

# 載荷パターンがフレキシブル RC 橋脚の復元力特性に及ぼす影響に関する考察

九州大学大学院 学生会員 ○高 文君 九州大学工学研究院 フェロー 大塚久哲  
九州大学大学院 学生会員 伊藤 耀 九州大学工学研究院 正会員 山崎智彦  
(株) 富士ピー・エス 非会員 河邊修作 西日本高速道路 (株) 非会員 今村壮宏

## 1. はじめに

フレキシブル RC 橋脚とは、山間地の高速道路高橋脚などに用いられ、橋軸方向にはフレキシブルな橋脚であり、橋軸直角方向には両側柱と耐震壁により地震時のエネルギーを吸収することができる。著者らは、当該橋脚の復元力特性を把握するため、軸力有無と、単調載荷や交番載荷を組み合わせ、載荷パターンがフレキシブル RC 橋脚の復元力特性に及ぼす影響に関する考察を行い、載荷パターンによる当該橋脚の復元力特性骨格曲線を提案した。

## 2. 実験概要

模型供試体は、実橋に使用されているフレキシブル RC 橋脚を参考にして、橋脚の高さや断面形状を縮尺約 1/10 で製作したものである。各供試体の橋脚部の高さは 2000mm、横方向長さは 1000mm である。壁部分の内法高さは 1800mm、内法長さは 500mm、厚さは 60mm である。両側柱の断面寸法は 200×250mm の矩形断面である。表-1 に実験ケースを示す。供試体 No.1~No.3 は鉄筋配置をすべて同じとし、載荷パターンのみ異なる。供試体 No.1 は軸力なしの単調載荷、供試体 No.2 は軸力ありの単調載荷、供試体 No.3 は軸力ありの交番載荷となる。本実験で用いた二軸載荷装置に供試体を設置したイメージを図-1 に示す。軸力は橋脚頂部とジャッキの間に鋼製の載荷桁を設け、上部工の支承数を 4 個と想定して、4 点載荷とした。水平方向については、ジャッキを反力壁に固定させ、供試体梁部を両端から締め付けた載荷用治具にジャッキ頭部を固定し、ジャッキの押し引きにより正負交番載荷を可能とした。鉛直方向のジャッキは載荷フレームに設置し、ジャッキ先端のユニバーサルジョイントにより、供試体頂部の傾斜に追従できるようにした。また、既設橋梁では軸応力比が 0.02 であるが、軸力による荷重-変位曲線への影響を見るため、本実験では軸応力比を 0.05 とし、やや高く設定した。

## 3. 実験結果

### 3.1 破壊状況

各供試体の破壊状況を写真-1 に示す。軸力なしの単調載荷となる供試体 No.1 と、軸力ありの単調載荷となる No.2 の破壊状況では、大きな差異はなく、引張側柱の水平曲げひび割れが中央壁へ伸展して斜めせん断ひび割れとなり、さらに、圧縮側柱へ進展する。供試体の最大耐力を達した後、耐震壁および圧縮側柱での斜めせん断ひび割れの幅が急激に増加し、圧縮側柱の基部コン

クリート圧壊と共に壁部分がせん断破壊して耐力を失った。軸力ありの交番載荷となる No.3 では、第 1 載荷ステップでの交番載荷 ( $\pm 2\text{mm}$ ) 後に、両側柱の水平曲げひび割れが中央壁へ伸展して斜めせん断ひび割れとなり、+52mm の載荷ステップで供試体破壊し、実験を終了した。写真-1 の(c)では、+52mm 載荷ステップの前の-46mm 載荷ステップの状況を示す。

### 3.2 荷重-変位曲線

載荷パターンの違いを比較対象とする供試体の荷重-変位曲線を図-2 に示す。単調載荷供試体に対して、軸力の有無が耐荷力に大きな影響を与えるが、終局変位の差が見られなかった。また、交番載荷供試体は単調載荷供試体より靱性率が約半分減少した。

### 3.3 鉄筋降伏状況

供試体ごとの鉄筋降伏状況を表-2 に示す。柱主鉄筋の降伏荷重の比較では、単調載荷供試体に対して、軸力ありの方は軸力なしの方より大きい。軸力ありの交番載荷した供試体の方がさらに大きい値が得られた。また、軸力なしの供試体では、横方向鉄筋が降伏せず曲げせん断圧壊で耐力を失ったが、これに対し、軸力ありの供試体では、横方向鉄筋の降伏を確認できた。

## 4. 復元力特性

一般的な RC 部材の復元力特性<sup>1)</sup>と実験結果を参考にし、載荷パターンによるフレキシブル RC 橋脚の復元力特性骨格曲線をひび割れ点、降伏点、終局点の 3 点で構成されると図-3 に得る。ここで、軸力による復元力特性への影響を考慮し、軸力なしの交番載荷した場合の復元力特性モデル(破線)も予想した結果を併せて示した。軸力の有無が復元力特性の剛性と耐荷力に大きな影響を与えられ、単調載荷と交番載荷が復元力特性の変形性能に大きな影響を与えられる。

## 5. まとめ

本研究では、フレキシブル RC 橋脚の復元力特性を把握するため、軸力有無と、単調載荷や交番載荷を組み合わせ、載荷パターンがフレキシブル RC 橋脚の復元力特性に及ぼす影響に関する考察を行い、載荷パターンによる当該橋脚の復元力特性骨格曲線を提案した。その結果、軸力の有無が耐荷力に大きな影響を与えるが、終局変位の差が見られなかった。また、交番載荷供試体は単調載荷供試体より靱性率が約半分減少した。今後、当該橋脚の復元力特性骨格曲線の算定手法を構築することを目指したい。

表-1 実験ケース

供試体 No.	鉄筋径及び配筋間隔 (鉄筋比 (%))				軸力あり 単調載荷
	柱主鉄筋	柱帯鉄筋	壁縦筋	壁横筋	
1	6-D16 2-D10 (2.67)	D6tc40 (0.79)	5-D10 (1.19)	D13tc120 (1.76)	軸力なし 単調載荷
2					軸力あり 単調載荷
3					軸力あり 交番載荷

※柱主鉄筋は、長辺方向に D16 を 3 本ずつ 2 列、短辺方向中間位置に D10 を配置；壁筋は網目状に 1 列配置。

表-2 供試体ごとの鉄筋降伏状況

供試体 No.		鉄筋種類			
		柱主鉄筋	柱帯鉄筋	壁縦筋	壁横筋
1	降伏荷重 (kN)	215.93	—	251.37	—
	降伏変位 (mm)	8.79	—	11.61	—
2	降伏荷重 (kN)	226.75	329	270.25	320
	降伏変位 (mm)	9.2	81.22	11.9	41.24
3	降伏荷重 (kN)	241.75	-269	281.75	-278.25
	降伏変位 (mm)	9.86	-29.86	12.88	-23.08

※柱主鉄筋の一覧では、鉄筋 D16 の値を示す。また、(—) は鉄筋降伏せず場合を示す。

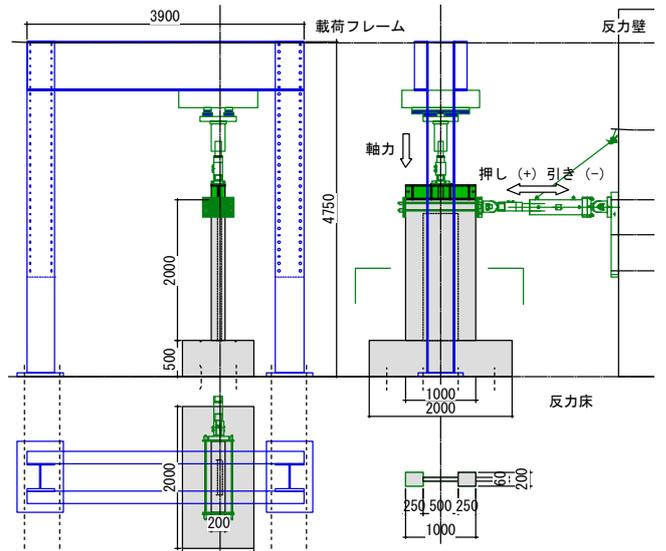


図-1 二軸載荷装置と供試体 (単位: mm)

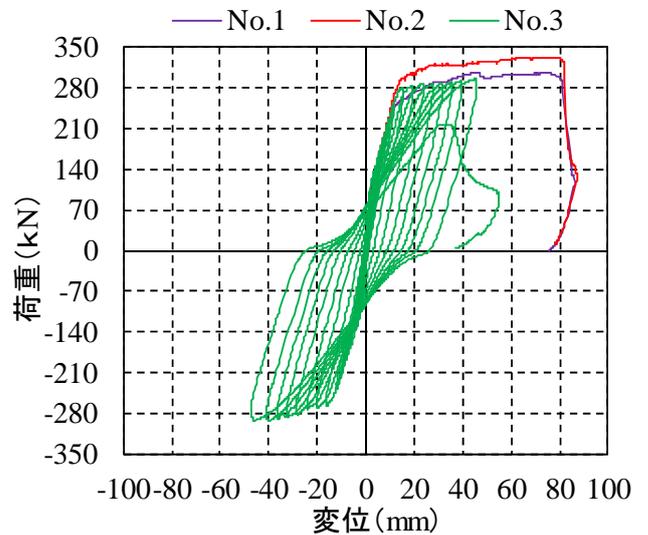


図-2 荷重-変位曲線

— 軸力なし単調載荷    — 軸力あり単調載荷  
 - - - 軸力なし交番載荷    — 軸力あり交番載荷

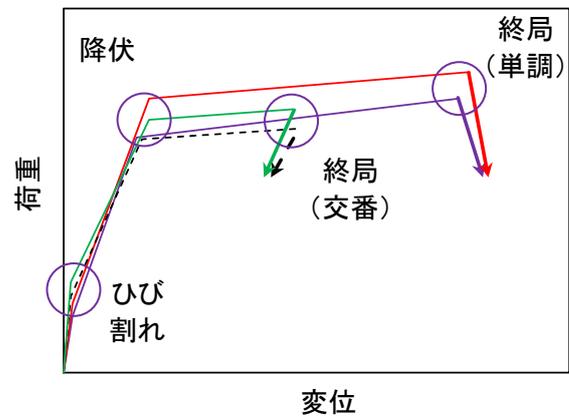


図-3 復元力特性



写真-1 各供試体の破壊状況

参考文献

- 1) 大塚久哲, 高文君, 崔準祐, 今村壯宏: 水平荷重を受ける I 型断面フレキシブル RC 橋脚の第 2 剛性低下率および靱性率に関する評価, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vo1.69, No.4 pp.454-463, 2013.