

被災損傷後にアラミド繊維シート巻き立てを施した RC 橋脚の耐震性能検証

寒地土木研究所 正会員 ○寺澤貴裕 佐藤 京 安中新太郎
室蘭工業大学 正会員 小室雅人

1. はじめに

地震により被災した RC 橋脚の復旧工法は、道路橋震災対策便覧（震災復旧編）¹⁾において、兵庫県南部地震による被災および復旧状況を参考に整理されている。これによると、橋脚基部の損傷が水平ひび割れやかぶりコンクリートの剥離程度の損傷に留まった場合、RC や鋼板、連続繊維シートによる巻き立てが復旧工法の選択肢となる。一方、現行の耐震性能²⁾を満たしていない RC 橋脚が被災した場合、これらの復旧工法を適用することにより復旧後に現行の耐震性能を満たす場合があると考えられる。本稿では、現行の耐震性能を満たしていない RC 橋脚を地震被災後に復旧させる場合を想定して、RC 橋脚模型に対し、正負交番载荷により限界状態 2 に相当する損傷を与えた後に、ひび割れ注入およびアラミド繊維シート巻き立てによるじん性補強を施し、再度、正負交番载荷試験を行い、耐震性能の検証を行った結果について報告する。

2. 実験概要

図-1には、検討に用いた RC 橋脚模型の配筋図を示している。RC 橋脚模型は、異形鉄筋を用いた RC 橋脚で、かつ現行の設計水平震度が設定される平成 8 年 12 月改定の道路橋示方書より以前の基準で設計された橋脚を想定して製作した。具体的には、国総研資料第 700 号³⁾に基づき、H14 道示⁴⁾により、曲げ破壊型で地震時保有水平耐力の照査が NG、すなわち、耐震補強においてじん性補強が選択されるように試設計を行い、試験装置の能力を考慮して 1/4 の縮尺模型としたものである。柱部の断面寸法は 600×600mm、柱高さは 1,800mm である。RC 橋脚模型は同じ配筋条件、配合条件のものを 2 体同時に製作した。うち 1 体は終局限界まで载荷を行い耐震性能の確認を行う基準供試体（以下、R 供試体）、もう 1 体は、正負交番载荷により限界状態 2 に相当する水平変位までの载荷を行い、柱基部に損傷を与えた後に、ひび割れ注入およびアラミド繊維シート（以下、AFRP シート）によりじん性補強を施す供試体（以下、AF 供試体）とした。AF 供試体の AFRP シートは、目付量 350g/m²、幅 500mm のタイプを使用した。アラミド繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の補強工法設計・施工要領（案）⁵⁾におけるシートの拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係を用いて、H14 道示による保耐計算を行い、地震時保有水平耐力および残留変位の照査を満たすようにシート量を設定した。AFRP シートは、写真-1 に示しているように柱基部から 1,200mm の高さまで柱周方向に 1 層巻き付けた。図-2には、载荷装置および供試体の設置状況を示している。供試体はフーチングを床に固定し、柱天端に設置したピン支承の中心部（柱基部から 2,105mm）に水平ジャッキを用いて、変位制御により交番荷重を载荷した。せん断スパン比は 3.8 である。上部工重量相当の鉛直荷重は、360 kN（応力換算で 1.0 N/mm²）とし、正負交番载荷中は一定に保つように制御した。柱基部の軸方向鉄筋ひずみが材料試験から得られた降

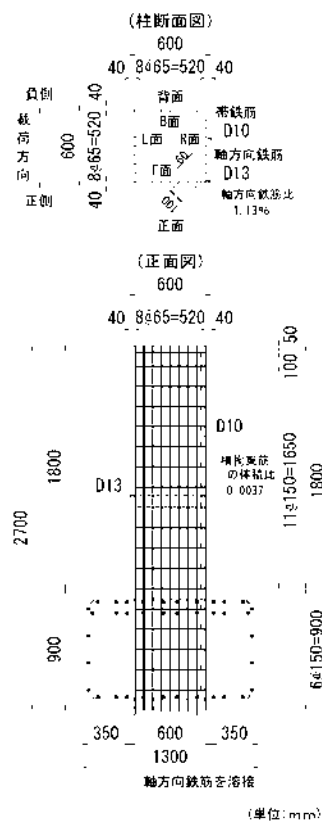


図-1 配筋図



写真-1 シートの巻き立て状況

キーワード：アラミド繊維シート、鉄筋コンクリート橋脚、正負交番载荷試験、耐震補強、被災後補修補強
連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 土木研究所 寒地土木研究所 TEL 011-841-1698

伏ひずみに達した時点の水平変位を基準変位 δ_y とし、その δ_y の整数倍に変位振幅を段階的に増し ($\pm 1\delta_y$, $\pm 2\delta_y$, ...)、同一変位における繰り返し回数を3回とした正負交番载荷を実施した。R 供試体の δ_y は 10.5mm であった。AF 供試体については、 δ_y を R 供試体と同じ 10.5mm とし、限界状態 2 に相当する損傷を与えるための载荷 (以下、载荷 1 回目) 後に、ひび割れ注入および AFRP シートによるじん性補強を施し、再度、 $1\delta_y$ から载荷 (以下、载荷 2 回目) した。なお、後述する R 供試体の限界状態評価の結果より、AF 供試体の载荷 1 回目は $3\delta_y$ までの载荷とした。実験における測定項目は、1) 载荷点の水平変位 δ と载荷荷重 P 、および 2) 軸方向鉄筋、帯鉄筋のひずみである。

3. 実験結果

図-3 には、R 供試体の降伏荷重 ($P_y = 183.5\text{kN}$) および基準変位 δ_y により無次元化した水平荷重-载荷点水平変位の関係を示している。図より本供試体は $5\delta_y$ まで水平荷重を保持していることが分かる。星隈らの手法²⁾を参考に、本供試体の限界状態 3 を $5\delta_y$ と評価し、その1つ前の载荷ステップである $4\delta_y$ を限界状態 2 とした。この結果を基に AF 供試体には、载荷 1 回目として限界状態 2 に相当する水平変位 $3\delta_y$ までの载荷を行った。図-4 には、载荷 1 回目終了後の AF 供試体の損傷状況を示している。図中の各 L, F, R, B 面は図-1 に示した定義の通りであり、F 面と B 面は载荷方向に直交する面である。損傷は水平ひび割れのほかに、L 面には水平ひび割れ間を繋ぐ斜めひび割れも確認できる。文献 1) に示されている被災度判定表と比較すると、被災度は「C: 小被害」程度となる。図-5 には、AF 供試体の载荷 1 回目の降伏荷重 ($P_y = 198.5\text{kN}$) および基準変位 δ_y により無次元化した水平荷重-载荷点水平変位の関係を示している。ひび割れ注入および AFRP シートによるじん性補強を施した後の载荷 2 回目 (図中、黒実線) では、 $7\delta_y$ まで水平荷重を保持していることが分かる。R 供試体と比較して変形性能が向上しており、AFRP シート巻き立てによるじん性補強の効果が確認できる。文献 5) によるシートの拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係を用いて、H14 道示⁴⁾による保耐計算により求めた終局変位と比較しても、十分な変形性能を有していると言える。

4. まとめ

現行の耐震性能を満たしていない RC 橋脚模型を対象に、限界状態 2 に相当する損傷を与え、その後に補修補強を施し、正負交番载荷試験を実施した。その結果、本検討に用いた RC 橋脚模型の仕様では、限界状態 2 に相当する損傷であれば、被災損傷後のじん性補強においても、現行の耐震性能が確保できることを確認できた。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路震災対策便覧 (震災復旧編) 平成 18 年度改訂版, 2007.3
- 2) 星隈順一, 塚淳一, 小森 暢行, 坂柳 皓文: 鉄筋コンクリート橋脚の地震時限界状態の評価手法に関する研究, 土木研究所資料第 4262 号, 2013.3
- 3) 玉越隆史, 白戸真大, 星隈順一, 塚淳一: 既設橋の耐震補強設計に関する技術資料, 国土技術政策総合研究所資料第 700 号, 土木研究所資料 4244 号, 2012.11
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書 (V 耐震設計編)・同解説, 2002.3
- 5) アラミド補強研究会: アラミド繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の補強工法設計・施工要領 (案), 2021.4

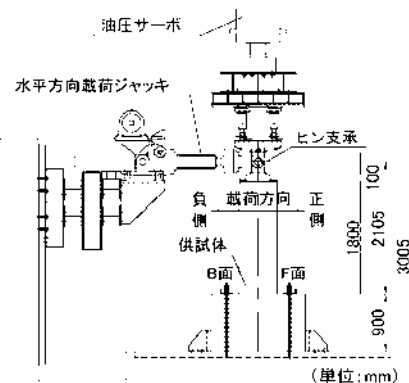


図-2 载荷装置および

供試体の設置状況

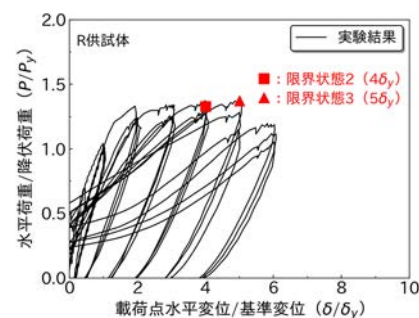


図-3 荷重-変位関係

(R 供試体)

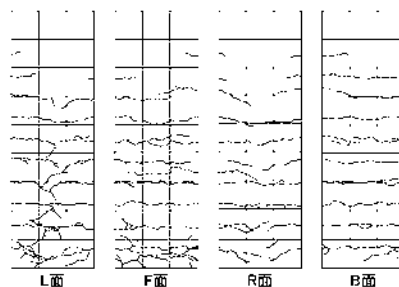


図-4 供試体の損傷状況

(AF 供試体 $3\delta_y$ 载荷後)

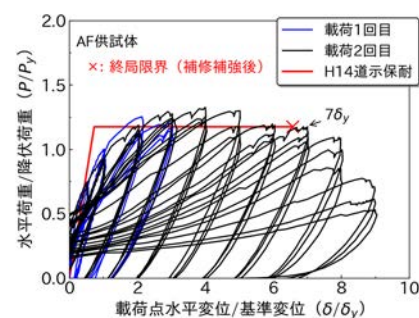


図-5 荷重-変位関係

(AF 供試体)