

V-320

鋼板と貫通ボルトを用いて補強した RC 柱の交番載荷試験について

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○竹谷 勉
 JR 東日本 東京工事事務所 正会員 相沢 文也
 JR 東日本 建設工事事務所 正会員 中根 理
 JR 北海道 工務部 正会員 小西 康人

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC とする）部材のせん断破壊による脆性的な破壊を避けるための耐震補強方法として、高架橋柱等において鋼板巻き補強が用いられている。しかし、大規模地下駅の RC 中柱においては、供用状態が複雑であることから、鋼板巻き補強では仕切り壁の取り壊しや支障物移転等が必要となる。そこで今回、鋼板と貫通ボルトを用いることにより仕切り壁の取り壊し等を不要とする補強方法を考案し、その補強効果を確認するために、供試体による正負水平交番載荷試験を行ったので報告する。

2. 試験概要

2.1 供試体

表 1 に供試体の諸元、表 2 に材料強度、図 1 に供試体の形状を示す。補強方法は図 2 の通り、柱の両側に鋼板を取り付け、柱を削孔してボルトを貫通させ、ナットにより固定した。供試体の寸法は実物の 1/2 モデルとし、配筋、形状については、実構造物の補強対象中柱の各種諸元を考慮して決定した。柱断面は $400 \times 400 \text{ mm}$ で、軸方向鉄筋は D19 を 16 本、帯鉄筋は D10 を 300mm ピッチで配置した。貫通ボルトの断面積は、せん断耐力比（表 1 欄外**参照）が 1 を上回るように決定した。なお鉄筋と貫通ボルトは SD345、鋼板は SS400（厚さ $t=3.2 \text{ mm}$ ）、コンクリートの設計基準強度は 27 N/mm^2 とした。ひずみゲージは鋼板と鉄筋に、フーチング天端より 300mm ピッチで配置した。

2.2 載荷方法

載荷はフーチング天端より 950mm の高さで、正負の水平力交番載荷とした。本試験は地下駅中柱を想定しているため、実構造物の補強対象中柱が受けている平均的な軸力である、一定の軸方向力 4.9 N/mm^2 を載荷している。柱部材の降伏は軸方向鉄筋が、予め引張試験により得られた降伏ひずみ 2000μ に達した時点とし、このときの載荷点の水平変位を降伏変位 δ_y 、水平荷重を降伏荷重 P_y とした。載荷パターンは、軸方向鉄筋の降伏までは荷重制御で 1 サイクル（押しと引きで 1 サイクル）の載荷、その後は降伏時変位 δ_y の整数倍の変位段階で各々変位制御で 3 サイクルの載荷とした（No.0 は 1~2mm ずつの変位制御で 1 サイクル）。

表1 供試体設計諸元

供試体 No.	貫通ボルト		せん断*	せん断	貫通ボルトと 載荷方向の関係
	配置	本数	耐力(kN)	耐力比**	
0	—	—	253.9	0.65	（無補強）
1	D16 ctc.300	6	402.3	1.03	平行
2	D22 ctc.600	4	398.6	1.02	平行
3	D16 ctc.300	6	663.8	1.69	直角
4	D22 ctc.600	4	663.8	1.69	直角

*せん断耐力はコンクリートの設計圧縮強度 $\sigma_{ck}=27 \text{ N/mm}^2$ 、鉄筋の設計引張降伏強度 $f_{syd}=343 \text{ N/mm}^2$ で計算。**せん断耐力比はせん断耐力と曲げ耐力の比 $S_u \cdot a / M_u$ (S_u :せん断耐力、 M_u :曲げ耐力、 a :せん断スパン)。

表2 材料の強度

種類	規格	降伏強度	引張強度	降伏ひずみ		
		(N/mm ²)	(N/mm ²)	(μ)		
鋼板	SS400	268	432	1302		
鉄筋	SD345	386	566	2000		
コンクリート		圧縮強度(N/mm ²)				
供試体 No.		0	1	2	3	4
		20.2	32.8	33.6	34.9	23.9

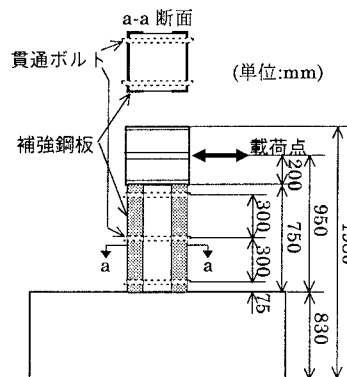


図1 供試体形状(No.1)

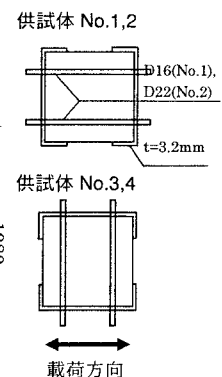


図2 補強方法

キーワード：交番載荷試験、地下駅中柱、耐震補強、高軸力

連絡先：〒151 東京都渋谷区代々木 2-2-6 TEL:03-3320-3482, FAX:03-3372-7980

3. 試験結果

3.1 破壊形態

図3に供試体のひび割れの例、図4に補強鋼板のはらみ出し量の例を示す。

各供試体ともせん断ひび割れが入ったが、供試体 No.3,4 では荷重方向から見た面に、部材軸に沿った縦方向のひび割れが入り、軸方向鉄筋が外側にはらみ出して耐荷力を失った。鋼板内側の状態は、ボルト間隔が大きい No.2,4 は No.1,3 と比較してボルト周囲でのひび割れが顕著だった。

各供試体とも貫通ボルトの周囲は鋼板の変形が小さく、上下端およびボルト間においては比較的大きな変形が見られた。

3.2 荷重－変位曲線

図5に供試体 No.0 の荷重－変位曲線の包絡線、図6に荷重－変位曲線の例、表3に供試体の終局変位とじん性率を示す。ここで終局変位は、荷重が降伏荷重を下回ったときの変位とする。

供試体 No.0 は、水平変位 12mm の荷重時に荷重が降伏荷重を下回った後、26mm の荷重時に帯鉄筋の定着部のフックが外れ、せん断ひび割れが進展し、耐荷力が大幅に低下し、やがて主鉄筋が座屈する形で耐荷力を失った。No.1,2 は曲げ降伏以降 $5\delta_y$ の荷重まで降伏荷重以上を保持し続けた。No.3,4 は $3\delta_y$ の荷重時に荷重の急激な低下が見られた。

また、貫通ボルトの間隔が小さい No.1,3 は No.2,4 と比較して終局変位が大きかった。

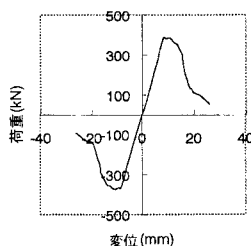


図5 荷重－変位曲線の包絡線(No.0)

4. まとめ

本試験において得られた点を以下に示す。

- ①荷重方向と平行な貫通ボルトにはせん断補強効果があり、変形性能の向上を図ることができる。
- ②貫通ボルトの本数を増やすことで、終局変位が大きくなる。
- ③荷重方向に対する側面に補強鋼板をつけた場合、部材軸に沿った縦方向のひび割れが入る。

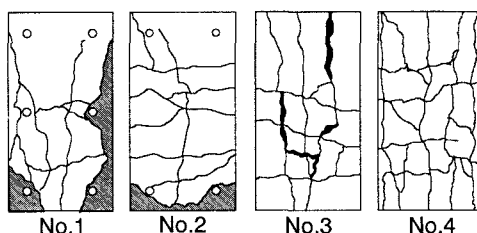


図3 供試体のひび割れ概略(荷重方向から見た面)

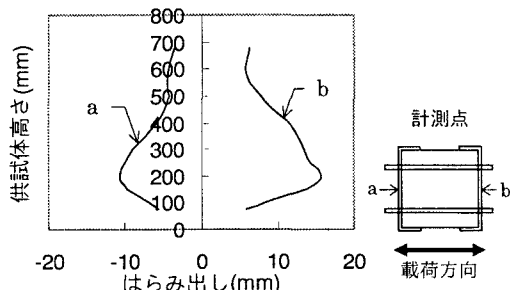


図4 補強鋼板のはらみ出し量(No.1)

表3 各供試体の終局変位・じん性率

供試体 No.	降伏荷重 P_y (kN)	降伏変位 δ_y (mm)	終局変位 δ_u (mm)	じん性率 $\mu = \delta_u / \delta_y$
0	36.8	4.5(8.3)*	11.3	2.5(1.4)*
1	37.8	4.5(6.6)	34.1	7.6(5.2)
2	36.1	4.5(5.5)	29.0	6.4(5.3)
3	37.6	4.5(7.0)	23.7	5.3(3.4)
4	37.5	4.5(8.0)	17.1	3.8(2.1)

*括弧内は降伏変位の実験値と、それを用いたじん性率を示す。

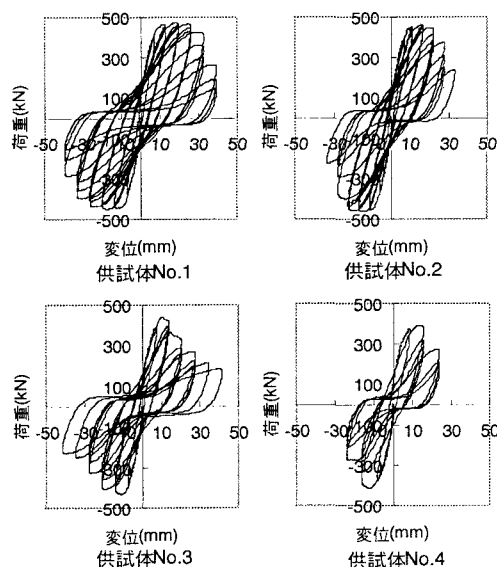


図6 荷重－変位曲線の例