

損傷した円形鋼製橋脚に対するコンクリート充填補修の充填高さと耐震性能に関する研究

愛知工業大学 学生会員 ○太田樹 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶
 愛知工業大学 学生会員 嶋口儀之 愛知工業大学 正会員 青木徹彦

1. 序論

鋼製橋脚は市街地の高架道路や鉄道などに多用されており、極大地震により橋脚が損傷を受けると、人命救助や災害復旧活動の妨げになる。兵庫県南部地震では、それまで耐震設計で想定されていた地震力を超えていたため、鋼製橋脚に座屈や亀裂発生などの被害が生じた。しかし、鋼製橋脚の補修方法は十分な研究が進んでおらず、損傷後の橋脚にどの程度の耐力があるかについても明らかにされていなかった¹⁾。本研究では、早期復旧が可能な補修方法の提案を目的として、コンクリート充填補修を行い、充填高さとジベルの有無による効果の違いを検証する。

2. 実験計画

円形断面鋼製橋脚を対象として、過去に本研究室で静的載荷実験を行い、基部に提灯座屈が生じた供試体に補修を行う²⁾。新品時供試体の諸元を表-1に示す。損傷前と比較して、補修後の耐力が著しく増加すると、相対的に弱くなった支承部、フーチング、アンカーボルトなどに損傷が生じるため、そのような補修方法は望ましくない。そのため本研究では、早期復旧が可能であり、補修後の耐力が損傷前の $\pm 10\%$ 以内となるような補修方法の提案を目的とする。実験では4400kNアクチュエータを、鉛直方向に2基、水平方向に1基を用いて水平繰り返し載荷を行う。

表-1 新品時供試体諸元²⁾

鋼種	STK400
外形 D (mm)	611.2
板厚 t (mm)	8.9
載荷点高さ h (mm)	2890
供試体高さ h' (mm)	2600
断面二次モーメント (mm ⁴)	7.637×10^8
径厚比パラメータ R_t	0.098
細長比パラメータ λ	0.358

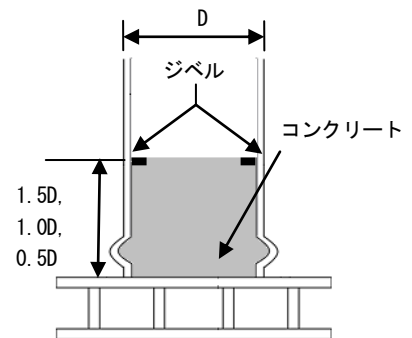


図-1 コンクリート充填補修概要図

3. 補修方法

過去に本研究室では、無損傷の鋼管供試体に対するコンクリート充填補強実験が行われた³⁾。その結果を参考とし、損傷した供試体に対し充填高さを1.5Dとしてコンクリート充填補修を施したところ、本研究の目指す補修後の最大荷重が $\pm 10\%$ に入る結果が得られた⁴⁾。しかし、充填高さが1.5Dより低い場合での耐震性能は明らかになっておらず、1.5Dでは充填高さが過剰である可能性も考えられる。そこで本研究では、充填高さを変化させ、1.5D、1.0D、0.5Dの計3種類の場合の耐震性能を調べる。また、充填高さが低くなると、充填コンクリートに対する鉛直方向の拘束力が小さくなり、コンクリートの抜け上がりが発生しやすくなる。そこで、橋脚内側にジベルを溶接することで、抜け上がりの防止策とした。1.0Dと0.5Dの供試体については、ジベルを溶接する物としない物の2種類を用意した。図-1にジベルが有る場合のコンクリート充填補修の概要図を示す。なお、充填したコンクリートの平均強度は $f_c' = 27.5 \text{ N/mm}^2$ であった。

4. 実験結果

4.1. 水平荷重-水平変位履歴曲線

水平荷重-水平変位履歴曲線の一例として、C1.0D-T9.0、C1.0D-T9.0Dを図-2に示す。図中のORGは新品時を表している。図より、補修後の供試体は、最大荷重に達した後の荷重低下が新品時と比較して緩やかであり、大きく安定した履歴を描いていることが分かる。このことから、補修後は耐力が回復し、変形性能も向上したと言える。また、図-2の(a)と(b)を比較すると、ジベルの有る供試体は、最大荷重後の荷重の低下がジベルの無い供試体に比べて緩やかであることが分かる。これは、ジベルにより充填コンクリートが抜け上がらず、鉛直軸力の一部を負担したためである。

キーワード 鋼製橋脚, 補修, 耐震性能, コンクリート充填

連絡先: 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247 TEL: 0565-48-8121, FAX: 0565-48-0030

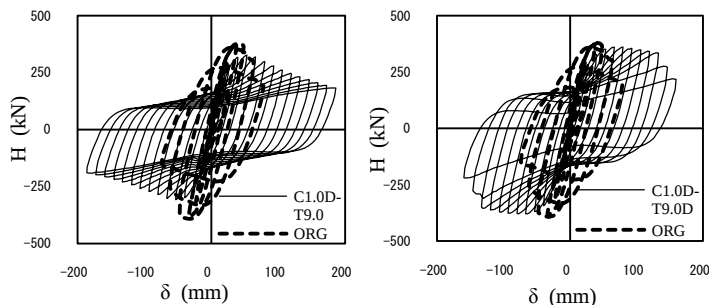


図-2 水平荷重-水平変位履歴曲線 (充填高さ 1.0D)

4.2. 包絡線

水平荷重-水平変位履歴曲線の包絡線を図-3に示す。図は、縦軸を H_y (降伏水平荷重)、横軸を δ_y (降伏水平変位) で無次元化し、▲印と■印はジベルを設置した供試体を表している。この図より、ジベルの無い供試体では、充填高さを高くするほど最大荷重は向上しており、充填高さが 0.5D の供試体を除き最大水平荷重は新品時の 80% 以上にまで回復した。ジベルの有る供試体では、充填高さが 1.0D (▲印) の場合で 96%, 0.5D (■印) の場合でも 86% に最大荷重は回復している。

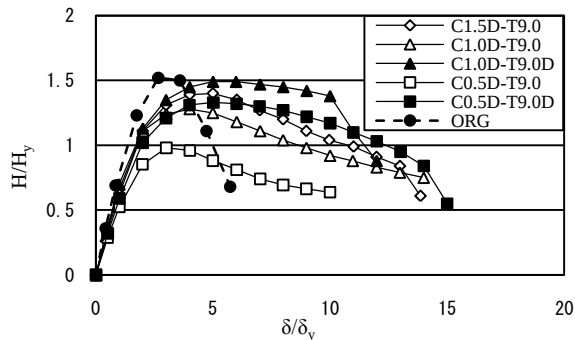


図-3 包絡線

4.3. 実験後供試体損傷状況

鋼管部については、ジベルの無い供試体では補修前に予め生じていた基部の座屈が進行し(写真-1(a)参照)、ジベルの有る供試体では基部の座屈に加え、ジベルを溶接した位置に新たに座屈が発生した(写真-1(b)参照)。充填コンクリートについては、全ての供試体で、座屈頂点付近の高さに断面全体に達するひび割れが発生していた(写真-1(c)参照)。これは、繰り返し載荷の過程で、充填コンクリートに引張力が作用した時に発生したひび割れが徐々に進行していき、断面全体に達したと考えられる。ジベルの有無で比較をすると、ジベルの無い供試体では充填コンクリートの損傷が座屈部に集中しているのに対し、ジベルの有る供試体では鉛直軸力が充填コンクリートに伝わるため、座屈部以外の箇所でも様々な損傷が見られた。これは、ジベルにより充填コンクリートの抜け上がりが拘束されるため、ひび割れが断面全体に達した後も充填コンクリートが鉛直軸力の一部を受け持っていたためであると考えられる(写真-1(d)参照)。

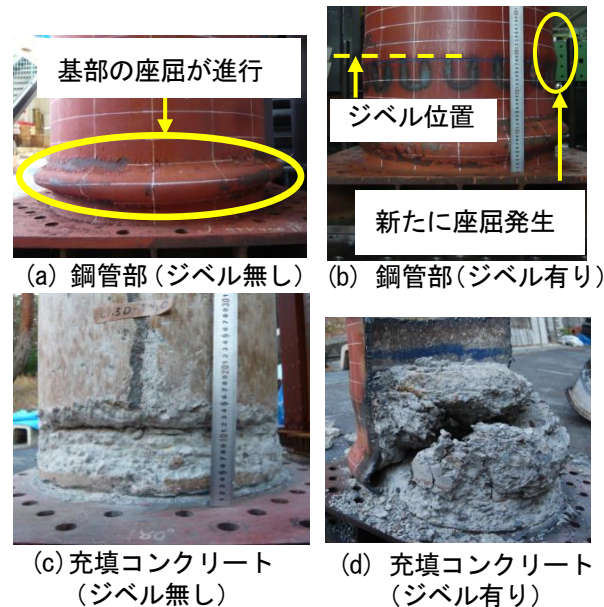


写真-1 供試体損傷状況

5. 結論

本研究では極大地震により損傷した円形鋼製橋脚の早期復旧を想定し、基部に座屈の生じた円形鋼製橋脚にコンクリート充填補修を施し、繰り返し載荷実験を行ってその耐震性能を検討した。本研究で得られた結論を以下に示す。

1) 補修後の供試体は、C0.5D-T9.0 以外では新品に対して 82~96% まで耐力が回復し、変形性能においては全ての供試体で向上した。2) ジベルが有る場合では、充填コンクリートの抜け上がりを拘束するため、ジベルの無い場合と比べ、大きな面積を描くような履歴曲線となる。3) ジベルを設けない場合では充填高さを 1.0D 以上、ジベルを設ける場合では 0.5D 以上にすることで、耐力の回復および変形性能は向上する。

参考文献

- 1) 尾松大道, 鈴木森品, 青木徹彦: 損傷した円形鋼製橋脚の補修後の耐震性能に関する研究, 構造工学論文集, Vol.52A, pp.445-453, 2006.3.
- 2) 服部宗秋, 青木徹彦, 鈴木森品: 圧縮芯をもつ鋼管橋脚の耐震性能実験, 構造工学論文集, Vol.52A, pp.465-476, 2006.3.
- 3) 森下益臣, 青木徹彦, 鈴木森品: コンクリート充填円形鋼管柱の耐震性能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.73-83, 2000.3.
- 4) M Suzuki, Y Shimaguchi, T Aoki: Residual Strength of Damaged Steel Bridge Pier with Circular Cross Section and Its Repair Method, JOINT CONFERENCE PROCEEDINGS, 7CUCEE & 5ICEE, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, March 3-5, 2010.