

損傷を有する円形鋼製橋脚の二軸曲げ載荷下でのコンクリート充填補修効果について

中部大学 学生会員 ○山口拓也 中部大学 学生会員 前口剛治
 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り返し載荷下での補修効果の考察に限られているため、二方向繰り返し載荷下での補修効果を検証することは重要である。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の二軸曲げ載荷下でのコンクリート部分補修実験を実施し、その効果について一軸曲げ載荷下でのコンクリート充填補修実験結果との比較を通して検証した。

2. 供試体ならびに実験の概要

本実験で用いた供試体は、実寸大鋼製橋脚の 1/10 程度を目安とした縮小モデルである。供試体の概要を図-1 に示す。供試体は、鋼材として STKM13A 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 mm、板厚 (t) 3.2 mm、有効高さ 1000 mm とした。

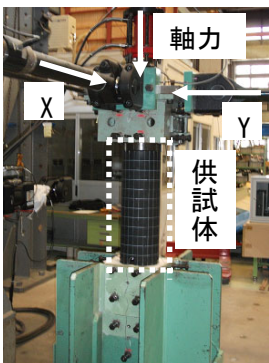


写真-1 載荷装置と供試体

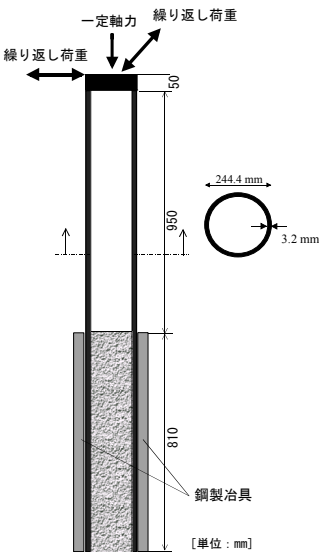


図-1 供試体の概要

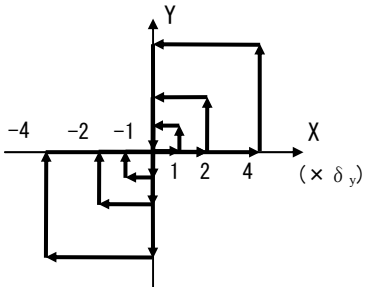


図-2 矩形載荷

写真-1 に示す二方向載荷装置を用いて一方向ならびに二方向繰り返し載荷下での損傷実験、つづいてコンクリート部分充填補修を施した補修実験を実施した。ここでは、異なるレベルの損傷、異なる高さのコンクリート部分充填補修により実験を実施した (表-1 参照)。上部構造を想定して、軸力を降伏軸力耐力の 16.9% とした。なお、二方向載荷の形態として、図-2 に示すような矩形載荷を採用した。損傷実験では、両繰り返し載荷とも表-1 に示す所定の損傷レベルまで $\pm 1\delta_y$ ずつ変位を漸増させた。一方、補修実験では、 $8\delta_y$ まで変位を $\pm 1\delta_y$ ずつ漸増させた。ここで、 δ_y は降伏変位であり、一方向載荷では 3.5 mm、矩形載荷では 2.48 mm を採用した。なお、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載荷軸力を表-2 に示す。

表-1 損傷レベルおよび補修高さ

繰り返し載荷	損傷レベル	補修コンクリート高さ (D : 外径)
一方向載荷	$6\delta_y$, $7\delta_y$, $8\delta_y$	0.5D, 1.0D
矩形載荷	$4\delta_y$, $6\delta_y$, $8\delta_y$	0.5D, 1.0D

表-2 材料定数および載荷軸力

供試体	STKM13A		STKM13A	載荷軸力 [kN]
	降伏強度 [MPa]	引張強度 [MPa]		
鋼製柱 (1~11)	275	495	20MPa~25MPa	113

3. 実験結果および考察

3.1 損傷曲線と補修曲線

補修効果を検証するため、一例として、矩形載荷下で $6\delta_y$ の損傷を与えた後にコンクリート部分充填 (0.5D および 1.0D) を施した鋼製柱の荷重－変位関係 (X 方向成分) を図-3 に示す。図中、損傷を与える実験曲線を実線、補修を施した実験曲線を破線で示す。図-3 より分かるように、 $6\delta_y$ の損傷を与えた鋼製柱の補修曲線 (補修高さ 0.5D および 1.0D) の最大耐力は概ね 35 kN~37 kN であり、損傷曲線の最大耐力 (49 kN) の 74% 程度の耐力発揮 (回復) に留まる。このことより、本実験結果の範疇では、 $6\delta_y$ までの損傷を受けた鋼製柱に対してはコンクリート部分充填高さ 1.0D の補修でもそれほど耐力回復の効果がないことが分かる。

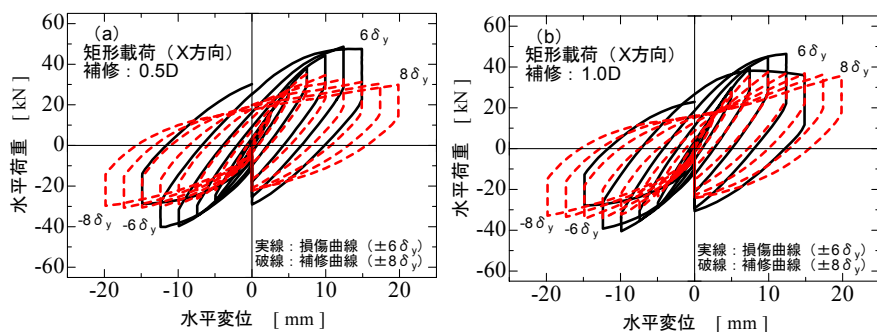


図-3 荷重－変位関係（矩形載荷：損傷レベル $6\delta_y$ ）

3.2 補修効果

(a) 損傷度と回復度

図-3の第1象限に示す、損傷曲線および補修曲線の各繰返しループでの最大耐力点を結んだ損傷包絡線と補修包絡線を図-4に示す。これら曲線により、損傷度および回復度を以下のように定義する。すなわち、損傷度は図中の損傷包絡線の最終耐力 D_{min} と最大耐力 D_{max} とを用いて $(1 - D_{min}/D_{max})$ により、一方、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}) により定義する。

載荷形態（一方向載荷、矩形載荷）および補修レベル（0.5D, 1.0D）の違いにより損傷度－回復度関係を整理した結果を図-5 および図-6に示す。これらの図より分かるように、一方向載荷では、補修レベル0.5Dでは回復度は7～8割程度までであるが、補修レベル1.0Dでは回復度は9割程度と高い。一方、矩形載荷では、補修レベル0.5Dおよび1.0Dともに回復度は5～6割程度と低い。

(b) 座屈進展

一例として、矩形載荷下での、(1) 損傷レベル $6\delta_y$ および補修コンクリート高さ0.5Dの場合、(2) 損傷レベル $6\delta_y$ および補修コンクリート高さ1.0Dの場合を対象に、鋼管基部からおよそ30mm辺りに生ずる座屈の大きさ（はらみ出し量）を図-7に示す。両ケースとも損傷レベルの変位までは、補修効果により座屈によるはらみ出し量を抑えることが出来るが、それ以降の変位を受けるとはらみ出し量が徐々に増加することが分かる。

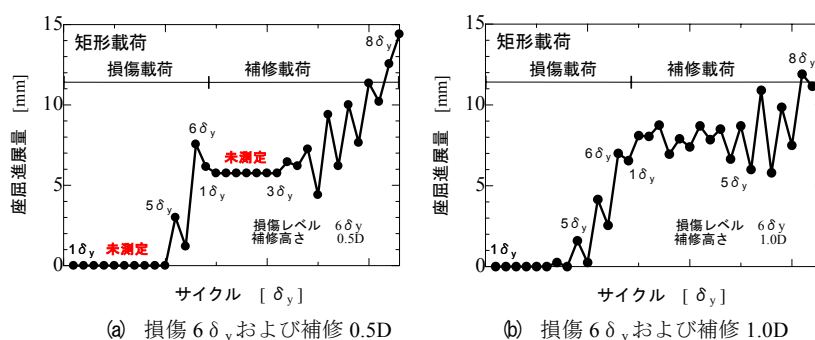


図-7 座屈進展（矩形載荷）

4. まとめ

- 1) 一方向載荷下での補修対策は、二軸載荷（ここでは、矩形載荷）下では危険側になり、その効果もない。
- 2) コンクリート部分充填補修により、座屈によるはらみ出しを抑えることが出来るが、損傷過程の最大変位以上の変位を受けると再び座屈の進展が生じ、はらみ出し量が徐々に増加する。

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（研究代表者：水野英二）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

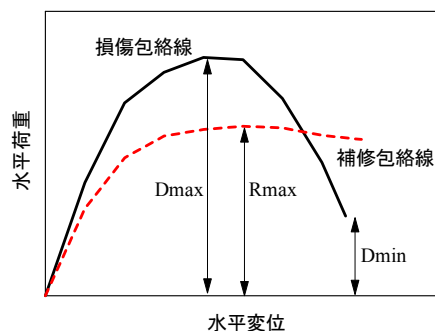


図-4 損傷度と回復度の定義

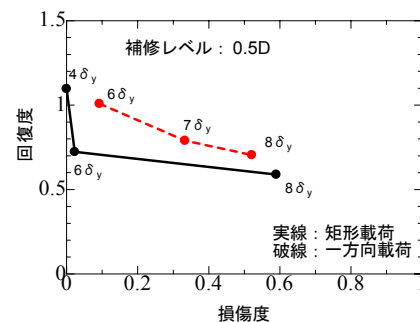


図-5 損傷度－回復度
(補修レベル：0.5D)

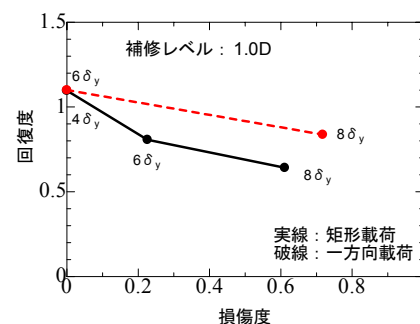


図-6 損傷度－回復度
(補修レベル：1.0D)