

複合アーチ橋の地震時動特性と耐震設計に関する研究

○九州大学工学部 学生会員 熊屋厚希 九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
 (株)銭高組 正会員 山花 豊 九州大学大学院 学生会員 楠田広和
 九州大学大学院 正会員 矢葺 亘 九州大学大学院 山崎智彦

1. はじめに

近年、コンクリートアーチ橋の合理的な架設工法として、合成アーチ巻き立て工法(CLCA工法)による施工例が増えている。同工法は、まず鋼管アーチを架設し、鋼管内にコンクリートを充填して合成アーチを形成した後、スプリング部から順次コンクリートを巻き立てて最終的なアーチリブを完成させるものである。しかし、現在の設計法では鋼管は架設部材としてのみ考慮され、完成系として鋼管の効果を考慮するには現在のところ研究が不十分である。そこで本研究では、この鋼管・RC複合構造アーチリブ部材を想定した模型供試体の正負交番荷重実験を行い、その復元力特性および鋼管とRCの合成効果による耐荷力・曲げ変形能力の増加を評価することを試みた。

2. 供試体概要

供試体はすべて矩形充実断面の柱型模型で、100m スパンのコンクリートアーチ橋の試設計を基に、荷重装置のスペース等を考慮し一般的な実橋梁の1/5の外形寸法で設計した。コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck}=42\text{N/mm}^2$ 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、断面図を図-2に示す。検討パラメータとしては①RC構造との比較、②主鉄筋量、③鋼管フランジ量、④軸方向圧縮応力、⑤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、⑥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。

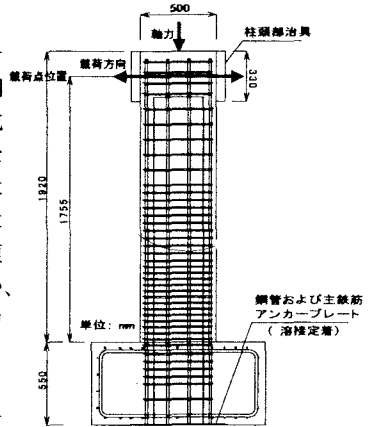


図-1 供試体概略図

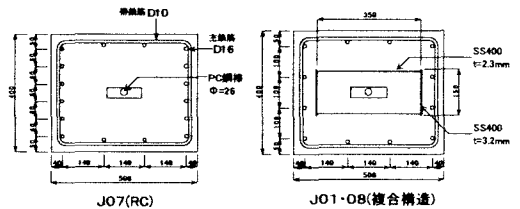


図-2 供試体断面図

3. 実験方法

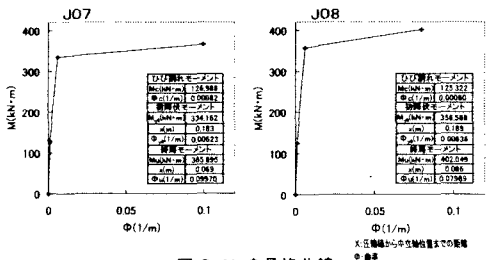
荷重方法は、二軸荷重装置を用いて一定軸圧縮応力の下での柱頭部を荷重点とする水平方向正負交番の漸増荷重(せん断スパンは1.755m)とした。柱基部の軸方向主鉄筋に貼付した歪みゲージが降伏歪みに達した時の荷重点水平変位を実験上の降伏変位 δ_y とし、その後は変位制御でその整数倍の変位を片振幅とした交番荷重を行った。

4. 骨格曲線の算出

本実験において、供試体の各断面形状における曲げモーメント-曲率関係の骨格曲線(M- Φ 骨格曲線)を得るために、道路橋示方書V耐震設計編(以下、道示V)に従い、各断面耐力を算出した。計算にはFORUM8のRC断面計算ソフトを使用した。なお、複合構造断面においては、鉄筋の外に鋼管も考慮し、鋼管部材の応力-歪み関係にはコンクリート充填鋼板の応力-歪み関係を用いた。道示Vにおいては鋼板の終局歪みを5%としているが、圧縮側最外縁軸方向鉄筋位置のコンクリートが終局歪みに達した時でも引張側鋼板の歪みは計算上これには至っていないので問題ないと考えた。図-3にJO7(RC)・JO8(複合断面)についての計算結果を示す。

表-1 検討ケース

供試体名	断面寸法 (mm)	主鉄筋	鋼管フランジ 寸法 (mm)	鉄筋・鋼管 長さ	ジベル	軸圧縮応力 (N/mm ²)	降伏変位 (mm)	備 考
1 JO0	---	---	---	---	---	---	---	鋼管なし(RC)
2 JO1	---	D16×4本	---	1,855	---	---	---	基本ケース
3 JO2	400×500	D19×6本	3.2×150	2,388	---	4.0	---	主鉄筋量大
4 JO3	---	D16×4本	4.5×140	1,261	有	---	---	フランジ量大
5 JO4	---	D16×4本	2.3×180	2,159	---	---	---	フランジ量小
6 JO5	300×500	D16×3本	2.3×180	1,819	---	5.5	---	軸圧縮応力大
7 JO6	---	D18×4本	3.2×150	1,855	無	---	---	ジベルなし
8 JO7	400×500	D16×6本	---	---	---	4.0	---	降伏耐力大(RC)
9 JO8	---	D16×4本	3.2×150	1,855	有	---	---	降伏耐力大

図-3 M- Φ 骨格曲線

5. 実験結果

図-4に実験により得られた各供試体の荷重-載荷点変位関係(P- δ 履歴曲線)を示す。なお、以下に述べる理由により J03・J04・J06については省略している。J00(RC)とJ01(複合構造)とは最大耐力・耐力靱性率(=終局変位(δ_u)/ δ_y)ともに明確な違いがみられ、これが鋼管による効果であるといえる。また、J01とJ02を比べると、主鉄筋量の違いにより最大耐力に差が生じるが、鋼管フランジ量を変えたJ03とJ04・鋼管表面のスタッドジベルが無いJ06の結果はJ01とあまり変わらなかった。このことから主鉄筋量の変化に比べて、今回設定した鋼管についてのパラメータはあまり大きな影響をもたないことが考えられる。断面寸法を小さくすることで軸圧縮応力を高めたJ05はその影響により終局に至るのが他の供試体に比べ早い結果となった。

J01～J06に比べ帯筋間隔を短くしたJ07(RC)とJ08(複合構造)は、帯筋の拘束効果により圧縮コンクリートが終局歪みに達するのが遅いため、耐力靱性率が大きく向上している。ここで、J07においては主鉄筋量を増やすことによりJ08の主鉄筋・鋼管フランジを合わせた鋼材量に近いものとしている。J07は降伏後、3 δ_y で最大耐力となり、8 δ_y まで最大耐力を保った後、かぶりコンクリートの剥落により徐々に耐力が低下していったが、J08は10 δ_y まで最大耐力を保った。また、J07・J08については、図-3に示したM- Φ 骨格曲線の結果を基に求めた降伏点および終局点の計算値に柱基部での軸方向主鉄筋の伸び出しによる回転変位成分を累加した結果を図中に合わせて示している。道示Vで想定している終局状態とは、かぶりコンクリートが剥落するような損傷状態であるから、J07(RC)においては終局状態をうまく表現できているといえるが、J08(複合構造)においては、終局変位を小さく評価してしまっている。主鉄筋に貼付した歪みゲージから、どちらの供試体においても主鉄筋の座屈は塑性率(=水平変位(δ)/ δ_y)6程度で起こっていると考えられるため、本複合構造は主鉄筋の座屈後も鋼管の影響により通常のRCよりも大きな靱性を持つといえ、鋼管によるコンクリートの拘束効果も期待できると考えられる。

6. まとめ

今回の実験により、本複合構造を有するアーチリブ部材において、鋼管を考慮することにより耐力・靱性ともに増加を見込めることが分かった。これらを定量的に評価することにより、さらに経済的な設計が可能となる。今後は実験により得られたデータの整理・考察を進めることにより本複合構造部材の特性について理解を深めることとする。

<参考文献>

- 1) 渡辺・今泉・韓方・田中・大内：鋼管・コンクリート複合構造部材の正負交番載荷試験、土木学会論文集、No. 627/V-44、113-132、1999、8
- 2) 建設省土木研究所・日本道路公団・首都高速道路公団・阪神高速道路公団：鉄筋コンクリート橋脚の靱性に及ぼす寸法効果の影響に関する共同研究報告書、1999、10
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、1996、12

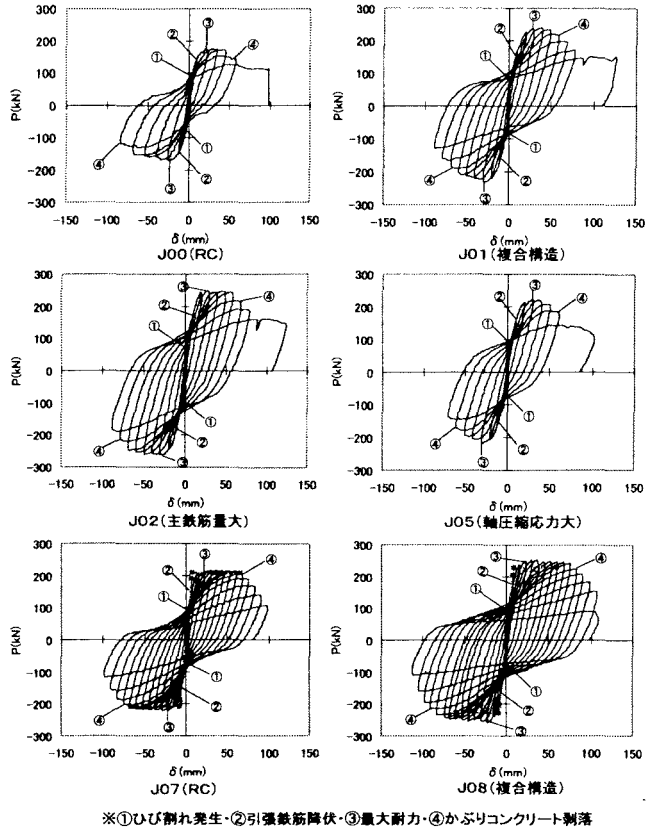


図-4 荷重-変位関係

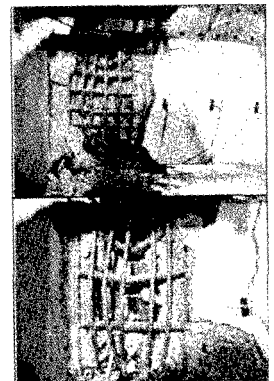


図-5 破壊状況(上:J07 下:J08)