

繰り返し荷重下でのコンクリート充填鋼管柱のエネルギー吸収能について

中部大学○鶴飼 康彦 中部大学 川村 淳史
中部大学 正員 水野 英二

1. まえがき

繰り返し荷重下での鋼管柱は、比較的容易に局部座屈を生じ耐力を失う。しかし、鋼管柱内部にコンクリートを充填することによって、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。完全充填鋼管柱はもとより、部分的に充填した鋼管柱であっても同様な効果が期待できると言われている。本研究では、有限要素法プログラム FEAP により、繰り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中空鋼管柱の繰り返し変形挙動と比較する。

2. 鋼材およびコンクリートの構成モデル

本研究では、鋼材の構成モデルとして応力表示型修正二曲面モデル¹⁾を一次元応力状態で用いる。一方、コンクリートの構成モデルとしては、図-1に示すような一軸応力-ひずみ関係を用いる。曲線部分(図中 0-a-c)の応力-ひずみ関係には次式を用いる。

$$\sigma / \sigma_{ck} = 2(\varepsilon / \varepsilon_{c0}^p) - (\varepsilon / \varepsilon_{c0}^p)^2 \tag{1}$$

3. 繰り返し偏心軸圧縮力を受ける片持ちばりの解析

3.1 解析モデル概要

文献 2)にて報告されている実験を解析対象とした。図-2に示すように、片持ちばりの解析モデルに、5mm の荷重偏心距離を考慮するため、10 分割した荷重側の 1 要素を傾ける形で変動軸力 P を作用させた。なお、本解析では 5mm 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。表-1には、柱(長柱および中柱)の断面諸元と材料特性を示す。

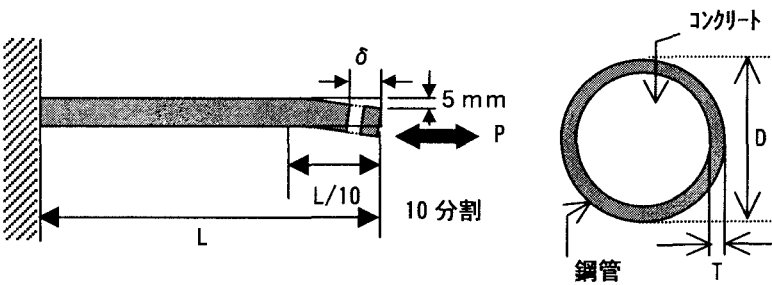


図-2 偏心荷重解析モデル

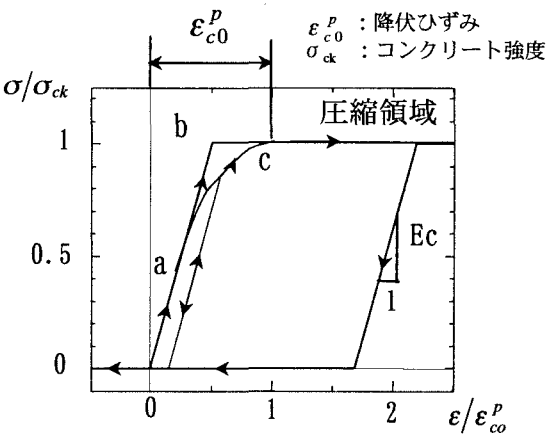


図-1 コンクリートの応力-ひずみ関係

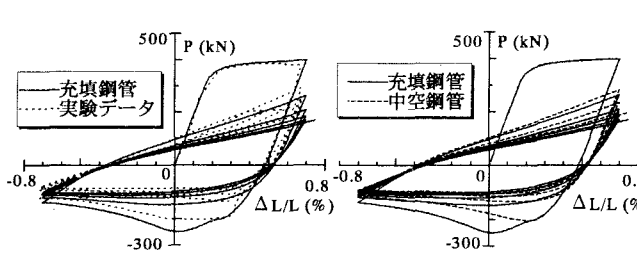
表-1 断面諸元と材料特性

管長 (長柱) L :	905 mm
(中柱) L :	430 mm
外径	D : 101.6 mm
管厚	T : 3.04 mm
コンクリートの降伏応力 σ_c :	29.4 MPa
鋼管の降伏強度 σ_s :	360 MPa

3.2 解析結果および考察

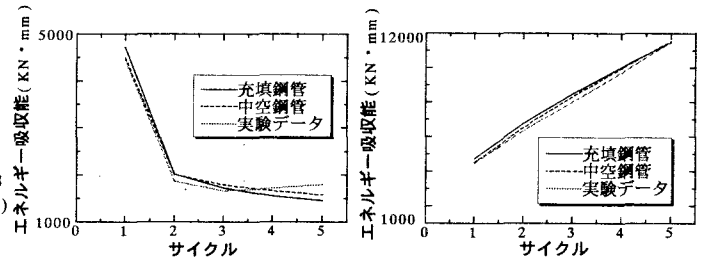
長柱の中空鋼管柱および充填鋼管柱に対して、軸ひずみ振幅を±0.7%として 5 サイクルまで解析した結果を図-3に示す。また、図-4には、解析結果より得られたサイクル毎の吸収エネルギーおよび累加吸収エネルギーの比較を示す。同様に、図-5および図-6には中柱に対する解析結果を示す。

図-3 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能を比較すると、エネルギー吸収能にほとんど差が見られない。一方、図-5に示す実験結果より、中柱では、鋼管内部のコンクリートの劣化が早いことが分かる。これは、コンクリートに対する負荷が長柱の場合に比べ大きいと考えられる。また、充填鋼管柱のエネルギー吸収能が一サイクル目では優っているが、二サイクル目以降は鋼管だけの挙動とほぼ同じ挙動を示すことが実験結果より分かる。



a) 実験結果と解析結果との比較 b) 中空鋼管柱と充填鋼管柱との比較

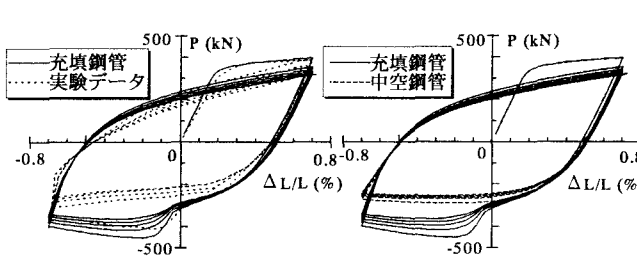
図-3 軸変位振幅±0.7% (長柱)



a) サイクル別

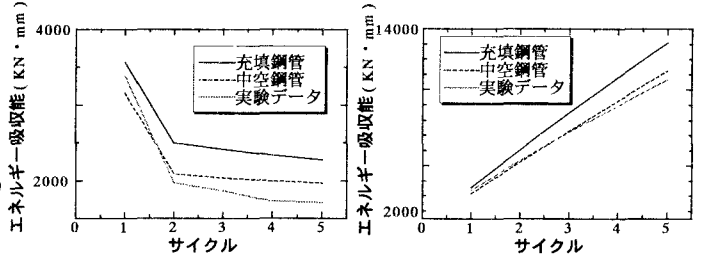
b) サイクル毎の累加

図-4 エネルギー吸収能 (長柱)



a) 実験結果と解析結果との比較 b) 中空鋼管柱と充填鋼管柱との比較

図-5 軸変位振幅±0.7% (中柱)



a) サイクル別

b) サイクル毎の累加

図-6 エネルギー吸収能 (中柱)

4. 繰り返し軸圧縮力を受ける両端固定ばりの解析³⁾

4.1 解析モデルおよび概要

図-7 に示すような両端固定ばりに、一定荷重 $Q_c=3,648 \text{ N}$ および繰り返し軸力 P を载荷した解析を行う。なお、変位振幅は $\pm 30 \text{ mm}$ である。表-2 には断面諸元と材料特性を示す。

4.2 解析結果および考察

図-8 には、中空鋼管柱および充填鋼管柱に対して 4 サイクルまで载荷した解析結果を示し、図-9 と図-10 には、サイクル毎および累加サイクルのエネルギー吸収能の比較を示す。

除荷および再载荷を繰り返すことで、充填鋼管柱のコンクリートが降伏し、塑性変形特性は中空鋼管柱のそれと類似していく。

さらに、エネルギー吸収能の面で考えると中空鋼管柱の方が高い値を示すことが解析より得られた。

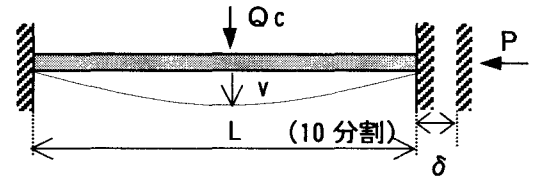


図-7 供試体モデル

表-2 断面諸元と材料特性

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

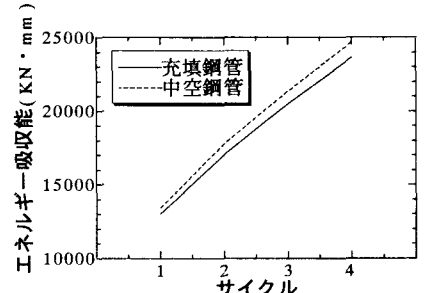
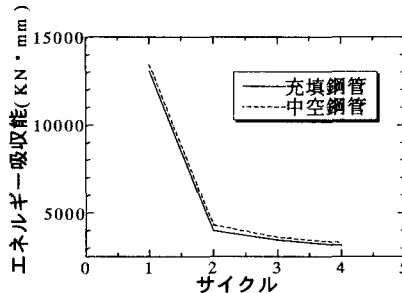
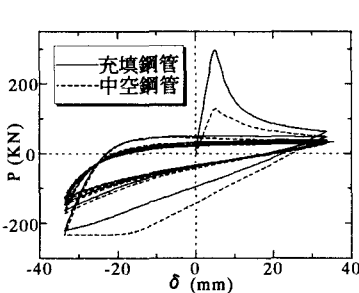


図-8 中空・充填鋼管柱解析

図-9 サイクル毎エネルギー吸収能

図-10 累加エネルギー吸収能

5. まとめ

今回の解析結果から、鋼管部材にコンクリート充填をしても繰り返し载荷時のエネルギー吸収能の向上が余り期待できないことが分かった。

参考文献

- 1) 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—二曲面塑性モデルの開発—, 構造工学論文集, Vol.37A, 1-14, 1991.
- 2) 河野昭彦, 松井千秋, 中島隆裕, 高木潤一: 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.
- 3) 石樽豊康: 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, 1997.