

V-43

アンボンド鋼棒を配置した角形鋼管内での拘束コンクリートの力学的特性

ドーピー建設工業(株) 正 員 大平 雅司

1. はじめに

鋼管内に充填されたコンクリートのみに軸方向圧縮力を載荷させた時、コンクリートは、鋼管からの横拘束によって、三軸圧縮状態となる。このように受動的な拘束を受けるコンクリートは、強度とひずみ能力の増加が見込まれる¹⁾²⁾。

本研究では、軸圧縮部材としてだけではなくP C梁³⁾にも用いることを想定し、鋼棒を配置した角形鋼管コンクリートに軸方向圧縮力を載荷させた場合について、次の二点に着目して検討を行うことを目的とする。

- (1) 拘束されたコンクリートの強度とひずみ能力。
- (2) 軸力の増加に伴う角形鋼管の拘束効果。

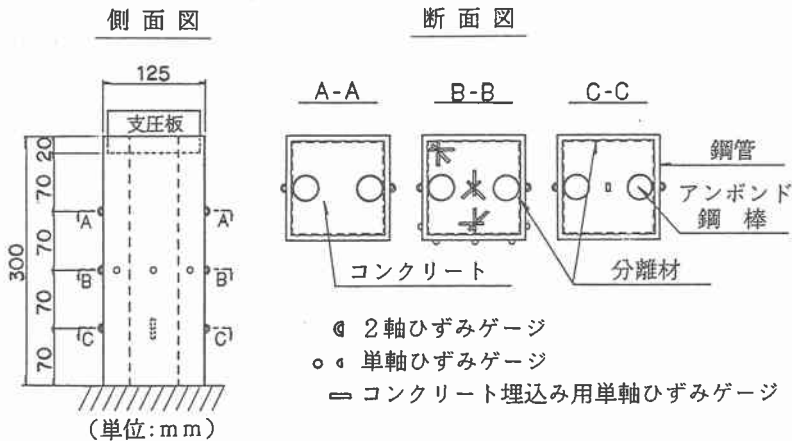


図-1 軸方向圧縮試験用供試体

2. 実験の概要

実験には、鋼管の肉厚の異なる三種類の供試体(A P 1、A P 2およびA P 3の記号で示す)を用いた。供試体の形状、ゲージの配置位置と種類およびゲージの個数を図-1に示す。また、使用した材料および材料の特性値は、表-1に示す通りである。その他、支圧板および鋼管とコンクリートを付着させないための分離材として、二硫化モリブデン入りのグリースを鋼管内面と支圧板に塗布し、アンボンド鋼棒には、ポリエ

表-1 材料の特性値

供試体	長さ (mm)	鋼管肉厚 (mm)	コンクリートの 強度(kgf/cm ²)	コンクリートの弾 性係数(kgf/cm ²)	鋼管の弾性係 数(kgf/cm ²)	鋼管の降伏点応 力度(kgf/cm ²)
A P 1	300	3.09	425	2.76×10^5	2.05×10^6	4160
A P 2	300	4.38	425	2.76×10^5	2.06×10^6	4120
A P 3	300	5.75	425	2.76×10^5	1.99×10^6	3900

ステルを被覆した直径32mmのPC鋼棒を断面内に2本配置した。荷重の載荷は、支圧板を介して軸方向にコンクリートだけに載荷させた。荷重は、5tfずつ増加させて、載荷可能な状態（支圧板が鋼管内に完全に押し込まれた状態）まで載荷を行った。変位の測定には、ダイヤルゲージを用いた。

尚、本供試体には、PC鋼棒を配置したがプレストレスは導入していない。

3. 解析の概要

本供試体のような拘束コンクリートについての応力-ひずみ曲線に関しては、種々の提案^{4)~8)}があるが、ここでは、CEB-FIP MODEL CODE 1990の式(1)~(4)を適用することにより強度とひずみを求め、二次放物線と直線とから成る応力-ひずみ曲線(図-2、図-3および図-4の一点鎖線で示す)を仮定した。

$$f_{ck,cf} = f_{ck}(1.000 + 5.00\sigma_2/f_{ck}) \quad \text{for } \sigma_2 \leq 0.05f_{ck} \quad \dots\dots (1)$$

$$f_{ck,cf} = f_{ck}(1.125 + 2.50\sigma_2/f_{ck}) \quad \text{for } \sigma_2 > 0.05f_{ck} \quad \dots\dots (2)$$

$$\epsilon_{cc,cf} = 2.0 \cdot 10^{-3} (f_{ck,cf}/f_{ck})^2 \quad \dots\dots (3)$$

$$\epsilon_{cu,cf} = 3.5 \cdot 10^{-3} + 0.2\sigma_2/f_{ck} \quad \dots\dots (4)$$

但し、 $f_{ck,cf}$: 拘束コンクリートの強度

f_{ck} : シリンダー強度(表-1に示す425kgf/cm²を使用)

$\epsilon_{cc,cf}$: 拘束コンクリートの最大圧縮応力度
に対するひずみ

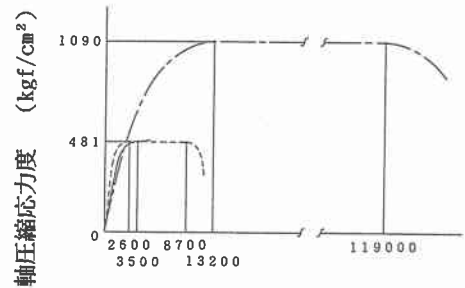
$\epsilon_{cu,cf}$: 拘束コンクリートの終局ひずみ

σ_2 : 拘束による側圧

σ_2/f_{ck} : $0.5\alpha\omega_d$

α : スターラップ等による拘束効果

ω_d : 拘束鉄筋(鋼管)のコンクリートに
対する体積比



コンクリートのひずみ (10⁻⁶)
(AP1供試体)

図-2 コンクリートの応力-ひずみ曲線

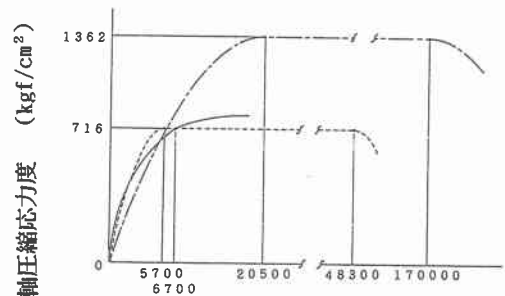
4. 実験と解析の結果

(1) コンクリートの強度とひずみ能力

実測値(図-2、図-3および図-4の実線で示す)より、供試体AP2の場合、コンクリートの最大圧縮応力度は、716kgf/cm²であり、拘束しない時の圧縮強度425kgf/cm²に対して約1.7倍である。

ところで、CEB-FIPの式(1)~(4)を適用して得られた値は、強度が1362kgf/cm²であり、実測値は、これを下まわっている。そのため、 $f_{ck,cf}$ として、実測値から得られている716kgf/cm²を用い、二次放物線と直線とから成る応力-ひずみ曲線(図-3の点線で示す)を仮定すると、測定可能な範囲内において実測値とほぼ近似した。

供試体AP3の場合のコンクリートの最大圧縮応力度は、実測値から890kgf/cm²が得られ、拘束しない時の圧縮強度の約2.1倍である。AP2と同様にして二次放物線と直線とからなる応力-ひずみ曲線(図-4の点線で示す)を仮定すると、必ず



コンクリートのひずみ (10⁻⁶)
(AP2供試体)

図-3 コンクリートの応力-ひずみ曲線

しも実測値と一致はしないが、測定可能な範囲内において実測値にほぼ近いものであると思われる。

一方、供試体AP1の場合のコンクリートの最大圧縮応力度は、実測値から481 kgf/cm² が得られ、拘束しない時の圧縮強度の約1.1倍である。AP2およびAP3と同様にして二次放物線と直線とからなる応力-ひずみ曲線(図-2の点線で示す)を仮定すると、測定可能な範囲内において実測値とほぼ近似した。

実験では、終局ひずみに達する前に載荷を打ち切ったが、点線で示した応力-ひずみ曲線から推測して、供試体

AP2およびAP3は、強度とともに終局ひずみについても著しく増加しているものと考えられる。

供試体AP1については、AP2およびAP3ほどの強度増加が得られなかったが、終局ひずみについては、増加が期待できると思われる。

(2) 角形鋼管の拘束効果

鋼管の軸直角方向におけるひずみと、コンクリートの軸圧縮応力度との関係を、図-5、図-6および図-7に示す。一般に、コンクリートの拘束に角形鋼管を用いると、拘束効果はあるが円形鋼管を用いた場合に比較して低下する。また、水平断面内では、コンクリートに作用する横拘束が一様ではない。さらに、本

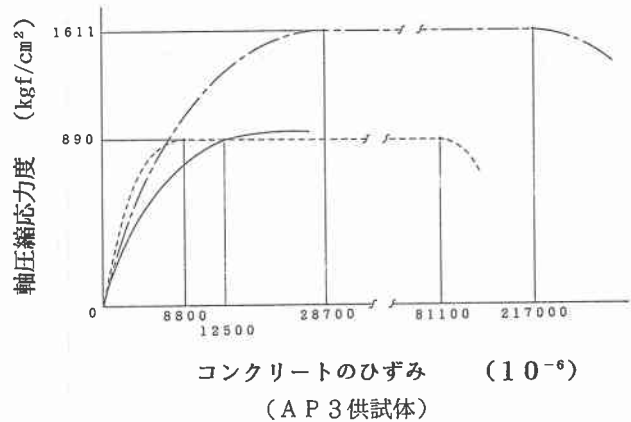


図-4 コンクリートの応力-ひずみ曲線

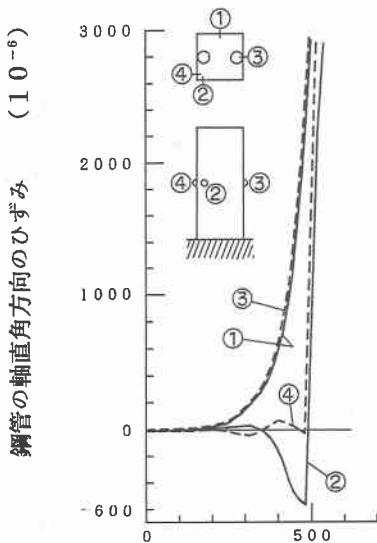


図-5 鋼管のひずみ
コンクリートの軸圧縮応力度 (kgf/cm²)
(AP1 供試体)

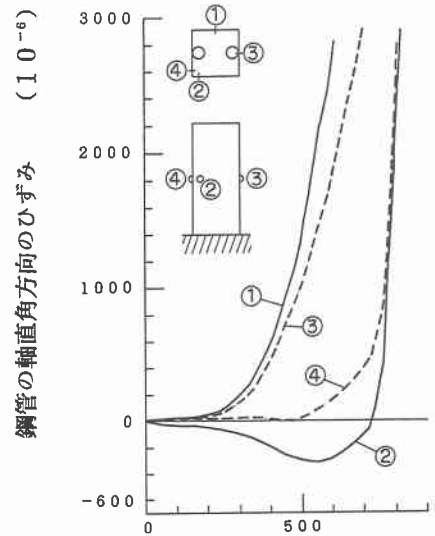


図-6 鋼管のひずみ
コンクリートの軸圧縮応力度 (kgf/cm²)
(AP2 供試体)

供試体では、コンクリート断面内にアンボンド鋼棒が配置されているため、供試体 A P 1 の場合、コンクリートの軸圧縮応力度が 450 kgf/cm^2 付近、供試体 A P 2 の場合では、コンクリートの軸圧縮応力度が 500 kgf/cm^2 付近、また、供試体 A P 3 の場合、コンクリートの軸圧縮応力度が 600 kgf/cm^2 付近の高応力度では、鋼管の隣り合う隅角部で、拘束効果が一様でないことが特徴として現れている。また、鋼管の降伏は、コンクリートの膨張に対して、最初は、曲げによって抵抗する各辺の中央部に生じ、続いて、隅角部に力が集中し、最終的には、塑性ヒンジが形成されたことがわかる。特に、隅角部②については、圧縮ひずみから引張ひずみに変化した直後に、急激なひずみの増加が生じて、降伏に至っている。

5. まとめ

- (1) 鋼棒を配置した角形鋼管を用いてもコンクリートに対してかなりの拘束効果はあるが、円形鋼管を用いる場合に比較して低い。
- (2) コンクリートの軸圧縮応力度の増加と共に、鋼管の隣り合う隅角部では、拘束効果が一様でなくなる。
- (3) 角形鋼管の各辺の中央部と隅角部で、最終的には、塑性ヒンジが形成される。
- (4) 応力-ひずみ曲線は、拘束効果を低減した強度を用いることにより、CEB-FIP の計算式から得られた曲線とほぼ近似した。

6. 参考文献

- 1) 田中伸幸ほか：スーパーコンクリート構造の開発、セメントコンクリート、No.475、pp.6-12、1986
- 2) 下戸芳寛・佐藤孝典・田中伸幸・斉藤 豊：アンボンド型充填鋼管コンクリート構造の中心圧縮実験、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、No.124、pp.493-496、1986.6
- 3) 大平雅司：アンボンド鋼棒を配置した付着のない鋼管内での拘束コンクリートの強度とひずみ、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集、V-494、pp.988-989、1994.9
- 4) CEB：CEB-FIP Model Code 1990, Bulletin D'Information No.189, No.190a, No.190b, Comite Euro-International du Beton, 1988.
- 5) CEB：Concrete Under Multiaxial States of Stress Constitutive Equations for Practical Design Bulletin D'Information No.156, Comite Euro-International du Beton, 149pp., 1983.
- 6) 堺 幸司・角田與史雄・能町純雄：鉄筋コンクリート柱における帯鉄筋の拘束効果に関する実験的研究、土木学会論文集 第354号、Vol.2、pp.63-72、1985.2
- 7) コンクリート・ライブラリー、コンクリートの力学特性に関する調査研究報告、土木学会、No.69、pp.8-15、1991.7
- 8) コンクリート・ライブラリー、鉄筋コンクリート終局強度理論の参考、土木学会、No.34、pp.100-104、1972.8

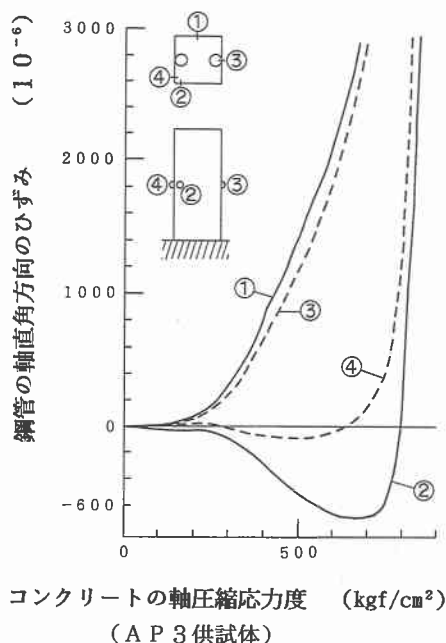


図-7 鋼管のひずみ