

(V-25) プレストレスを与えたコンクリート充填鋼管梁の曲げ耐力に関する研究

J R東日本 正会員 ○小林 將志

石橋 忠良

三幣 高吉

1. はじめに

鋼管に充填したコンクリートにプレストレスを与えた場合、コンクリートは鋼管の拘束効果により圧壊しにくくなり、破壊に至るまでに十分な変形性能を有するとされている。しかしながら現行の設計手法によると、このような利点を十分評価して耐力を算定することは困難である。

本研究では、円形鋼管の充填コンクリートをP C鋼より線によりプレストレスを与えた梁部材において曲げ実験を実施し、その力学性状を把握し設計手法を検討することを目的としている。

2. 実験概要

代表的な試験体寸法を図-1に、試験体の一覧を表-1に示す。試験体の

パラメータは、鋼管の径厚比(D/t)とプレストレス量(Ps)である。鋼管

の材質及び径は全てSTK400、318.5mm

である。コンクリートの強度は表-

2の通りである。セメントには、早強

ポルトランドセメントを使用し材料分離が生ずること

なく十分な充填性を確保できるように増粘剤を用いた。

また、強度を400kgf/cm²程度に安定させるために石粉(炭

酸カルシウム)を使用した。P C鋼材には、SEE工法F

型F100(7S11.1)のシングルストランドを用いて緊張終了

後にグラウトを行った。

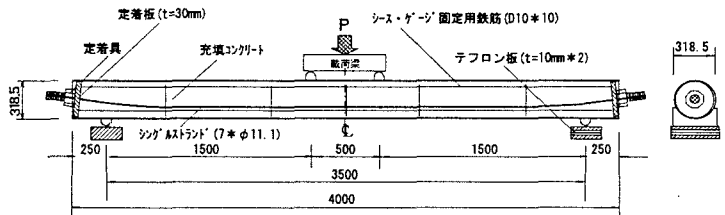


図-1 試験体及び載荷方法

表-1 曲げ供試体一覧

試験体 No.	鋼管厚 (mm)	径厚比 D/t	プレストレス量 (tf)
①	6.0	53.1	60.0
②	7.9	40.3	30.0
③	7.9	40.3	60.0
④	10.3	30.9	30.0
⑤	10.3	30.9	60.0

表-2 材料の試験結果

試験体 No.	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	鋼 管		
		f _{sy} (N/mm ²)	f _{su} (N/mm ²)	伸び (%)
①	44.3	320	470	36
②	41.2	313	461	42
③	43.8	313	461	42
④	42.8	325	477	40
⑤	46.1	325	477	40

PC鋼線は、f_{py}=1666N/mm², f_{pu}=1873N/mm², 伸び=4.8%

3. 実験結果

載荷終了後の鋼管の座屈状況及びコンクリートの最終ひび割れ図を図-2に示す。全試験体とも載荷点付近において鋼管の座屈が生じるがこれによる耐力低下は確認されず、P C鋼材の破断により耐力が決定した。

鋼管厚さおよびプレストレス量による破壊性状の差異は確認されなかった。No.③についてはP C鋼材破断後

も載荷を続けたため、載荷点下の下縁において

鋼管の横方向割裂が生じた(図-2参照)。

4. 曲げ耐力

4.1 コンクリートの応力-ひずみの関係

図-3に、鋼管により拘束されたコンクリート断面のみに載荷した圧縮試験の結果を示す(D=318.5mm, t=6mm, f_{ck}=400kgf/cm², 供試体高さh=3D=955.5mm)。図中には、土木学会示方書式の値と、CEB-FIP MODEL CODE 1990の鉄筋の拘束力を考慮する式を用いて鋼管を鉄筋として換算した式の値を合わせて示す。

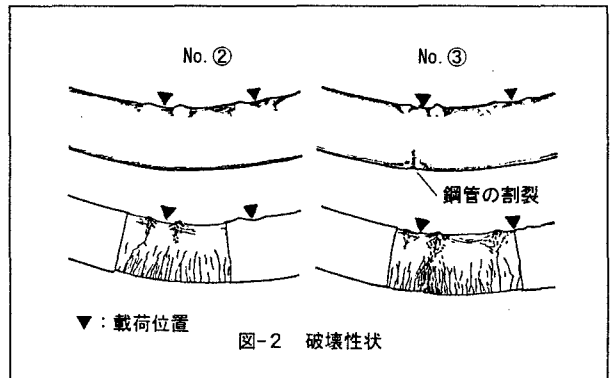


図-2 破壊性状

◇CEB-FIP MODEL CODE 1990の変形式◇

$$\sigma'_c = k_c \cdot f_{ck, cf} \cdot \frac{\varepsilon'_{cu, cf}}{\varepsilon_{cc, cf}} \cdot \left(2 - \frac{\varepsilon'_{cu, cf}}{\varepsilon_{cc, cf}} \right) \quad \dots \quad 0 \leq \varepsilon'_{cu, cf} < \varepsilon_{cc, cf}$$

$$\sigma'_c = k_c \cdot f_{ck, cf} \quad \dots \quad \varepsilon_{cc, cf} \leq \varepsilon'_{cu, cf} < \varepsilon_{cu, cf}$$

$$f_{ck, cf} = \begin{cases} f_{ck} \cdot \{ 1.00 + 10.0 \cdot \frac{t(dc-t)}{dc^2} \cdot f_{yd} \} & \text{for } \sigma_2 < 0.05 f_{ck} \\ f_{ck} \cdot \{ 1.125 + 5.0 \cdot \frac{t(dc-t)}{dc^2} \cdot f_{yd} \} & \text{for } \sigma_2 > 0.05 f_{ck} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cc, cf} = 2.0 \times 10^{-3} (f_{ck, cf} / f_{ck})^2$$

$$\varepsilon_{cu, cf} = 3.5 \times 10^{-3} + \frac{t(dc-t)}{dc^2} \cdot f_{yd}$$

上式において、添字 cf は拘束効果を考慮した各値を示しており、鋼管の板厚を t (cm) で、コンクリートの外径を dc (cm) で、鋼材の降伏強度を f_{yd} で表している。また、図中の提案式 A、B の値は k_c をそれぞれ 1.0、0.85 にした場合である。図より提案式 A は最大耐力を良く表しており、提案式 B は全体の挙動を良く再現していることがわかる。

4. 2 曲げ耐力の算定

表-3 に最大耐力の実験値及び解析値を示す。解析する際、鋼管及び P C 鋼線の応力-ひずみ関係は、図-4 のようにモデル化した。コンクリートの応力-ひずみ関係は前述の提案式 A、B を用い、最大耐力以降の硬化域まで考慮した。曲げ変形が十分に大きくなるため、ひずみ硬化による変形性能を考慮することは耐力算定に対して特に重要である。耐力算定にあたっては平面保持則が成り立つものとして算出した。表中の解析値 I は、コンクリートの圧壊により破壊が決まるとしてコンクリートの終局ひずみに $\varepsilon'_{cu, cf}$ を用いて算出した値である。解析値 II は、P C 鋼線の破断により破壊が決まるものとして P C 鋼線の破壊時の伸びを終局ひずみとして算出したものである。また、解析上利用したコンクリートの応力-ひずみ関係のモデル式は、それぞれ提案式 A、B を用いて算出した。表より、解析値 II は I に比べて実験値に近い値を示した。コンクリートの応力-ひずみ関係は提案式 A を用いた方が実験値と解析値の一致は比較的良好である。

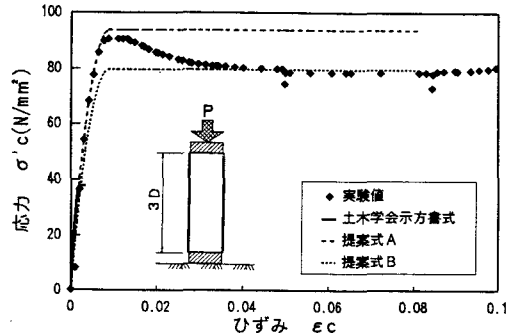


図-3 鋼管で拘束されたコンクリートの応力-ひずみ性状

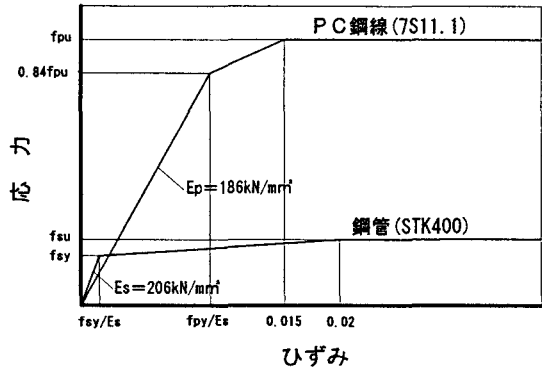


図-4 鋼材の応力-ひずみ関係

表-3 試験結果

試験体 No.	実験値	解析値 I - A		解析値 I - B		解析値 II - A		解析値 II - B	
	(tonf)	(tonf)	実/解	(tonf)	実/解	(tonf)	実/解	(tonf)	実/解
①	62.60	63.08	0.99	60.74	1.03	64.85	0.97	63.16	1.01
②	75.07	70.39	1.07	67.70	1.11	72.31	1.04	69.20	1.08
③	89.84	71.92	1.25	69.95	1.28	73.60	1.22	71.89	1.25
④	91.85	81.45	1.13	79.72	1.15	83.30	1.10	81.41	1.13
⑤	92.96	84.08	1.11	81.37	1.14	85.95	1.08	84.11	1.11

5. まとめ

曲げ耐力は、コンクリートの応力-ひずみ関係は CEB-FIP MODEL CODE 1990 の変形式を用いることにより精度良く算定できる。本構造の破壊は P C 鋼線の破断により決まるので P C 鋼線の破壊時の伸びを終局ひずみとして解析することにより良好な精度で実験値を予測できる。

- 1) 前川幸次、梶川康男、吉田博：P C 鋼管で補強されたエクソ充填鋼管はりの曲げ耐力力に関する研究、構造工学論文集、Vol. 39A、1993. 3
- 2) CEB-FIP MODEL CODE 1990 First Draft Chapter 3.7, Comité Euro-International du Béton, 1988.