

I - A104

鋼補剛箱形断面部材の曲げ繰り返し挙動特性について

熊本大学○学生員 小串正明 熊本大学 正 員 山尾敏孝
 (株)日本ビーズ 正 員 岡本鉄也 八代高専 正 員 岩坪 要

1. まえがき

非線形振動応答を求める動的解析法では復元力モデルが必要であり、非線形モデルにおける、 $M-N-\Phi$ 曲線を求めておく必要がある。著者ら¹⁾は無補剛箱形断面部材を対象に $M-N-\Phi$ 曲線の近似式を求めてきた。本研究では、補剛箱形断面短柱を対象に一定軸力下で曲げを単調載荷する場合、及び繰返し載荷する場合の挙動解析を行う。解析結果より単調載荷、及び繰返し載荷を受ける時の $M-N-\Phi$ 曲線の近似式を誘導する。

2. 解析モデル及び解析方法

図1に示すような橋脚の一部を想定した正方形箱形補剛断面(補剛材数2本)の解析モデルとした。解析は対称条件を考慮して1/4部分(ハッチング領域)を対象に一定軸力下での単調曲げ及び繰返し曲げ載荷解析を行う。要素分割数は軸方向 12、ウェブ方向 24、フランジ方向 12、板厚方向 6 及び補剛材長さ方向 4 とした。周辺は単純支持である。

解析パラメータとしては、補剛材を含めた構成板要素の幅厚比パラメータ $R=0.3, 0.4, 0.5$ 、補剛材幅厚比 $b_s/t_s=5, 10$ 、軸力比 $N/N_y=0.0, 0.1, 0.2$ (N_y は断面の降伏軸力)、剛比 (補剛材剛比 γ /最適剛比 γ^*) = 1、3、5 を考えた。初期たわみの形状は最大値が道路橋示方書²⁾で規定されている $B/150$ となるように、補剛板全体の初期たわみと板パネルの初期たわみを図2のように与えた。残留応力は文献3)を参考に板端部と補剛材結合部に引張り残留応力 $\sigma_{rt}=0.9\sigma_y$ 、板中央部と補剛材部に圧縮残留応力 $\sigma_{rc}=0.3\sigma_y$ として矩形の分布形で図3に示すように与えた。使用鋼材は S M490 Y を用い機械的性質は弾性係数 $E=206\text{GP}$ 、降伏応力 $\sigma_y=353\text{MP}$ 、ポアソン比 0.3、ひずみ硬化開始ひずみ $\epsilon_{st}=10\epsilon_y$ 、ひずみ硬化係数 $E_{st}=E/30$ とした。

載荷方法はまず一定軸力を軸方向に載荷したあと、軸力を加えたまま曲げを X 方向に線形的に変化する強制軸方向変位で与え、それによって生じる部材端での、軸力を省いた節点での軸方向反力より曲げモーメントを求めた。曲率 Φ は荷重の載荷により生じた載荷面の回転角 θ を $L/2$ で除した値である。なお、繰返し載荷の載荷パターンは図4に示す。解析手法としては弾塑性有限要素法によるパラメトリック解析を行い、解析プログラムは汎用プログラムの MARC を用いた。

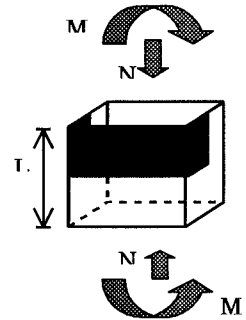


図1 解析モデル

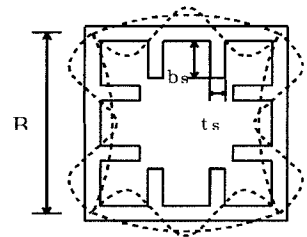


図2 断面形状と初期たわみ分布

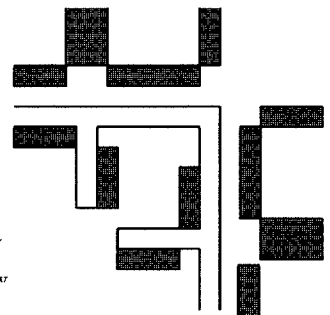


図3 残留応力分布図

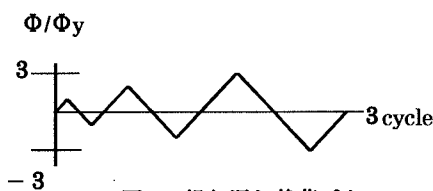


図4 繰返し載荷パターン

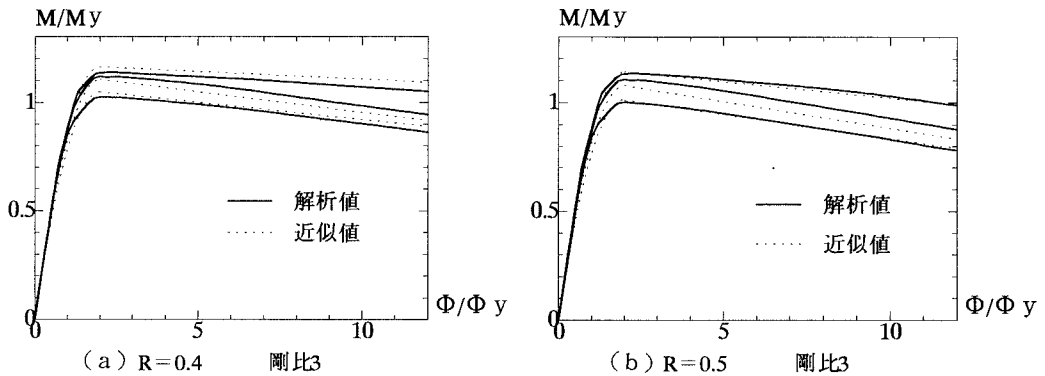


図5 解析値と近似式の比較（単純曲げ载荷）

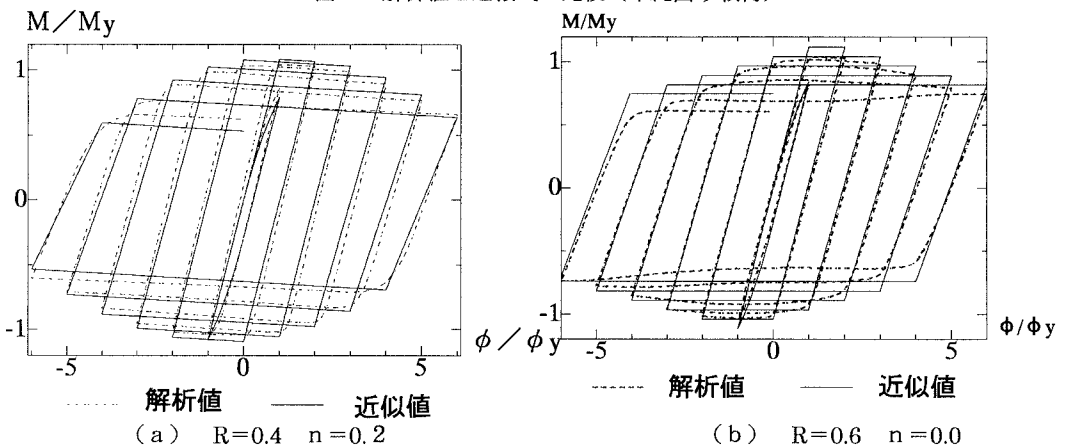


図6 解析値と近似式の比較（繰返し载荷）

3. 解析結果と考察

剛比3以上の鋼補剛箱形断面を対象として、まず、一定軸力下で単調曲げを与えた $m-n-\phi$ 曲線のモデル化を行い、次に繰返し曲げを与えた $m-n-\phi$ 曲線のモデル化を行った。モデル化の方法としては、载荷開始から最大曲げモーメントまでは放物線、それ以降の劣化曲線及び除荷曲線は直線で近似した解析結果を表すために、曲げモーメント M 、軸力 N 、及び曲率 Φ を、 $m=M/M_y$ 、 $n=N/N_y$ 、 $\phi=\Phi/\Phi_y$ として無次元化を行った。 M_y は降伏曲げモーメント、 Φ_y は軸力を考慮しない降伏曲率である。

図5は $R=0.4, 0.5$ のモデルの単調载荷について、解析値と誘導した近似式との比較を行った結果である。両図とも、上から軸力比 $n=0.0, 0.1, 0.2$ のモデルである。近似式は立ち上がり勾配及び劣化勾配とも解析値とよく対応できているといえる。図6は繰返し载荷の場合の解析値と近似式の比較を示したもので、(a)について、軸力の影響を受けて繰返すごとに強度が低下している様子がよく対応している。(b)は解析値と近似式の差が最も著しいものである。

今回行った繰返し载荷における履歴曲線の近似は、 R が大きく軸力比が小さいモデルにおいては、近似式の方が解析値より強度的に強めに出てしまう傾向があったが、繰返し耐力力の低下に伴う、履歴曲線の変形の概容については、よく捉えることができたと思う。なお、詳細については発表当日行う予定である。

参考文献

- 1) 山尾敏孝他：鋼製橋脚の曲げモーメントと…、鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、117-122、1997。
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説(V耐震設計編)、1996。
- 3) MARC：Users Manual、Vol.A-E、日本マーク