

コンクリート充填鋼管アーチリブの面内鉛直載荷実験及び弾塑性解析

九州大学大学院 学生員 ○片渕 和啓  
 九州大学大学院 正会員 日野 伸一  
 洞西大学 正会員 劉 玉擎  
 九州大学大学院 学生員 加島 敏博

1. はじめに

コンクリート充填鋼管（以下 CFT）は、外側鋼管の局部座屈の防止、拘束効果による充填コンクリートの強度増加、施工時の型枠不要などのメリットがある。これまで CFT 柱部材に関しては多数の研究例が見られるが、CFT を用いたアーチリブの研究は極めて少なく、設計・施工面について研究課題が数多く残されている。そこで本報では、CFT アーチリブ模型供試体の支間中央及び 1/4 点面内鉛直載荷実験を行い、CFT アーチリブの耐荷特性及び変形挙動に関する 3 次元弾塑性解析と合わせて検討した結果について論じる。

2. 実験概要

本実験で用いた CFT アーチリブの模型供試体を図-1, 2 に示す。供試体 A, B はどちらもスパン  $L=4000\text{mm}$ 、ライズ  $f=800\text{mm}$  の円弧状アーチリブで、断面  $\phi 139.8 \times 4.5\text{mm}$  の CFT を用いている。また載荷点位置、即ち供試体 A では支間中央点、供試体 B では支間 1/4 点アーチリブ上縁部に載荷用の鉛直材を全周すみ肉溶接した。鉛直材は断面  $\phi 101.3 \times 5.7\text{mm}$  の CFT を用いている。鋼管材質は STK400、充填コンクリートの設計基準強度は  $35\text{N/mm}^2$  である。鋼管及び充填コンクリートの材料特性を表-1, 2 に示す。なお鋼管内には、ずれ止めやダイヤフラムなどの補剛材は一切使用しておらず、鋼管-コンクリート間の接合は付着と摩擦のみである。

載荷は、供試体 A, B とともに  $75\text{kN}$  及び設計上の弾性限界まで静的載荷した後、一旦除荷し、その後終局時まで静的漸増載荷した。また、アーチスパン 1/3 点に横倒れ防止用の支柱を立て、面内載荷を実現した。なお、供試体の中央部、両 1/4 点、両基部においてはひずみゲージを貼付し、アーチリブ供試体下縁側には  $500\text{mm}$  おきに鉛直方向に 8 台、また支承部に 4 台の変位計を設置した。

3. 解析及び実験結果の考察

中央点載荷の供試体 A では、荷重  $117\text{kN}$  で中央載荷点上縁側が初期降伏し、その後アーチリブ全体へと降伏が進んでいった。荷重  $244\text{kN}$  において載荷点上縁部に局部座屈が発生し、最大荷重は  $259\text{kN}$  であった。また 1/4 点載荷の供試体 B では、荷重  $88\text{kN}$  にて載荷点上縁部が初期降伏し、荷重  $195\text{kN}$  にて載荷点上縁部の局部座屈へと破壊が進行し、最大荷重は  $219\text{kN}$  であった。

本研究では、実験と平行して汎用構造解析プログラム LUSAS を用いて 3 次元 FEM 弾塑性解析を行った。キーワード コンクリート充填鋼管 (CFT)、面内鉛直載荷、局部座屈、完全合成

連絡先 〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL092-641-3131 (内線 8651) FAX092-642-3309

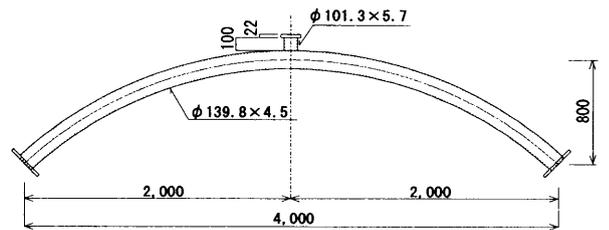


図-1 供試体 A 諸元 (mm)

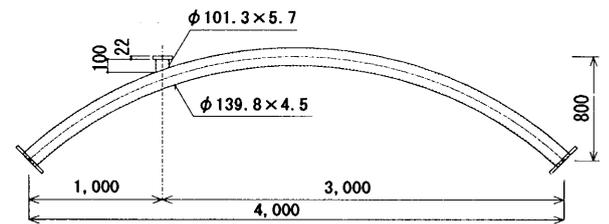


図-2 供試体 B 諸元 (mm)

表-1 鋼管の材料特性

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 降伏強度 ( $\text{N/mm}^2$ )  | 395   |
| ヤング率 ( $\text{kN/mm}^2$ ) | 205.8 |

表-2 コンクリートの材料特性

|      |                           |      |
|------|---------------------------|------|
| 供試体A | 圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )  | 46.2 |
|      | 引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )  | 4.1  |
|      | ヤング率 ( $\text{kN/mm}^2$ ) | 33.6 |
| 供試体B | 圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )  | 47.2 |
|      | 引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )  | 3.5  |
|      | ヤング率 ( $\text{kN/mm}^2$ ) | 35.4 |

管及び充填コンクリートにはシェル要素を用いた。幾何学的非線形問題としては有限変形を考慮しているが、残留応力及び幾何学的な初期不整については無視した。また、鋼管とコンクリートの接合面については両者の剥離は考慮したが、相対ずれについては考慮していない。載荷点近傍の軸方向及び周方周方向の荷重-ひずみ関係を図-3, 4に示す。図より、鋼管の降伏以前は周方向/軸方向のひずみの比率は0.2~0.25で推移しており、完全合成を仮定したFEM解析とも良い一致が見られる。

アーチリブの載荷点上縁部における荷重-変位関係を図-5に示す。なお、CFT部材と同一の断面諸元を有する中空鋼管アーチリブの解析結果も同図中に示す。CFTアーチリブにおいては両供試体ともに実験結果と解析結果の良い一致が得られた。同一断面諸元の中空鋼管アーチリブの場合、早期に座屈が発生し急激に耐力を失うという挙動を示しているのに対し、CFTアーチリブでは最大耐力到達後も耐力を保持したまま変形が進行するエネルギー吸収能に優れた挙動を示すことが実証された。CFTアーチリブと中空鋼管アーチリブとの終局耐力を比較すると2倍以上の耐力の差があることが分かる。図-6に解析と実験による終局状態の変形図を示す。図から、実験同様の鋼管の局部座屈が解析でも再現できることが確認できた。

4. まとめ

本実験により、期待通りのCFTアーチリブの耐荷特性が確認できた。また、実験・解析両結果の比較により、両表の接合面は機械的なずれ止めを設けなくてもほぼ完全合成を保持できたこと、本解析でCFTアーチリブの終局に至る挙動が精度良く追跡できることなどが明らかにされた。

4. まとめ

本実験により、期待通りのCFTアーチリブの耐荷特性が確認できた。また、実験・解析両結果の比較により、両表の接合面は機械的なずれ止めを設けなくてもほぼ完全合成を保持できたこと、本解析でCFTアーチリブの終局に至る挙動が精度良く追跡できることなどが明らかにされた。

謝辞

本研究の一部は(社)日本鋼構造協会、鋼橋の性能照査型設計対応研究委員会、鋼橋の高性能化部会（中村俊一主査）の調査研究活動の一部として行ったものである。ご支援を賜った関係各位に謝意を表します。

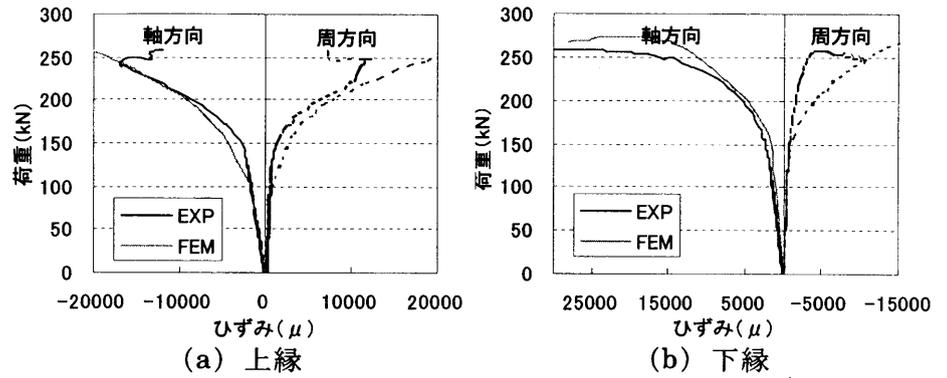


図-3 鋼管の荷重-ひずみ曲線（供試体A）

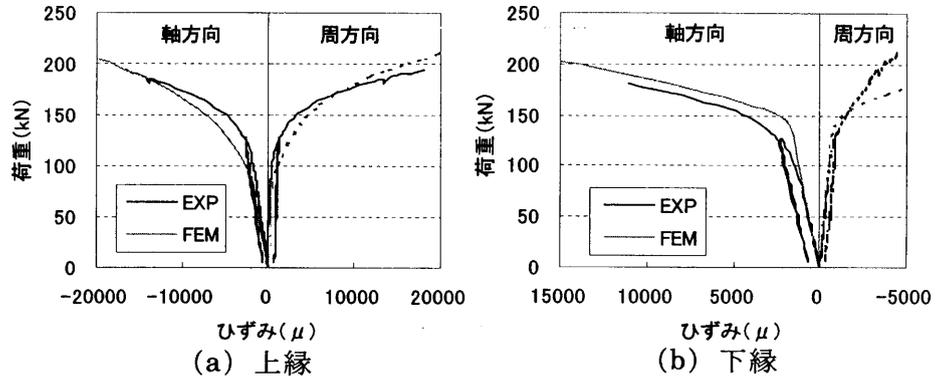


図-4 鋼管の荷重-ひずみ曲線（供試体B）

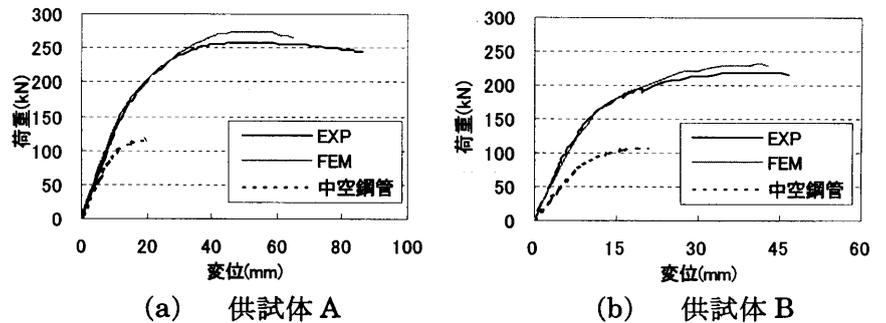


図-5 載荷点の荷重-変位曲線

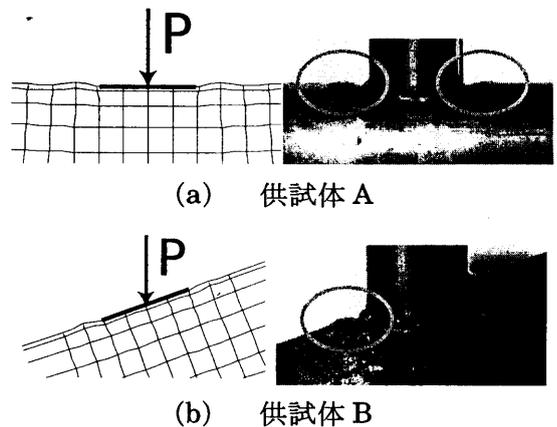


図-6 載荷点付近の局部座屈状況