

大阪市立大学工学部 正員 北田俊行
川崎重工業(株) 正員 國廣昌史

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
大阪市立大学工学部 学生員 〇原田直樹

1. まえがき 本研究では、軸方向圧縮力 N 、2軸曲げモーメント M_2 、および、ねじりモーメント T の組合せ断面力を受ける薄肉補剛箱形断面の終局強度相関曲線^{1), 2)}の妥当性について、弾塑性有限変位解析により検討を行った。

2. 解析モデル 解析モデルとしては、図-1、および図-2に示す無補剛箱形断面モデル、および補剛箱形断面モデルの2種類とした。また、解析モデルのアスペクト比を $\alpha_r=a/b=1.0$ 、および $\alpha_w=a/d=0.75$ に固定し、構成板パネル、および縦補剛材間の板パネルの幅厚比を20~70に変化させて解析を行った。なお、補剛箱形断面モデルの縦補剛材剛比 γ は、道路橋示方書で規定されている必要最小剛比 γ_{req} に等しくした。なお、2軸曲げを受ける場合の解析においては、 y 軸(強軸)との角度が $\theta=0^\circ$ (強軸曲げ)、 33.69° 、 53.13° 、 69.44° 、および 90.00° (弱軸曲げ)となる中立軸まわりに曲げを作用させた。

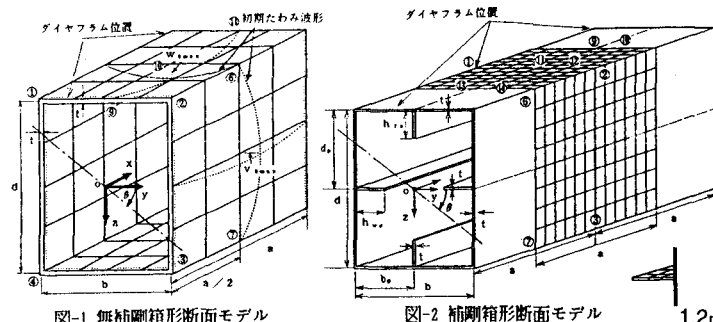


図-1 無補剛箱形断面モデル

図-2 補剛箱形断面モデル

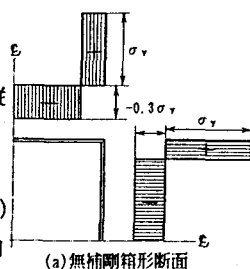
解析モデルに導入した初期たわみ波形は、正弦波形で与え、無補剛箱形断面ではフランジとウェブとで凹凸となるように、また補剛箱形断面モデルでは板パネル間の局所的な初期たわみ波形と補剛板としての全体的な初期たわみ波形との重ね合わせとした。その際、初期たわみの最大値は、道路橋示方書に規定されている製作誤差の許容最大値とした。

また、残留応力は、図-3に示すように、板の縦方向のみに矩形分布し自己平衡となるようにした。

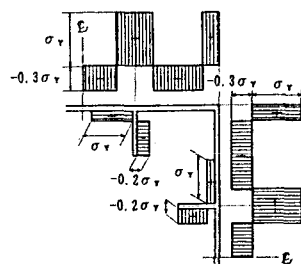
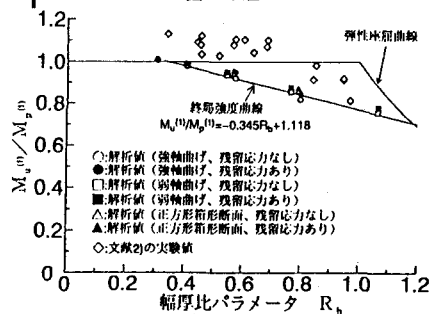
3. 解析結果 まず、強軸(y 軸)まわり、および弱軸(z 軸)まわりの1軸曲げを受ける場合の解析結果を、図-4に示す。同図の横軸の R_b は、純曲げを受ける箱形断面の幅厚比パラメータであり、次式で与えられる。

$$R_b = (I_f R_f + I_w R_w) / (I_f + I_w) \quad \dots\dots (1)$$

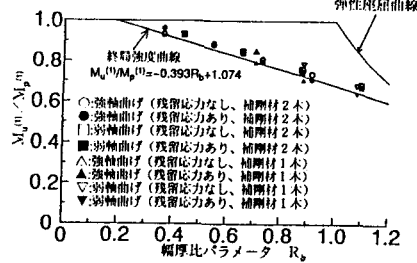
同図より、 R_b を用いて整理した終局曲げモーメントは、解析モデルの断面形状の変化にかかわらず、ほぼ一直線上に並び、ばらつきも小さい。したがって、上式の R_b は、純曲げを受ける箱



(a) 無補剛箱形断面

(b) 補剛箱形断面
図-3 残留応力分布

(a) 無補剛箱形断面

(b) 補剛箱形断面
図-4 終局曲げモーメントと幅厚比パラメータとの関係

形断面の幅厚比パラメータとして、有用であることがわかる。

つぎに、図-5には、2軸曲げを受ける場合の解析結果を示す。なお、同図中の横軸の幅厚比パラメータ R_{b2} は、式(1)を2軸曲げを受ける箱形断面にまで拡張したもので、次式で与えられる。

$$R_{b2} = R_b + \omega \Delta R_{b2} \quad \dots\dots (2)$$

ここに、

i) $0 \leq \tan \theta \leq d/b$ のとき：

$$\Delta R_{b2} = \zeta \{ \theta - \tan^{-1}(d/b) \}^2 + \xi, (\Delta R_{b2} \geq 0) \quad \dots\dots (3)$$

$$\zeta = \{-3.511(A_f/A_w) + 0.625\} \times 10^{-4} \quad \dots\dots (4)$$

$$\xi = 0.481 R_{tw} - 0.138 \quad \dots\dots (5)$$

$$\omega = 2/(n_f + n_w + 2) \quad \dots\dots (6)$$

ii) $d/b \leq \tan \theta$ のとき：

式(3)~(4)中の θ と $90^\circ - \theta$ 、 A_f と A_w 、および b と d のそれぞれを入れ換える。

ここに、 A_f 、 A_w ：フランジ、およびウェブの断面積、 R_{tw} ：純圧縮を受ける箱形断面の幅厚比パラメータ¹⁾、 n_f 、 n_w ：縦補剛材本数

さらに、本解析で対象とした幅厚比20~70程度の板パネルで構成された薄肉箱形断面においては、ねじりのせん断座屈による終局強度の低下が、ほとんど見受けられなかった。すなわち、図-5 終局2軸曲げモーメントと幅厚比パラメータとの関係断面は、全塑性状態まで達し、終局状態に至ることがわかった。

最後に、組合せ断面力を受ける場合として、圧縮・2軸曲げ¹⁾、圧縮・ねじり、および2軸曲げ・ねじりを受ける薄肉箱形断面の解析結果の代表例を、図-6~8に示す。これらの図の縦軸・横軸は、文献2)にしたがい、各断面力が単独で作用した場合の終局強度¹⁾で無次元化している。これらの図中に提案する終局強度相関曲線^{1), 2)}は、本解析結果の終局限界状態を、実用上、安全側に、しかも精度よく評価していることがわかる。

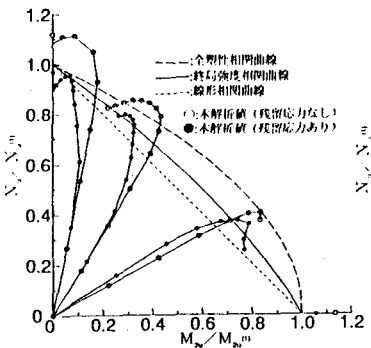
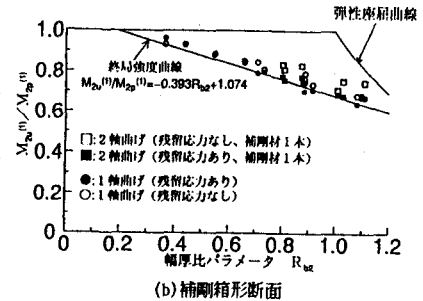
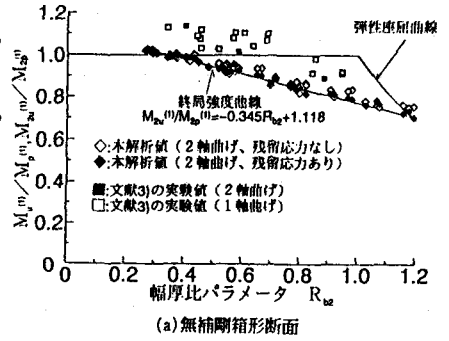


図-6 圧縮と2軸曲げとを受ける補剛箱形断面($b_s/t=40.0$, $d_s/t=53.3$, $\theta=53.13^\circ$)

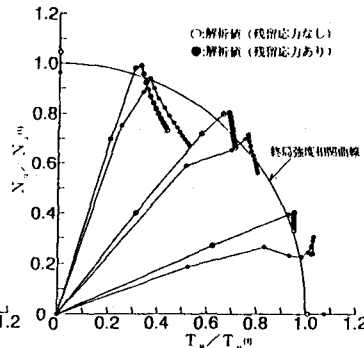


図-7 圧縮とねじりとを受ける無補剛箱形断面($b/t=37.5$, $d/t=50.0$)

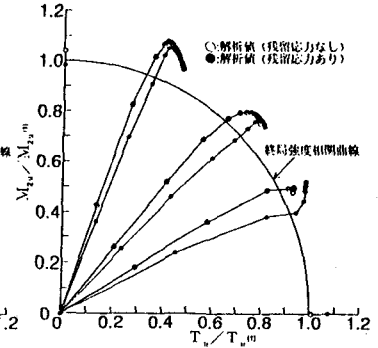


図-8 2軸曲げとねじりとを受ける無補剛箱形断面($b/t=37.5$, $d/t=50.0$)

5. まとめ 今後は、縦補剛材の剛比を大きくした場合、アスペクト比を変化させた場合、および縦補剛材を多数配置した場合などを対象とし、この種の考え方の妥当性を、実験や弾塑性有限変位解析を行って、検討する必要がある。

参考文献 1) 北田俊行・中井 博・國廣昌史・原田直樹：圧縮と曲げとを受ける無補剛・補剛箱形断面の終局強度相関曲線に関する研究、構造工学論文集、土木学会、Vol. 40A、(掲載予定)
2) 北田俊行・中井 博・國廣昌史・岸田和人：圧縮、2軸曲げ、およびねじりを受ける薄肉箱形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. 37A、pp. 73~82、1991年3月