

内部への変位拘束を有する補剛箱形断面短柱の強度と履歴特性

熊本大学工学部 学生員○井手 諭 熊本大学工学部 学生員 高橋 功
 熊本大学工学部 正 員 渡辺 浩 熊本大学工学部 正 員 崎元達郎

1、まえがき

内部にコンクリートを充填した鋼管柱は、靱性に富んだ鋼材と圧縮に対して有利なコンクリートを一体とした構造のため、耐荷力や剛性、靱性に富み、また耐震上も優れた構造物であると考えられる。この構造に関する研究の多くは実験によるものであり、塑性変形能力の定量化が行われているが、個別的であり一般性のあるものにはなっていない。本研究の本来の目的は、コンクリート充填鋼管構造について、一次元はり一柱ファイバー要素と一軸の応力-ひずみ関係を用いて有限変位問題の定式化を行い、その終局状態に至るまでの挙動を簡易に解析する方法を開発することである。はり一柱要素を用いる場合、鋼板の局部座屈の影響は直接考慮出来ないで鋼の応力-ひずみ関係にその影響を持ち込むことを考える。そこで本研究では、内部コンクリートの拘束を考慮に入れた外側鋼板の局部座屈挙動を有限要素法で解析し、その結果を用いて局部座屈の影響を考慮した鋼の等価な応力-ひずみ関係を定式化しようとするものである。

2、解析方法と解析モデル

解析方法は、図-1のような補剛箱形断面短柱の外側鋼板と補剛板に軸力を繰り返し加える場合について、汎用プログラムMARCを用いて弾塑性有限変位解析を行う。

解析に際しては対称条件を考慮して実際の短柱の1/8部分を解析対象とした。アスペクト比 a/b は1.0とし、初期たわみは全幅を半波長とするものとパネル幅を半波長とするものの合成波を用い、残留応力は圧縮側 $0.3\sigma_y$ 、引張側 $0.9\sigma_y$ と仮定した。内部コンクリートについては剛体とし、鋼板の内側への変位を防ぎ、また付着及び摩擦は無いものと仮定した。

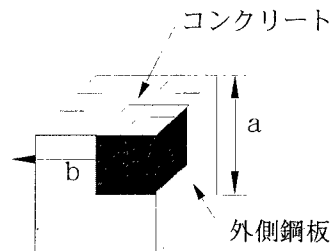


図-1 解析モデル

SM490、SS400の2つの鋼種を対象とし、式(1)で表わされる無次元幅厚比 R を変動パラメータとした。

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_R}} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (1)$$

また、縦方向補剛材剛比 γ と線形座屈理論から求められる最適剛比 γ^* との比で表わされる補剛材の剛度 γ/γ^* もパラメータとした。

表-1に各幅厚比ごとのモデルの諸元、表-2に使用した鋼材の特性値等を示す。

母材の応力-ひずみ関係は、折れ

表-1 モデルの諸元 (SM490)

	R=0.3	R=0.4	R=0.5	R=0.7
板幅 b (cm)	58.5	78	100	136.5
アスペクト比 $\alpha = a/b$	$\alpha = 1.0$			
最大初期たわみ (cm)	$b/917$	$b/688$	$b/536$	$b/393$

線でひずみ硬化域を近似した

Multi-linear モデルとし、解析には移動硬化則を用いる。

3、解析結果と考察

図-2に単調圧縮の場合の解析で得られた平均応力-平均ひずみ曲線を示す。剛度 $\gamma/\gamma^* = 1$ の時、 R を変化させた場合であるが、図より R が0.5より小さい場合は局部座屈せず、ひずみ硬化の影響で強度が増加し R が大きくなるにしたがって、局部座屈の影響により最大応力の低下とそれ以降の強度低下

表-2 各鋼材の特性値

	SS400	SM490
弾性係数 E (GPa)	206	206
降伏応力 σ_y (GPa)	289.6	343.3
ポアソン比 ν	0.3	0.3
板厚 t (cm)	2.6	2.8
ひずみ硬化開始ひずみ ϵ_{st}	$13\epsilon_y$	$8\epsilon_y$

が見られる。

図-3に1回繰返し载荷における解析結果を示す。図-3(a)で、 $R=0.3$ 、 $\gamma/\gamma^*=1.0$ の場合は、圧縮側・引張側において繰返しても強度の低下はほとんど見られないが、図-3(b)で、 $R=0.7$ 、 $\gamma/\gamma^*=1.0$ の場合では、圧縮側・引張側の挙動に変化が見られる。圧縮側については、 R が大きくなると単調载荷の場合と同様、最大応力の低下が見られ、また繰返しによる耐荷力の低下も大きいことが分かる。

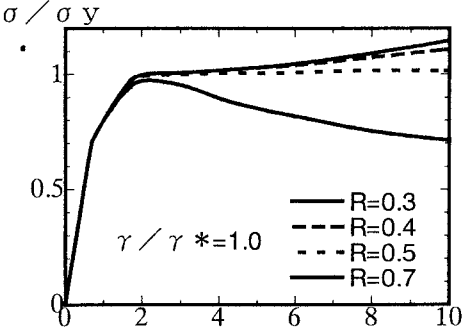
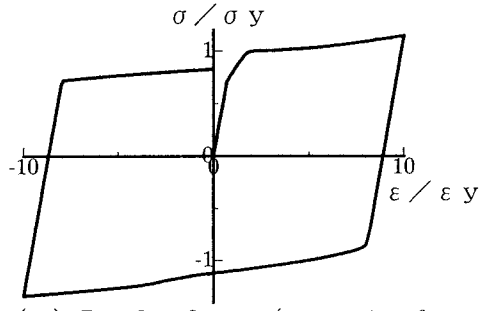
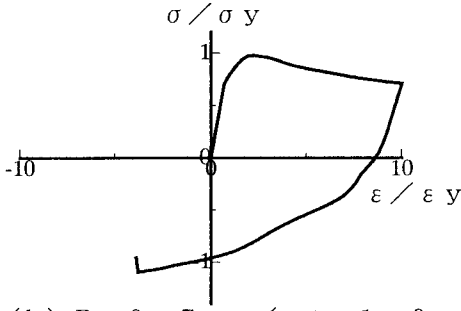


図-2 解析結果 (SM490Y) ϵ / ϵ_y



(a) $R=0.3$ 、 $\gamma/\gamma^*=1.0$



(b) $R=0.7$ 、 $\gamma/\gamma^*=1.0$

図-3 軸方向繰返し载荷の履歴曲線

4、定式化の考え方

定式化は解析結果の形状より、図-4のように4本の直線により近似することにする。近似をするにあたって、鋼種によって降伏後の強度低下に相違が見られ無視することができないため、最大応力度以降の低下勾配は各鋼種ごとに定式化することにする。また、局部座屈の影響の有無の境界を $R=0.5$ と考え、 $R=0.5$ で場合分けをして定式化を行う。

まず原点と最大応力度を求めるために、最大応力度値とその時のひずみ値を最小二乗法により R の関数として求める。最大強度の70%の応力までは、ヤング係数の勾配を持つ直線とする。次に最大応力度以降の低下勾配を同様に最小二乗法により、 R の関数として定式化を行う。

以上により単調圧縮に対する等価な応力-ひずみ関係を求め、これを基に最終的に繰返し载荷の場合による等価な応力-ひずみ関係を導く。これらの定式化の結果については当日報告する。

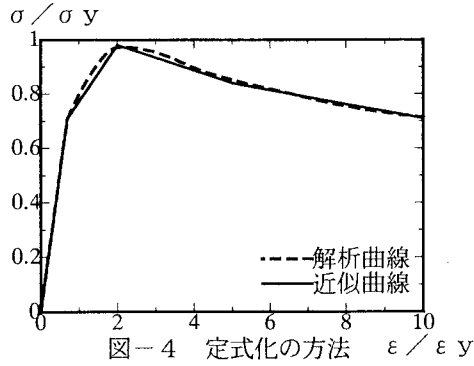


図-4 定式化の方法 ϵ / ϵ_y

参考文献

日本MARC株式会社：MARC manual Vol, A-E

山田康貴：コンクリートを充填した鋼管の等価な応力-ひずみ関係、平成8年度西部支部研究発表会