

定着体を有する補強鉄筋による柱一面からの耐震補強に関する実験的検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○細川 良美
東日本旅客鉄道(株) 正会員 小林 寿子

1. はじめに

都市部の鉄道 RC ラーメン高架橋などでは、高架下が店舗などで利用されている箇所、柱全周から補強できない RC ラーメン高架橋柱に適用される工法の一つとして、一面耐震補強工法¹⁾がある。

従来工法では、図-1 のように異形鉄筋を補強鉄筋として挿入した RC 柱の変形性能が向上することが確認されている²⁾。今回は、従来とは異なる補強方法による柱試験体の変形性能を交番載荷試験により確認したので報告する。

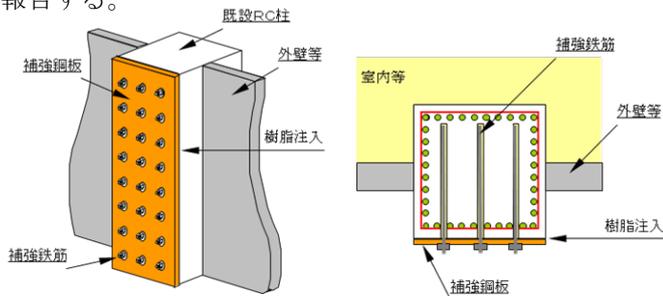


図-1 一面耐震補強工法の概要

2. 試験概要

表-1 は試験体の諸元、図-2、図-3 は試験体寸法および補強概要図である。補強方法をパラメータとして3試験体の試験を行った。寸法および配筋は共通で、部材寸法を実物の 1/2 程度のスケールとした。軸方向応力度は、鉄道用 RC ラーメン高架橋の柱軸力を想定し、0.98N/mm² とし補強鉄筋と平行方向に載荷を行った。

No.1 は、補強前の基準試験体であり 1D (D:断面高さ) 区間の耐力比を 1.05 とした。No.2 は、No.1 を従来工法で補強したもので、既往の補強工法で定められている耐力比を 2.0 以上となるよう異形鉄筋を配置した。No.3 は、異形鉄筋ではなく丸鋼を使用し端部に定着体を設け³⁾補強材本数を No.2 の 1/2 に減らした試験

体である。丸鋼を使用することで鉄筋周面の付着を切り、引張力が作用した際に定着体の支圧力により抜け出しを防止することで母材コンクリートの圧縮強度に依存させることで安定した引抜き耐力が期待できる。No.2, No.3 については、1D 区間の耐力比を 2.38 と 1.57 とした。

本試験における試験体の製作は、既往の研究²⁾より製作方法の違いによる損傷状況の違いが見られなかったということから、コンクリート打設前にあらかじめ補強鉄筋をセットしてからコンクリートを打設した。また、RC 柱と補強鋼板の間は、従来工法と同様にエポキシ樹脂を 3mm の厚さで充填し接着した。

載荷は、最外縁の軸方向鉄筋が降伏ひずみに達した

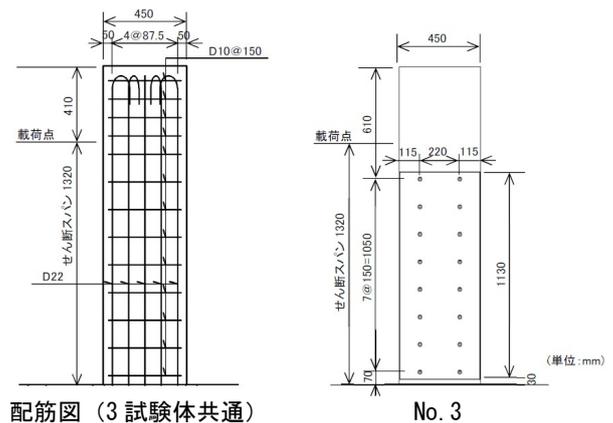


図-2 試験体配筋および補強概要図

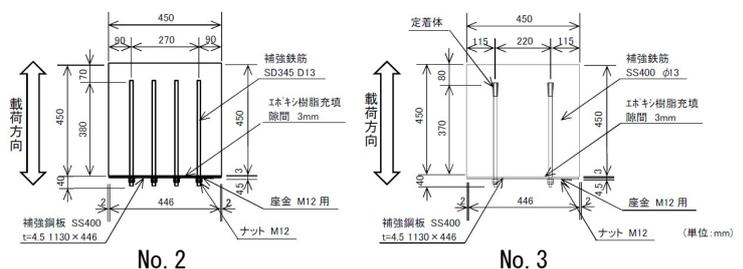


図-3 試験体断面図

表-1 交番載荷試験の試験体諸元

試験体 No.	断面寸法 幅(mm)×高さ(mm)	主鉄筋			帯鉄筋		補強用鋼板		補強材料				軸力 (N/mm ²)	耐力比 (V _y /V _{mu}) 1D区間
		径	本数 (本)	引張鉄筋最外縁の鉄筋(本)	径	ピッチ (mm)	鋼板厚さ (mm)	材質	径	材質	ピッチ (mm)	本/段		
1	450×450	D22	16	5	D10	150	—	—	—	—	—	—	—	1.05
2							4.5	SS400	D13	SD345	150	4	0.98	2.38
3							4.5	SS400	Φ13	SS400	150	2	1.57	

キーワード 耐震補強, RC 柱, 正負交番載荷, 変形性能

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地 TEL 048-651-2552

時の荷重点の水平変位を降伏変位 δy とし、以降、 δy の整数倍の水平変位で荷重を行った。また、各サイクルでの繰り返し回数は1回とした。

各試験体に使用したコンクリート、鉄筋および鋼板の材料試験結果を表-2に示す。

表-2 材料強度 (単位: N/mm²)

試験体No.	コンクリート圧縮強度		軸方向鉄筋	帯鉄筋	補強鉄筋	補強鋼板
	柱	フーチング	降伏強度	降伏強度	降伏強度	降伏強度
1	23.8	25.3	369.4	384.6	—	—
2	23.8	25.3	369.4	384.6	389.2	319.2
3	30.2	31.6	393.5	355.5	332.3	351.2

3. 試験結果

3.1 試験体の損傷進展状況

交番荷重試験の結果を表-3に示す。図-4は、試験体の損傷状況であり、各試験体の荷重-変位曲線の包絡線上で、降伏荷重を下回らない最大変位（以下、終局変位 δu とする）時付近を示す。

No.1は荷重開始後、基部付近から徐々に曲げひび割れが70~150mm程度の間隔で発生し、曲げひび割れから進展した斜めひび割れが対角の基部付近まで発生した。その後、4 δy 荷重時に斜めひび割れ幅が急激に拡大し終局変位となった。

No.2, No.3については、基部付近から70~150mm程度の間隔で曲げひび割れが発生した。その後、曲げひび割れから進展した斜めひび割れが確認されたが、対角の基部周辺までは進展しなかった。終局変位時には、軸方向鉄筋のはらみだしによって、鋼板のない荷重面側のかぶりコンクリートが剥離・剥落した。No.2では基部から450mm高さ、No.3では700mm高さまでのコンクリートの損傷が大きく見られた。

表-3 交番荷重試験結果

試験体No.	計算値			実験値			
	降伏荷重	最大荷重	降伏変位	降伏荷重	最大荷重	降伏変位	終局変位
	Pyc (kN)	Pmaxc (kN)	δy_{cal} (mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	δy (mm)	δu (mm)
1	252.1	315.8	7.67	289.8	354.2	10.3	40.0
2	252.1	315.8	7.67	273.2	358.1	8.10	65.2
3	276.2	342.9	7.46	310.8	385.3	9.97	60.2

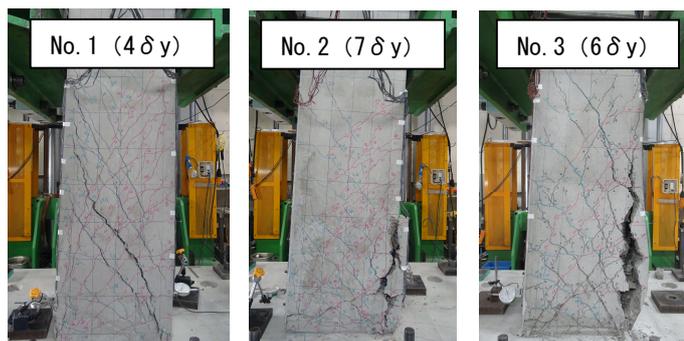


図-4 降伏荷重を下回らない最大変位時の損傷状況

3.2 荷重-変位関係

図-5は、各試験体の荷重-変位曲線の包絡線（正負平均値）を示す。

No.2, No.3ともにNo.1と比較して変形性能の改善を確認することができた。また、No.2, No.3の変形性能は同程度であり、靱性率 ($\delta u / \delta y_{cal}$) はNo.2で8.50, No.3で8.07と同程度となり、丸鋼に定着体を設けた補強材を使用することで本数を従来の1/2としても同程度の変形性能が得られることが確認できた。計算値 (δy_{cal}) を用いたのは実験値 (δy) の誤差を取り除くためである。

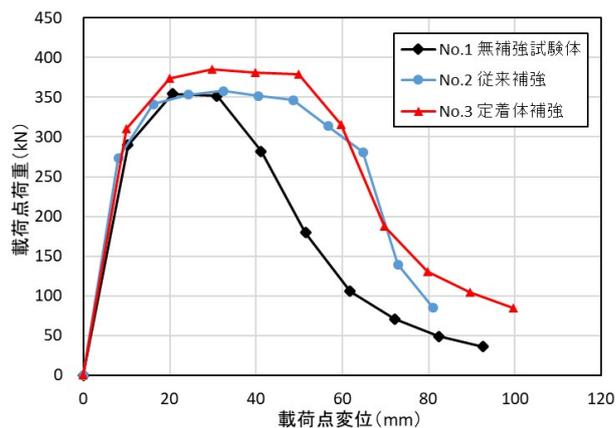


図-5 荷重-変位曲線の包絡線

4. まとめ

RC ラーメン高架橋の柱部材を模した今回の試験体における補強材料と平行方向に荷重を行った正負交番荷重試験で得られた知見を以下に示す。

- (1) 異形鉄筋を使用し耐力比を2.38とした試験体と丸鋼に定着体を設け耐力比を1.57とした試験体いずれも、無補強に対して変形性能は同程度の補強効果があることを確認した。
- (2) 丸鋼に定着体を設けた補強材を使用することで従来の補強よりも施工本数を減らすことができる可能性を見出すことができた。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道(株): 維持管理マニュアルII 補修・補強編 耐震補強設計施工マニュアル 鉄筋コンクリート構造物編, 2007.12
- 2) 小林薫, 石橋忠良: RC柱の一面から施工する耐震補強工法の後挿入鉄筋の補強効果に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.683, V-52, pp.91-102, 2001.8
- 3) 小林薫, 鈴木雄大, 平林雅也, 伊藤隼人: テーパ型ナットをPC鋼棒定着体としたあと施工アンカー工法に関する検討: コンクリート工学年次論文集, vol.38, No2, 2016