

損傷を有する円形鋼製橋脚の二方向繰返し载荷下でのコンクリート部分充填による補修効果に関する実験的研究

岐阜大学大学院 学生会員 ○山口拓也 瀧上工業(株) 正会員 松村寿男
中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

一般に、地震力などによりレベルの異なった損傷を受けた鋼製橋脚の補修効果を検証した実験的研究はこれまでにも多く報告されている(例えば、1)。ただし、これらの研究は一方向繰返し载荷下での補修効果の考察に限られているため、二方向繰返し载荷下での補修効果を検証することは重要と考える。それゆえ、本研究では、異なるレベルの損傷を有する円形鋼製橋脚モデルを対象として、コンクリート部分充填補修を施した後に一方向ならびに二方向繰返し载荷実験を実施し、両実験結果との比較・考察を通してコンクリート部分充填補修の効果について検証した。

2. 供試体と実験の概要

供試体は実寸大鋼製橋脚の 1/10 程度を目安とした縮小モデルを用いる。供試体の概要を図-1 に示す。供試体には STKM13A 鋼材を用い、文献 1) の径厚比パラメータ (0.11) および細長比パラメータ (0.31) に合わせ、外径寸法 (D) 244.4mm、板厚 (t) 3.2mm、有効高さ 1000mm とした。

二方向载荷装置を用いて、一定軸力(降伏軸力の 16.9%) 下ならびに一方向または二方向繰返し载荷下で、先ず鋼製橋脚モデル供試体に対して異なる変位 ($4\delta_y$, $6\delta_y$, $7\delta_y$, $8\delta_y$ のいずれかの変位) まで損傷を与える損傷実験を実施した。続いて、基部より高さ 0.5D または 1.0D まで低強度コンクリート(圧縮強度 20~30 MPa) を部分充填した後に補修実験を実施した。二方向载荷の形態としては、図-2 に示す矩形载荷を採用した。

詳細には、両载荷ともに損傷実験では表-1 に示す所定の損傷(変位)レベルまで、また補修実験では変位レベル $\pm 8\delta_y$ まで $\pm 1\delta_y$ ずつ変位を漸増減させた。ここで、 $1\delta_y$ は一方向载荷: 3.5mm、矩形载荷: 2.5mm とした。

鋼製橋脚モデルの鋼材および補修用コンクリートの材料定数および载荷軸力を表-2 に示す。

3. 実験結果の比較・考察

3.1 損傷曲線と補修曲線

一例として、矩形载荷下で $8\delta_y$ までの損傷実験、続いて 0.5D および 1.0D までの補修を施した補修実験による荷重-変位曲線を図-3 および図-4 に示す。ここでは、損傷曲線を実線、補修曲線を破線で示す。それぞれ最大荷重は損傷実験にて 50.1 kN, 51.2 kN, 補修実験は 29.5 kN, 32.8 kN であり、耐力の回復は 59 % (0.5D), 64 % (1.0D) 程度に留まっている。ただし、最大荷重後の荷重低下はほぼ見られない。ここでは割愛してあるが、一方向载荷下では、回復率は 72 % (0.5D), 84 % (1.0D) であった。これら損傷・補修実験から、矩形载荷下では、鋼管柱に与える損傷度が大きく、1.0D の補修を施してもそれほど回復効果が期待できない。

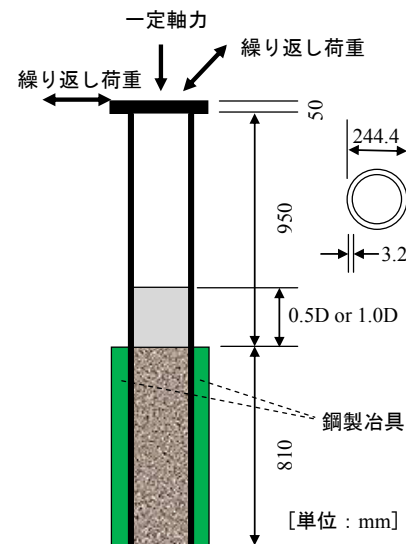


図-1 供試体概要

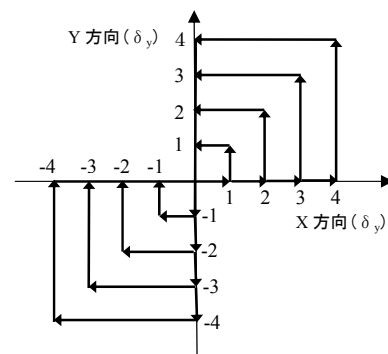


図-2 矩形载荷

表-1 損傷レベルおよび補修高さ

载荷方法	損傷レベル	補修コンクリート高さ
一方向载荷	$6\delta_y$, $7\delta_y$, $8\delta_y$	0.5D, 1.0D
矩形载荷	$4\delta_y$, $6\delta_y$, $8\delta_y$	0.5D, 1.0D

表-2 材料定数および载荷軸力

供試体	STKM13A		コンクリート 圧縮強度 [MPa]	载荷軸力 [kN]
	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]		
鋼管柱	275	495	20~30	113

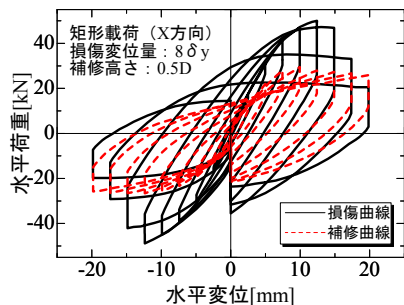


図-3 荷重-変位曲線 (0.5D)

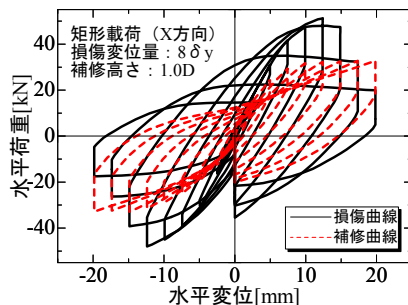


図-4 荷重-変位曲線 (1.0D)

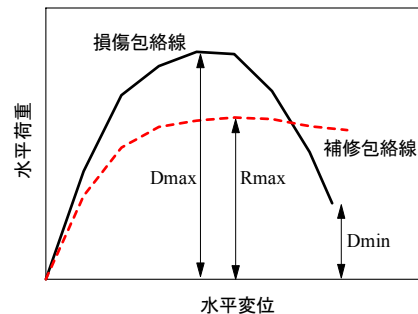


図-5 損傷度および回復度の定義

3.2 損傷度と回復度

図-5に示す、損傷曲線および補修曲線の各繰返し載荷での最大耐力点を結んだ損傷包絡線と補修包絡線とを用いて、損傷度および回復度を以下に定義する。すなわち、損傷度は損傷包絡線の最終耐力 $D_{\min}$ と最大耐力 $D_{\max}$ とを用いて $(D_{\max} - D_{\min}) / D_{\max}$ として、また回復度は補修包絡線の最大耐力 $R_{\max}$ と損傷包絡線の最大耐力 $D_{\max}$ との比 $R_{\max} / D_{\max}$ として定義する。補修レベルの違いより損傷度-回復度関係を整理した結果を図-6に示す。図より分かるように、一方向載荷(赤線)では損傷度0.3以降においても1.0Dの補修を施せば回復度0.8を保持するが、矩形載荷(黒線)においては1.0Dの補修を施しても回復度は損傷度の進展に伴い低減し続ける傾向にある。

3.3 座屈進展

一例として、 $6\delta_y$ 損傷実験および補修高さ1.0Dを施した補修実験(一方向載荷および矩形載荷)でのサイクル進展に伴う鋼管柱の座屈のはらみ出し量を図-7および図-8、実験終了時における+X軸面からの変形状態を写真-1および写真-2に示す。図中、緑線は損傷実験時、青線は補修実験時の座屈進展によるはらみ出し量の変動を示す。損傷実験、補修実験ともに一方向載荷下でののはらみ出し量よりも矩形載荷下でのそのの方が大きいことが分かる。よって、地震動による二方向外力を模擬した矩形載荷下での鋼製橋脚の耐震性能を評価する場合、 $6\delta_y$ の損傷を受けた後にコンクリートを高さ1.0Dまで充填しても座屈進展を抑制することは困難と推測できる。

4. まとめ

- 1) 軽度の損傷状態では、補修を施した場合には十分な補修効果を得られるが、損傷時の損傷を上回る損傷を補修後に受けた場合、僅かではあるが徐々に耐力が低下する傾向にある。
- 2) 損傷の程度が大きい場合には、1.0Dのコンクリート補修を施しても、矩形載荷では十分な耐力の回復は見込めない。
- 3) 矩形載荷下では、コンクリート部分充填補修を施しても外側へのはらみ出しの進展を十分に抑えることができない。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、平成25年度学部長裁量教育研究支援経費を得た。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 太田樹・鈴木森晶・嶋口儀之：異なる損傷度合の円形断面鋼製橋脚のコンクリート充填修復と耐震性能に関する研究,土木学会論文集A2(応用力学),Vol.69, No.2 (応用力学論文集Vol. 16), I_381-I_390, 2013.9.

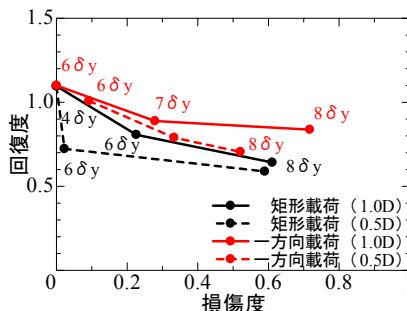


図-6 損傷度-回復度

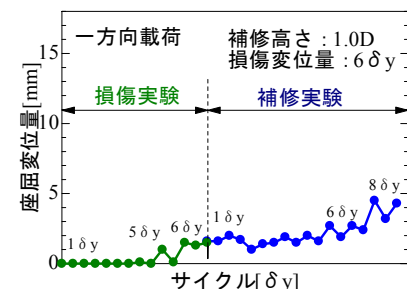
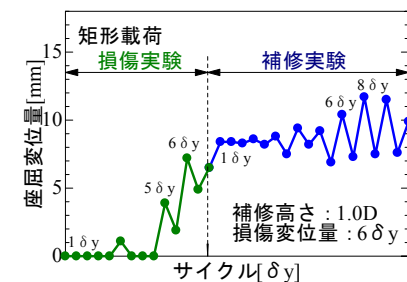
図-7 座屈進展
(一方向載荷 $6\delta_y$ 損傷・補修)図-8 座屈進展
(矩形載荷 $6\delta_y$ 損傷・補修)

写真-1 一方向載荷 (1.0D)



写真-2 矩形載荷 (1.0D)