

部材側面に剛性部材を設置する橋脚の耐震補強工法に関する交番載荷実験

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○渡部 太一郎

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小林 薫

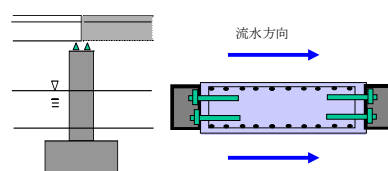
1. はじめに

兵庫県南部地震など過去の大地震によって、橋脚部材の主鉄筋段落し部で鉄筋がはらみ出してコンクリートが剥がれ落ちる被害が生じている（写真－1）。橋脚部材は、天端に地震時に桁からの慣性力を受けることにより、橋脚基部で最大となる曲げモーメント分布となるため、橋脚の中間で不要となった主鉄筋を途中定着（段落し）している。鉄道構造物等設計標準・同解説¹⁾では、基部が曲げ耐力に達したときに段落し部に発生する曲げモーメントやせん断力に対して段落し部の曲げ耐力やせん断耐力を十分大きくすることで、段落し部で損傷させないこととしているが、古い設計基準によって構築された橋脚の中には、段落し部に十分な耐力を有していないものも多く、前記した地震時の損傷事例が発生したものと思われる。

そのため、段落し部も含めた橋脚の耐震補強が必要となっている。橋脚の耐震補強工法としては、鋼板巻きやRC巻き工法などが一般的な工法として考えられる。しかし、特に河川内の橋脚などの場合、河川占有断面に余裕がない場合も多く、補強後の断面幅が大きくなる鋼板巻きやRC巻き工法の適用が難しい場合が想定される。そこで、河川流水方向に直交する面の幅を増やさずに補強する新しい工法を考案した（図－1）。本補強方法は、河川流水方向に直交する上下流の2面に剛性の高い補強部材を設置することで、橋脚部材の曲げ・せん断補強となることを期待したものである。今回、形鋼と鋼板、コンクリートとから構成されるSRC構造の補強部材を1:3の辺長比で主鉄筋段落し部を有する橋脚の短辺2面に設置した橋脚の模型試験体による静的正負交番載荷実験を行い、段落し部の補強効果の確認を行ったので、その結果について報告する。



写真－1 橋脚段落し部の被害状況



図－1 補強工法の概要

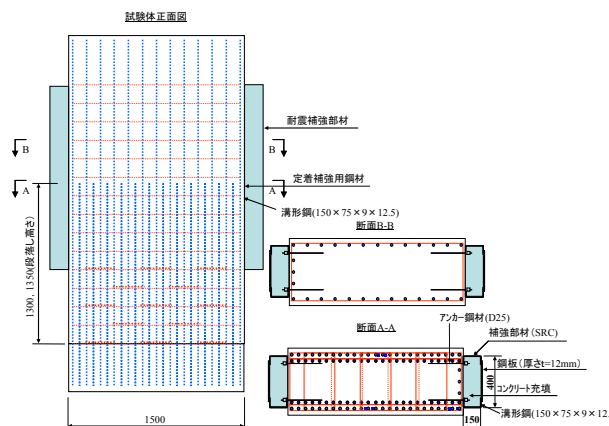
表－1 試験体諸元

供試体No.	せん断スパン(mm)	段落し高さ(mm)	軸方向鉄筋		曲げせん断耐力比	
			段落し部	基部	段落し部 V_u/V_{mu}	基部 V_u/V_{mu}
K-2	2300	1300	D10×13本	D10×25本×2段	1.18	1.98
K-4	2300	1350	D10×13本	D10×25本(最外縁) D13×25本(2段目)	1.13	2.00
						$M_{u段}/M_{u基}$
						1.02
						0.85

2. 実験概要

2. 1 試験体諸元

表－1 に試験体の諸元を、図－2 に試験体の概要図をそれぞれ示す。試験体は2体とも主鉄筋の段落し部を有しており、柱基部の主鉄筋本数の3/4を段落し位置（以下、Cutoff点）で途中定着しており、残りの1/4本数の鉄筋（以下、連続鉄筋）を試験体天端まで伸ばしている。各試験体では、段落し高さおよびCutoff鉄筋および連続鉄筋の鉄筋量を調整することで、Cutoff点の基部に対する相対的な曲げ性能を変化させている。表中、 $M_{u段}$ はCutoff点における連続鉄筋のみによる曲げ耐力であり、 $M_{x段}$ は基部に配置された全鉄筋による曲げ耐力に達した時にCutoff点で発生する曲げモーメントを表しており、 $M_{u段}/M_{x段} < 1.0$ の場合、Cutoff点が基部に先行して曲げ耐力に達することを示している。試験体は、短辺となる500mm幅を有する2つの対



図－2 試験体概要

キーワード 耐震補強, 曲げ補強, 段落し, Cutoff点, SRC部材

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目0番地 JR東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

向する面に補強部材を設置している。補強部材は、溝形鋼（ $150 \times 75 \times 9 \times 12.5$ ）2つを橋脚側面にアンカー（D25, 150mm ピッチ, 埋め込み長さ 280mm）で固定して、形鋼部材間に鋼板を渡して鋼製の箱型部材を構築した後、内部にコンクリート（設計強度 27N/mm^2 ）を充填する SRC 構造としている。全断面を有効として算定した補強部材の剛性は、既設 RC 部材の 45% 程度である。補強部材の設置範囲は、Cutoff 点上下 $1.5D$ 区間（ D : 断面高さ）としている。

2. 2 交番载荷試験方法

柱頭部の正負方向に静的に水平変位を作用させる交番载荷試験を行った。主鉄筋に貼り付けたいずれかのひずみゲージの値が、降伏ひずみに達した時点を降伏変位（ $1\delta_y$ ）として、以降は降伏変位の整数倍の変位を各変位段階毎に、正負方向 1 サイクル载荷した。

3. 実験結果

各試験体の破壊に至る損傷状況を写真-2, 3に、载荷点の荷重—変位関係を図-3に示す。両試験体ともに、柱基部の主鉄筋が Cutoff 点に先行して降伏ひずみに達した。

K-2 試験体は、 $1 \sim 6\delta_y$ において、基部から Cutoff 点までの広範囲に曲げひび割れが発生し、 $7\delta_y$ において、Cutoff 点に初めて曲げひび割れが発生した。 $8 \sim 9\delta_y$ において、基部の圧縮側かぶりコンクリートが主鉄筋のはらみ出しに伴い剥落し、その後は基部～ $1D$ 以内で X 状に形成された塑性ヒンジで回転し、変位の増加に伴い、基部のコアコンクリートが徐々に粉砕化して荷重が低下し、安定した曲げ破壊となった。基部と Cutoff 点が同時降伏の諸元にも関わらず、段落し部の損傷の進展は見られず、補強部材による曲げ補強効果が発揮されたものと思われる。

K-4 は、 $2\delta_y$ において、Cutoff 点に曲げひび割れが発生した。Cutoff 点が基部の 85%の曲げ強度であるにも関わらず、 $6\delta_y$ まで段落し部に損傷が進展することはない、補強部材による曲げ補強効果が見られた。 $7\delta_y$ 载荷中に Cutoff 点のひび割れ発生位置を上端として段落し部のかぶりコンクリートがはらみ出すと同時に耐力が低下し、その後は緩やかに耐力が低下していった。耐力が低下したのは、段落し部のかぶりコンクリートのはらみ出しによって、段落し部で途中定着されている Cutoff 鉄筋の付着が基部付近～Cutoff 点で失われ、試験体に設定された連続鉄筋のみが有効な耐力になるためである。緩やかな耐力低下領域は、有効な主鉄筋が激減した挙動になったと考えられる。

4. まとめ

基部に対する Cutoff 点の相対的な曲げ耐力が小さいかほぼ同じ試験体における試験結果から、既設 RC 部材の 45% 程度の剛性を有する SRC 部材で橋脚部材側面を補強することにより、Cutoff 点を起点とした損傷を防止することができ、本補強方法は段落し部の曲げ補強に有効であることを確認した。今後は、基部と Cutoff 点の相対的な曲げ耐力の比率や補強部材の剛性を変化させた場合の補強効果をさらに検討していきたい。

参考文献

- 1) 財団法人 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，丸善，pp.214-215，1999.10

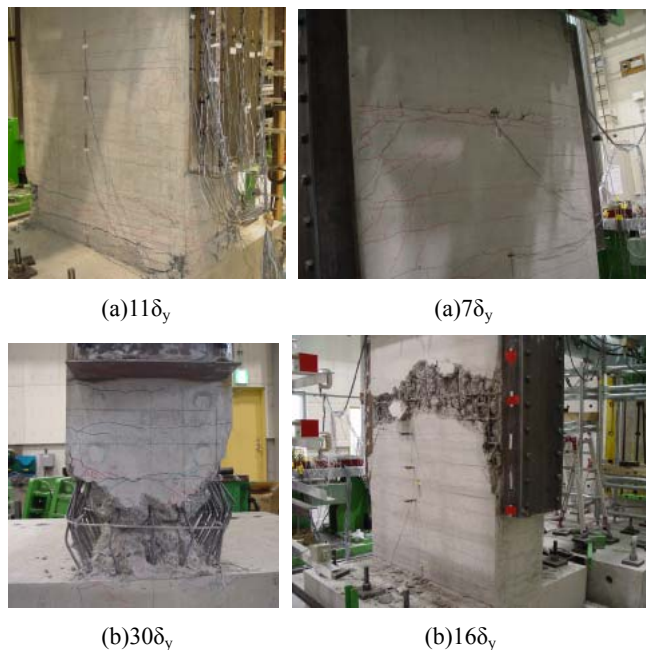


写真-2 K-2 損傷状況

写真-3 K-4 損傷状況

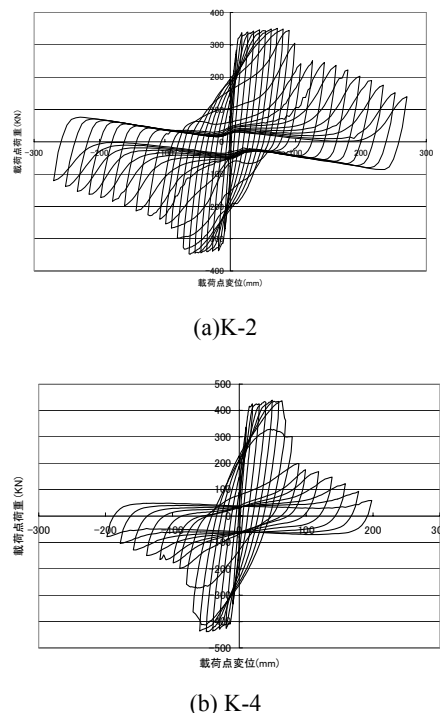


図-3 荷重—変位関係