

R C 巻き立てコンクリート充填鋼管部材の復元力特性

○（株）錢高組 土木本部技術部
九州大学 大学院 工学研究院
九州大学 大学院 工学研究院
（株）錢高組 土木本部技術部

正会員 山花 豊
フェロー 大塚 久哲
正会員 矢葺 亘
正会員 谷野 洋一

1. はじめに

コンクリートアーチ橋には、コンクリート充填角形鋼管（CFT部材）を支保工に兼用して、そのCFT部材をRC巻き立て施工しアーチリブを完成させる工法がある。これまで合成効果による耐荷力の増加や曲げ変形能力を設計上定量的に評価できないことから、この鋼管部材は架設部材としてのみ取り扱われ構造部材として考慮されていない。筆者らは、特に耐震性に着目し、この鋼管部材を考慮することで経済性が図れることを明らかにした。¹⁾このような合成部材の耐震性能を正しく評価するためには、地震時における鋼管部材の挙動を明らかにする必要がある。

本研究では、このような部材を対象として、合成柱部材モデルの正負交番載荷実験を行い、その復元力特性を明らかにした。²⁾本稿では、特に主鉄筋及び鋼管部材の挙動と部材の復元力特性に関する考察を述べる。

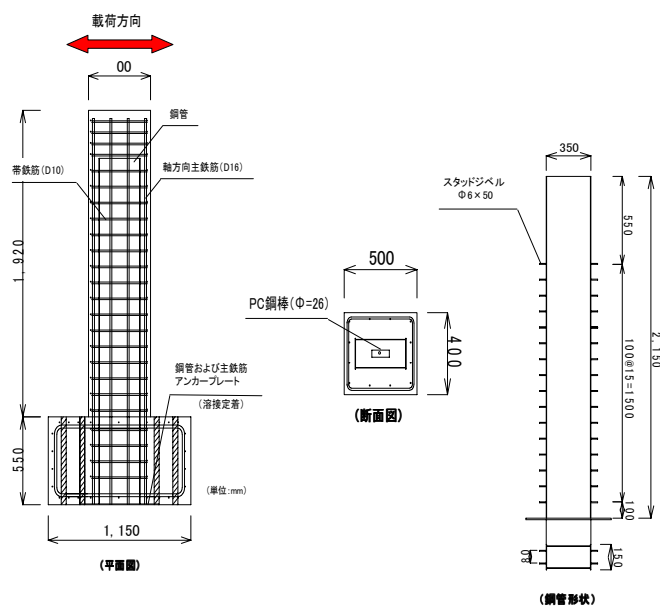


図 - 1 実験供試体図

2. 実験概要

供試体は、100m スパンのコンクリートアーチ橋の試設計を基に、載荷装置のスペース等を考慮し1/5の外形寸法で設計した矩形充実断面の柱供試体とした。コンクリートの目標設計基準強度は $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ とし、鉄筋にはSD345、鋼管にはSS400を用いた。供試体の概略図を図-1に示す。検討パラメータとしてはRC構造との比較、主鉄筋量、鋼管フランジ量、軸方向圧縮応力、鋼管フランジ表面のスタッドジベルの有無による付着力の違い、帯鉄筋量とし、合計9体の供試体について実験を行った。各供試体の諸元を表-1に示す。

表 - 1 供試体諸元

供試体名	柱寸法 (mm)	主鉄筋	主鉄筋量 (cm^2)	鋼管フランジ 寸法 (mm)	鋼管フランジ 量 (cm^2)	鉄筋・鋼管 比	鋼管の付着	軸圧縮応力 (kgf/cm^2)	帯鉄筋間 隔 (cm)	備 考
J00	400×500	D16×4本	7.944	---	---	---	---	40	10	J01と比較するためのRCモデル
J01	400×500	D16×4本	7.944	3.2×150	4.80	1.655	有	40	10	基本ケース
J02	400×500	D19×4本	11.46	3.2×150	4.80	2.388	有	40	10	J01に対して鉄筋量を大きくしたもの
J03	400×500	D16×4本	7.944	4.5×140	6.30	1.261	有	40	10	J01に対してフランジ面積を大きくしたもの
J04	400×500	D16×4本	7.944	2.3×160	3.68	2.159	有	40	10	J01に対してフランジ面積を小さくしたもの
J05	300×500	D16×3本	5.958	2.3×160	3.68	1.619	有	55	10	J01に対して軸圧縮応力を高めたもの
J06	400×500	D16×4本	7.944	3.2×150	4.80	1.655	無	40	10	付着の影響をみるためのモデル
J07	400×500	D16×6本	11.92	---	---	---	---	40	4	J08と比較するためのRCモデル
J08	400×500	D16×4本	7.944	3.2×150	4.80	1.655	有	40	4	J01に対して帯鉄筋間隔を短くしたもの

載荷方法は、2軸載荷装置を用いて一定軸圧縮応力の下での柱頭部を載荷点とする水平方向正負交番の漸増載荷（せん断スパンは1.755m）とした。柱基部の軸方向主鉄筋に貼付した歪みゲージが降伏歪みに達した時の載荷点水平変位を実験上の降伏変位 δ_y とし、その後は変位制御でその整数倍の変位を片振幅とした交番載荷を行った。

3. 主鉄筋、鋼管応力履歴

供試体 J04 の実験結果から、供試体基部上方40cm

キーワード：合成構造，アーチ，復元力特性，正負交番載荷実験

連絡先：〒163-1011 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パ・ークワ- 11F tel.03-5323-5761 fax.03-5323-5768

位置における主鉄筋および鋼管フランジの鉛直方向の応力と載荷点での水平変位の関係の履歴図を図 - 2 に示す。図中の破線は鉄筋、または鋼管の降伏点応力（試験値）を示している。鉄筋および鋼管の場合、バイリニア型の復元力特性を示すことが分かっているが、本実験では、全ケースこのように、引張領域ではバイリニア型の挙動を示すものの、圧縮領域では勾配が緩やかになっている。これは塑性ヒンジ部で鉄筋または鋼管とコンクリートの付着が切れ、圧縮応力が入りにくくなったためと思われる。

図 - 3 にファイバーモデル（J04 モデル）での非線形解析結果を示す。第3象限以外ではバイリニア型の履歴を示しており、降伏圧縮応力に達してから水平変位が伸びている。塑性ヒンジ部での挙動を正しく表すためには、鉄筋の抜けだし等も考慮したモデル化が必要となる。

4. 部材の復元力特性

図 - 4 には、J08 供試体における $P - \delta$ 曲線（実験結果）に、梁の復元力特性として武田モデル（ディグレーディングトリリニア型）と J R 総研の S R C モデル（鉄骨鉄筋コンクリート部材：テトラリニア型）を用いて水平力載荷位置の変位量を計算して、その関係を重ね書きしたものである。S R C モデルにおいて、最大曲げ耐力後の耐力降下域での実験値と計算値はよく一致している。

S R C モデルの場合、鋼材比 2.5 ~ 5.0%，鉄骨鉄筋比 1.9 ~ 8.5 が適用範囲とされている³⁾。しかし、本実験では、鋼材比 2.2% ~ 3.2%，鋼管鉄筋比 0.8 ~ 1.1 と鋼管部材のウェイトが低い構造となっている。

S R C モデルの場合、一般に鉄骨部材の影響で第2、第3象限での膨らみが大きくエネルギー吸収率が高いが、本実験の場合、若干の傾向は見られるものの鋼管の影響は小さく、概ね武田モデルで近似できていといえる。また、R C 供試体(J07)に比べ鋼管部材を含む合成供試体(J08)では、最大耐力維持点（被りコンクリート剥落時）が $9\delta_y$ に対して $10\delta_y$ と鋼管部材がじん性率向上に貢献している。

5. まとめ

R C 巻き立てコンクリート充填鋼管部材について正負交番載荷実験を行った結果、鋼管鉄筋比 1.0 前後の部材に対して梁部材の非線形解析を行う場合、復元力特性

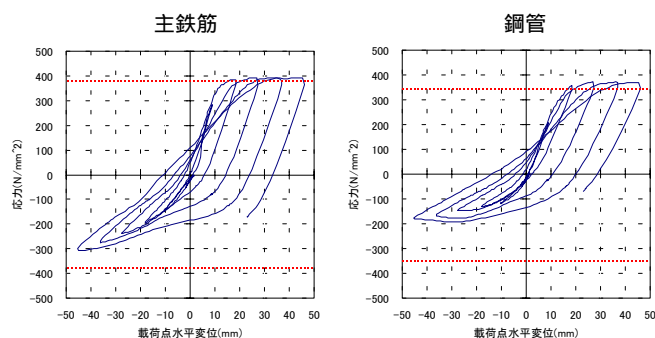


図 - 2 J04 鉄筋・鋼管応力履歴

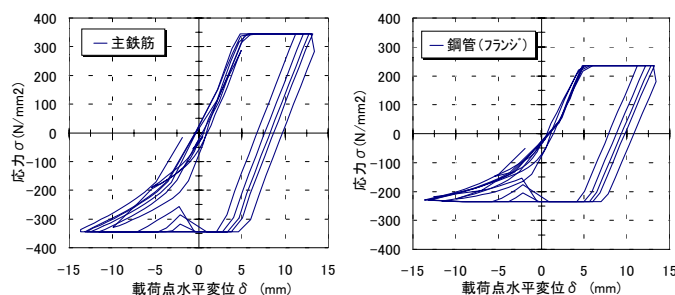


図 - 3 ファイバーモデル解析結果

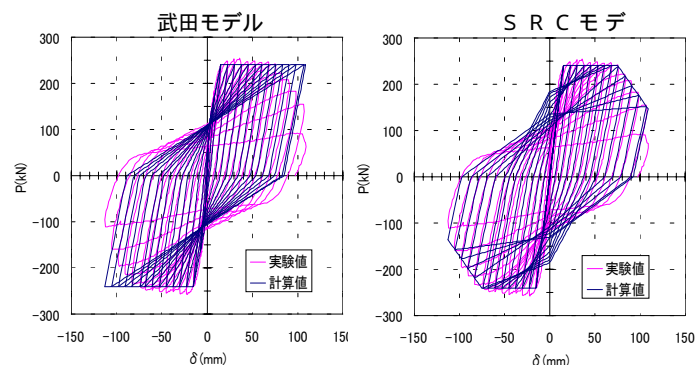


図 - 4 J08 復元力特性 ($P - \delta$)

は武田モデルを適用してよいことが明らかになった。

また、ファイバーモデルでは鉄筋・鋼管の応力はバイリニア型としているが、塑性ヒンジ部では圧縮側の挙動を考慮したモデルの改善が望まれる。

<参考文献>

- 1) 谷野, 大塚, 山花: 合成アーチ橋の耐震性に関する一考察 (その1, 2), 土木学会第56回年次学術講演会講演概要集, 平成13年10月
- 2) 熊屋, 大塚, 山花, 楠田, 矢葺, 山崎: 複合アーチ橋の地震時動特性と耐震設計に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会概要集, 平成14年3月
- 3) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編, 丸善株式会社, 平成11年10月