

V-432

プレストレスト鋼管コンクリートの曲げ耐力試験

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 ○小林 將志
東京工事事務所 正会員 川崎 徹
東京工事事務所 正会員 米倉 頼夫

1. はじめに

円形鋼管の中に充填したコンクリートに対してプレストレスを与えた場合、コンクリートは鋼管のコンファインド効果により靱性が増し、破壊に至るまでに十分な変形性能を有することが確認されている。しかし、このような利点を十分評価して耐力及び変形性能を算定する設計手法が確立されていないのが現状である。そこで本研究では、コンクリートの応力状態に寄与する鋼管厚及びプレストレス量をパラメータとした試験体に対し曲げ耐力試験を行ったので、この結果及び解析結果について述べる。

2. 試験概要

2.1 試験体 試験体の諸元を表-1に示す。試験体のパラメータは鋼管の径厚比(D/t)とプレストレス量である。鋼管の材質は全てSTK400である。コンクリートには早強ポルトランドセメントを使用し、充填性を確保するために増粘剤を用いた。P C鋼材にはSEE

表-1 試験体概要

試験体 No.	鋼管厚 (mm)	径厚比 D/t	プレストレス量 (kN)	コンクリート		鋼 管	
				圧縮強度 (N/mm ²)	f _{sy} (N/mm ²)	f _{su} (N/mm ²)	伸び (%)
1	6.0	53.1	321	39.9	320	470	36
2	6.0	53.1	617	44.3	320	470	36
3	6.0	53.1	639	42.2	320	470	36
4	7.9	40.3	311	41.2	313	461	42
5	7.9	40.3	632	43.8	313	461	42
6	10.3	30.9	311	42.8	325	477	40
7	10.3	30.9	638	46.1	325	477	40

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

E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。

2.2 载荷方法及び

測定方法 試験体及び、周辺設備の状況を、図-1に示す。载荷方法は静的载荷である。また、本試験体は靱性が高く、载荷装置のストロークを越えるため、鋼

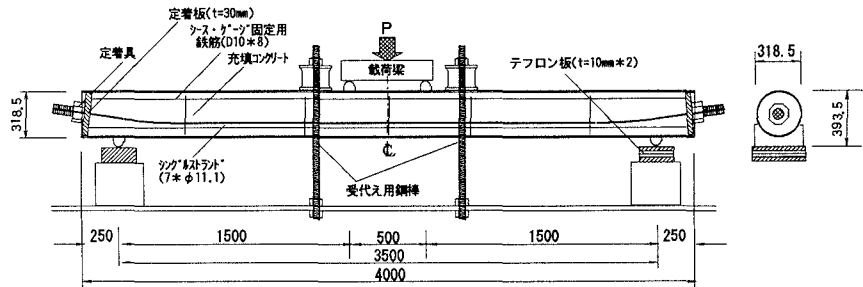


図-1 試験体概要

棒にて受け代えることにより载荷を進めた。計測においては、荷重はロードセル、鋼管のひずみはSTEEL 2軸歪ゲージ、コンクリートの断面内のひずみはCONCRETE埋込み歪ゲージにて測定した。

3. 実験結果

3.1 破壊過程 全ての試験体において、载荷点付近で鋼管に座屈変形が生じたものの、この時点では耐力低下は確認されず、P C鋼材の破断により耐力が急激に低下した。その後も载荷を続けると、P C鋼材の分担力を差し引いた耐力を保持したまま変形が進み、変形の計測限界に至り試験を終了した。

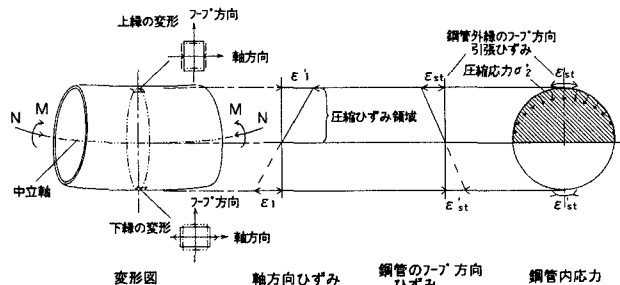


図-2 ひずみ概念図

3.2 ひずみ性状 荷重が最大荷重近くに達しても、上下縁の鋼管のひずみとコンクリートの圧縮ひずみの増加は、直線的に分布し、鋼管上縁に座屈が生じるまではコンクリートの引張領域を除くひずみの平面保持則が成り立つことを確認した。また、図-2に示すように、鋼管のフープ方向ひずみ（ ε_{st} ）は、上縁では引張ひずみが生じ、断面の圧縮領域における鋼管の軸方向ひずみ（ ε_1 ）とフープ方向ひずみが、次の比例関係にあることが明らかとなった。

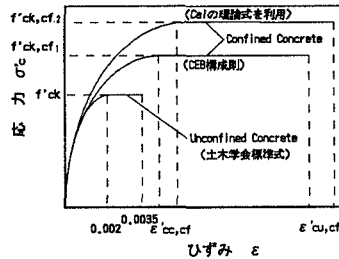


図-3 コンクリートの σ - ε 関係

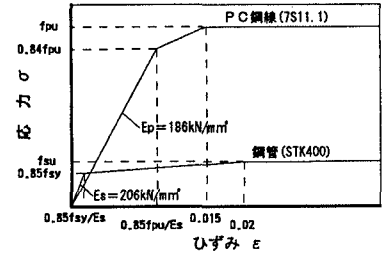


図-4 鋼材の σ - ε 関係

$$\varepsilon_{st} = -0.735 \varepsilon_1 - 7.53 \times 10^{-4}$$

3.3 解析方法 梁の変形に伴い ε_1 が増加すると ε_{st} は減じ、拘束力は下式により算出される。ここで、フープ方向応力（ σ_{st} ）、コンクリートの側圧（ σ'_2 ）、鋼のポアソン比（ μ_s ）、弾性係数（ E_s ）、鋼管の内径（ D_i ）、肉厚（ t ）とする。

$$\sigma_{st} = E_s \cdot (\varepsilon_{st} + \mu_s \cdot \varepsilon_1) / (1 - \mu_s^2)$$

$$\sigma'_2 = 2t \cdot \sigma_{st} / D_i$$

この式を用いて、拘束コンクリートの軸方向圧縮強度 $f'_{ck,cf1}$ をCEB-FIP MODEL CODE 1990式（以下、CEB式）と $f'_{ck,cf2}$ をCai Shao-Huaiの理論式（以下、Cai式）により算出する（図-2参照）。

$$f'_{ck,cf} = f'_{ck} (1.125 + 2.5 \sigma'_2 / f'_{ck}) \quad (\text{CEB式})$$

$$f'_{ck,cf} = f'_{ck} (1.0 + 1.5 (\sigma'_2 / f'_{ck})^{1/2} + 2.0 \sigma'_2 / f'_{ck}) \quad (\text{Cai式})$$

また、降伏ひずみ $\varepsilon'_{cc,cf}$ 、終局ひずみ $\varepsilon'_{cu,cf}$ は、以下のCEB式を用いる。

$$\varepsilon'_{cc,cf} = 2.0 \times 10^{-3} (f'_{ck,cf} / f'_{ck})^2 \quad \varepsilon'_{cu,cf} = 3.5 \times 10^{-3} + 0.2 \sigma'_2 / f'_{ck}$$

上記の式より、図-3に示すような拘束コンクリートの構成則が導き出され、これらの式及び、図-4に示す鋼材のモデル式を利用して最大耐力の解析を行った。また、参考のために、土木学会標準式による構成則を用いた解析も行った（この解析においては、終局ひずみを無視した）。表-2は、実験値と解析値を比較したものである（解析値1、2、3は、それぞれ土木学会標準式、CEB式、Cai式を利用した解析値を示す）。実験値と解析値を比較すると、No. 1～3はCEB式、No. 4～7はCai式を用いることにより精度良く解析できることがわかり、拘束効果を考慮しない土木学会標準式により解析された値は、全体的に1～2割程度も実験値を下回る結果を示した。

4. まとめ

プレストレスを与えた鋼管コンクリートの最大耐荷力を算定する場合、圧縮縁（上縁）における鋼管のひずみと軸方向とフープ方向ひずみの比例則を用いて拘束力を算出し、拘束コンクリートの構成則に、CEB-FIP MODEL CODE 1990式または、Cai Shao-Huaiの理論式を用いることにより、土木学会標準式を用いるよりも精度良く解析できることを確認した。

<参考文献>

- 1) 前川幸次・梶川康男・吉田博：PC鋼管で補強されたコンクリート充填鋼管はりの曲げ耐力に関する研究、構造工学論文集、Vol. 39A、1993. 3
- 2) 北田俊行・吉田康樹・中井博：コンクリートを充填した鋼管短柱の弾塑性挙動に関する基礎的研究、構造工学論文集、Vol. 34A、1988. 3
- 3) CEB-FIP MODEL CODE 1990 First Draft Chapter 3.7, Comite Euro-International du Beton, 1988.