

鉄筋を柱外周に配置して耐震補強を行った実物大RC柱の変形性能

東日本旅客鉄道株式会社

正会員

○丸山 哲郎

東日本旅客鉄道株式会社

正会員

醍醐 宏治

東日本旅客鉄道株式会社

正会員

大郷 貴之

1. 研究目的

兵庫県南部地震以降、鉄筋コンクリート（以下、RC という）ラーメン高架橋等の既設構造物の耐震補強が進められてきている。RC ラーメン高架橋の耐震補強工法のひとつとして、柱の外周に鉄筋を配置して柱の四隅で支持材により定着することにより補強する工法がある。本工法は既往の実験により補強効果について確認されているが、既往の実験は縮小試験体によるものであり、また正負交番载荷の繰返しによる影響は確認されていない。そこで、今回、水平方向の载荷の繰返し回数による影響を確認するため、実物大規模の RC 柱を模擬した試験体において静的正負交番载荷試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

試験体諸元および各試験体に使用した材料強度を表－1に、試験体の配筋および補強の概要を図－1に示す。RB-1 および RB-2 試験体は同一の諸元としている。各試験体は、補強前の曲げせん断耐力比が 0.65 程度の RC 柱を模擬し、補強を行ったものである。载荷は一定の軸圧縮応力度（0.98N/mm²）を与えた状態での静的正負交番载荷とし、水平方向に载荷した際の柱の軸方向鉄筋のひずみを計測し、軸方向鉄筋が初降伏した時の载荷点位置の水平変位を降伏変位 δ_y とし、 δ_y の偶数倍で変位制御にて繰返し漸増载荷を行った。各サイクルにおける繰返し回数は、RB-1 試験体を 1 回、RB-2 試験体を 3 回とした。

表－1 試験体諸元および材料試験結果

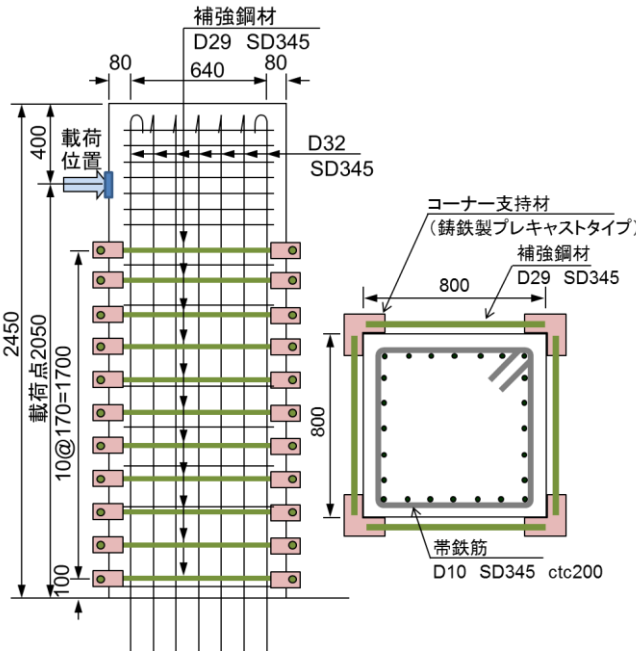
試験体 名称	断面 幅 b (mm)	断面 高さ h (mm)	せん断 スパン l _a (mm)	軸方向 鉄筋 径×本数	帯鉄筋 径・間隔 (mm)	補強 鉄筋 径・間隔 (mm)	引張 鉄筋比 ρ _t (%)	帯鉄 筋比 ρ _w (%)	補強 鉄筋比 ρ _{fb} (%)	材料強度				曲げせん断 耐力比 V _y /V _{mu}	
														補強前	補強後
RB-1	800	800	2050	D32-24	D200 ctc100	D29 ctc170	0.97	0.09	0.94	軸方向鉄筋 降伏強度 (N/mm ²)	帯鉄筋 降伏強度 (N/mm ²)	補強鉄筋 降伏強度 (N/mm ²)	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	0.66	2.19
RB-2										368.9	349.8	379.2	30.8	0.65	2.20
										368.9	364.9	381.7	27.1		

3. 実験結果

(1) 試験体損傷状況

図－2 に軸方向鉄筋降伏時および降伏荷重の実験値（P_{yexp}）を下回った時の試験体の損傷状況を、図－3 に荷重－変位曲線を示す。

RB-1 試験体は、1 δ_y で曲げひび割れが発生し、その後、柱上部から基部の圧縮縁に向かう斜めひび割れが発生した。また、柱基部と载荷点の中間あたりの帯鉄筋が降伏した。2 δ_y では斜めひび割れが発生したが、ひび割れ幅が拡大することはなく分散して発生した。4 δ_y および 6 δ_y で基部から 1D（D：断面高さ）区間のひび割れが多数発生し損傷が進展した。8 δ_y で载荷面側において軸方向鉄筋の面外方向への変形が目視で確認できるようになり、10 δ_y で軸方向鉄筋の変形が顕著になり、かぶりコンクリートが剥落し、荷重が低下した。負側の载荷においては P_{yexp} を下回った。12 δ_y で正側の载荷においても荷重が大きく低下し、P_{yexp} を下回った。破壊形態は軸方向鉄筋降伏後に塑性ヒンジが形成され、載



図－1 試験体の配筋および補強概要図

キーワード 鉄筋コンクリート、耐震補強、静的正負交番载荷試験、変形性能、繰返し回数

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター TEL 03-5334-1288

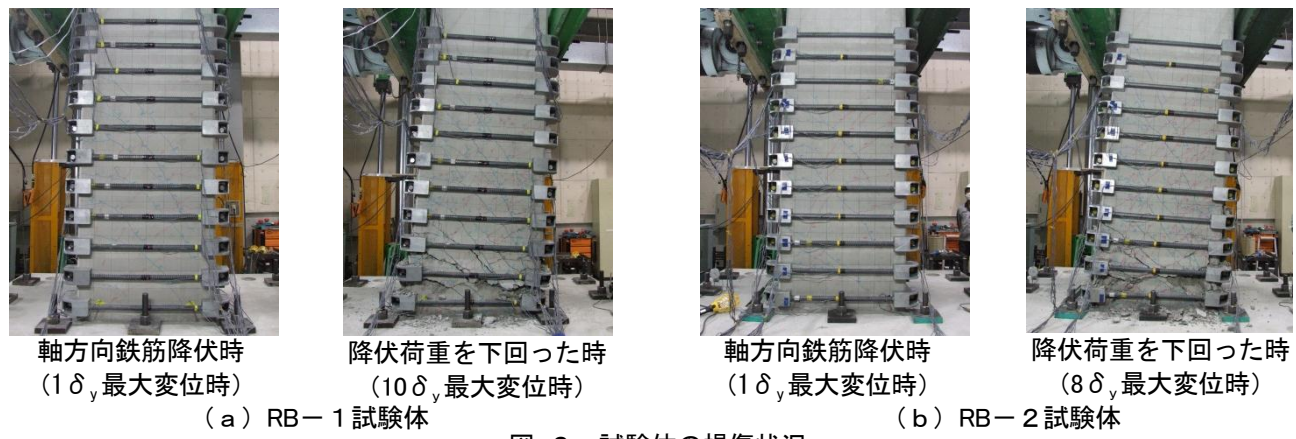


図-2 試験体の損傷状況

荷面側のかぶりコンクリートが剥落し、耐力が低下していることから曲げ破壊型といえる。

RB-2 試験体は、損傷の進展過程は RB-1 とほぼ同様であったが、載荷面側における軸方向鉄筋の面外方向への顕著な変形およびかぶりコンクリートの剥落が 6 δ_y の 3 回目の載荷で発生しており、RB-1 試験体よりも早期に荷重が低下した。破壊形態は、RB-1 と同様の破壊形態となっており曲げ破壊型といえる。

(2) 荷重と変位の関係

図-4 に RB-1、RB-2 試験体の 1 回目の載荷における荷重と変位関係の包絡線を示す。なお、図-4 の縦軸は材料特性値のばらつきによる影響をなくするため、載荷点荷重を降伏荷重の計算値 (P_{ycal}) で除して単位化したものであり、横軸については変位の実験値 δ_{exp} を降伏変位の計算値 δ_{ycal} で除して単位化している。図-3、図-4 より、4 δ_y までは RB-1 と RB-2 は概ね同様の履歴曲線となっているが、RB-1 試験体が 8 δ_y で最大荷重となったのに対し、RB-2 では 6 δ_y で最大荷重となっており、荷重が低下するのが早かった。また、荷重が低下し始めてからの荷重勾配は、RB-1、RB-2 試験体とで顕著な差は見られなかった。

(3) 変形性能

変形性能は今回じん性率 μ で評価することとし、じん性率 μ は終局変位の実験値 (δ_{uexp}) を降伏変位の計算値 (δ_{ycal}) で除して算出した。ここで、終局変位の実験値 δ_{uexp} は降伏荷重の計算値 (P_{ycal}) を下回らない最大の水平変位としている。表-2 に降伏荷重の計算値および実験値、降伏変位の計算値、終局変位の実験値、じん性率を示す。じん性率は、RB-1 試験体で $\mu=15.9$ 、RB-2 試験体が $\mu=13.4$ となっており、繰返しの影響によりじん性率が 15%程度低下しているが、寸法効果や繰返し回数の影響を含めてもじん性率 μ は 10 を上回る結果となった。

4. まとめ

本稿では、柱の外周に鉄筋を配置して柱の四隅で支持材により定着することで補強を行った実物大規模の RC 柱を模擬した試験体の静的正負交番載荷試験を実施し、各サイクルにおける水平載荷の繰返し回数が変形性能に与える影響について確認を行った。今回の試験の範囲で得られた知見は以下の通りである。

- ・ 軸方向鉄筋の面外方向への変形によるかぶりコンクリートの剥落や最大荷重となるサイクル、荷重が低下するサイクルは繰返し回数が 3 回の方が早まる傾向にある。
- ・ 変形性能をじん性率により評価した場合、繰返し回数が 1 回の試験体と比較して、繰返し回数が 3 回の試験体はじん性率が 15%程度低下する。
- ・ 実物大規模の柱でも本工法にて補強を行うことにより、破壊形態がせん断破壊型から曲げ破壊型となり、じん性率は 10 以上の大きな変形性能を有する。

表-2 実験結果

試験体 名称	計算値		実験値(正負平均)		じん性 率 μ
	降伏 荷重 P_{ycal} (kN)	降伏 変位 δ_{ycal} (mm)	降伏 荷重 P_{yexp} (kN)	終局 変位 δ_{uexp} (mm)	
RB-1	919.6	8.94	1102	142	15.9
RB-2	909.7	9.09	1144	122	13.4

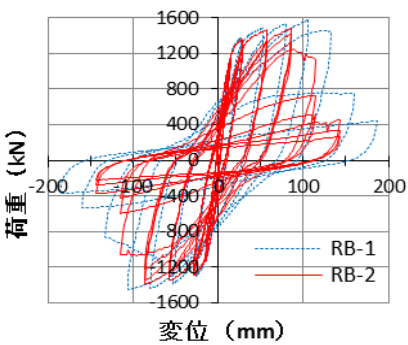


図-3 荷重-変位曲線

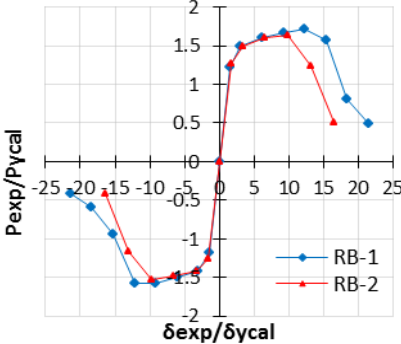


図-4 包絡線 (荷重-変位)