

既損傷円形断面鋼製橋脚におけるコンクリート充填補修実験

愛知工業大学 学生会員 ○則竹一輝 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重要構造物に多用されており、震災後の橋脚の早期復旧は人命救助、都市機能の回復のため極めて重要である。これまで既存および新設橋脚に対する補強については多くの研究がなされているが、地震により損傷した橋脚の補修とその耐震性能についての研究は少ない^{1), 2)}。本研究では早期復旧可能な補修方法として、コンクリート充填補修を提案する。過去の実験で損傷した鋼管供試体に補修を施し、その耐震性能を明らかにする。

2. 実験計画

本研究で使用した供試体は、過去に本研究室で行った実験で基部に座屈が生じた無補剛円形断面鋼製橋脚である³⁾。表-1 に新品時供試体の諸元を示す。なお、3種類の板厚について各2体ずつ用意した。損傷した橋脚に補修を施す場合、著しい耐力の増加や破壊形態が変化することは望ましくない。そこで本研究では、損傷した円形断面鋼製橋脚を対象にして、早期復旧が可能で、最大荷重が損傷前の $\pm 10\%$ の範囲に入るような補修方法を提案する。実験では、上部工重量を想定した一定鉛直荷重に、載荷梁を介し4,400kNアクチュエータを2基取り付け、地震時の上部工重量の慣性力を想定した水平荷重に4,400kNアクチュエータ1基を用いて載荷した。

表-1 新品時供試体諸元³⁾

供試体名(文献3)	R4.5-NC	R6.0-NC	R12.0-NC
供試体名(本研究)	C1.5D -T4.5	C1.5D -T6.0	C1.5D -T12.0
鋼種	SS400		
高さ h(mm)	2890		
外径 D(mm)	600.0		
板厚 t(mm)	4.26	5.90	11.9
径厚比パラメータ R_t	0.190	0.139	0.053
細長比パラメータ λ	0.351	0.354	0.316
降伏水平荷重 H_y (kN)	119	159	251
降伏水平変位 δ_y (mm)	12.8	12.9	10.1

3. 補修方法

本研究では、コンクリート充填補修を行った。過去に本研究室で行った、矩形断面に対するコンクリート充填補修では、コンクリートを充填するのみの簡易な補修方法でありながら、本研究の目指す性能に近い最大荷重が $\pm 10\%$ に入るような結果が得られた²⁾。また、充填高さの違い、ダイアフラムの有無をパラメータとして行った実験より、充填高さを1.5Dより高くしても耐震性能は際立って向上せず、ダイアフラムを設置した場合は、無しの場合と比べて最大荷重が約30%向上した⁴⁾。本研究では、補修後の耐力を新品時相当に回復することを目指した補修を行う。そのため、ダイアフラムを設置せず、コンクリートの充填高さを円形断面鋼製橋脚の外径の1.5倍となる補修方法を採用した。図-1にコンクリート充填補修の概略図を示す。

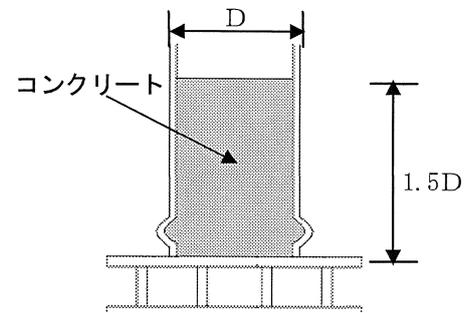


図-1 コンクリート充填補修概略図

4. 実験結果

4.1 水平荷重-水平変位履歴曲線

実験から得られた水平荷重-水平変位履歴曲線を図-2に示す。新品時(図中の破線)と補修後の最大荷重を比較すると、6体の供試体のうち5体はおおよそ $\pm 10\%$ 以内となり、1体(C1.5D-T4.5A)のみ19%増加した。また、図-2の履歴曲線を見ると、補修後の供試体は荷重が急激に低下することなく、安定した履歴を描いている。このことから、変形性能が向上したといえる。また、例えば $t=6.0\text{mm}$ の供試体(C1.5D-T6.0B)の履歴曲線は、RC柱特有のピンチ挙動と似た曲線となっている。これは、充填したコンクリートが圧縮力の一部を受け持ち、無補修の場合と比較して荷重が上昇し、変形性能が向上したためであると考えられる。

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

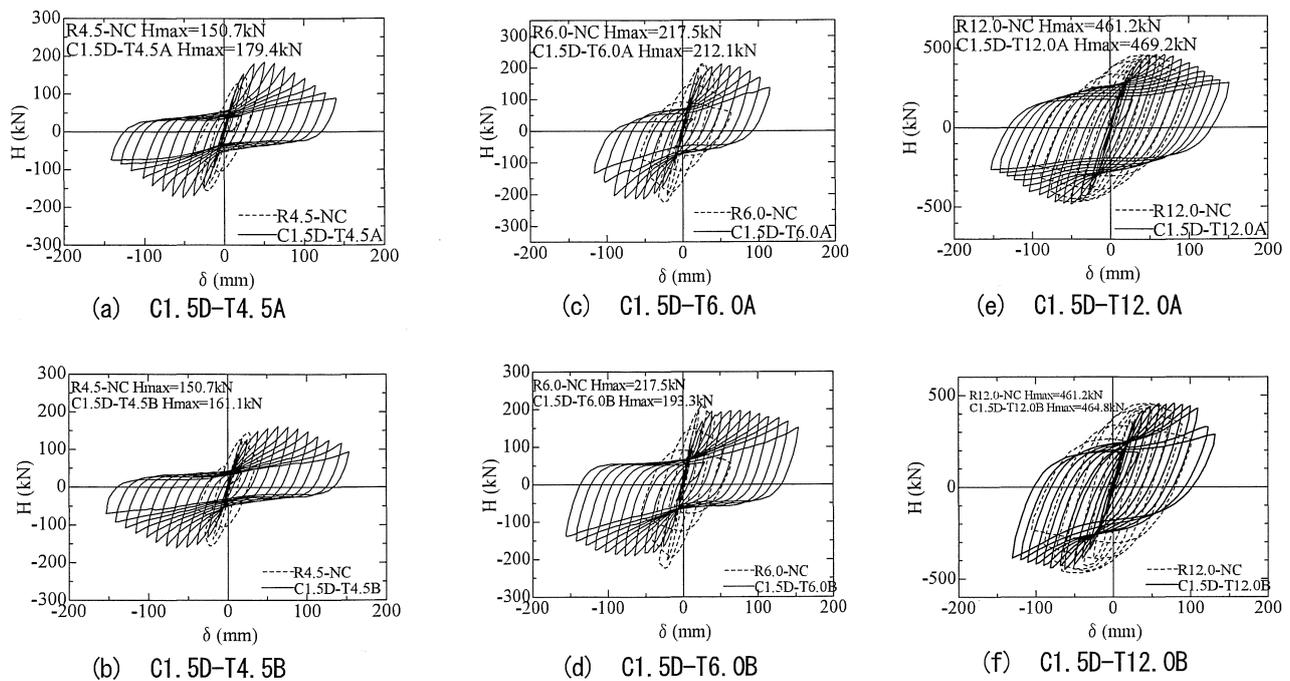


図-2 水平荷重-水平変位履歴曲線

4.2 実験後の供試体損傷状況

実験後の供試体は、補修前と同じ箇所です座屈が徐々に進行していき、 $8\delta_y$ 以上の大変形後に、C1.5D-T4.5Aを除いた供試体で、座屈の溶接部分、座屈頂部、座屈下部の3箇所いずれかにクラックの入る損傷が見られた。写真-1は、座屈頂部にクラックが生じた例である。補修前後で破壊形態が変化すると、設計段階で想定していない箇所での破壊が生じる可能性がある。今回の実験では、補修前後で破壊形態が大きく変化せず、望ましい結果であったと言える。

4.3 包絡線

水平荷重-水平変位履歴曲線の包絡線の一例を図-3に示す。図は降伏水平荷重 H_y と降伏水平変位 δ_y でそれぞれ無次元化したものである。新品時(R4.5-NC)は $2\delta_y$ 程度で最大荷重に達しているのに対し、補修後は $4\delta_y \sim 5\delta_y$ 程度で最大荷重に達している。また、新品時は最大荷重に達した後、急激な荷重低下が見られるが、補修後は低下が緩やかで、変形性能が向上している。

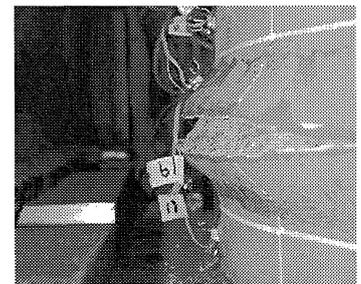
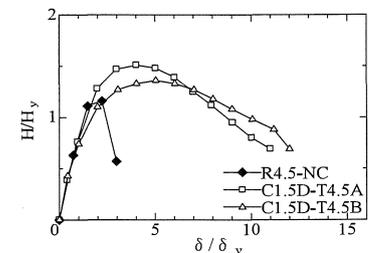


写真-1 実験後の供試体損傷状況

図-3 包絡線 ($t=4.5\text{mm}$)

5. 結論

本研究では、極大地震により損傷した円形断面鋼製橋脚の早期復旧を想定し、基部に座屈の生じた円形断面鋼製橋脚に補修を施し、その耐震性能を検討した。繰り返し載荷実験を通じて、以下の結果が得られた。

コンクリート充填補修は新品時と比較して、最大水平荷重(H_{max})は、板厚4.5mmのC1.5D-T4.5Aのみ19%増加したものの、他の供試体はほぼ $\pm 10\%$ 以内となった。全ての供試体で変形性能は約2倍以上向上した。

参考文献

- 1) 鈴木森晶, 青木徹彦, 野村和弘: 簡易補修後鋼製ラーメン橋脚の耐震性能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.135-142, 2000.3.
- 2) 尾松大道, 鈴木森晶, 青木徹彦: 損傷した矩形断面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.
- 3) 服部宗秋, 青木徹彦, 鈴木森晶: 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.
- 4) 森下益臣, 青木徹彦, 鈴木森晶: 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.