

[93] コンクリート充填円形鋼管柱の鋼管と充填コンクリート間の 付着性状の改善法に関する実験的研究

正会員 ○富井政英（九州大学）

正会員 吉村浩二（大分大学）

正会員 森下陽一（九州大学）

1. 序

本研究に続いて行なわれた我々の実験的研究によれば、コンクリート充填鋼管柱の鋼管と充填コンクリートの間の付着強度は、コンクリートの中に鉄筋や鉄骨が埋め込まれた場合の付着強度に較べてかなり小さいことが明らかにされている^{1), 2)}。

本研究の目的は、コンクリートの施工性をそこなう恐れのあるリブなどを管内に設けることなく、鋼管と充填コンクリートの間の付着強度を改善する方法を検討することであり、昨年度の本会発表論文^{3), 4)}の続報である。付着強度を改善するための方法としては次の2つの方法を取りあげた。

- (1) 鋼管に膨張コンクリートを充填する。
- (2) 鋼管内表面にしま面をつけた鋼管（以下、しま鋼管と略称）を用いる。

これらの試験体の実験結果を内表面が平滑な鋼管（以下普通鋼管と略称）に普通コンクリートを充填したものの結果と比較した。実験のパラメータは、この他に充填コンクリートの圧縮強度であり、本報では円形鋼管柱について述べる。

2. 実験概要

実験概要については、既報³⁾を参照されたい。なお、しま面の詳細を図1に、載荷方法およびゲージ貼付位置を図2に示しておく。なお、各試験体グループは、3つの文字で表わされ、最初の文字PまたはOは普通鋼管またはしま鋼管を示し、2番目の文字MまたはLは充填したコンクリートの圧縮強度 \bar{F}_c が高いものと低いものを示し、3番目の文字NまたはEは普通コンクリートまたは膨張コンクリートを充填したことをそれぞれ示している。

3. 鋼管の軸方向圧縮ひずみ度分布

図3に、測定された鋼管の軸方向圧縮ひずみ度 ϵ の分布を示す。縦軸のZは柱脚からゲージ貼付位置までの距離を示す。実線と破線はそれぞれ充填コンクリートの圧縮強度 \bar{F}_c が高いものと低いものを示し、柱頭での鋼管の軸方向ひずみ度の計算値が $N/\bar{F}_c A = 3 \times 10^{-4}$, 6×10^{-4} , 9×10^{-4} になった時の分布を示している。ここでN, \bar{F}_c , Aはそれぞれ軸力、鋼管のヤング係数、鋼管の断面積を示す。なお○印および・印が測定値を示し、点線で示した部分はひずみ度分布が縦軸に平行な部分から急激に変化する部分であり、隣接した測点間を直線で結ぶより、次のようにする方がより適切だと考えられた。すなわちそれぞれ両側の測点間の直線をその部分に延長して2本の直線を示す。その交点より上側の勾配のある部分で付着によって鋼管の軸力が充填コンクリートへ伝達されており、その部分の長さを図4に模式的に示すように付着長さ l_a と定義する。図5に、 l_a の部分と縦軸に平行な部分をそれぞれ独立の

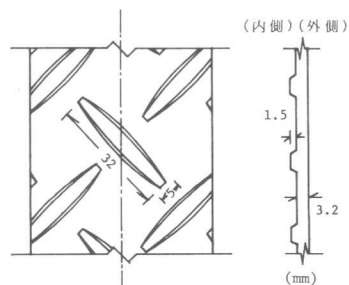


図1. しま面の詳細

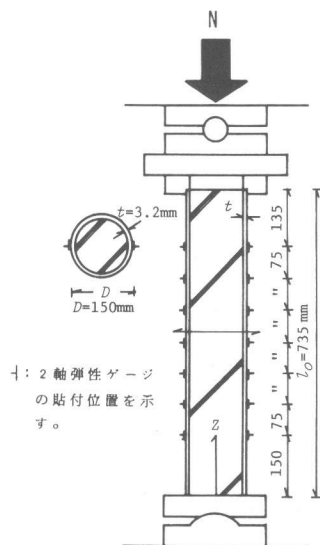


図2. 載荷方法および2軸弾性ゲージの貼付位置

直線として各3本ずつの $s\epsilon$ 分布の平均をとったものを示す。普通鋼管に普通コンクリートを充填したものは既報¹⁾の結果も破線で示している。図より、 $N/s\epsilon_g A = 3 \times 10^{-4}$ では普通鋼管に普通コンクリートを充填したものを除いて柱脚より柱頭近くまでひずみ度分布が縦軸に平行になっている。この部分では平面保持が成立っている。 $N/s\epsilon_g A = 6 \times 10^{-4}$ では l_a の長さが図5の(a), (c), (b), (d)の順に短くなる。すなわち付着の改善を試みたものが平面保持が成立つまでに必要な付着長さが短くてすむことがわかる。 $N/s\epsilon_g A = 9 \times 10^{-4}$ になるとしま鋼管に膨張コンクリートを充填したものを除いて平面保持の成立つ部分が本実験の柱長さ($l_0 = 735\text{mm}$)ではなくなる(図4(ロ)参照)。

4. 付着応力度の検討

図4に示したような付着力が生じている部分の柱長さ内での平均付着応力度 $s\tau_a$ を(1), (2)式により求めた。

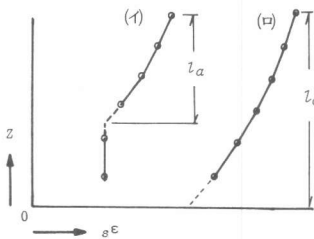
(イ) 測定区間内で平面保持が成立つ場合

$$s\tau_a = (N/s\epsilon_g A - s\sigma_0) \cdot t/l_a \quad (1)$$

(ロ) 測定区間内で平面保持が成立たない場合

$$s\tau_a = (N/s\epsilon_g A - s\sigma_0) \cdot t/l_0 \quad (2)$$

ここで、 $s\sigma_0$ = 平面保持が成立つ



(イ) 測定区間内で平面保持が成立つ場合
(ロ) 測定区間内で平面保持が成立たない場合

図4. 付着長さ l_a の定義

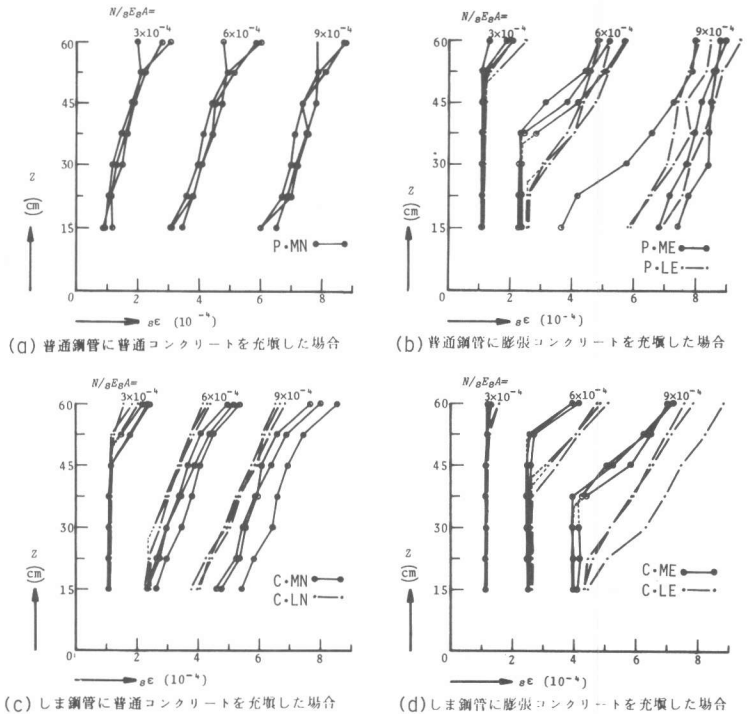


図3. 鋼管の軸方向圧縮ひずみ度 $s\epsilon$ の分布(実測値)

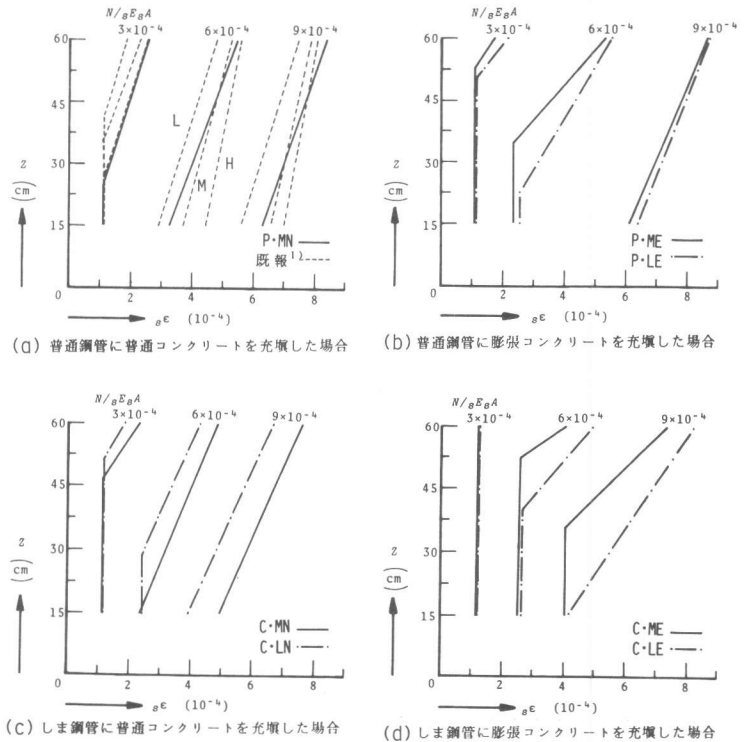


図5. 鋼管の軸方向圧縮ひずみ度 $s\epsilon$ の分布(平均値)

時の鋼管の軸方向圧縮応力度
 σ_b = 柱脚での鋼管の軸方向圧縮応力度

最下測定点(0点)の δ は、そこから柱脚までの $\bar{\epsilon}_a$ が、柱頭から0点までのその時の $\bar{\epsilon}_a$ に等しいと仮定して求める。次に0点の δ に対応する(1)の場合の $\bar{\epsilon}_a$ を求め、0点から柱脚までの $\bar{\epsilon}_a$ がこれに等しいものと仮定して0点の σ から柱脚までの間に鋼管からコンクリートへのりうつる量を求め、これを0点の σ からさしひいて σ_b を求めた。

また鋼管と充填コンクリートの間の平均相対ずれ量 $\bar{\delta}$ を次式より求めた。

$$\bar{\delta} = \frac{1}{2} \delta_0 - \frac{1}{2} \left(\int_0^{\delta_0} \epsilon dz - \int_0^{\delta_0} \epsilon dz \right) \quad (3)$$

ここで δ_0 = 柱頭での鋼管と充填コンクリートのずれ量

ϵ = 充填コンクリートの軸方向圧縮ひずみ度 = $(N - A \cdot \sigma_b) / EA$

A = 充填コンクリートの断面積

本実験は柱長さ $l_0 = 735 \text{ mm}$ で行なわれたものであり、(1)の場合の柱頭の δ_0 はそれほど大きくない。しかしながら、本実験ではその後も載荷を続け、 δ がほぼ $30 \times 10^{-2} \text{ mm}$ になるまで実験を行なった。(1)と(2)の場合の δ/δ_0 分布は図7に示すようにほぼ同じ形になる。

(1)の場合は(1)式の $\bar{\epsilon}_a$ を用いて、次式により所要の l_a が求められる。

$$l_a = (N/\sigma_a - \sigma_0) \cdot t / \bar{\epsilon}_a \quad (4)$$

(2)の場合も、 δ 分布が同じであればそれに対応する付着応力度分布は等しいという仮定を使えば、(2)式より求めた $\bar{\epsilon}_a$ より、上の(4)式を用いて所要の l_a が(1)の場合と同様に求められることになる。

図6に平均付着応力度 $\bar{\epsilon}_a$ と鋼管と充填コンクリートの平均相対ずれ量 $\bar{\delta}$ の関係を示す。図6の実線と一点鎖線はそれぞれ充填したコンクリートの圧縮強度 F_c が高いものと低いものを示し、(2)の部分は点線で示す。

またコンクリート充填円形鋼管の長期許容付着応力度⁵⁾を破線で示している。付着の改善を加えない普通鋼管に普通コンクリートを充填したものの平均付着応力度 $\bar{\epsilon}_a$ は相対ずれ量 $\bar{\delta}$ が大きくなってもほぼ一定値を保っているが、その値は約 $2 \sim 4 \text{ kg/cm}^2$ でコンクリートに埋込まれた鉄筋や鉄骨の許容付着応力度に較べてかなり小さい。以下改善を試みたものとの比較検討を行なう。はじめに普通鋼管に膨張コンクリートを充填したものの $\bar{\epsilon}_a$ は $\bar{\delta}$ が小さいうちは約 $4 \sim 7 \text{ kg/cm}^2$ で、改善を加えないものの $\bar{\epsilon}_a$ より大きい、 $\bar{\delta}$ が大きくなると両者はほぼ同じになってしまう。次にしま鋼管に普通コンクリートを充填したものの $\bar{\epsilon}_a$ は約 $4 \sim 6 \text{ kg/cm}^2$ で改善を加えないものの $\bar{\epsilon}_a$ より大きく、 $\bar{\delta}$ が大きくなっても $\bar{\epsilon}_a$ の値は低下することはない。しま鋼管に膨張コンクリートを充填したものの $\bar{\epsilon}_a$ は $\bar{\delta}$ が小さいうちは約 $5 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ であり最も大きな値となるが、 $\bar{\delta}$ が大きくなるとしま鋼管に普通コンクリートを充填したものの $\bar{\epsilon}_a$ とはほぼ同じ値になる。

図8に最下測定点近傍で平面保持が成立つ時の $\Delta \sigma$ と l_i の関係を示す。 l_i は図9に示すような付着応力度が生じている最下測定点0と測点*i*の間の距離を示す。また $\Delta \sigma$ は0点と*i*点の鋼管の軸方向応力度の差であり、

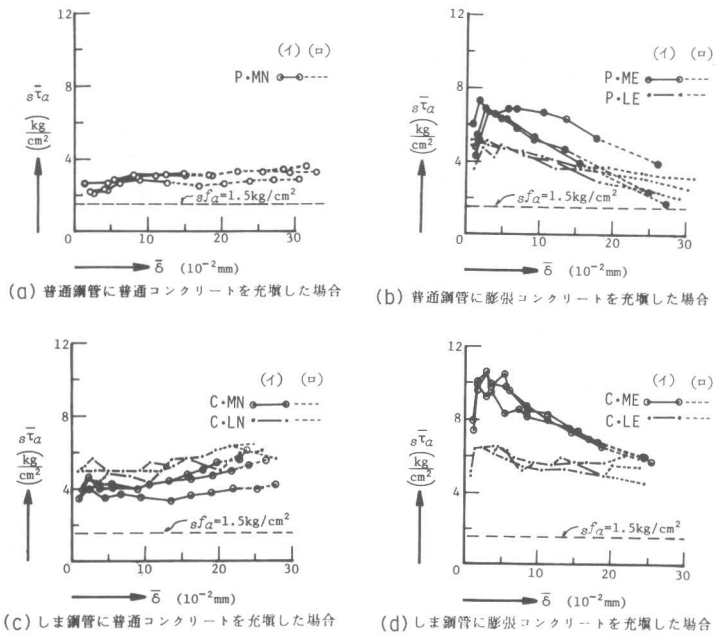
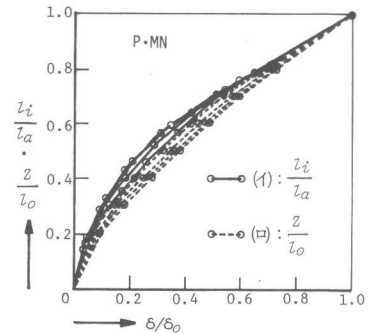


図6. 平均付着応力度 $\bar{\epsilon}_a$ と平均相対ずれ量 $\bar{\delta}$ の関係



(1) 測定区間内で平面保持が成立つ場合
 (2) 測定区間内で平面保持が成立たない場合

図7. δ/δ_0 の柱長さに沿った分布の一例

$\Delta_s \sigma \cdot t$ は 0 点と i 点間の管厚 t の鋼管の単位周長あたりの切片にかかる軸力差を示す。鋼管の周長と鋼管から充填コンクリート

へ伝達すべき軸力が決まれば、平面保持が成立つまでの所要の柱長さ l_a は図 8 よりすぐに求まることになる。

5. 結語

以上の結果より、次の結論が得られた。

(1) 付着性状の改

善法としてとりあげた方法のうち、膨張コンクリートを普通鋼管に充填する方法では、鋼管と充填コンクリートの相対ずれ量が小さいうちはその平均付着応力度は改善を加えないものに較べて大きい、相対ずれ量が大きくなると両者の平均付着応力度はほぼ同じ値となる。

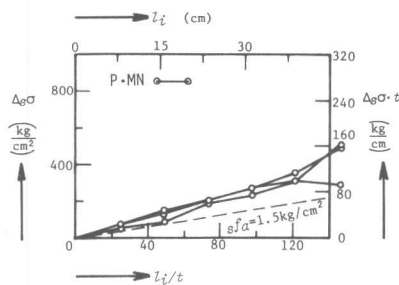
(2) しま鋼管に普通コンクリートを充填した場合、相対ずれ量が大きくなってもその平均付着応力度は低下せず、改善を加えないものの平均付着応力度に較べて大きい値となる。

(3) したがって実際の構造物において、相対ずれ量が大きくなるような柱の付着の改善法としては、しま鋼管を用いる方法がより有効である。

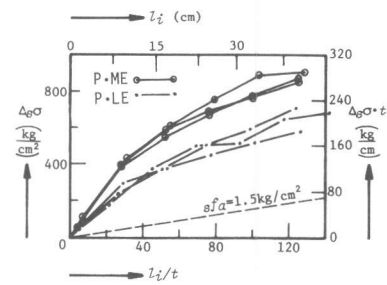
(4) 本報で述べた付着応力度の検討方法によって、本報でとりあげた柱長さ (735mm) よりも長い柱に対しても本実験結果の付着応力度を適用できると考えられる。

謝辞： 本研究は文部省科学研究補助金および日本鋼管 K.K. より資材等の援助を受けて行なった。実験にあたっては元九大大学院学生渋谷修氏、九大大学院学生川野浩一氏の協力を得た。ここに深く感謝いたします。

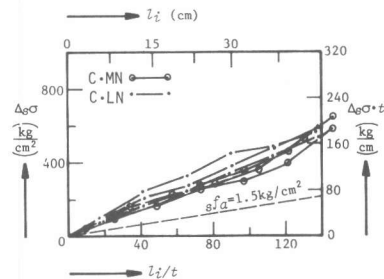
- 参考文献： 1) Morishita, Y., Tomii, M. and Yoshimura, K., "Experimental Studies on Bond Strength in Concrete Filled Circular Steel Tubular Columns Subjected to Axial Loads," Transactions of the J.C.I. 1979.
- 2) Morishita, Y., Tomii, M. and Yoshimura, K., "Experimental Studies on Bond Strength in Concrete Filled Square and Octagonal Steel Tubular Columns Subjected to Axial Loads," Transactions of the J.C.I. 1979.
- 3) 富井, 吉村, 森下「コンクリート充填円形鋼管柱の鋼管と充填コンクリートの間の付着性状に関する実験的研究」, コンクリート工学年次講演会講演論文集 昭和 54 年 5 月
- 4) 同上, 「コンクリート充填角形鋼管柱の鋼管と充填コンクリートの間の付着性状に関する実験的研究」同上
- 5) 日本建築学会「鋼管コンクリート構造計算規準・同解説」 1979



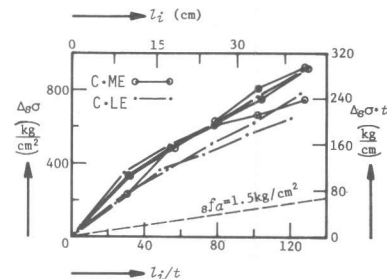
(a) 普通鋼管に普通コンクリートを充填した場合



(b) 普通鋼管に膨張コンクリートを充填した場合



(c) しま鋼管に普通コンクリートを充填した場合



(d) しま鋼管に膨張コンクリートを充填した場合

図 8. 柱長さ l_i に沿った軸方向応力度の差 $\Delta_s \sigma$ の分布

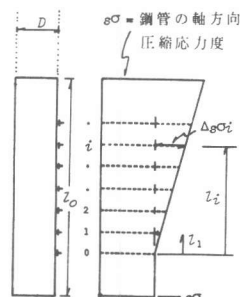


図 9. $\Delta_s \sigma$ と l_i の定義