

V-32 付着の無いコンクリート充填式二重鋼管の圧縮耐力に関する実験的基礎研究

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 與史雄
 ドーピー建設工業株式会社 正 員 大平 雅司

1 はじめに

柱においてコンクリート充填式鋼管を用いその全断面に載荷した場合、鋼管はコンクリートの脆性的な破壊を防ぎ、コンクリートを充填することによって鋼管の座屈による破壊を防ぐという利点がある。また、コンクリートを鋼管で拘束し3次元圧縮応力状態とすることによってコンクリートの強度を大きく増加させることが出来る。本研究はコンクリート充填式鋼管柱において二重鋼管を用い、コンクリートと鋼管の境界面の付着を取り除き内側コンクリートにのみ軸圧縮力を与えた場合のコンクリートの性状と圧縮耐力の評価方法についての考察を行うものである。

2 実験供試体について

本実験において用いた供試体の形状は図-1に示すとおりで諸元については表-1に示す。本実験においては表-1に示すとおり鋼管の断面形状の異なるをT4,T6の2種類について2体ずつ計4体の供試体を用いた。コンクリート強度については4体とも異なり供試体番号をT4-1,T4-2,T6-1,T6-2とする。それぞれのコンクリート一軸圧縮強度は順に59.39, 67.54, 69.50, 75.53 MPa となっている。

本実験においては鋼管とコンクリートの境界面の付着を取り除くためにコンクリート打設時にあらかじめ二硫化モリブデンを鋼管に塗布した。

表-1 実験供試体諸元

	単位	T 4	T 6
外側鋼管外径	mm	139.8	190.7
内側鋼管外径	mm	89.1	139.8
外側鋼管肉厚	mm	3.6	4.5
内側鋼管肉厚	mm	2.8	3.6
外側コンクリート断面積	cm ²	75.75	105.8
内側コンクリート断面積	cm ²	54.76	138.1
外側鋼管断面積	cm ²	15.40	26.32
内側鋼管断面積	cm ²	7.59	15.40

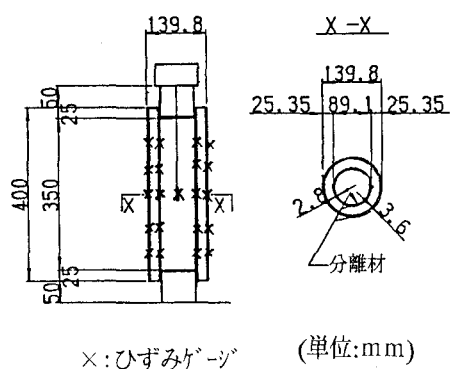


図-1 供試体T4図

Experimental Study on Compressive Strength of Concrete Column Encased by Double Steel Tube with No Bond

by Katsuyuki KONNO, Tamon UEDA, Yoshio KAKUTA and Masashi OHIRA

3 実験概要

供試体T4-1,T4-2,T6-1については内側コンクリートにのみ軸方向圧縮力を与える際に支圧板とコンクリートの間には摩擦を防ぐためテフロン板を設置した。鋼管には図-1に示すように両サイドの5点に2軸のひずみゲージを設置し、内側コンクリートには中心部分に埋め込みゲージを埋設しそれぞれのひずみを測定した。

4 実験結果と考察

4.1 鋼管応力について

図-2に供試体T6-2の鋼管応力を示しているが、これより軸方向にも大きな応力が働いていることが分かる。この原因として一般に鋼管とコンクリートの間の垂直抗力による摩擦力と、鋼管とコンクリートの界面での粘着力（化学的付着作用）が考えられる。載荷前の実験供試体の観察より粘着力は取り除かれたと思われ、大きな摩擦力が存在していると考えられる。本実験においては鋼管とコンクリートの間のすべりや摩擦係数を求めることが出来なかったが、界面に分離剤として二硫化モリブデンを用いた場合にも鋼管とコンクリートの間には摩擦による合成作用が存在すると思われる。

4.2 内側コンクリートの性状について

図-3、図-4は内側コンクリートの見かけ上のヤング係数とポアソン比を示している。これらの値は内側コンクリートを弾性体と仮定し軸方向の応力 σ_z は荷重を断面積で除した値とし、周方向の応力 σ_θ と半径方向の応力 σ_r は鋼管の応力との釣合から求めた。また、軸方向のひずみはコンクリートの埋め込みゲージの値、そして周方向、半径方向のひずみは内側鋼管の周方向のひずみに等しいものとし、軸応力は荷重を内側コンクリートの断面積で除した値、内側コンクリートの内圧は二つの鋼管との釣合より求めた値とした。ヤング係数はいずれの供試体においても約35000MPa前後から約10000MPaまでほぼ線形に減少し、ポアソン比は最大で約0.6付近まで概ね線形に増加している。見かけ上のヤング係数とポアソン比がこのように大きな変化を示しているにもかかわらず実験後の供試体の観察結果よりコンクリートはある程度健全性を保っているように見えた。

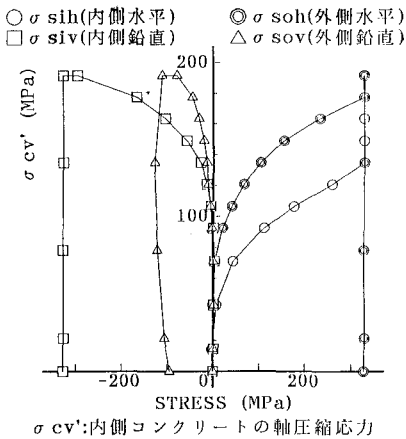


図-2 鋼管応力(供試体T6-2)

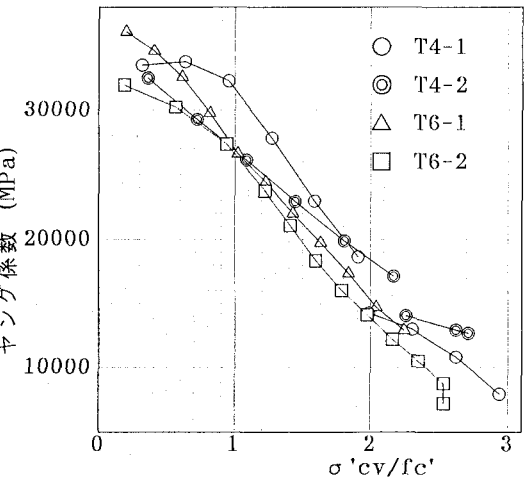


図-3 内側コンクリートのヤング係数

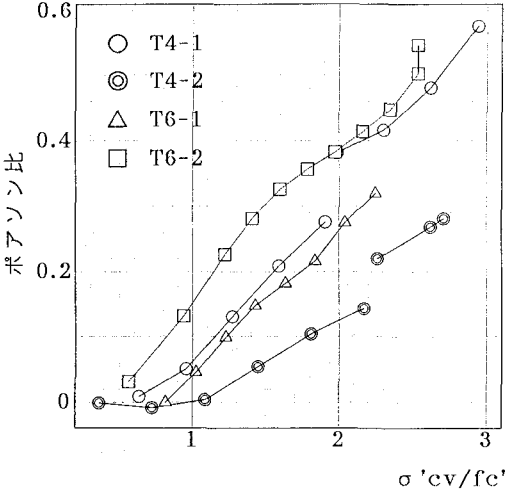


図-4 内側コンクリートのポアソン比

4.3 外側コンクリートの性状について

外側コンクリートは円周方向に引張力を受けているのでこれによって、外側コンクリートの断面において図-5のように半径方向にひび割れが生じ円周方向の引張力の分担はさほど期待できないものと仮定した。また、実験後の供試体の観察においても半径方向に生じたひび割れがいくつか観察された。よって、内側コンクリートの内圧との釣合を考える際に外側コンクリートは無視し鋼管の応力のみを釣合に考慮し、コンクリートの応力状態を決定した。その結果得られた外側コンクリートの応力状態は図-6に示すとおりである。図-6.1は外側コンクリートの半径方向の平均応力とひずみの関係を表している。そして、図-6.2はT6-2の外側コンクリートの内側 (σ_{cri}) と外側 (σ_{cro}) に働いている応力を表している。これらの値を求めるには、 σ_{cri} は内側鋼管応力と内側コンクリートによる内圧の和との釣合によって求め、 σ_{cro} は外側鋼管応力との釣合から求めた。計算上外側コンクリートの半径方向に非常に大きなひずみが生じているのに対して応力は20MPa程度の値しか受けていないことがわかる。これはコンクリートの一軸圧縮強度の約1/3程度の大きさである。

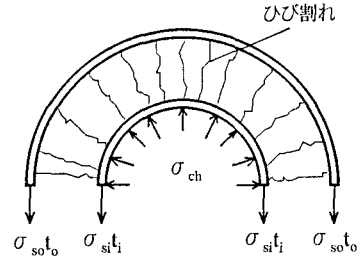


図-5 ひび割れと応力の仮定

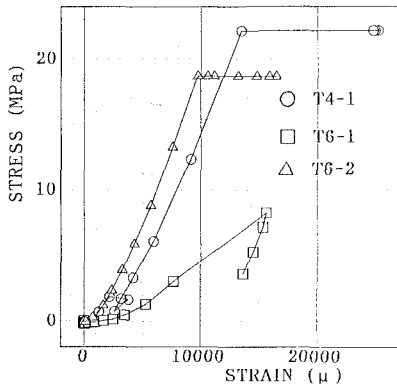


図-6.1 外側コンクリートの半径方向平均応力と平均ひずみの関係

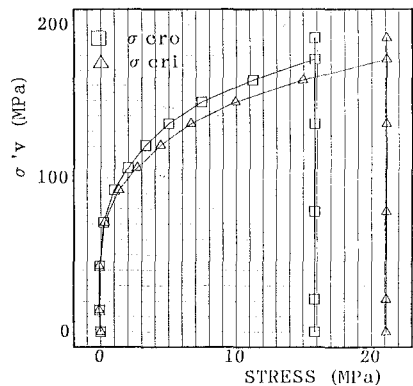


図-6.2 外側コンクリートの半径方向応力(供試体T6-2)

4.4 圧縮耐力に対する検討

本実験においては4つの供試体全てにおいて終局時まで載荷することが出来なかったが、一つの指標として式-1に示すCEB式を用い検討を行った。上記の通り鋼管の実応力より求めた内側コンクリートの内圧を式-1の σ_2 に代入し $f_{ck,cf}$ を軸圧縮力として求め、これと実測値すなわち荷重を内側コンクリートの断面積で除した値と比較してみた。これを図-7に示す。実測値とCEB式より求めた値が概ね一致しているものもあるが、実測値はCEB式より求めたものに対して最大で20%程度大きな値を示しておりCEB式による評価よりも大きな耐力が得られるものと考えられる。

$$f_{ck,cf} = \begin{cases} f_{ck}(1.000 + 5.0\sigma_2/f_{ck}) & \text{for } \sigma_2 < 0.05f_{ck} \\ f_{ck}(1.125 + 2.50\sigma_2/f_{ck}) & \text{for } \sigma_2 > 0.05f_{ck} \end{cases} \quad \text{1)}$$

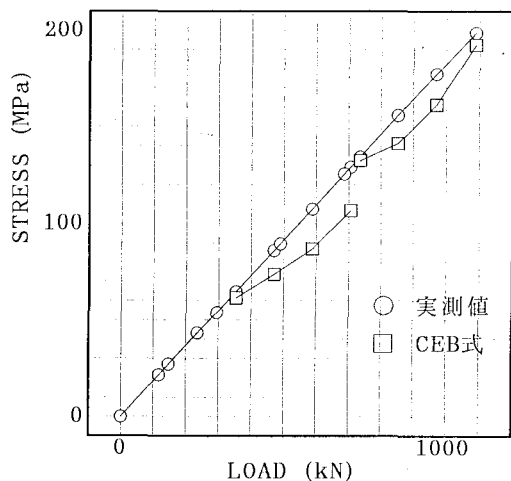


図-7.1 内側コンクリートの軸圧縮力
(供試体T4-1)

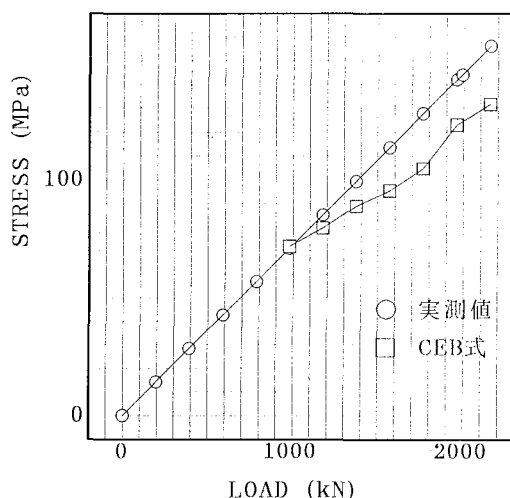


図-7.2 内側コンクリートの軸圧縮力
(供試体T6-1)

5 まとめ

- (1) 鋼管とコンクリートの境界に二硫化モリブデンを塗布することによって、付着を取り除くことを試みたが鋼管にはコンクリートから軸方向にも応力が伝達されていることが分かった。
- (2) 本実験においては全ての供試体について終局時まで載荷することが出来なかったが、いずれも一軸圧縮強度の3倍以上の軸圧縮力を内側コンクリートに与えることが出来、さらに見かけ上のポアソン比が0.5以上まで上昇しヤング係数が約10000MPaにまで低下してもコンクリートは肉眼で確認できるような破壊は起こっていなかった。よって、本実験における拘束の程度では内側コンクリートに対して一軸圧縮強度の3倍程度の圧縮力を与えても終局状態まで至らないことが観察された。
- (3) 外側コンクリートに非常に大きな引張ひずみが生じて外側コンクリートを介して外側鋼管が内側コンクリートを拘束することが確認された。
- (4) CEB式を用いた比較検討より、本実験に用いた供試体はCEB式によって算出する耐力よりも10～20%程度大きな耐力が得られることが予想される。

6 今後の検討

- (1) 二硫化モリブデンを介した場合の鋼管とコンクリートの摩擦係数を求めるような実験を行っておらず、二硫化モリブデンが無い場合との比較検討が必要である。
- (2) 外側コンクリートの半径方向に対して一軸圧縮強度を超える圧縮力を与えることが出来ず、外側コンクリートの圧縮力に対する限界状態を観察することが出来なかったのが課題として残った。

謝辞

本実験を行うにあたり岩倉孝幸君の協力と木村勉技官の多大なる助力を得た。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン, 1989年3月
- 2) CEB-FIP: CEB-FIP MODEL CODE 1990, MAY 1993
- 3) 日本建築学会：鋼管コンクリート構造計算基準・同解説, 1967年6月