

耐震補強による柱部材の変形性能評価と 3 次元計測の活用に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○富吉 隆生
 宇部興産 非会員 北原 敬佑
 宇部興産 正会員 廣津 和雄

山口大学 学生会員 下瀬恒太郎
 宇部興産コンサルタント 非会員 阿部 公平
 山口大学大学院 正会員 渡邊 学歩

1. はじめに

地震やゲリラ豪雨などの自然災害により、橋梁インフラが損傷を受ける事例が頻発している。古い設計基準に準拠した橋梁構造物については、耐震補強、耐災害性能向上に向けて適切な補強対策が必要である。特に、橋梁構造物の耐震補強においては、曲げ耐力の向上のみならず、変形性能を向上させることが鍵となる。本研究では、耐震補強工法の性能確認を行うとともに、3次元レーザー測量による塑性ヒンジ長の測定の可能性にて検討を行ったので報告する。

2. 実験概要・結果

縮小模型橋脚を製作し正負交番載荷実験を行った。図-1には寸法、供試体の概要を示す。基本となる標準供試体 (KC-11) は、実橋の 1/3 縮小模型を想定し全高が 2565mm、柱部高 1865mm、断面が 400×400mm の正方形断面、下部に高さ

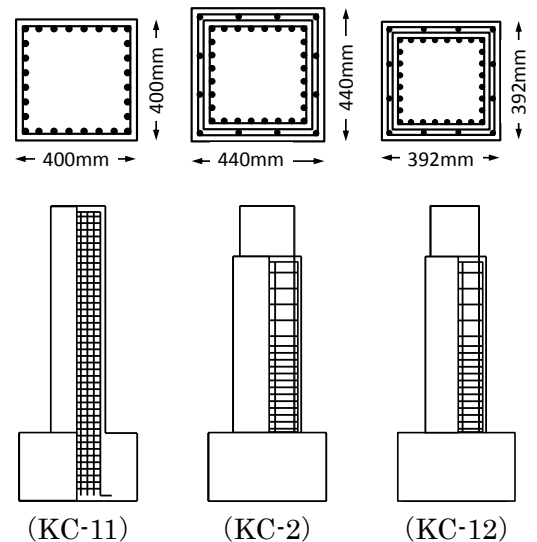


図-1 供試体の構造寸法

700mm、幅 1300mm のフーチングを有する橋脚型とした。曲げ破壊が先行するように、せん断スパン（載荷点高さ/断面幅）が 4 以上となるように設計している。標準供試体の断面に、軸方向鉄筋の追加および、PCM（ポリマーセメントモルタル）流し込みによる補強を行い計 3 体の供試体を使って実験を行った。本実験では、かぶり厚さを等しくし、最終的な断面サイズがことなる 2 体 (KC-2 および KC-12) について変形性能を調査した。表-1 には、KC-11 の標準供試体について各載荷段階における供試体の損傷を示す。また、図-2 には、各供試体の水平力-水平変位関係の履歴を示す。

いずれの供試体においても、1) 曲げひび割れが発生し、基部から上部へと移動、2) 軸方向鉄筋のはらみ出しに伴うコンクリートの剥離、3) 軸方向鉄筋の局部座屈の発生、を辿り、4) 軸方向鉄筋の破断による耐力の喪失（終局）を迎えている。

各供試体の最大耐力は、標準供試体 (KC-11) で 95.8kN、標準タイプの PCM 補強 (KC-2) で 179.0kN、スレンダータイプの PCM 補強 (KC-12) で 151.0kN となった。軸方向鉄筋を配置したことで柱としての曲げ耐力が、標準タイプで 87%、スレンダータイプで 58% ずつそれぞれ向上している。

一方、軸方向鉄筋が破断する終局段階での載荷点位置での変位（以後これを終局変位と呼ぶ）は、標準供試体 (KC-11) で 72mm、標準タイプの PCM 補強で 72mm、スレンダータイプの PCM 補強では 81mm となった。標準供試体および標準 PCM 補強タイプの供試体に比べて、スレンダータイプの PCM 補強の供試体では、変形性能（終局変位）が 13% 程度向上している。これは、補強部の軸方向鉄筋が内側に位置したことで、軸方向鉄筋の損傷が抑制され、鉄筋の破断が遅れ、終局変位が大きくなったためである。載荷実験を用いて定量的に評価することが難しい。ここでは、3次元レーザー測量により、計測した水平変位分布から塑性ヒンジ長を算出する方法を提案する。

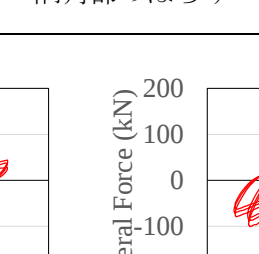
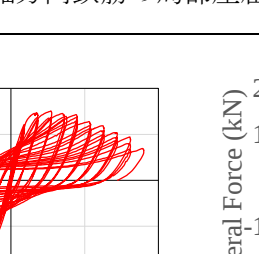
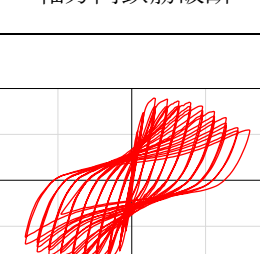
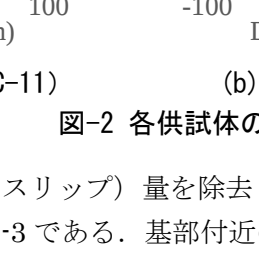
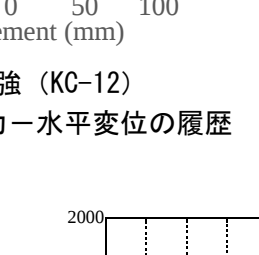
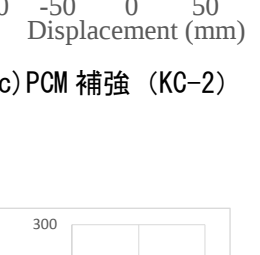
3. 3次元計測による塑性ヒンジ長の評価

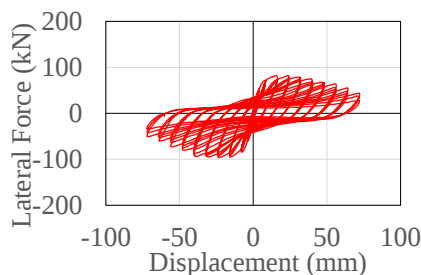
単柱式の橋脚では、地震後に基部には損傷が局所化し、塑性ヒンジと呼ばれる損傷が著しい区間が発生、塑性ヒンジを中心に柱部材が回転変形を起こすことが知られている。このため、現行の耐震設計では塑性ヒンジ長を基に終局変位を推定している。しかし、塑性ヒンジ長は本来、設計上の仮定により求められているため、キーワード 耐震補強、塑性ヒンジ長、変形性能、3次元レーザー計測、正負交番載荷試験

連絡先

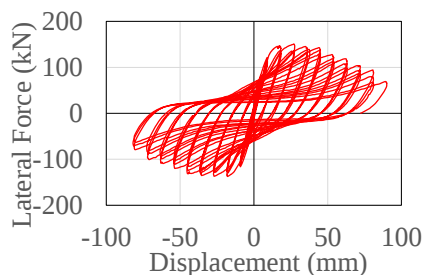
〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-161 山口大学大学院創成科学研究科 TEL 0836-85-9302

表-1 各載荷段階における供試体の損傷 (KC-11)

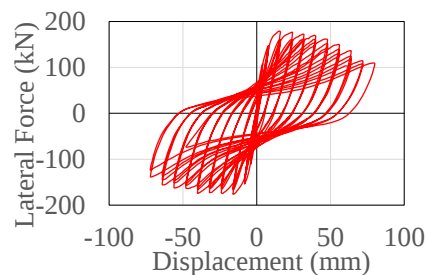
損傷過程	各載荷における特徴的な供試体の損傷		
Drift0.5% 軸方向鉄筋の降伏			
Drift1.0% 曲げひび割れ発生			
Drift1.5% 隅角部が割れる			
Drift2.0% 隅角部かぶりの剥離			
Drift2.5% 隅角部がはらみだす			
Drift3.0% コンクリートの剥落			
Drift3.5% 鉄筋が座屈・隅角部全壊			
Drift4.0% 20~30 cmまではほぼ全壊			
Drift4.5% 鉄筋 (3 本) の破断			
	曲げひび割れ発生	軸方向鉄筋のはらみ出し	かぶりの剥離
	隅角部のはらみ	軸方向鉄筋の局部座屈	軸方向鉄筋破断



(a) 標準供試体 (KC-11)



(b) PCM 補強 (KC-12)



(c) PCM 補強 (KC-2)

図-2 各供試体の水平力-水平変位の履歴

供試体基部でのずれ変形（スリップ）量を除去した各部の変形量を求めた結果が図-3 である．基部付近のある高さ位置を中心に倒れ込む形で供試体の変形しており，塑性ヒンジの形成が認められるため，変位分布の近似直線から塑性ヒンジ長を同定した．図-4 には，PCM 補強供試体の塑性ヒンジ長を示すが，損傷が落ち着いたドリフト 3%以降の平均が 125 mm となった．無補強の場合の平均値 113mm であったため，補強により，塑性ヒンジ長が長くなったことが確認出来た．

4. 結論

本研究では，縮小模型橋脚を用いた正負交番再実験によって耐震性能の確認を行った，以下に本研究で得られた結論を示す．

1) PCM 補強を行った供試体については，安定した水平力-水平変位関係が得られ，耐力の向上と安定した変形性能の確保が確認できた．また，スレンダータイプの PCM 補強供試体 (KC-12) では，耐力向上だけでなく，変形性能が向上することを明らかにした．

2) 現行の耐震設計法において変形性能を評価する際に用いる塑性ヒンジ長を，レーザー測量に基づいて求める方法を開発・提案した．これにより，変形性能が向上した PCM 補強供試体では，塑性ヒンジ長が長くなることを明らかにした．

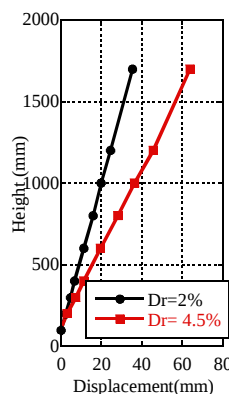


図-3 供試体の
変形分布

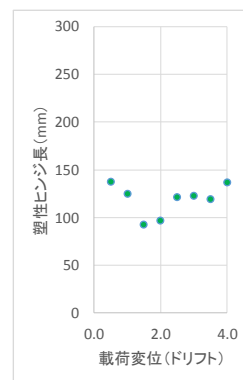


図-4 塑性ヒンジ長の
測定結果