定する方法(有効幅の概念)があり, この方法は終局強度を求めるための基準強度式を作成する場合, 比較的容易に基準強度式を与えることができる。本研究では, 実用的な断面形状を有する箱形断面, 補剛箱形断面および, その断面を構成する各板要素, 補剛板要素の弾塑性有限変位解析を行い, 荷重-変位特性も考慮して, 各板要素の圧縮強度を組み合わせる断面全体の圧縮終局強度を算定する方法の有効性を検証する。

2. 解析方法

構造物の釣合経路において Ω_n , Ω_{n+1} を隣接する2つの釣合状態とすると, 定式化は Ω_n 状態を参考形状とし Ω_n 状態からの増分量で Ω_{n+1} 状態を表す更新ラグランジュ手法に従った。解析には変位増分法を用い, Newton-Raphson法に基づく繰返し計算を行った。板パネルには離散キルヒホッフ要素¹⁾を, 補剛材にはオフセットビーム要素を用いた。また板パネルは等方性で完全弾塑性体で, von Misesの降伏条件, Prandtl-Reussの塑性流れ理論に従うものとし, 補剛材は完全弾塑性体の棒要素とした。

3. 数値解析例

はじめに, 図-1に示す初期たわみと残留応力を有する箱形断面柱及びその構成板要素が単独に一様圧縮を受ける場合の解析例を示す。板厚 $t=10\text{mm}$, 柱のウェブ幅とフランジ幅の比 $d/b=0.75, 0.5, 0.25$, 柱の長さ l とフランジ幅の比 $l/b=0.7$, フランジの幅厚比 $b/t=40, 80$ とした。初期たわみは柱を構成する板の縦, 横方向ともSINの半波で与え, 最大値は $b/200$ とした。降伏応力は 3200kgf/cm^2 である。引張残留応力を σ_y とし圧縮残留応力を $0.3\sigma_y$ とした。解析は柱の $1/8$, 板の $1/4$ で行い, 縦×横を 4×4 に要素分割した。図-2に $d/b=0.5$, $b/t=40$ の箱形断面柱と板要素($\square$: Flange, $\square$: Web)の平均応力-平均ひずみ曲線を示す。ただし, 板要素の曲線は断面積の比が乗じてあり, 点線は各板要素の曲線を重ね合わせたもの($\square+\square$)である。図から分かるように柱と板要素の曲線はほとんど一致している。

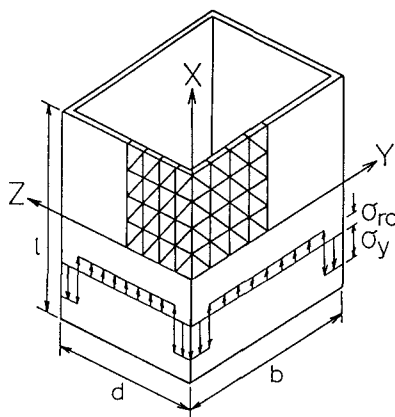


図-1 箱形断面柱の解析モデル

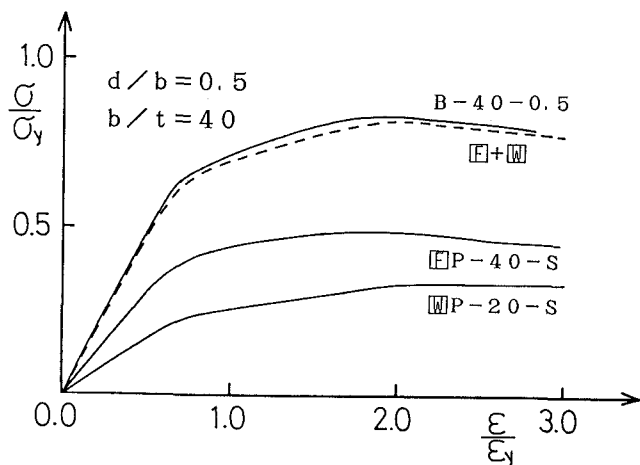


図-2 箱形断面柱と板要素の平均応力-平均ひずみ曲線

次に、図-3に示す初期たわみと残留応力を有する補剛箱形断面柱及びその構成補剛板要素が単独に一樣圧縮を受ける場合の解析例を示す。補剛材はすべて同じ形状とし、各板パネルについて等間隔に2本配し、フランジの補剛材剛比が道示に定める必要剛比になるように断面寸法を $108.11 \times 10.811 \text{ mm}$ とした。板厚 $t=10 \text{ mm}$ 、柱のウェブ幅とフランジ幅の比 $B/D=0.75, 0.5$ 、柱の長さ l とフランジ幅の比 $l/B=1.0$ 、フランジ部の幅厚比 $b/t=40, 80$ とした。初期たわみは、補剛材に囲まれた板パネルの局所的なたわみと補剛板の全体的なたわみの和としてSIN波および直線と与え、最大値はそれぞれ $l/1000$ 、 $b/150$ とした。降伏応力は 3200 kgf/cm^2 である。板パネルの引張残留応力を σ_y 、圧縮残留応力を $0.3\sigma_y$ とし、補剛材の残留応力はそれぞれ σ_y 、 $0.2\sigma_y$ とした。解析は柱の $1/8$ 、板の $1/4$ で行い、縦 $\times$ 横を 6×6 に要素分割した。図-4に $D/B=0.5$ 、 $b/t=40$ の箱形断面柱と板要素(Ⅰ, Ⅱ)の平均応力-平均ひずみ曲線を示す。ただし、板要素の曲線は断面積の比が乗じてあり、点線は各板要素の曲線を重ね合わせたもの(Ⅰ+Ⅱ)である。図から分かるように柱と板要素の曲線はほとんど一致している。なお、解析値の精度については文献1), 2)の結果と比較して検証済みである。

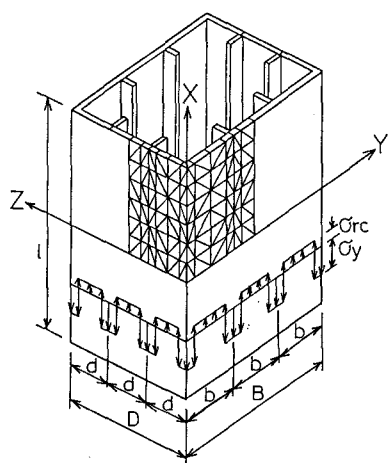


図-3 補剛箱形断面柱の解析モデル

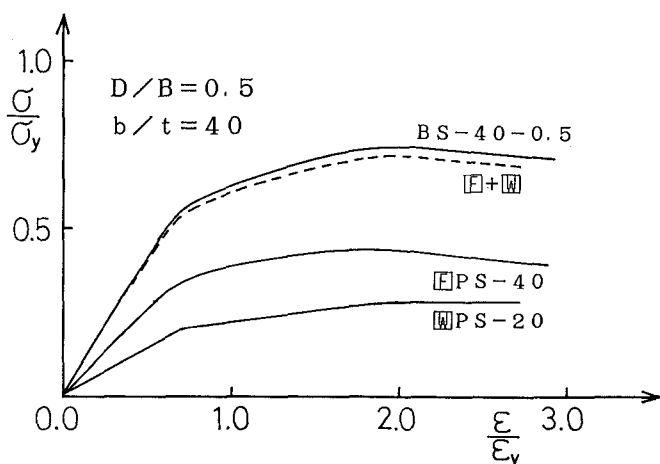


図-4 補剛箱形柱と補剛板要素の平均応力-平均ひずみ曲線

次の①の強度を推定する方法として②及び③が考えられる。①薄肉断面柱(箱形断面、補剛箱形断面)の終局強度。②薄肉断面を構成する各板要素の強度に断面積比をかけて和をとった強度。③薄肉断面を構成する各板要素の平均応力-平均ひずみ曲線に断面積比をかけ、それらを重ね合わせることによってできる平均応力-平均ひずみ曲線から求められる終局強度。②, ③の強度と①の強度を比較すると、その差は今回解析を行った箱形断面で0.2~5.7%であり、特に $d/b=0.75, 0.5$ のモデルに関してはその差はすべて5%未満である。また、補剛箱形断面に関してその差は1.3~3.4%である。また、②と③の強度を比較するとその差は最大で0.5%にも満たなかった。すなわち、特に荷重-変形特性を考慮しなくても各板要素の強度から薄肉断面の強度を精度良く推定できると言える。

4. 結言

ここで述べた計算結果の他、チャンネル材、多角形断面材などについて計算を行ったが結果については当日述べる。

参考文献

- 1) 加藤正宏, 宇佐美勉: 第44回年次学術講演会講演概要集, 1989. pp. 80-81.
- 2) 北田俊行: 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, 大阪大学学位論文, 1980年12月