

複数の機械式定着を有する PC 鋼棒による靱性補強効果

(株) 大林組 正会員 ○田中 浩一

(株) 大林組 正会員 江尻 譲嗣

1. 目的

古い設計基準ではコンクリートの許容せん断応力度が高かったため、カルバートのような既存 RC 構造物の壁状部材では面外方向にせん断補強筋がない場合が少なくない。したがって地震時の繰返し荷重によりせん断破壊する可能性がある¹⁾。このような場合の補強方法は、例えば山村らの研究²⁾や岡本らの研究³⁾のように壁を削孔してせん断補強筋を補う方法がある。本研究では、あと施工せん断補強の削孔本数を低減するために、両端に複数の機械式定着を有した PC 鋼棒をせん断補強筋として使用し、これによりせん断破壊先行を曲げ破壊型へ移行させた場合の変形性能と破壊性状について正負交番載荷実験により確認した。

2. 実験概要

試験体の構造配筋図を図-1 に示す。試験体の断面形状はいずれも幅 1000mm、断面高さ 750mm とした。パラメーターはせん断補強筋の種類、施工法である。試験体 RC では、せん断補強筋を予め配置した。試験体 M1 では、せん断補強筋を有しない断面に複数の機械式定着（写真-1）を両端に設けた PC 鋼棒をあと施工により配置した。試験体の諸元を表-1 に示す。いずれの試験体もせん断耐力、せん断余裕度（せん断耐力／曲げ耐力）が等しくした。両試験体のせん断余裕度はいずれも約 2.0 である。試験体 M1 のせん断耐力は土木学会式により与えられるコンクリート寄与分と、PC 鋼棒の降伏を仮定して求めたせん断補強筋寄与分に低減係数（ α ）を乗じた値の和とした。この低減係数は別途行ったせん断実験⁴⁾から定めた。

試験体 M1 の製作は実際の施工と同様とした。削孔はコアドリルで削孔深さが主鉄筋の手前になるよう管理し、貫通させていない。PC 鋼棒に用いた機械式定着（丸ナット）を写真-1 に示す。丸ナット間の距離は 50mm とした。PC 鋼棒の挿入は、削孔内部へモルタルを予めポンプで注入した後に行った。そのためモルタルはポンプで注入後、自立できるほどの硬さとなるよう硬練りにした。コンクリートとモルタル、および鉄筋と PC 鋼棒の材料試験結果をそれぞれ表-2、表-3 に示す。

載荷方法は、せん断スパン比（ a/d ）を 2.91 として正負交番載荷とした。

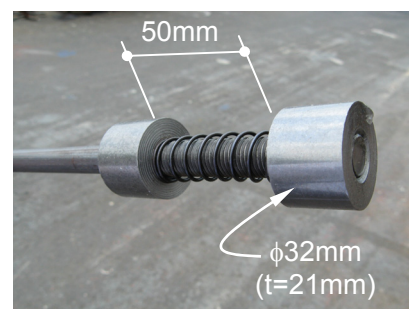


写真-1 機械式定着の形状

表-1 試験体の諸元

		試験体	
		RC	M1
断面	断面幅: B (mm)	1000	1000
	断面高さ: D (mm)	750	750
	有効断面高さ: d (mm)	690	690
引張鉄筋	種類: (—)	D25	D25
	本数: (本)	8本	8本
	引張鉄筋比: p_t (%)	0.54%	0.54%
せん断補強筋	種類と本数: (—)	4本-D16	4本-φ13
	ピッチ: (mm)	200	250
	帯筋比: p_w (%)	0.40%	0.21%
	降伏強度: σ_y (N/mm ²)	345	1080
	低減係数: α (—)	—	0.60
せん断耐力	拘束応力: $\alpha \cdot p_w \cdot \sigma_y$ (N/mm ²)	1.37	1.38
	コンクリートの負担: V_c (kN)	556	556
	せん断補強筋の負担: V_s (kN)	822	826
	せん断耐力: V_u (kN)	1379	1382
	作用せん断力: P_y (kN)	682	682
	せん断余裕度: V_u/P_y (—)	2.02	2.03

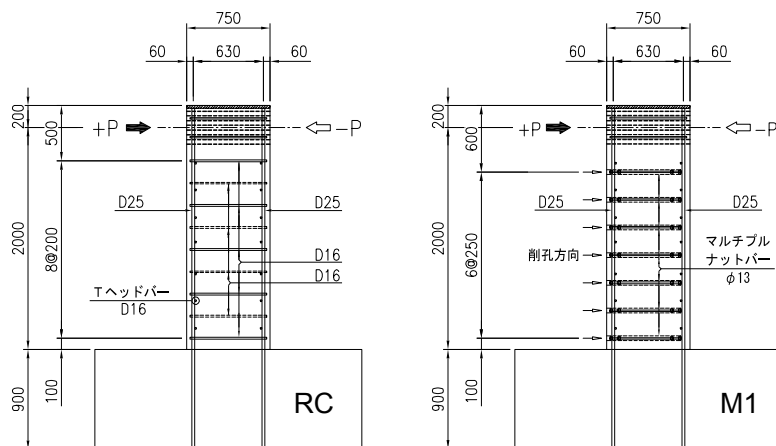


図-1 試験体の形状寸法および配筋

キーワード せん断、耐震補強、面外せん断、高強度、地下構造物、あと施工せん断補強筋

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株) 大林組技術研究所 TEL 042-495-1111

表-2 実験結果の一覧

試験体	主鉄筋降伏 ^{*1)}				主鉄筋はらみだし ^{*3)}		かぶり剥落 ^{*5)}		靱性率	
	降伏荷重 (kN)	降伏変位 (mm)	変位 (mm)	塑性率 ^{*4)}	変位 (mm)	塑性率 ^{*4)}	変位 (mm)	塑性率 ^{*4)}	終局変位 (mm) ^{*6)}	靱性率 ^{*4)}
RC	正 696.3	正 8.80	正 54.0	6.00	正 54.0	6.00	正 54.0	6.00	正 62.2	6.34
	負 -682.5	負 -8.64	(cycle) (1)		(cycle) (3)		(cycle) (3)		(塑性率) (6.91)	
	平均 689.4	平均 8.72	負 -45.0	5.00	負 -45.0	5.00	負 -45.0	5.00	負 -57.0	
M1	正 704.1	正 8.95	正 36.0	4.00	正 45.0	5.00	正 45.0	5.00	正 50.6	5.57
	負 -655.1	負 -8.03	(cycle) (3)		(cycle) (2)		(cycle) (2)		(塑性率) (5.62)	
	平均 679.6	平均 8.49	負 -45.0	5.00	負 -45.0	5.00	負 -45.0	5.00	負 -50.2	
		$\delta y^{*2)}$ 9.00	(cycle) (1)		(cycle) (2)		(cycle) (2)		(塑性率) (5.57)	

*1): 鉄筋の材料試験結果に基づいた降伏ひずみ(1950 μ)に達したときで定義。

*2): RC試験体の実験値から定めた変位制御に用いる降伏変位

*3): 目視により確認。

*4): 変位制御用の降伏変位(9mm)で除してもとめた値。

*5): 主鉄筋の座屈に伴った広範囲なかぶりの剥落。

*6): 水平変位が9mmのときの水平荷重を690kN、鉛直荷重を1500kNとしてP- δ 効果を考慮した降伏荷重を下回ったときで定義。

3. 実験結果

実験結果一覧を表-1に、各試験体の荷重-変位関係包絡線を図-2に示す。主鉄筋はらみだし(主鉄筋座屈開始)時点、降伏荷重を下回った時点の変位を降伏変位で除した値(塑性率)はRC試験体とM1試験体ともほぼ同じ値となっている。このことから、両端に複数個の機械式定着を設けたPC鋼棒をあと施工により配置した場合の変形性能と破壊性状は、せん断余裕度の等しい鉄筋コンクリート構造とほぼ同じといえる。しかしながら、図-3に示した履歴吸収エネルギーと変位の関係から、M1試験体では塑性率5以降はRC試験体よりもエネルギー吸収が低下する。これは塑性率5で主鉄筋に沿ひ縦ひび割れが大きく開き、荷重-変位パスが逆S型に移行したためである。

4. まとめ

あと施工補強筋にはせん断補強効果はあるものの、主鉄筋を取り囲んでいない不完全な配筋であり、主鉄筋の座屈に伴うはらみ出しを抑制する効果は小さい。補修が難しい地下構造物を補強するには、復旧性の観点から座屈開始点より手前の応答に留める必要がある。

参考文献

- 1) 曽良岡宏ほか：地中ボックスカルバートの変形性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.3，pp.1123-1128，2001.7
- 2) 山村賢輔，清宮理：開削トンネル擁壁部のせん断力に対する鉄筋差込による耐震補強効果，土木学会論文集，No.777/VI-65，pp.37-51，2004.12
- 3) 岡本晋ほか：後施工プレート定着型せん断補強鉄筋の既設地下コンクリート構造物への実施適用，土木学会第63回年次学術講演会講演概要集，VI-124，pp.247-248，2008.9
- 4) 田中浩一ほか：複数個の機械式定着を有するPC鋼棒によるせん断補強効果，土木学会第65回年次学術講演会講演概要集，V-624，pp.1247-1248，2010.9

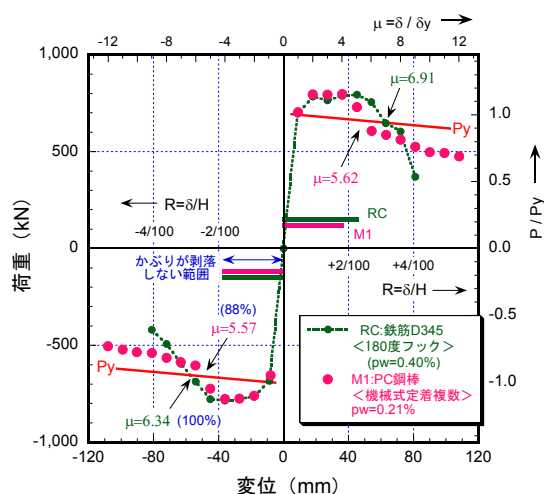


図-2 荷重-変位関係

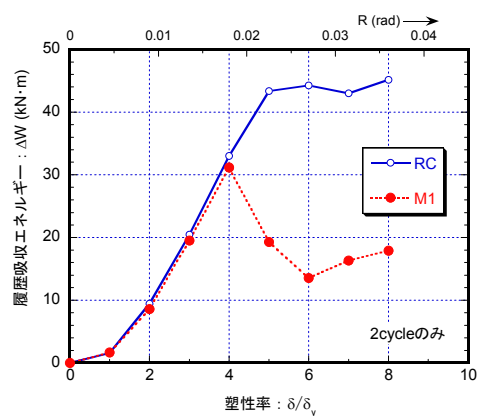


図-3 履歴吸収エネルギーと塑性率