

鋼管拘束コンクリート柱の変形挙動と鋼管耐力分担能に関する基礎的実験

日本大学（院）学生会員 水口和彦 日本大学 正会員 木田哲量
日大研究所 正会員 加藤清志 日本大学 正会員 澤野利章

1. まえがき

本研究では、一時的に破壊強度に達する程度(Ante-Peak)の軸圧縮応力を受けたコンクリート柱と内部組織上健全なコンクリート柱の外周を鋼管で補強した柱モデルが、軸圧縮力を受けたときの鋼管の変形性状と拘束効果を考察した。さらに、コンクリート柱と鋼管との間隙に注入する充填材の物性の違いが変形性状および補強効果に及ぼす影響についても検討した。

2. 実験概要

2.1 応力履歴コンクリート柱の作製

10×20cmのコンクリート円柱に、軸方向圧縮力を圧縮強度直前まで載荷させる。また、載荷中にウルトラソニースコープにより、コンクリート柱直径方向の超音波伝播時間を測定し、内部組織の変質に伴う伝播時間を観察した。この載荷と除荷を繰り返し行った結果、圧縮に対する耐荷力の低下率と伝播時間の増加率がある程度の線形関係となることから、ある伝播時間差を予想すれば、それに対応したコンクリート柱の圧縮力の推定が可能となる。本研究では、ある圧縮力まで圧縮応力を受けた柱を応力履歴コンクリート柱と称する。

2.2 柱モデルの作製

応力履歴コンクリート柱と応力無履歴のコンクリート柱を鋼管で補強する。この際、軸方向圧縮力が鋼管に直接作用しないように、コンクリート柱の上下両端が20mm突出するように鋼管をはめ込み、鋼管とコンクリートの間隙に充填材(エポキシ樹脂と無収縮モルタル)を注入して柱モデルとした。また、鋼管表面に2軸ひずみゲージを供試体高さの1/2、周長の1/4間隔の交点となる位置の4ヶ所に貼付し、荷重を一定の速度で載荷させ、10kN増加ごとにひずみを計測した。柱モデルの形状およびゲージ貼付状況をFig.1に示す。

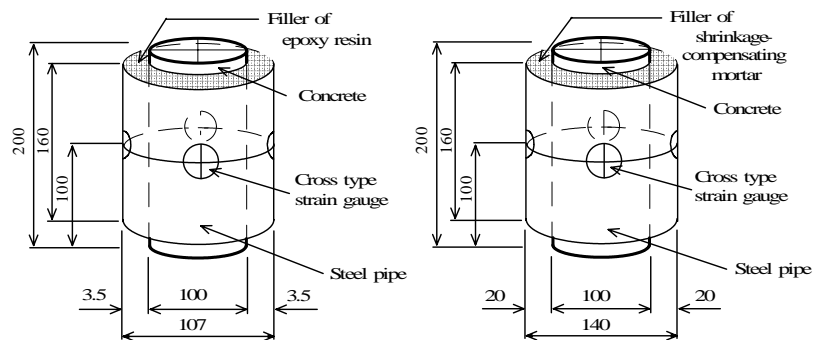


Fig. 1 Detail of confined column models (unit in mm)

3. 実験結果および考察

3.1 柱モデルの耐力

応力 - ひずみを両対数表示することにより求まるキंक¹⁾は、物理的な特性の特異点²⁾を示すことが明らかとされていることから、本研究においてもその手法を適用し、耐力を評価した。エポキシ樹脂充填の場合の耐力は80 N/mm²となり、応力履歴の有無による耐力の差異は顕著でないことが判明した。しかし、降伏ひずみ度については応力履歴の有無による違いが生じた。この要因には、応力履歴によりコンクリート柱内部に構造弛緩が生じたことから、体積膨張が起こり易くなったことが推測される。また、無収縮モルタル充填の場合の耐力は85 N/mm²となり、エポキシ樹脂充填柱モデルと同様に応力履歴の有無による耐力の差異は顕著でない。さらに、降伏ひずみ度は両者に違いが見られる。これは、エポキシ樹脂充填の場合と同様のことが考えられる。

3.2 応力 - 体積ひずみ関係

実験より得られた各方向ひずみを平均した値から、体積ひずみを式(1)より算出し、圧縮応力 - 体積ひずみ関係をFig.2,3に示す。なお、鋼管による拘束効果を明確にするために、拘束を受けていないコンクリート柱の応力と体積ひずみとの関係についても併記した。

$$v = c - 2 \tau \quad (1) \quad \text{ここで、} v : \text{体積ひずみ, } c : \text{軸方向ひずみ, } \tau : \text{周方向ひずみ}$$

キーワード：応力履歴コンクリート柱，補強効果，充填材，キंक，鋼管耐力分担能

連絡先：〒275-8575 習志野市泉町1-2-1 TEL 047(474)2459 FAX 047(474)2459

Fig. 2 より、エポキシ樹脂充填柱モデルの体積ひずみは、応力履歴の有無による顕著な違いが見られ、応力履歴を受けた柱モデルでは圧縮変形が顕著となっている。この原因としては、応力履歴によるコンクリート柱内部の組織弛緩が新たな载荷によってコンクリート柱への圧縮が先行して組織が緻密になることや、エポキシ樹脂のヤング率が小さいこと等による影響と考えられる。

次に Fig. 3 より、無収縮モルタル充填柱モデルの変形性状は、応力履歴の有無に関わらず、比較的類似したひずみ増加を示している。また、ひずみの増加傾向を見ると、初期段階より体積膨張によるひずみが大きく生じる傾向となっている。充填材種の差の影響については、エポキシ樹脂充填に比して、無収縮モルタル充填の方が鋼管へのひずみが伝達され易いことがわかる。また、両者のひずみの増加傾向を見ると、エポキシ樹脂充填の場合はヤング係数は小さいが付着が良好であることから、全体としてコンクリートと鋼管の一体性が保たれ、体積弾性係数が大きくなって直線的なひずみの増加が見られる。これに対し、無収縮モルタル充填の場合は体積弾性係数が小さいことから、初期段階より曲線的塑性変形挙動を示している。

3.3 鋼管耐力分担能

柱モデルに軸圧縮力を载荷させた場合、充填材による付着効果によって、圧縮力の一部を鋼管が負担することになる。そこで、鋼管の軸方向ひずみから、鋼管が分担する耐力分担能を算出して、载荷圧縮力に対する鋼管分担能の割合を Fig. 4 に示した。

Fig. 4 より、エポキシ樹脂充填の場合は両者に顕著な違いが見られ、応力履歴を受けた供試体は初期段階より鋼管が分担する荷重が大きい。この要因には、応力履歴を受けたことにより、コンクリート柱内部にひび割れ、セメントと骨材のはく離など、局部破壊が起こり、圧縮力に対する抵抗力が低下した部分が生じたことと、エポキシ樹脂の付着力が大きく関与していると考えられる。次に、無収縮モルタル充填柱モデルは応力履歴の有無にかかわらず同様な傾向を示している。すなわち、250kN 付近まではコンクリートの圧密が進行してコンクリートの分担能が大きくなっていることから、鋼管分担能が低下したと考えられる。それ以降になると、コンクリートが側面方向に流動化し、供試体のちょうちん座屈が進行するため、鋼管の耐力分担能が増大するものと考えられる。

4. 結論

応力履歴の有無により、初期段階での変形レスポンスに違いは見られるが、最終的な耐力から見ると、ほぼ同等の補強効果が得られることが確認された。

エポキシ樹脂充填柱モデルは体積弾性係数が大きく、直線的な増加を示した。一方、無収縮モルタル充填柱モデルは体積弾性係数が小さなことから塑性変形的挙動を示した。よって、使用する充填材によって、その変形性状には顕著な差異が生じることが明らかとなった。

軸圧縮力作用による鋼管分担能は、充填材の付着能力が大きく影響しており、とくに付着力の強いエポキシ樹脂充填柱モデルの場合には応力履歴の有無による分担能の違いが顕著であった。

参考文献：

- 1) 藤田英一：金属物理（材料科学の基礎）、アグネ技術センター、pp. 328-330(1996)
- 2) 加藤清志：コンクリートの真の強度に対する研究：防衛大学校理工学研究報告、第15巻第1号、pp. 29-57(1977)

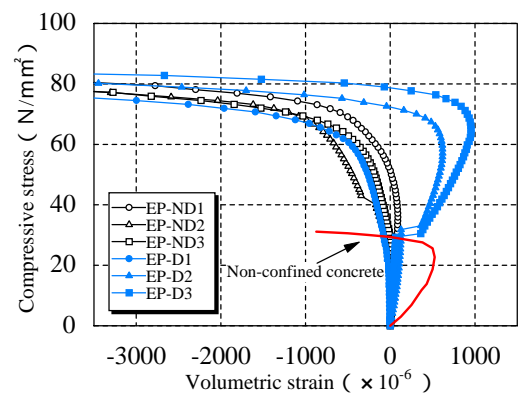


Fig. 2 Stress-volumetric strain relation when epoxy resin grout

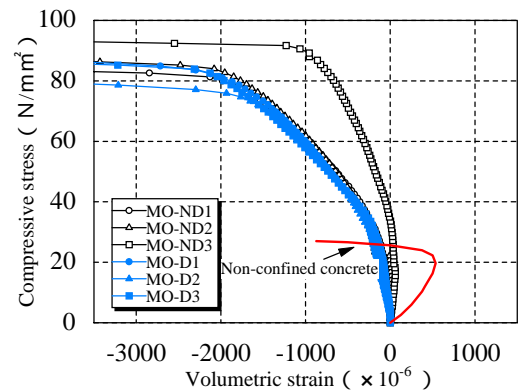


Fig. 3 Stress-volumetric strain relation when shrinkage-compensating mortar grout

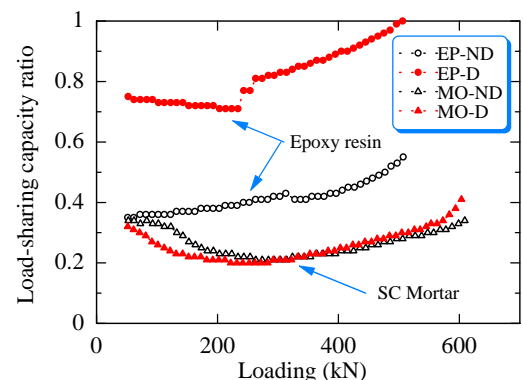


Fig. 4 Load-sharing capacity ratio vs. loading relation