

名古屋大学大学院 学員 伊藤 誠

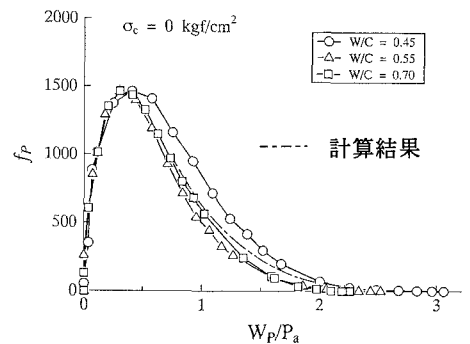
名古屋大学工学部 正員 水野 英二

1. はじめに

本研究では、コンクリート充填鋼管柱の変形能力を評価し、この種の合成柱の合理的な設計法を探るための基礎的研究として、中心軸圧縮を受けるコンクリート充填鋼管柱（円形断面）の解析を行った。ここでは、コンクリートの強度パラメータ f_p と破壊吸収エネルギー $W_p (= \int \sigma_{ij} d\epsilon_{ij})$ の関係を求め、これを圧縮軟化構成則モデル^{1) 2)} に採り入れた。この構成則モデルを用いて、充填コンクリートの平均応力 (σ) - 平均ひずみ (ϵ) 関係を推定することにより、中心軸圧縮を受けるコンクリート充填鋼管柱の解析を行った。

2. 強度パラメータ f_p - 破壊吸収エネルギー W_p 関係

(10 x 10 x 10 cm) のコンクリート立方体供試体の三軸圧縮実験データ³⁾ (13データ: 拘束圧 $\sigma_c = 0 \sim 12 \text{ kgf/cm}^2$) と、($\phi 10 \times 10 \text{ cm}$) のコンクリート円柱供試体の三軸圧縮実験データ⁴⁾ (8データ: 拘束圧 $\sigma_c = 0 \sim 100 \text{ kgf/cm}^2$) を用いて、コンクリートの強度パラメータ f_p と破壊吸収エネルギー W_p との関係を調べた。一例として、 $\sigma_c = 0 \text{ kgf/cm}^2$ の場合のものを図1に示す。各一定拘束圧のもとでは、水-セメント比 (W/C)、一軸圧縮強度の違いが $f_p - W_p/P_a$ 関係に及ぼす影響は一般に小さく、ほぼ特定の $f_p - W_p/P_a$ 関係を示す傾向にあることが分かった。ここで、 P_a は大気圧を示す。 $f_p - W_p/P_a$ 関係の詳細については、文献1), 2) を参照されたい。

図1 $f_p - W_p/P_a$ 関係 ($\sigma_c = 0 \text{ kgf/cm}^2$)

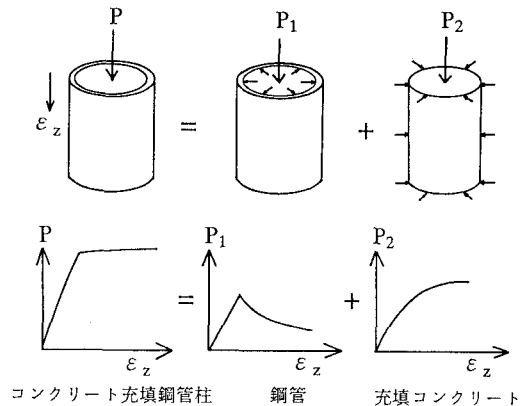
3. 解析方法

図2に示すように鋼管と充填コンクリートとを別々に考え、軸力および内圧を受ける円形鋼管の軸力-軸ひずみ関係、変動拘束圧を受ける三軸圧縮下での充填コンクリートの軸力-軸ひずみ関係をそれぞれ求め、両結果を足し合わせることで中心軸圧縮を受けるコンクリート充填鋼管柱の軸力 (P) - 軸ひずみ (ϵ_z) 関係を推定する。その際、次のような仮定を設けた。(1) 鋼管と充填コンクリートの軸方向ひずみは等しい。(2) 相互間の力のやりとりは側圧のみ。(3) 鋼管の塑性域でのひずみ増分比 β ($=$ 円周方向のひずみ増分 $d\epsilon_n$ / 軸方向のひずみ増分 $d\epsilon_z$) は一定値とする。

円形鋼管の軸力-軸ひずみ関係を推定するにあたっては、富井らの塑性モデル⁵⁾ を用いて、また、変動拘束圧が作用する充填コンクリートの軸力-軸ひずみ関係を推定するにあたっては、水野・畑中の塑性モデル^{1) 2)} を用いて、それぞれ行った。

4. 解析例

解析対象となったコンクリート充填円形鋼管柱の寸法および材料定数は表1の通りである。解析結果を図3に示す。それぞれの図中において、縦軸は荷重 P を、横軸は軸方向ひずみ ϵ_z を示す。解析結果を実線で、



$$P = P_1 + P_2$$

図2 解析の手順

実験値⁶⁾を○印で示す。各図にて、2本の実線が示されているが、これらはコンクリート破壊曲線として上限、下限曲線⁷⁾を用いた解析結果である。 $\beta=0.75, 0.90, 1.1$ のそれぞれの場合について解析を行った。

$\beta = 0.75, 0.90, 1.1$ のいずれの場合も、点Aまで、つまりコンクリートがまだ拘束を受けていない状態までは解析結果は一致している。点A以降、徐々に拘束圧がコンクリートに作用し、ある一定の拘束圧状態になる段階（点B）までは、 β の値が小さいほど、解析結果と実験値との差が大きいことが認められる。これは、 β の値が小さいほどコンクリートに作用する側圧の程度が小さいためである。しかし、点B以降は、 β の値が大きいほど解析結果と実験値との差が大きくなっている。これは、特に、 $\beta = 1.1$ の場合に顕著にみられる。鋼管がひずみ硬化を起こし、側圧一定から側圧が増加に転じる点C以降コンクリートは再び側圧（増加）の影響を受けるため、コンクリート充填鋼管柱の耐力は徐々に増加する。このことは β の値が大きいほど、コンクリートに作用する側圧が大きいため顕著にみられる。図3から分かるように、実験値は $\beta = 0.75$ の場合と $\beta = 0.90$ の場合の間にあるように思われる。

5. まとめ

各種一定拘束圧下でのコンクリートの破壊吸収エネルギー関係（ f_p - W 関係）を調べ、これを中心軸圧縮を受けるコンクリート充填円形鋼管柱の解析に応用した。本解析では、コンクリート充填円形鋼管柱の軸力-平均軸ひずみ関係を精度よく予測するには、 β の値は、0.75~0.90の範囲で解析を進めるのが妥当であることが分かった。

謝辞：コンクリートの圧縮破壊吸収エネルギー特性の考察では、三重大学建築学科助教授・畑中重光先生から有益なご示唆をいただいた。ここに感謝致します。

参考文献

- 1) 水野英二，畑中重光：コンクリート工学論文集，Vol.2 (2)，1991，pp.85-95.
- 2) 水野英二，畑中重光：コンクリート工学論文集，Vol.3 (2)，1992，pp.1-13.
- 3) Hatanaka, S., Kosaka, Y., and Tanigawa, Y.: J. Structural and Construction Engineering, (Trans. of AIJ), No.377, 1987, pp.27-40.
- 4) 近藤洋右，島崎宗蔵，畑中重光：日本建築学会東海支部研究報告集，第31号，1993.2，pp.45-48.
- 5) Tomii, M., Yoshimura, K. and Morishita, Y.: Int. Colloquium on Stability of Struct. under Static and Dynamic Loads, ASCE, New York, N.Y., 1977.
- 6) Sakino, K., Hayashi, H.: Proceeding of the Third International Conference on Steel-Concrete Composite Structures, September 26-29, 1991, pp.25-30.
- 7) 伊藤誠，水野英二，畑中重光，谷川恭雄：コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15, 1993

表1 供試体寸法および材料定数

鋼管	外径 D (mm)	150
	板厚 t (mm)	2.0
	板厚比 D/t	75
	鋼管柱高さ H (mm)	450
	降伏応力 σ_y (kgf/cm ²)	2400
コンクリート	ヤング係数 E_s (kgf/cm ²)	2.1×10^5
	一軸圧縮強度 f_c' (kgf/cm ²)	171
	寸法効果を考慮した一軸圧縮強度 f_c	161.6
	ヤング係数 E_c (kgf/cm ²)	2.355×10^5
	せん断定数 G (kgf/cm ²)	0.981×10^5
	ポアソン比 ν_c	0.2

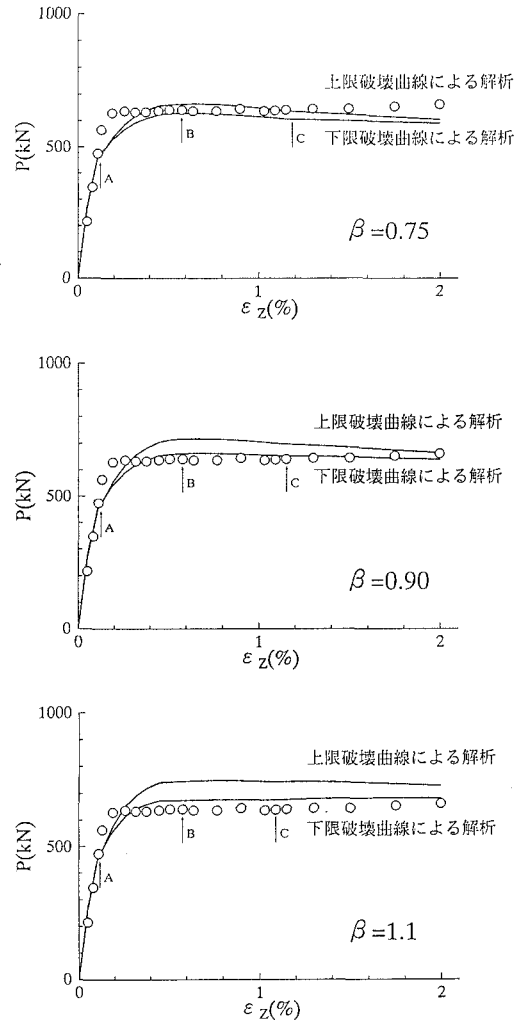


図3 解析結果 (D/t = 75)