

I-A11 コンクリート充填円形鋼管柱の繰返し変形特性に関する基礎的研究

名古屋大学 学生員 近藤智之
名古屋大学 正会員 水野英二

1. 緒言

軸圧縮力および曲げモーメント力を受けるコンクリート充填円形鋼管柱は、充填コンクリートは鋼管により拘束を受け三軸応力状態となり、一方、鋼管は充填コンクリートにより局部座屈が防止されるため、優れた変形性能も得られるという利点がある。本研究では、1) 有限要素解析プログラム (FEAP) に組み込むことが可能な、コンクリート充填円形断面はりのエレメントサブルーチンを開発し、検証解析を通して、エレメントサブルーチンの有効性について検証した。さらに、2) 各種コンクリート充填構造部材を対象として、エネルギー吸収能の観点より、中空鋼管のみの解析結果と比較し、繰返し荷重下でのコンクリート充填の効果を考察した。

2. 構成モデル

鋼材には、一軸状態の修正二曲面モデル^[1]を採用した。一方、コンクリートには、圧縮側でのみ一軸圧縮強度を有する応力-ひずみ関係を仮定した（引張側での強度はゼロ）。

3. 検証解析

検証解析の対象として、1 サイクルの繰返し軸方向（圧縮・引張）力を受ける充填鋼管円形単純はり（2種類）を採り挙げる。実験で用いられた試験体^[2]は、STK400の冷間成形鋼管であるため、解析モデルでは、鋼材には降伏棚がないと仮定した。ここでは、部材長が $L=163\text{mm}$ （ケース1）、 $L=905\text{mm}$ （ケース2）の二通りの解析を行った。両ケースとも、外径は $D=101.6\text{mm}$ であり、径厚比 $D/t=33.5$ である。図-1および図-2に示すように、単純はりの半分を対象に、片持ちばりとして解析を行った。ケース2では、両端部での偏心軸力（偏心距離5mm）を考慮するために、図-2に示すように、便宜上、自由端部（10分割した端部の1要素）を傾け、解析を行った。ひずみ ($\Delta L/L$) 振幅は、ケース1が $\pm 1.0\%$ 、ケース2が $\pm 0.5\%$ である。試験体寸法を表-1に、材料特性を表-2に示す。鋼の降伏応力および最大応力は、実験では引張強度の方が、圧縮強度よりも高かったが、今回の解析ではその平均値を用いた。

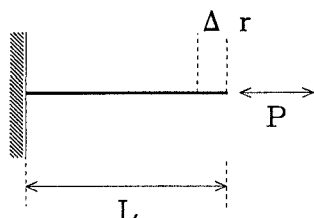


図-1 解析モデル（ケース1）

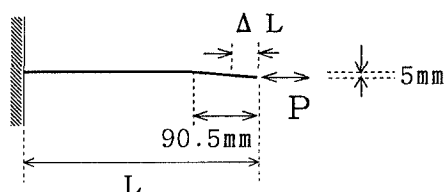


図-2 解析モデル（ケース2）

表-1 解析モデルの断面寸法と断面性能

	外径 $D(\text{mm})$	鋼管厚 $t(\text{mm})$	D/t	鋼管の断面積 $A_s(\text{mm}^2)$	コンクリートの断面積 $A_c(\text{mm}^2)$
ケース1	101.4	3.03	33.5	936	7139
ケース2	101.6	3.04	33.5	940	7166

キーワード：コンクリート充填 鋼管 繰返し変形特性 エネルギー吸収能 修正二曲面モデル
〒464-01名古屋市中千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻(TEL:052-789-4485;FAX:789-3738)

表-2 材料特性

	鋼管の降伏 応力 σ_y (Mpa)	鋼管の 最大応力 σ_u (Mpa)	鋼管のヤング 係数 E_s (Gpa)	コンクリートの 降伏応力 σ_{ck} (Mpa)	コンクリートの ヤング係数 E_c (Mpa)
ケース1	401	436	200	29.4	28000
ケース2	360	425	200	29.4	28000

4. 解析結果および考察

ケース1およびケース2の解析結果を、それぞれ 図-3 および 図-4 に示す。

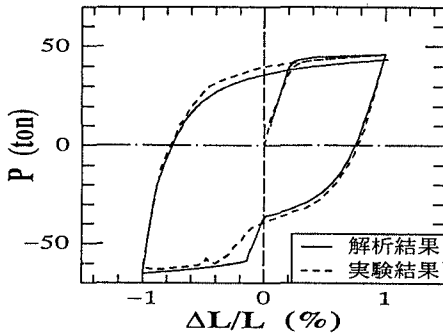


図-3 解析結果 (ケース1)

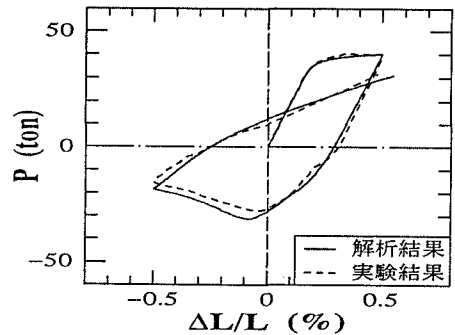


図-4 解析結果 (ケース2)

図-3より、解析結果と実験結果とはほぼ同じ荷重-変形曲線を描くことが分かる。本解析では、引張側の耐荷力も圧縮側の耐荷力もほぼ正確に予測できている。ただし、解析ではコンクリートの引張強度を無視しているため、 $\Delta L/L=0\%$ 付近での挙動に若干の違いが見られる。実験では、除荷後、 $\Delta L/L=0\%$ 付近より緩やかな曲線を描きながら圧縮力が上がるのに対し、解析では、 $\Delta L/L=0\%$ の点でコンクリートの圧縮に対抗する力が急に現れるので構造物全体としての圧縮耐力が急激に上昇する。全体としては、本解析によって実験の挙動をおおむね予測できている。一方、図-4より分かるように、本解析結果と実験結果とは非常に良く一致している。本解析では、前述のように、鋼管の降伏応力及び最大応力を、引張側も圧縮側も同じ強度として解析を行った。

5. 繰り返し荷重下での充填円形鋼管柱のエネルギー吸収能

コンクリート充填鋼管と中空鋼管との繰り返し変形特性を比較・考察する。ここでは、鋼管の局部座屈現象および、鋼管からのコンクリートへの正確な拘束効果は考慮しない。中空鋼管と充填鋼管との繰り返し変形特性を比較するためのパラメータとして、塑性吸収エネルギー W_p を用いる。塑性エネルギー吸収能が高いほど構造物は変形能力に富むといえる。海洋プラットホームを構成する典型的な部材鋼構造PortalとStrutおよび、初期不正の入った単純支持ばりを解析の対象とした。充填効果に関する解析結果および詳細な考察については、当日に報告する。

6. 結論

本研究で開発した、コンクリート充填円形鋼管はりのエレメントサブルーチンを組み込んだ有限要素解析プログラム(FEAP)による検証解析より、本プログラムの妥当性を確認した。充填鋼管および非充填鋼管のエネルギー吸収能については、当日に結論を報告する。

謝辞：本研究に際しご助力を得た石樽豊康君（名大大学院）および新日鐵（株）に深く感謝致します。

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, 1991, pp. 1-14.
- [2] 河野昭彦ら：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、pp131-140、1996年4月