

コンクリートを充填した鋼管の等価な応力-ひずみ関係

熊本大学工学部 学生員 〇山田康貴 熊本大学工学部 学生員 大西俊一
 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

鋼管にコンクリートを充填した合成柱は、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-柱要素と一軸の応力-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解析的に明らかにしていくことである。はり-柱要素を用いる場合、鋼板の局部座屈の影響は直接考慮できないので鋼の応力-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 (a) のような箱形断面短柱の外側鋼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⁽¹⁾ 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図-1 (b) のように実際の短柱の 1/8 部分を解析対象とし、メッシュ分割は板幅方向・軸方向ともに 8 分割とした。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。SM490Y, SM490, SS400 の 3 つの鋼種を対象とし、下式(1)で表される無次元幅厚比 R を変動パラメータとした。今回用いた鋼の素材の応力-ひずみ関係は、図-2 に示す様に折れ線でひずみ硬化域を近似した Multi-linear モデル⁽²⁾を採用した。アスペクト比 a/b は 1.0 とし、幅方向、長さ方向に最大値 $b/150$ の正弦半波の初期たわみと、板幅方向に $0.3 \sigma_y$ の圧縮残留応力を仮定した。表-1 に各幅厚比ごとのモデルの諸元、表-2 に使用した各鋼材の特性値等を示す。

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

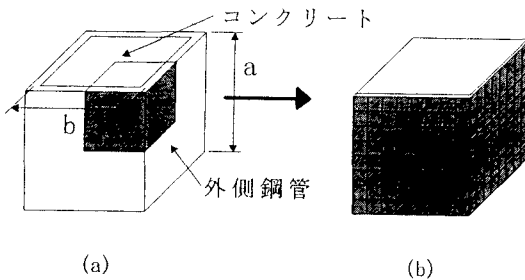
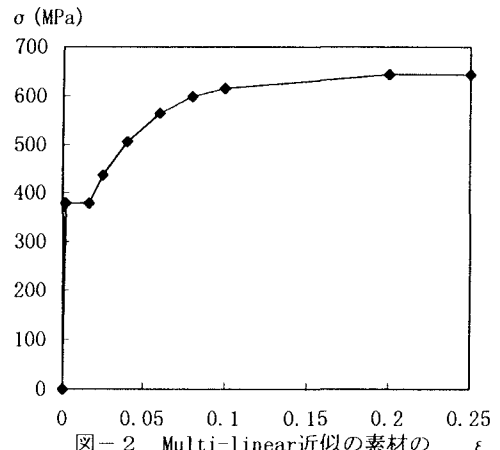


図-1 解析モデル

図-2 Multi-linear近似の素材の
応力-ひずみ関係(SM490Yの例)

3、解析結果と考察

図-3 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。図-3 (a) は R が変化させた場合であるが図より 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の勾配に相違が見られる。図-3 (b) は鋼種の違いによる解析結果の比較を示す。強度を σ_y で無次元化すれば、鋼種にかかわらず最大強度はほぼ等しくなるが、ひずみ硬化開始ひずみの違いにより、各鋼種で高ひずみ領域での強度が異なることが分かる。

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3本の直線により近似することにした。まず原点と最大応力度を結ぶ直線を求めるために、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。図-5に解析値の最大応力度と幅厚比Rの関係をプロットで、その近似曲線を実線で示し、図-6に最大応力度の点のひずみ値と幅厚比Rの関係をプロットで、その近似曲線を実線で示す。両図より共に2次曲線により近似できることが明らかになった。また最大応力度曲線については、最大応力度の上限を1とし、Rが0.5より小さい場合は図の式を適用せず $\sigma/\sigma_y=1.0$ 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2本の直線で求め、Rの関数として応力低下勾配の定式化を行う。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、これを元に最終的に繰り返し載荷の場合による等価な応力-ひずみ関係を導く。なお繰り返し載荷の場合に対する定式化は移動硬化則を用いることにする。これらの結果については当日報告する。

表-1 モデルの諸元

	R=0.56	R=1.02	R=1.47	R=1.92
板幅 b (m)	0.225	0.405	0.585	0.765
アスペクト比 $\alpha=a/b$	$\alpha=1.0$			
最大初期たわみ W_0 (m)	$b/150$			
圧縮残留応力 σ_{rc} (m)	$0.3\sigma_y$			

表-2 各鋼材の特性値

	SS400	SM490	SM490Y
弾性係数 E (MPa)	206000	206000	206000
降伏応力 σ_y (MPa)	289.6	344.32	378.6
ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.3
板厚 t (m)	0.007872	0.008584	0.009
ひずみ硬化開始ひずみ ϵ_{st}	$13\epsilon_y$	$8\epsilon_y$	$9\epsilon_y$

σ/σ_y

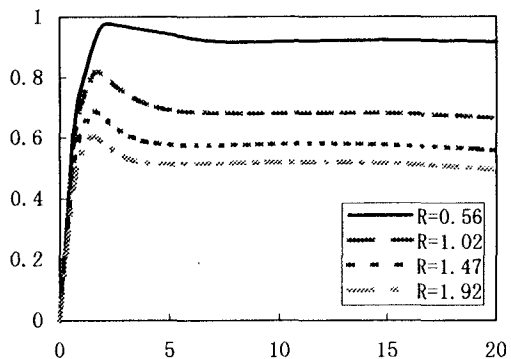


図-3(a) 解析結果(SM490Y) ϵ/ϵ_y

σ/σ_y

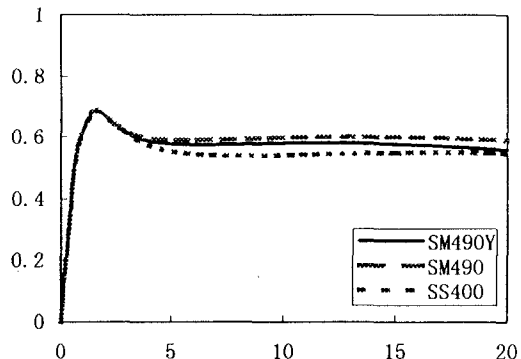


図-3(b) 解析結果(R=1.47) ϵ/ϵ_y

σ/σ_y

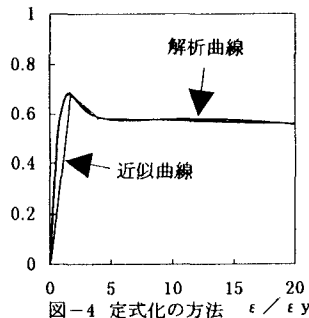


図-4 定式化の方法 ϵ/ϵ_y

σ/σ_y

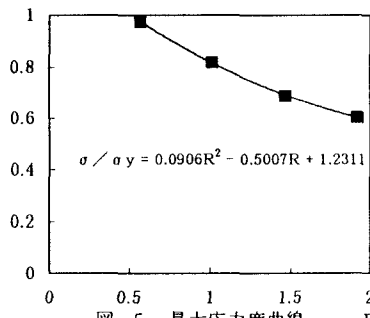


図-5 最大応力度曲線 R

ϵ/ϵ_y

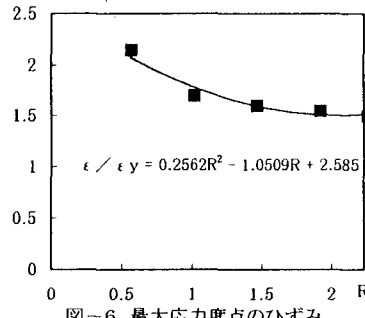


図-6 最大応力度点のひずみ R

参考文献

(1) MARC manual

(2) 葛, 高型, 宇佐美: 「繰り返し荷重を受ける鋼製パイプ断面橋脚の・・・」 阪神・淡路大震災に関する学術講演会講演集

e-12 平成9年1月