

V-33

コンクリート充填式二重鋼管柱における 外側コンクリートの拘束効果に関する実験的考察

北海道大学工学部 学生員 岩倉 孝幸

北海道大学工学部 学生員 今野 克幸

北海道大学工学部 正 員 上田 多門

北海道大学工学部 正 員 角田 与史雄

ドービー建設工業株式会社 正 員 大平 雅司

1. はじめに

コンクリート充填式鋼管柱は中心圧縮荷重を受ける場合、鋼管からの横方向拘束を受け三軸圧縮状態になり、大きな強度と塑性変形能を発揮する。単鋼管での研究は多くなされているが、本研究では二重鋼管を取り扱った。単鋼管との違いは内側鋼管と外側鋼管との間にあるコンクリート（以後外側コンクリート）の有無であり、この場合その外側コンクリートの挙動、部材に与える影響の解明が必要になると思われる。本研究の目的はそれらを実験的に考察する事にある。今回は外側コンクリートの周方向応力について考察してみた。

2. 実験供試体について

供試体の寸法は表1に示す通りである。また、供試体の内側鋼管の内側には二硫化モリブデンを塗布し、内側コンクリートとの付着を断つ様にした。表2には供試体の材料特性値を示す。

3. 実験概要

埋め込みゲージとして内側コンクリートに一軸一つ、二軸一つ、外側コンクリートに一軸二つ、鋼管には表面に図1に示す様に二軸ゲージを合計24コ設置して計測を行った。荷重として内側コンクリートのみに中心圧縮荷重をかけた。

表1 供試体の諸元

供試体	外 側 鋼 管		内 側 鋼 管		高さ (cm)
	外径(cm)	肉厚(cm)	外径(cm)	肉厚(cm)	
WSC01	13.98	0.33	7.63	0.27	31.0
WSC05		0.33		0.39	

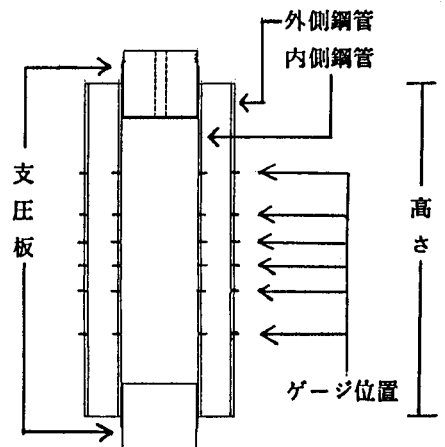


図1 供試体

An Experimental Study on Confinement Effect of Outside Concrete in Double Steel Tube Concrete Column by Takayuki Iwakura, Katuyuki Konno, Tamon Ueda, Yosio Kakuta, and Masasi Ohira.

表2 材料特性値

		鋼 管			コンクリート
		E.	ν .	σ_y	f'.
WSC01	内	1.569	0.269	350	20.75
	外	1.838	0.281	350	
WSC05	内	1.512	0.284	370	23.52
	外	1.838	0.281	350	

E. : 鋼管弾性係数 (×10⁴MPa)

ν . : 鋼管ポアソン比

σ_y : 鋼管降伏応力 (MPa)

f'. : コンクリート圧縮強度 (MPa)

4. 実験結果

WSC01ではP=860~880kN、WSC05ではP=840~860kNで目に見える程の急激な変形を生じたので、それを最終荷重とした。実験後、供試体は中央部付近の変形が著しく、エンタシスの様な形にふくらんだ。また、内側コンクリートから未反応の水と思われるものがしみだした。

5. 考察

今回、CEBの横拘束による強度増加式を用いて、逆に荷重からその時の内側コンクリートの内圧を求め、鋼管、外側コンクリートの周方向力とのつりあい式(図2参照)から外側コンクリートの平均周方向応力を算出した。

1) CEB式

$$f_{c,k,cr} = f_{c,k} (1.000 + 5.0\sigma_s / f_{c,k}) \quad \sigma_s < 0.05f_{c,k}$$

$$= f_{c,k} (1.125 + 2.5\sigma_s / f_{c,k}) \quad \sigma_s > 0.05f_{c,k}$$

ここで

σ_s : 内側コンクリートに働く内圧 $f_{c,k}$: コンクリート圧縮強度

$f_{c,k,cr}$: 内圧 σ_s が働く時の強度

2) 鋼管の周方向応力は弾性範囲の場合、平面応力と仮定し

次式によって求めた。

$$\sigma_{\theta} = E_s (\varepsilon_{\theta} + \nu \varepsilon_r) / (1 - \nu^2)$$

ここで

$\varepsilon_r, \varepsilon_{\theta}$: ひずみゲージによって計測した鋼管の軸、周方向のひずみ

σ_{θ} : 鋼管の周方向応力

3) つりあい式

$$\sigma_s D_i = 2 (t_i \sigma_{s,i} + t_o \sigma_{s,o} + L \sigma_{\theta})$$

ここで σ_{θ} : 外側コンクリート平均周方向応力

D_i : 内側コンクリートの直径 t_i, t_o : 内側、外側鋼管の肉厚

$\sigma_{s,i}, \sigma_{s,o}$: 内側、外側鋼管の周方向応力

L : 外側コンクリートの幅

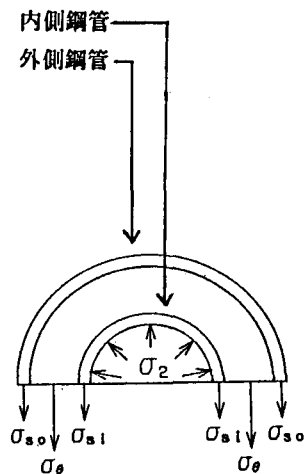
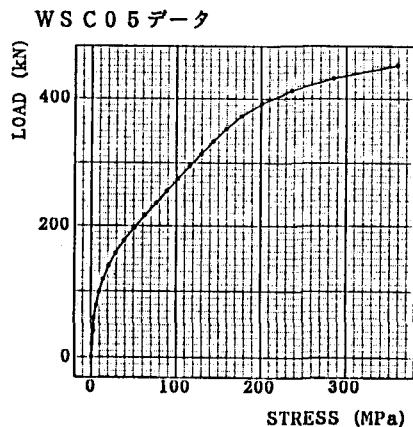
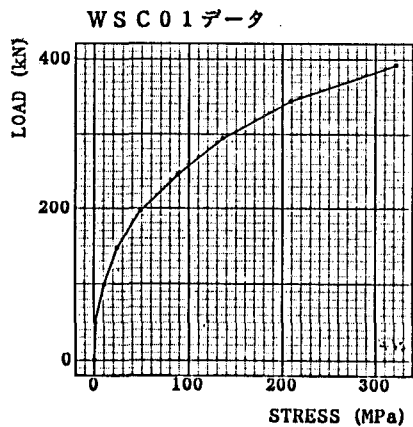
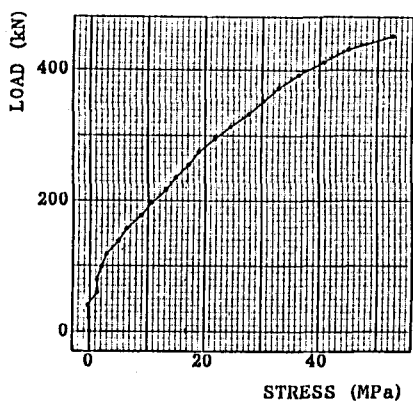
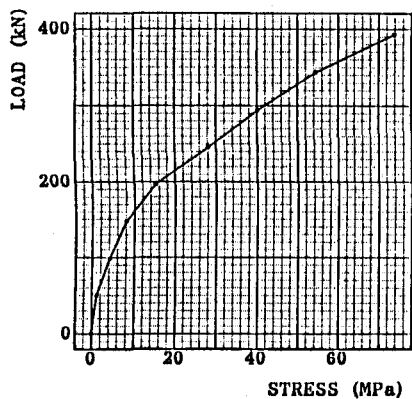


図2

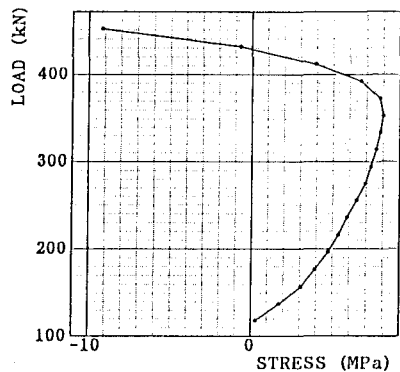
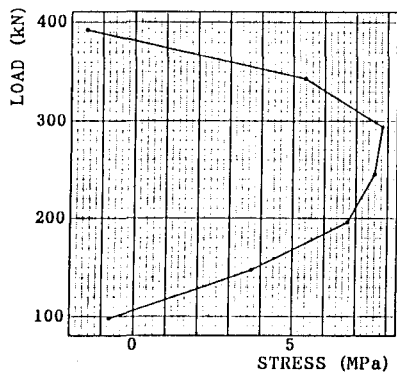
前述の計算式によって得られたデータをグラフにしたものを次に示す。また計算に用いた鋼管のひずみは図1に示す中央の4点の平均値である。



内側鋼管周方向応力



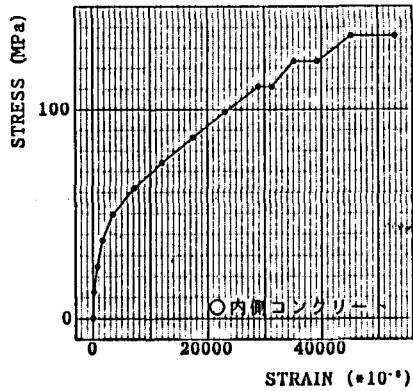
外側鋼管周方向応力



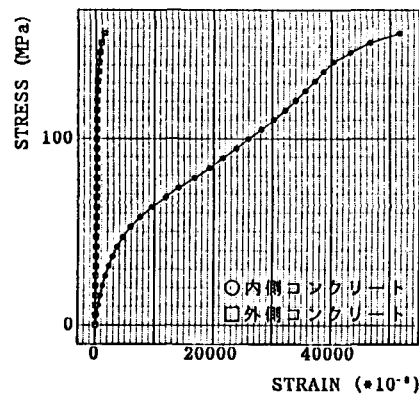
外側コンクリート平均周方向応力

外側コンクリート平均周方向応力のグラフにおいては、荷重による内側コンクリートの軸方向応力が圧縮強度を越えた点から鋼管の応力が降伏強度に達するまでの点を図示した。（まとめ参照）

次に内側、外側コンクリートの軸方向ひずみを表したグラフを示す。



WSC01コンクリート応力-軸方向ひずみ



WSC05コンクリート応力-軸方向ひずみ

図をみても分かる様に内側コンクリートには非常に大きなひずみが現れている。最終的には20から30%のひずみを記録した。外側コンクリートにおいては鋼管との付着によって軸力が作用しているとはいえ、内側コンクリートに比べるとほとんど無視できる程のひずみしかでていない。

5. まとめ

一般にコンクリートは圧縮耐力に比べ引張耐力が著しく小さいとされている。本実験においても、外側コンクリートは周方向引張力を受け、早い段階に破壊するものと予想していた。つまり、外側コンクリートの周方向の拘束力は期待できないと考えていた。しかしCEBの式によって評価したところ、引張強度をはるかに越える引張応力が作用している事を示すデータが得られた。また実験後、鋼管を切断し外側コンクリートの状態を見てみても、周方向力による破壊を示唆するような半径方向のひび割れはほとんど見られなかった。

元々、今回用いたCEBの式は、内圧 σ_r から強度増加を求めるものなので、 $\sigma_r = 0$ においてシリンダー試験で得られた圧縮強度を与えるものであり、内圧 σ_r からその時の荷重Pを逆算した場合、荷重による軸方向応力がコンクリートの圧縮強度に達するまでは $\sigma_r = 0$ のままであるので、初期レベル（P = 0~100 kN）での式の適用性の判断は難しい。また、鋼管においてもミーゼスの降伏条件を用いているが、降伏応力付近の応力の推定精度に問題がある可能性がある。外側コンクリートの応力が下がり始めたあたりで鋼管が降伏したと思われ、鋼管の降伏応力を若干大きくとってしまったのが原因かもしれない。

いずれにしても、外側コンクリート周方向引張応力の大きさを説明するのは容易でなく、このデータの解明をさらに進めているところである。