

I-151

コンクリート充填鋼管における鋼とコンクリートの弾塑性挙動に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部 学生員 吉田康樹
 大阪市立大学工学部 正 員 中井 博
 大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行

1. 研究目的

最近、鋼とコンクリートとを組み合わせた合成および複合構造物に注目されるようになった。しかし、その耐荷力を評価する上で重要な3軸応力状態のもとにおけるコンクリートの弾塑性挙動や鋼とコンクリートの境界面での摩擦・すべり挙動については、十分に把握されていないのが現状である。本研究は、純圧縮を受けるコンクリート充填鋼管を用いて、コンクリートに3軸応力状態を再現し、その弾塑性挙動および強度特性を主として実験的に明らかにし、今後の研究の参考資料を得ようとしたものである。

2. 供試体の形状寸法および機械的性質

供試体に用いた鋼管の形状寸法を、図-1に示す。

鋼管の板厚 t は3.5mm(4体), 4.5mm(8体)および

5.0mm(3体)の3種類とした。鋼材はSTK41材である。

鋼管と充填コンクリートの機械的性質を、表-1に示す。

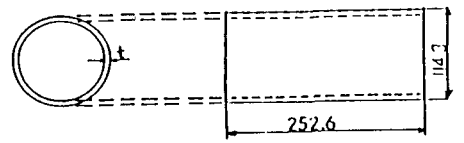


図-1 鋼管の形状寸法

単位(mm)

表-1 供試体の機械的性質

供試体	鋼 管				充填コンクリート		
	鋼管種類 (mm)	σ_y (kg/cm ²)	E_s ($\times 10^4$ kg/cm ²)	ν_s	f_c (kg/cm ²)	E_c ($\times 10^4$ kg/cm ²)	ν_c
A(4体)	$\phi 114.3 \times 3.5$	3400	2.113	0.313	176	1.873	0.17
B(4体)	$\phi 114.3 \times 4.5$	3700	2.085	0.296	176	1.873	0.17
C(4体)	$\phi 114.3 \times 4.5$	3336	2.389	0.275	349	2.893	0.204
D(3体)	$\phi 114.3 \times 5.0$	2844	2.596	0.270	349	2.893	0.204

A, B: 継目あり鋼管, C, D: シームレス鋼管

σ_y : 鋼管の降伏点
 E_s : 鋼管のヤング係数
 ν_s : 鋼管のポアソン比
 f_c : コンクリートの最大圧縮応力
 E_c : コンクリートのヤング係数
 ν_c : コンクリートのポアソン比

3. 載荷方法

載荷方法としては、図-2に示すような3ケースを考えた。

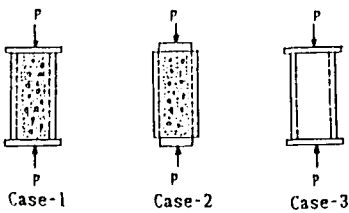
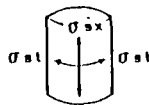


図-2 供試体の載荷方法

Case-1: 鋼管とコンクリートを同時に載荷する形式

Case-2: コンクリートのみに載荷する形式

Case-3: 鋼管のみに載荷する形式



鋼管に作用する応力

4. 実験結果およびその考察

4.1 供試体の応力状態

鋼とコンクリートを同時に載荷するCase-1の場合、ポアソン比の差によりフープ方向のひずみは鋼管の方が大きくなり、コンクリートは鋼管により拘束されず、3軸状態になりにくいものと思われる。図-3を見ると、供試体D-1では、鋼管は降伏するまで、ほとんど軸方向の圧縮応力のみしか発生していなかった。このことから、鋼管が降伏するまでは鋼とコンクリートは全く別々に挙動していたこと

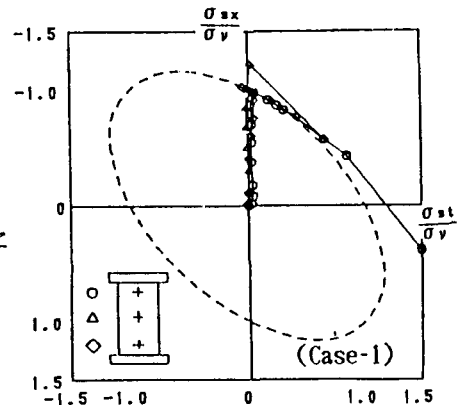


図-3 $\sigma_{xx} - \sigma_{yy}$ 曲線(供試体D-1)

がわかる。

Case-2による荷重方法では、充填コンクリートのみに荷重を載荷するので、鋼管によりコンクリートは面外変位が拘束され、載荷後すぐに3軸応力状態となる。図-4を見ると、供試体D-2では、鋼管の上部と下部において、載荷当初から降伏に至るまでほとんど軸方向の圧縮応力が発生しておらず、フープ方向の引張応力のみが大きく発生している。中央部分では、鋼管が降伏するまで、軸方向圧縮応力とフープ方向引張応力とは、比例的に増加しており、これはコンクリートと鋼管の境界面の摩擦により、軸方向圧縮応力が発生したためと思われる。

4.2 Ottosen¹⁾とCai²⁾の破壊基準

Case-2の荷重形式による供試体C-2において、鋼管の測定ひずみから逆算した中央断面のコンクリートの応力経路と、OttosenおよびCaiの破壊基準とを図-5に示す。

コンクリートに発生する側圧 σ_1 と軸方向圧縮応力 σ_3 の応力経路はCaiの破壊基準に沿って進行していることがわかる。今後、これらの破壊基準を降伏基準のように取り扱えば、鋼に閉じ込められたコンクリートの弾塑性挙動がシミュレートできるものと思われる。その際、Caiの破壊基準は式も簡単で、実際の現象とよく一致し、実用的であると思われるが、均一な側圧を受ける合成柱にしか適用できず、一般性に欠ける。それに反し、Ottosenの基準は、3軸応力下にある全てのコンクリートに適用可能である。Case-1の場合は、鋼とコンクリートのポアソン比の差により、極限状態付近までコンクリートは三軸応力状態にならないことがわかった。

4.3 合成柱の応力-変位曲線に関する考察

鋼とコンクリートとの境界面での摩擦力が、ゼロであると仮定して、Ottosenの理論を用いて、合成柱の弾塑性挙動を追跡してみた。図-6に示すように、Case-2の場合の解析結果は、累加強度付近までは、実験結果とよく一致している。しかし、累加強度を越えると、実験結果との誤差が大きくなる。これは、理論解析上の仮定や鋼管に含まれる残留応力を無視したことに起因するものと思われる。

5. まとめ

- (1)コンクリートの破壊基準を、降伏基準のように取り扱えば、鋼に閉じ込められたコンクリートの3軸応力挙動がシミュレートできることがわかった。
- (2)Ottosenの理論による解析結果は、今回の実験結果とそれほど一致しなかった。しかし、Ottosen等の理論の妥当性について考察するには、境界面での摩擦や鋼管に含まれる残留応力が考慮できる解析を行い、その結果と比較することが必要であると考えられる。

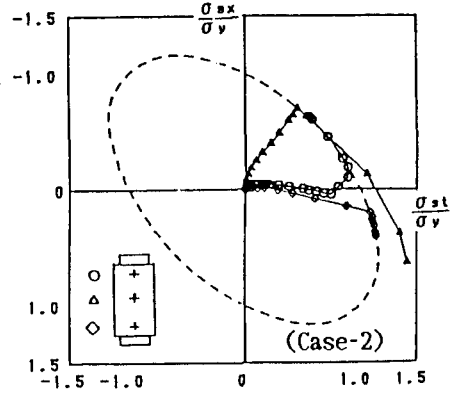


図-4 $\sigma_{ax}-\sigma_{st}$ 曲線(供試体D-2)

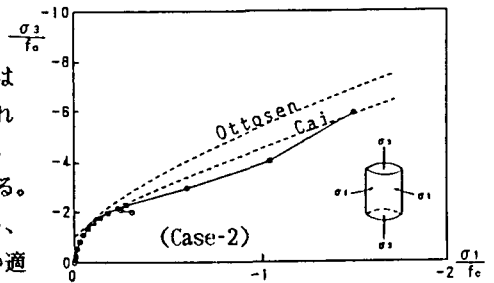


図-5 $\sigma_3-\sigma_1$ 曲線(供試体D-2)

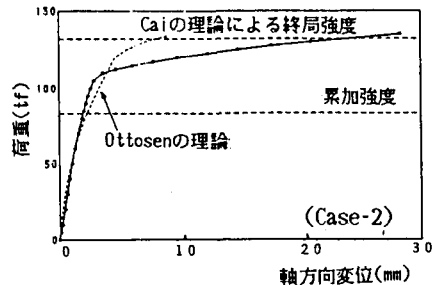


図-6 荷重-圧縮変位曲線(供試体D-2)

参考文献 1)Ottosen, N.S.: A Failure Criterion for Concrete, ASCE, vol.103, No. EM4, proc. paper 13111, Aug., 1977, pp.527-535. 2)Cai Shao-Huai: Limit Analysis and Application of Concrete-Filled Steel Tubular Columns, The First East Asian Conferrens on Structural Engineering and Construction, Bangkok, January 15-17, 1986, pp.809-820