

損傷した円形鋼製橋脚に対する補修方法と耐震性能に関する考察

愛知工業大学 正会員 ○嶋口儀之 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶
 愛知工業大学 学生会員 太田 樹 愛知工業大学 学生会員 則竹一輝
 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、震災後の鋼製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非常に少ない¹⁾。本研究では、円形鋼製橋脚を対象に早期復旧可能な補修方法の提案を目的として、過去3年間にわたり行ってきた補修実験の結果から補修方法の評価を行う。

2. 補修の概要

2.1 補修に対する考え方

本研究では主として応急復旧を目的としているが、ここで提案する補修方法は支保工や筋交い等を外部に設けるようなものではなく、可能であれば恒久的な使用を視野に入れたものである。

補修を行う上で重要となるパラメータとして、最大荷重、剛性、変形性能などの回復率が挙げられる。補修部の強度が著しく増加すると、補修部近傍で座屈等が生じることが考えられ、この場合、最大荷重は増加するが、変形性能は低下する恐れがある²⁾。さらに、相対的に弱くなった支承部、フーチングおよびアンカーボルト等に新たな損傷が生じることとも考えられる。そのため、最大荷重が損傷前と同等(±10%)となり、破壊形態が大きく変化しない補修方法を目指す。また、剛性が十分に回復しなければ、応答変位が増加するだけでなく、固有周期が変化し、振動系全体としての特性が変わり、予期せぬ被害につながる恐れがある。仮に剛性が20%異なる場合、固有周期の差は10%程度であるため、剛性を損傷前の±20%まで回復できれば固有周期への影響は小さいと考える。

2.2 補修方法

本研究では基部に座屈の生じた円形鋼製橋脚³⁾に対し、コンクリート充填補修(C Type)⁴⁾、鋼板巻き立て補修(CY Type)⁵⁾、補剛材補修(TH Type)⁶⁾の3種類の補修を行った。表-1に新品時の供試体諸元、表-2~表-4に各補修方法の供試体とパラメータの一覧を示す。

コンクリート充填補修(C Type)は橋脚内部にコンクリートを充填し、基部の抵抗モーメントを増加させるとともに、座屈が内側に進行するのを抑制することを目的とした。

鋼板巻き立て補修(CY Type)は座屈部の外側から鋼板を巻き、隙間にコンクリートを充填することで外側から拘束し、座屈の進行を抑制することを目的とした。

補剛材補修(TH Type)は 損傷による曲げ剛性の低下を断面が欠損したもののみならず、補剛材を溶接して欠損した断面を補うことで、曲げ剛性を回復させることを目的とした。

キーワード 鋼製橋脚, 補修, 耐震性能

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

表-1 新品時供試体諸元³⁾

供試体 No.	1-1,1-2	2-1,2-2	3-1,3-2	4-1,4-2	5-1~5-8
鋼種	SS400				STK400
直径 D (mm)	600.0				611.2
板厚 t (mm)	4.26	5.90	8.70	11.9	8.90
載荷点高さ h (mm)	2890				
径厚比パラメータ R_t	0.190	0.137	0.084	0.053	0.098
細長比パラメータ λ	0.351	0.354	0.339	0.316	0.358
降伏水平荷重 H_y (kN)	118.5	158.5	207.1	250.7	248.1
降伏水平変位 δ_y (mm)	12.5	12.9	11.7	10.1	13.3

表-2 コンクリート充填補修供試体一覧⁴⁾

No.	供試体名	板厚(mm)	充填高さ	ジベル
1-1	C1.5D-T4.5A	4.26	1.5D	—
1-2	C1.5D-T4.5B		1.5D	—
2-1	C1.5D-T6.0A	5.90	1.5D	—
2-2	C1.5D-T6.0B		1.5D	—
4-1	C1.5D-T12.0A	11.9	1.5D	—
4-2	C1.5D-T12.0B		1.5D	—
5-1	C1.5D-T9.0	8.90	1.5D	—
5-2	C1.0D-T9.0		1.0D	—
5-3	C1.0D-T9.0D		1.0D	有り
5-4	C0.5D-T9.0		0.5D	—
5-5	C0.5D-T9.0D		0.5D	有り

表-3 鋼板巻き立て補修供試体一覧⁵⁾

No.	供試体名	鋼板巻き立て高さ	溶接
3-1	CY0.5D-600	0.5D	—
3-2	CY0.5D-600W		有り

表-4 補剛材補修供試体一覧⁶⁾

No.	供試体名	補剛材本数	補修で補う断面積
5-6	TH50-8	8	50%
5-7	TH75-12	12	75%
5-8	TH100-16	16	100%

ただし、実橋脚では溶接に適さない鋼材を使用しているものもあり、ジベルや補脚材の溶接をとまなう補修を行う場合、橋脚が溶接に適しているかどうか注意する必要がある。

3. 実験結果の評価

3.1 水平荷重-水平変位履歴曲線による評価

水平荷重-水平変位履歴曲線の一部を図-1~図-4に示す。縦軸を降伏水平荷重 H_y 、横軸を降伏水平変位 δ_y で無次元化している。図中の実線は補修後、破線は新品時の履歴を示す。

履歴曲線の形状から大きく3つのグループに分けることができる。まずは図-1 および図-2 のように大きく安定した履歴を描くグループである。これらは最大荷重が新品時と同程度まで回復し、かつ、高い変形性能とエネルギー吸収量を示しており、最も望ましい履歴である。次に図-3 のようにピンチング挙動が見られるグループである。このグループは変形性能は向上したが、横に細長い履歴を描き、エネルギー吸収量がやや小さくなっている。最後に図-4 のように新品時とよく似た履歴を描くグループである。このグループは最大荷重は増加したが、補修部の直上で新たに座屈が生じ、その後急激な荷重の低下が見られた。

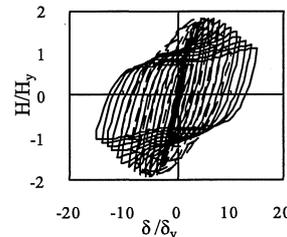


図-1 C1.5D-T12.0A

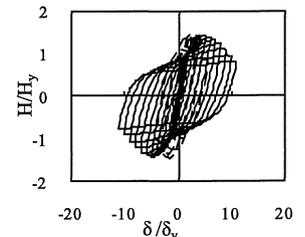


図-2 CY0.5D-600

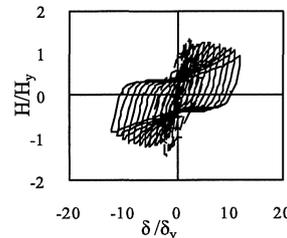


図-3 C1.5D-T4.5B

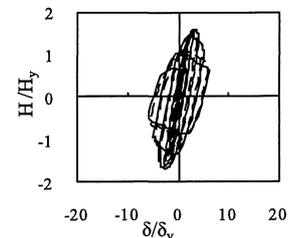


図-4 TH75-12

3.2 最大水平荷重による評価

図-5 に新品時を100%とした場合の補修後の最大水平荷重を示す。これを見ると1.5Dの高さまでコンクリート充填することで、最大荷重を十分に回復させることができる。また、C1.0D-T9.0、C0.5D-T9.0は荷重の回復が不十分であり、充填高さが1.0D以下の場合ではジベル等を設ける必要があると考えられる。鋼板巻き立て補修(CY Type)および補脚材補修(TH Type)では全ての供試体が新品時の±10%以内となった。

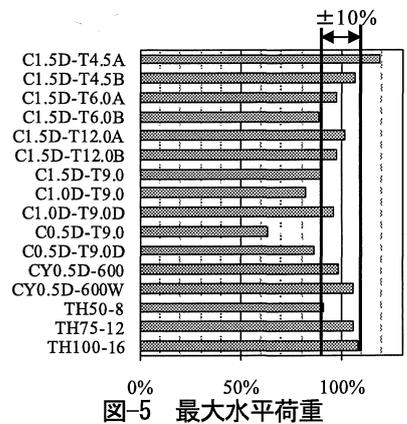


図-5 最大水平荷重

3.3 曲げ剛性による評価

図-6 に新品時を100%とした場合の曲げ剛性を示す。コンクリートを1.5Dまで充填したものは、剛性が大きく回復しており、特に板厚の薄い供試体に対して効果が大きい。またC0.5D-T9.0については剛性の回復がほとんど見られなかった。また、鋼板巻き立て補修(CY Type)では、最大荷重は十分に回復したが、剛性の回復量は小さくなっている。

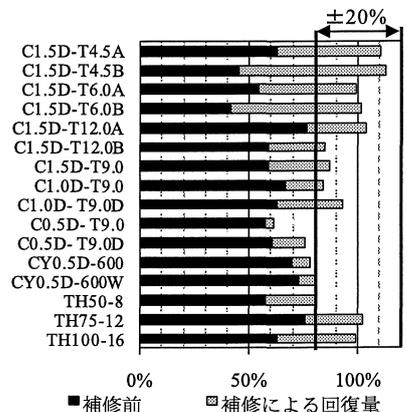


図-6 曲げ剛性

4. 結論

本研究では地震により損傷した鋼製橋脚の早期復旧を想定し、3種類の補修方法について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)最大荷重、剛性を回復させるには、1.5Dまでコンクリートを充填する方法が最も効果が高い。
- 2)橋脚の溶接性が確保されている場合、ジベルを溶接することでコンクリート充填高さを低くすることができる。
- 3)鋼板巻き立て補修を行う場合、鋼板基部を溶接により固定しなくても、十分な最大荷重が得られる。
- 4)補修後も十分な耐震性能を得るには補修部の強度を上げすぎないことが必要である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) M Suzuki,H Omatsu,A Imanaka,T Aoki: Seismic resistance capacity of repaired steel bridge piers after severe earthquake, International Conference on STRUCTURAL CONDITION ASSESSMENT, MONITORING AND IMPROVEMENT, pp.291-298,December 2005.
- 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) Moriaki Suzuki, Yoshiyuki Shimaguchi, Tetsuhiko Aoki: RESIDUAL STRENGTH OF DAMAGED STEEL BRIDGE PIER WITH CIRCULAR CROSS SECTION AND ITS REPAIR METHOD,JOINT CONFERENCE PROCEEDINGS 7CUEE & 5ICEE,pp.2011-2016,March 3-5,2010.
- 5) 嶋口儀之,鈴木森晶,則竹一輝,青木徹彦: 既損傷円形断面鋼製橋脚における鋼板巻き立て補修実験,土木学会第65回年次学術講演会講演概要集, I -70,pp.139-140,2010.
- 6) 嶋口儀之,鈴木森晶,木村聡,青木徹彦: 損傷した円形断面鋼製橋脚の修理と耐震性能に関する研究,土木学会第64回年次学術講演会講演概要集, I -596,pp.1191-1192,2009.