

コンクリート充填鋼管柱の繰返し変形挙動解析

中部大学 正員 水野英二 (株)太洋基礎工業 鶴飼 康彦 中部大学 川村 淳史

1. まえがき

圧縮荷重下での中空鋼管柱は、比較的容易に局部座屈を生じ耐荷力を失う。しかし、鋼管内部にコンクリートを充填することで、局部座屈の発生が抑制されるため圧縮側の耐荷力および剛性が著しく増大する¹⁾。

本研究では、有限要素法プログラム FEAP により、繰返し荷重下でのコンクリート充填鋼管柱の変形特性を解析し、エネルギー吸収能の観点から実験結果ならびに中空鋼管柱の解析結果と比較・検討する。本研究では、鋼材の構成モデルとして修正二曲面モデル²⁾を、圧縮応力状態下でのコンクリートには弾完全塑性型の構成モデルを用いる。

2. 繰返し軸圧縮力を受ける両端固定ばり

2.1 解析モデルおよび断面諸元

図-1 に示すような両端固定ばりに一定横荷重 Q_c および繰返し軸力 P を載荷した場合（変位振幅 δ は $\pm 33\text{mm}$ ）の有限要素解析を行う。中空鋼管柱および充填鋼管柱の解析結果とを比較することで繰返し載荷時での充填コンクリートが充填部材の変形性能に与える効果を検討する。表-1 には断面諸元と材料特性を示す。

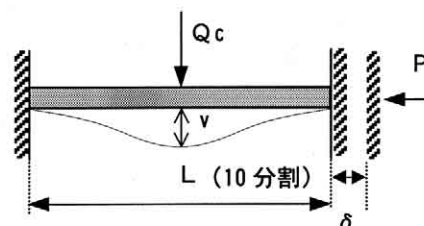


図-1 供試体モデル

表-1 断面諸元と材料特性

管長 L (mm)	5,720
外径 D (mm)	114
管厚 t (mm)	2.6
一定荷重 Q_c (N)	3,648
コンクリートの降伏応力 σ_c (MPa)	33.42
鋼管の降伏応力 σ_s (MPa)	289

2.2 解析結果および考察

図-2 には、中空鋼管柱および充填鋼管柱に対して 5 サイクルまでの載荷を行った解析より得られる、(a)荷重-変形曲線および(b)累加吸収エネルギー量の比較を示す。図-2(a)から分かるように、1 サイクル目においては、充填鋼管は高い圧縮耐力を示すが、2 サイクル目以降では、充填鋼管柱内部のコンクリートの圧縮耐力が無くなるが如く、その変形特性は中空鋼管柱の挙動へと類似してゆく。また、図-2(b)より、中空鋼管柱の方（破線）がエネルギー吸収量の観点では充填柱（実線）よりも優れていることが分かる。

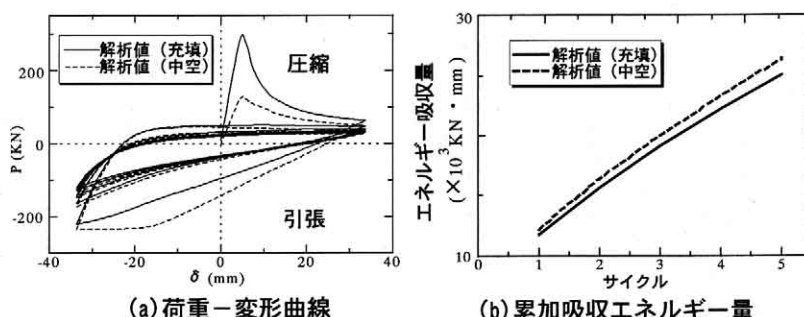


図-2 荷重-変形曲線およびエネルギー吸収量の比較

3. 繰返し偏心軸圧縮力を受ける片持ちばり

3.1 解析モデルおよび解析条件

偏心軸圧縮力を受ける充填鋼管柱（短柱、中柱および長柱）の実験³⁾を解析対象とした。図-3 に示すように、片持ちばりと仮定した解析モデルに 5 mm の載荷偏心距離を考慮するため、はり全体を 10 分割した載荷側の 1 要素だけを傾ける形で変動軸力 P を作用させる。なお、本解析では 5 mm の偏心距離を一定に保つことが困難であるため、変形過程での偏心距離の差により曲げモーメント量に実験状態のものとは多少の差異が生ずることを明記する。なお、表-2 には、短柱、中柱および長柱

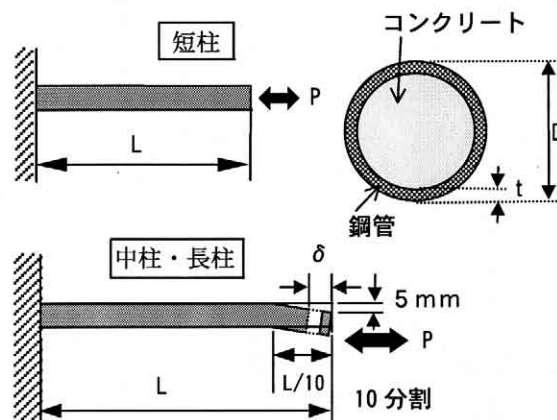


図-3 偏心載荷解析モデル

の断面諸元と材料特性を示す。

3.2 解析結果および考察

一例として、管厚比 $D/t = 30$ を有する中空鋼管短柱および充填鋼管短柱に対して、軸ひずみ振幅 $\pm 1.0\%$ 下で 5 サイクルまで載荷した場合の解析結果と実験結果との比較を図-4(a)および(b)に示す。また、図-4(c)には、それら結果より得られる累加吸収エネルギー量の比較を示す。同様に、図-5 には中柱、さらに図-6 には長柱に対する解析結果と実験結果との比較を示す。

図-4(a)に示す荷重-変形曲線の第1サイクル目に関して解析結果と実験結果とを比較すると、引張側および圧縮側共に同様な挙動を示すが、第2サイクル目以降の実験曲線は、図-4(b)に示す中空鋼管柱の解析挙動（破線）と同様な挙動を示す。また、図-4(c)に示す累加吸収エネルギー量の比較においては、サイクル数の増加に伴い、実験値（細線）は充填鋼管柱の解析値（太線）から中空鋼管柱の解析値（破線）へと近づく。

図-5(a)および(b)に示すように、中柱に対する荷重-変形曲線においても、短柱の場合と同様な傾向を呈する。また、図-5(c)に示すように、実験

から得られる充填鋼管柱の累加吸収エネルギー量（細線）は第1サイクル目では中空鋼管柱に対する解析値（破線）と同様な値を示すが、第2サイクル目以降では座屈の影響により、吸収能が低下してゆくことが分かる。

一方、図-6 から得られる、充填鋼管長柱ならびに中空鋼管長柱のエネルギー吸収量と実験結果とを比較すると、サイクル数に関係なくエネルギー吸収量にほとんど差は見られないことが分かる。

4. まとめ

充填鋼管短柱（または中柱）のエネルギー吸収量（3節）は、局部座屈を考慮しない中空鋼管柱の解析から得られる量より多少上回る（または低い）。一方、充填鋼管長柱の場合には、中空鋼管柱の解析結果が充填鋼管柱のそれを上回るか（2節）、充填・中空鋼管柱ともほぼ同様な傾向を示す（3節）ことが分かった。

参考文献

- 1) 石博豊康：コンクリート充填円形鋼管柱の繰り返し変形特性について，平成8年度名古屋大学土木工学科卒業論文，1997。
- 2) 水野英二ら，：降伏棚を有する鋼材の繰り返し弾塑性モデル—二曲面塑性モデル—，構造工学論文集，Vol.37A，1-14，1991。
- 3) 河野昭彦，松井千秋，中島隆裕，高木順一：繰り返し軸方向力を受けるコンクリート充填鋼管部材の座屈挙動とエネルギー吸収能力に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，第482号，131-140，1996。

表-2 断面諸元と材料特性

管長 L (mm)	短柱	163
	中柱	430
	長柱	905
外径 D (mm)	短柱	101.4
	中柱・長柱	101.6
管厚 t (mm)	短柱	3.03
	中柱・長柱	3.04
コンクリートの降伏応力 σ_c (MPa)		29.4
鋼管の降伏強度 σ_s (MPa)		360
鋼管のヤング係数 E_s (MPa)		200,000
コンクリートのヤング係数 E_c (MPa)		28,000

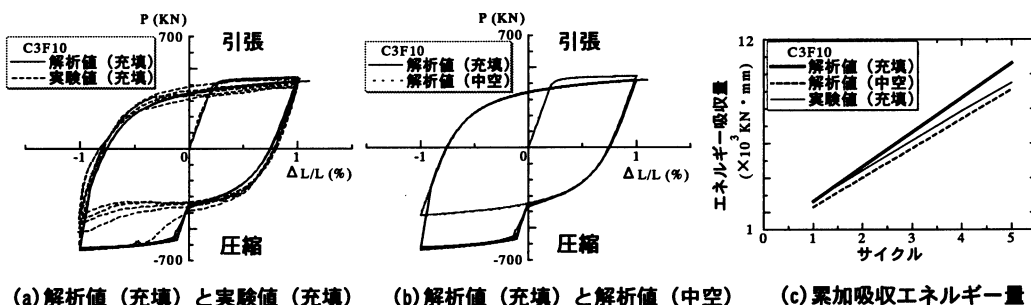


図-4 荷重-変形曲線およびエネルギー吸収量の比較（変位振幅 $\pm 1.0\%$ （短柱））

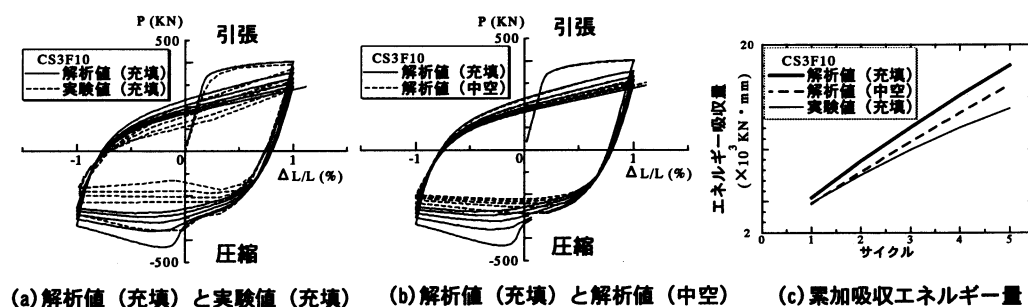


図-5 荷重-変形曲線およびエネルギー吸収量の比較（変位振幅 $\pm 1.0\%$ （中柱））

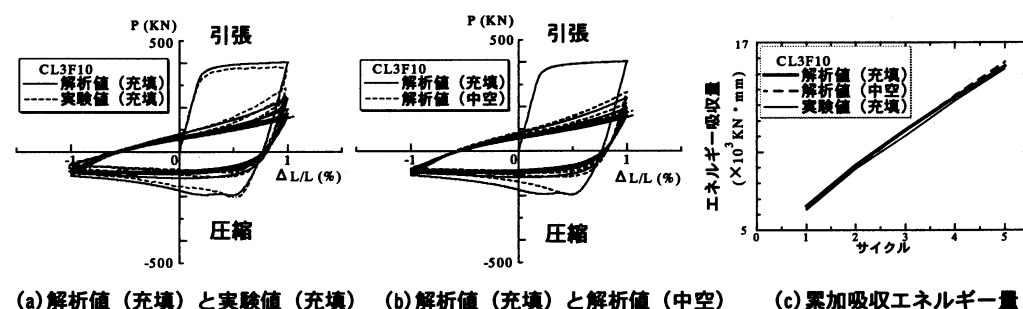


図-6 荷重-変形曲線およびエネルギー吸収量の比較（変位振幅 $\pm 1.0\%$ （長柱））