

繰り返し荷重を受けるフレキシブル RC 橋脚模型の横方向鉄筋補強効果に関する実験的研究

九州大学大学院 学生会員 ○伊藤 耀
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 高 文君
(株) 富士ピー・エス 非会員 河邊 修作
西日本高速道路株式会社 正会員 今村 壮宏

1. 目的

山間地の高速道路高橋脚などに用いられ、橋軸方向にフレキシブルで橋軸直角方向に耐震壁を有する橋脚をフレキシブル RC 橋脚と呼称し、橋軸直角方向地震力に対して両側柱と耐震壁によりエネルギーを吸収することができる。既往の実験において当該橋脚の水平耐力に影響を与えるパラメータとして柱帯鉄筋と壁横方向鉄筋の間隔に着目し、縮尺模型の水平単調漸増載荷実験（軸力なし）の結果が得られているが、軸力や交番載荷などの影響を含めた載荷条件での当該橋脚の変形挙動、耐荷力を実験的に明らかにする必要がある。そこで、本研究では、一定軸力下における正負交番載荷実験を行い、横方向鉄筋補強効果について検討を行った。

2. 実験内容

2.1 実験概要

図-1 に供試体の載荷イメージ図を示す。また、表-1 に本研究で用いた供試体の実験ケースを示す。表-2、表-3 にコンクリートと鉄筋の材料特性を示す。コンクリートは設計基準強度 24N/mm^2 で配合しており、鉄筋は SD345 を用いた。本実験の供試体は既設のフレキシブル RC 橋脚の平均高さや断面寸法を参考に約 1/10 の縮尺模型として製作したものである。各供試体の橋脚部の高さは 2000mm、横方向幅は 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 $200\times 250\text{mm}$ の矩形断面である。載荷方法は、一定軸力下における正負交番の漸増載荷とした。実験では、実橋梁の上部構造の重量は、鋼梁を介し四点で橋脚部に伝達した。水平方向のジャッキは反力壁に固定させ、供試体梁部を載荷点とし、ジャッキの押し引きにより正負交番を漸増載荷した。鉛直方向のジャッキはラーメンフレームに設置し、ジャッキの先端をユニバーサルジョイントとして、載荷中の一定軸力が四点分布となるようにした。ここで、一定軸力はコンクリート設計基準強度の 5% (156kN) と設定し、水平載荷方向は水平ジャッキの押しを正、引きを負とした。

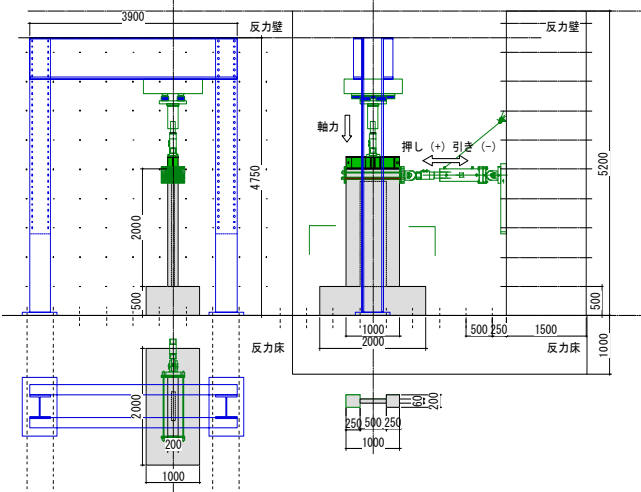


図-1 供試体の載荷イメージ図

表-1 実験ケース

供試体No.	鉄筋径および配筋間隔（鉄筋比）			
	柱主鉄筋	柱帯鉄筋	壁縦方向鉄筋	壁横方向鉄筋
K-1	6-D16, 2-D10 (2.67)	D6ctc120 (0.26)	5-D10 (1.19)	D10ctc120 (0.99)
K-2		D6ctc40 (0.79)		D13ctc120 (1.76)
K-3		D6ctc120 (0.26)		D13ctc60 (3.52)
K-4		D6ctc40 (0.79)		D13ctc60 (3.52)

表-2 コンクリートの材料特性

供試体No.	橋脚圧縮強度	割裂強度	ヤング係数
	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
K-1	35	3.3	23.2
K-2	35.2	3.3	23.5
K-3	38.1	3.3	24.4
K-4	37.6	3.2	24.8

表-3 鉄筋の材料特性

鉄筋径	降伏応力 (N/mm^2)	降伏ひずみ (μ)	ヤング係数 (N/mm^2)
D6	409	2045	2.00×10^5
D10	363	1994	1.82×10^5
D13	345	2193	1.79×10^5
D16	385	2152	1.84×10^5

キーワード フレキシブル RC 橋脚 耐震壁 正負交番載荷 横方向鉄筋

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 092-802-3374

2.2 実験結果

実験終了時のひび割れおよび破壊状況を写真-1に示す。供試体 No.K-1～No.K-4 についての破壊状況は左柱、右柱ともに引張応力時に水平曲げひび割れが進展し、次に中央壁に斜めせん断ひび割れが進展し、左右柱に圧縮応力時に斜めせん断ひび割れが入るようになり柱基部の縁端部のコンクリートが剥離・欠落し、柱基部の圧壊により破壊に至った。破壊性状としては柱の曲げ破壊やせん断破壊とは異なり両破壊モードの中間的な破壊性状を呈すが、柱帯鉄筋量、壁横方向鉄筋量の少ない No.K-1 は他の供試体に比べて壁部分でのせん断ひび割れが顕著である。このことから柱帯鉄筋、壁の横方向鉄筋を補強することでせん断破壊を防止できると思われる。



(a)供試体 No.K-1



(b)供試体 No.K-2



(c)供試体 No.K-3



(d)供試体 No.K-4

写真-1 各供試体の破壊状況

図-2 に各供試体の荷重変位曲線、図-3 に供試体 No.K-1 における各鉄筋の降伏点を示す。供試体 No.K-1 に対して柱帯鉄筋と壁横方向鉄筋の量を増やした供試体 No.K-2 の靱性は伸びており、柱帯鉄筋量を増加させることが靱性に対して効果があることが分かる。また、供試体 No.K-1 に対して壁の横方向鉄筋量のみを増やした供試体 No.K-3 も靱性が伸びているが、供試体 No.K-2 に比べて早く耐力を失うことから柱帯鉄筋量と壁横筋量をバランスよく補強することが重要であると思われる。No.K-4 と No.K-2 を比較すると耐力を失うのは No.K-4 の方が 1 ループ早く、壁横方向鉄筋の増量による靱性の増加は限度があるように思われる。最大荷重はすべての供試体ともにほぼ同じであり、柱帯鉄筋量、壁横方向鉄筋量を増やしても最大耐力は向上しない。これは、柱主鉄筋、壁の縦方向鉄筋といった縦方向鉄筋の降伏により剛性が大きく低下するため、横方向鉄筋の補強では最大耐力の改善はできないと思われる。

3. 結論

フレキシブル RC 橋脚において破壊性状は柱の曲げ破壊やせん断破壊とは異なり両破壊モードの中間的な破壊性状を呈すが、せん断破壊防止に横方向鉄筋の補強は効果があると思われる。また、柱帯鉄筋量、壁横方向鉄筋量の増量により最大耐力の向上は期待できないが、靱性の改善を図ることは可能だと思われる。しかし、横方向鉄筋量の増加による靱性の改善には限度があるようにも思われる。

参考文献：

- 1) 高文君, 大塚久哲, 福永靖雄, 川崎啓史：I 型断面フレキシブル RC 橋脚の水平耐力に及ぼす横方向鉄筋の効果に関する研究, コンクリート工学年次論文集 Vol33, No.2, pp439-444, 2011.6

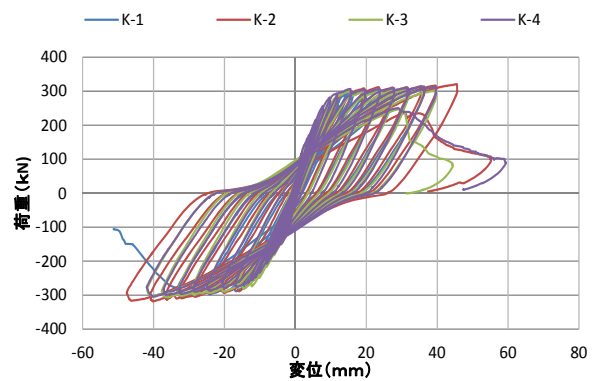


図-2 各供試体の荷重-変位曲線

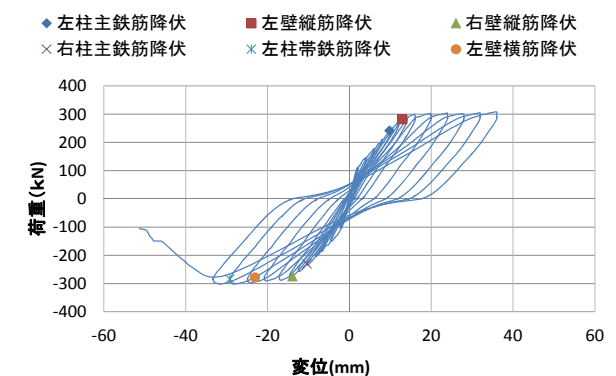


図-3 供試体 No.K-1 における各鉄筋の降伏点