

I-25 補剛箱形断面の曲げ耐荷力に関する研究

大阪市立大学大学院 学生員 原田直樹 大阪市立大学 正員 中井 博
 大阪市立大学 正員 北田俊行 川崎重工業(株) 正員 國廣昌史

1. まえがき

文献1)による無補剛箱形断面の終局強度相関曲面に関する考え方を補剛箱形断面に拡張するためには、圧縮、曲げ、および、ねじりの組合わせ断面力を受ける補剛箱形断面の局部座屈を考慮した終局強度相関曲面を定めることが必要となる。その際、圧縮、曲げ、および、ねじりが単独で作用したときの終局強度曲線を知ることが重要である。その一環として、本研究では、純曲げを受ける補剛箱形断面の終局強度特性を明らかにするために弾塑性有限変位解析を行ったので、解析結果を報告する。表-1 解析モデルの寸法諸元(cm)

2. 解析モデルの寸法諸元

解析モデルの寸法は、表-1に示すとおりとした。すなわち、縦横比を $\alpha=a/b=1.0$ に固定し、板パネルの幅厚比 $b_p/t=20, 30, 40, \text{および} 50$ と変化させて解析を行った。縦補剛材の本数は、フランジ・プレート、および腹板にそれぞれ2本ずつ等間隔に配置し、縦補剛材の高さ h_{fs} 、および h_{ws} は、道路橋示方書に規定されている必要最小剛比 $\gamma_{r.o.s}$ に等しくなるように定めた。なお、ポアソン比 $\mu=0.27$ 、および降伏点 $\sigma_y=2,400\text{kgf/cm}^2$ を用いた。

これら解析モデル全体としては、荷重、および、たわみ波形の対称性を利用して、図-1に示すよう、横補剛材を間に挟む軸方向長さ $(a/2) \times 2$ のコの字形モデルを取り出し解析を行った。板パネルの要素分割数は、縦補剛材間において断面方向に4分割、横補剛材間において軸方向に12分割とした。

これは、縦補剛材間の局部座屈による強度低下が精度よく解析できるための最小の要素分割数である。

そして、板パネルの局部座屈による強度低下が最も不利な状態となるよう、文献2)を参考に、板パネルの縦方向の初期たわみ波形が $\lambda/b_p=0.5 \sim 1.0$ (ここに、 λ : 圧縮軸方向のたわみ波形の半波長)の範囲以内に入るようにした。

また、縦補剛材の要素分割数は、 12×1 (横補剛材間での軸方向の分割数 \times フランジ・プレート、および腹板の断面垂直方向の分割数)とし、横補剛材の要素分割数は、 1×12 (フランジ・プレート、および腹板の断面垂直方向の分割数 \times フランジ・プレート、および腹板の断面方向の分割数)とした。

なお、横補剛材の取付け位置におけるフランジ・プレート、および腹板の境界条件が単純支持となるように、横補剛材を十分剛なものとするため、板厚は、すべて5cmとした。また、突出幅は解析の都合上、フランジ・プレート、および腹板に配置されているものは、それぞれ12cm、および9cmとした。もちろん、横補剛材の剛度の大小が、補剛箱形断面の終局強度に及ぼす影響については、今後、実験や弾塑性有限変位解析を通じて検討することも必要であるのは言うまでもない。

なお、数値解析は、汎用プログラムABAQUSを用いて行った。

3. 解析モデルの初期不整

1) 初期たわみ

フランジ・プレート、および腹板の初期たわみ波形は、図-2に示すように、縦補剛材間の板要素の局所的な初期たわみと、補剛板としての全体的な初期たわみの2つの初期たわみ波形とが重なり合っているもの

解析モデル名	b_p/t	b	t	d	a	h_{fs}	h_{ws}
M20	20	108	1.8	144	108	11.4	9.9
M30	30	108	1.2	144	108	9.3	7.5
M40	40	108	0.90	144	108	6.8	6.0
M50	50	108	0.72	144	108	5.8	5.2

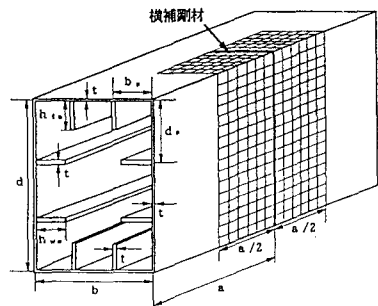
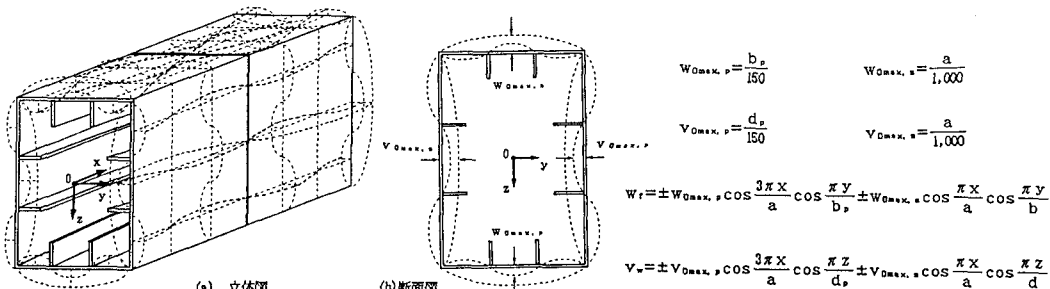


図-1 補剛箱形断面モデル

と仮定した。また、それぞれの初期たわみ波形の最大値は、道路橋示方書に規定されている許容値とした。



2) 残留応力

図-2 解析モデルの初期たわみ波形

紙面の都合上、本文で示さなかったが、当初、無補剛箱形断面の弾塑性有限変位解析を行い、残留応力の有無が終局強度に及ぼす影響について比較・検討した。その結果、純曲げの場合は残留応力の導入により、終局強度は、若干、上昇する傾向を示した。これは、曲げを受ける腹板の圧縮側部分が、残留応力による引張部分に助けられ、箱形断面全体の曲げ耐力にわずかに有利に働いたためと思われる。そこで、今回の純曲げを受ける補剛箱形断面モデルでは、安全側の見地より、残留応力を無視することとした。

4. 解析結果、および考察

解析モデルの崩壊に至るまでの挙動を調べた。図-3には、無次元化曲げモーメント M/M_p と曲率 Φ との関係を示す。また、図-4には、 $b_p/t=20$ 、および50の解析モデルの終局状態における変形図を示す。これら図より明らかなように、幅厚比 b_p/t が大きくなるにしたがって、圧縮フランジ側での板パネル部分の局部座屈が卓越し、終局状態に至っていることがわかる。

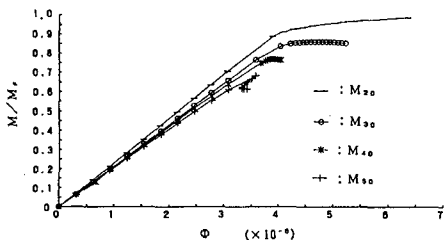


図-3 無次元化曲げモーメント M/M_p と曲率 Φ との関係

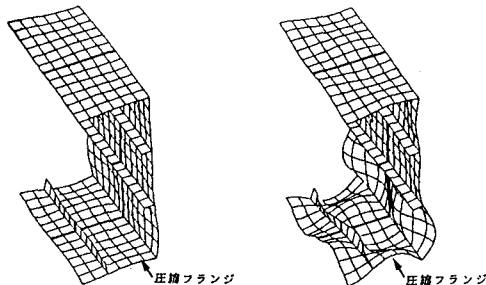


図-4 解析モデルの崩壊状況

終局曲げモーメントの解析結果を、図-5に示す。図において、縦軸は終局曲げモーメント M_u を全塑性曲げモーメント M_p で無次元化した値であり、横軸は純曲げを受ける箱形断面梁の弾性座屈解析により求められる弾性座屈応力度 σ_{cr} を用いて計算した幅厚比パラメータ $R_{b, s} (= \sqrt{\sigma_y / \sigma_{cr}})$ である³⁾。これらの結果を最小2乗法を用いて整理すると、以下の回帰式が得られた。

$$M_u/M_p = 1.0, \quad (R_{b, s} < 0.26)$$

$$= -0.579R_{b, s} + 1.150, \quad (0.26 \leq R_{b, s} \leq 0.85) \quad \text{式(1)}_{a, b}$$

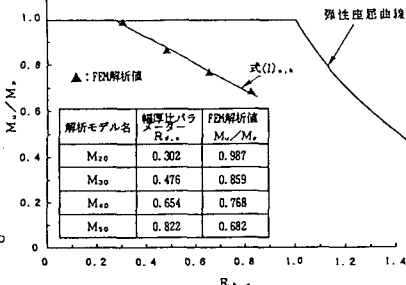


図-5 無次元化終局曲げモーメント M_u/M_p と幅厚比パラメータ $R_{b, s}$ との関係

5. まとめ

有限要素のメッシュ分割と精度との関係、および式(1)_{a, b}の終局強度曲線の妥当性については、今後、実験や、弾塑性有限変位解析を行うことにより、検討を加える必要がある。

参考文献 1) 北田・中井・國廣・松下：圧縮・曲げ・ねじりの組合せ断面力を受ける薄肉箱形断面短柱の終局強度に関する実験的研究、構造工学論文集、土木学会、Vol. 34A、1988年3月、pp. 221~231
 2) 小松・北田：初期不整を有する圧縮板の極限強度特性について、土木学会論文報告集、No. 270、1978年2月、pp. 1~14
 3) 米沢・三上：箱形の弾性座屈について、土木学会論文集、No. 120、1965年8月、pp. 8~13