

耐震壁のあるRC柱に対する一面からの耐震補強効果

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○齋藤 祐樹
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 大郷 貴之

1. 研究目的

既存の鉄道 RC ラーメン高架橋には柱の間に耐震壁が構築されている箇所があり、壁や柱の耐震性能が不足している場合には、壁がせん断破壊すると同時に柱もせん断破壊してしまう可能性があることから、壁や柱の補強等が必要である。本稿では、耐震壁がある鉄道 RC ラーメン高架橋において柱を一面から補強する方法により、壁がせん断破壊した場合に同時に柱が脆性的に破壊することを防止する効果を確認することを目的として、丸鋼を用いた既存の鉄道 RC ラーメン高架橋を模擬した試験体の正負交番載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

試験体の諸元を表-1に、試験体の配筋および補強概要を図-1に示す。補強試験体は左右の柱に対して柱面の一面から補強鉄筋と補強鋼板を取り付けており、補強鋼板の厚さと補強鉄筋の材質および補強方向を変更している。試験体の壁を無視した柱のみの荷重の計算値は文献 1)により算出し、補強後の柱のせん断耐力は、上記のせん断耐力に既往の評価式²⁾に基づいて算出した補強部材が受け持つせん断耐力を加えたものとした。壁のせん断終局強度は文献 3)より算出した。載荷試験時の軸方向圧縮応力度は柱の断面に対して 0.98N/mm^2 で一定とした。正負交番載荷の載荷サイクルは、柱部のみを考慮した場合の降伏変位の計算値 6mm を基準水平変位 δ_y とし、以降は δ_y の整数倍の変位毎に3回繰返し載荷により行った。

3. 実験結果

(1) 損傷状況

各試験体の損傷状況を図-2に示す。各試験体とも $1\delta_y$ の正負載荷時に壁のせん断ひび割れと柱の曲げひび割れが発生し、その後は変位の増加とともに壁と柱のひび割れ本数が増加した。壁のせん断ひび割れは左右の柱の隅角部に貫通しており、試験体1では $3\delta_y$ の載荷時に柱のせん断ひび割れが開口して脆性的な破壊が進展した。補強試験体では、試験体2は $6\delta_y$ の正側載荷時に左柱下端のひび割れが進展し、その後の載荷でも損傷が進展したが、試験体3および試験体4では柱のせん断ひび割れはほとんど進展しなかった。

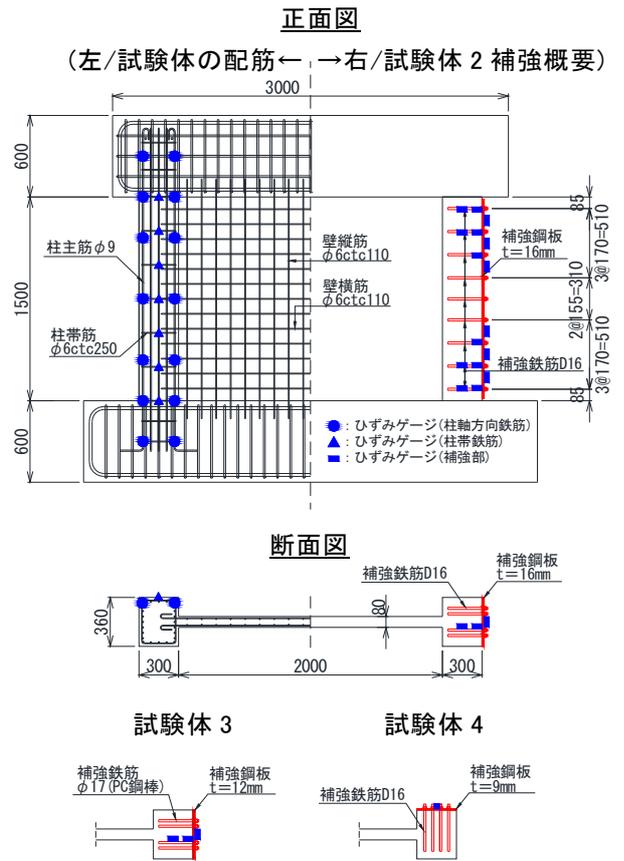


図-1 試験体の配筋および補強概要

表-1 試験体諸元および荷重の計算値と実験値

試験体	試験体諸元							計算値				実験値					
	柱			壁				補強部		柱(1本あたり)		最大荷重 (kN)	最大荷重/せん断終局強度 Q_{su}	せん断耐力 V_{yd} /最大荷重			
	断面幅 b(mm)	断面高さ h(mm)	せん断スパン比 a/d	軸方向鉄筋 径×本数	帯鉄筋 径・間隔 (mm)	縦筋 径・間隔 (mm)	横筋 径・間隔 (mm)	補強鉄筋 径・間隔 (mm)	補強鋼板 厚さ t(mm)	降伏荷重 P_{ycal} (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)				曲げせん断耐力比 V_{yd}/V_{mu} 補強前	曲げせん断耐力比 V_{yd}/V_{mu} 補強後	せん断終局強度 Q_{su} (kN)
1	360	300	2.78	$\phi 9 \times 24$ (SR235) $\rho_w=0.59\%$	$\phi 6ctc250$ (SR235) $\rho_w=0.06\%$	$\phi 6ctc110$ (SR235) $\rho_s=0.64\%$	$\phi 6ctc110$ (SR235) $\rho_s=0.64\%$	—	—	86.4	104.8	1.01	—	667.3	912.1	1.37	0.11
2								$D16 \times 4ctc170$ (SD345) $\rho_w=1.30\%$	t=16mm (SS400)	86.9	492.3	1.03	4.90	682.4	907.0	1.33	0.54
3								$\phi 17 \times 4ctc170$ (SBPR1080/1230) $\rho_w=1.48\%$	t=12mm (SS400)	87.7	1320.7	1.06	12.76	710.3	968.7	1.36	1.36
4								$D16 \times 4ctc170$ (SD345) $\rho_w=1.56\%$	t=9mm (SS400)	88.1	724.8	1.07	6.88	723.1	1005.5	1.39	0.72

キーワード 耐震壁, 鉄筋コンクリート柱, 変形性能, 丸鋼, 耐震補強方法, 正負交番載荷

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 TEL03-6276-1251



試験体 1 (6 δ_y 正負 1 回載荷後)

試験体 2 (10 δ_y 正側 1 回目載荷時)

試験体 4 (10 δ_y 正負 1 回載荷後)

図-2 試験体の損傷状況

(2) 荷重-変位関係

各試験体の最大荷重および柱 1 本あたりのせん断耐力を最大荷重で除した値を表-1 に、各試験体の 1 回目の載荷における荷重-変位関係の包絡線を図-3 に示す。本稿では、最大耐力点以降の耐力低下時に、水平荷重が柱 2 本分の降伏荷重を維持できる最大変形点までは柱が変形性能を有していると評価することとした。いずれの試験体も 1 δ_y から 2 δ_y の載荷時に最大荷重を示しており、最大荷重はせん断終局荷重の計算値の 1.3 倍程度であった。その後の載荷では水平変位の増加とともに荷重が急低下し、試験体 1 では 5 δ_y の負側載荷時に水平荷重が柱 2 本分の降伏荷重の計算値を下回った。一方、3 体の補強試験体では 6 δ_y 以降は荷重の低下が緩やかとなり、10 δ_y でも水平荷重が柱の降伏耐力以上を維持していたことから、高い変形性能を有していることが確認された。

(3) 鉛直変位-水平変位関係

図-4 に各試験体の柱の鉛直変位と載荷点における水平変位の関係を示す。試験体 3 と試験体 4 は左右の柱の鉛直変位量にほとんど差が見られないため、左柱のみを記載した。鉛直変位は、各載荷サイクルの正負 1 回目が終了した後に水平変位を 0mm まで戻した時点での値を示しており、値の符号は負側が部材が短縮する方向である。水平変位は、各載荷サイクルでの最大水平変位を示す。試験体 1 では 4 δ_y 時に右柱で、5 δ_y 時に左柱で短縮が発生していた。これらの短縮は、試験体 1 の左右の柱に発生したせん断ひび割れが進展したためであると考えられる。また、荷重-変位関係では高い変形性能を示していた試験体 2 では 8 δ_y の載荷時には左柱の短縮が発生し、以降の載荷でも左柱の短縮が進行したが、右柱は短縮していなかった。試験体 3 および試験体 4 では試験終了まで柱の鉛直変位の短縮は確認されなかった。

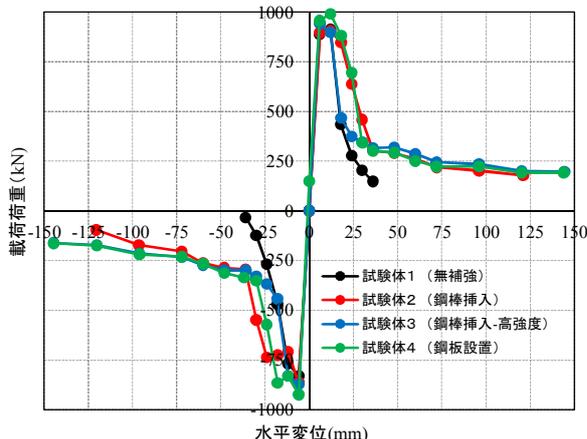


図-3 荷重と変位の包絡線

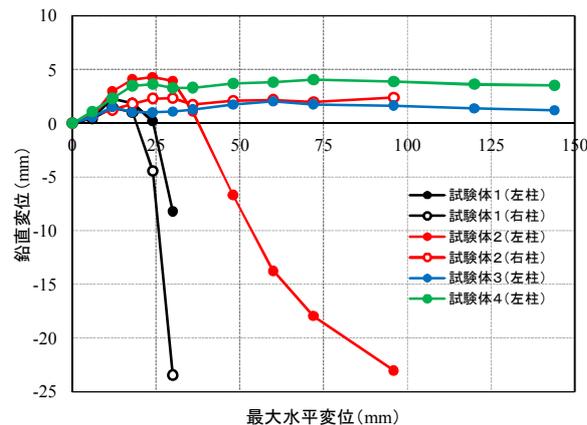


図-4 鉛直変位と最大水平変位の関係

4. まとめ

耐震壁のある鉄道 RC ラーメン高架橋を模擬した試験体の正負交番載荷試験を実施し、補強鉄筋と補強鋼板を用いて一面から補強する方法の効果を確認した。今回の試験の範囲で得られた知見は以下の通りである。

- ・一面から補強する方法により最大荷重後の柱の脆性的な破壊を防止し、変形性能を改善することができる。
- ・最大荷重は壁のせん断終局強度の計算値以上となるが、補強の有無による差は生じていない。
- ・柱 1 本のせん断耐力の計算値が載荷試験時の最大荷重の 5 割程度の場合には柱の鉛直変位に短縮が発生するが、7 割程度以上とした場合には短縮が発生しない。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），丸善，1999.10
- 2) 東日本旅客鉄道株式会社：維持管理マニュアル 2 補修・補強編 耐震補強設計施工マニュアル，2015.7
- 3) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準，三栄印刷，2001.10