

I - B 99

高強度せん断補強鉄筋を用いた場所打ちコンクリート杭の水平載荷試験

（その1：一定軸力での試験結果）

日本鉄道建設公団 正会員 菅原 篤
同 上 伊藤 真
鉄道総合技術研究所 正会員 戸塚 信弥
同 上 正会員 棚村 史郎

1. はじめに

兵庫県南部地震を契機に構造物の耐震設計では、従来に比べ一般に大きな地震動を考慮することとしている。杭基礎では一般に杭体のじん性能に期待した設計が合理的であり、この場合杭頭部のせん断補強鉄筋量が増加し、過密な配筋となる傾向にある。水中でのコンクリート打設となる場所打ち杭ではコンクリート充填にパイプレータが使えず、鉄筋かごの外側に密実なかぶりコンクリートを形成するのが難しく杭体の品質が懸念されるが、その対策として高強度鉄筋を採用し施工性を改善する方法が考えられる。本稿では高強度せん断補強鉄筋を使用した模型杭で、一定の軸力下において水平交番載荷試験を実施し、杭の曲げ耐力及び変形性能について実験的検討を行ったので、その概要を報告する。

2. 試験概要

試験供試体は実杭(φ1000)を元に図-1に示す 1/2 スケール(断面積比)で、杭部材の杭頭から反曲点までをモデル化した。実際の杭基礎の曲げモーメント分布及び既往の杭体変形性能に関する試験を参考にせん断スパン比を3とし、曲げせん断耐力比が概ね同じとなるよう配筋を選定した。この場合、高強度せん断補強鉄筋は700N/mm²の換算強度で必要鉄筋量を算定した。また地震時における杭の作用軸力の変化を考慮し、試験パラメータとして軸力とせん断補強鉄筋強度を設定した。表-1及び2に供試体の諸元、使用鋼材特性を示す。なお本稿では一定軸力下での試験結果を報告する。

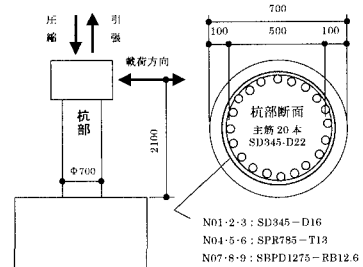


図-1 供試体の概要

表-1 供試体の諸元一覧

試験体	コンクリート	主鉄筋	せん断補強鉄筋	軸圧縮力
No.	(N/mm ²)	規格	鉄筋比(%)	(N/mm ²)
No. 1	27.9			10.0
No. 2	28.3			-4.0
No. 3	23.7			10.0~4.0
No. 4	23.7	SD345	2.02	10.0
No. 5	29.0	-D22	(20本)	-4.0
No. 6	33.3			6.0~0.0
No. 7	28.1			10.0
No. 8	30.8			-4.0
No. 9	33.1			10.0~4.0

表-2 鋼材の材料試験結果

鋼材種類	呼び名	降伏点強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)
SD345	D22(No3以外)	409	613	1.94
	D22(No3)	397	589	1.95
	D16(No1,2)	379	557	1.90
	D16(No3)	397	569	1.89
SPR785	T13	852	1046	2.01
SBPD1275	RB12.6	1370	1485	2.25

載荷方法は、一定軸力（10.0 または -4.0N/mm²）状態で正負交番の水平変位制御による片持ち柱加力方式とした。載荷サイクルは部材変形角 1/1000、1/400 で正負各 1 回載荷後、1/200、2/200、4/200、6/200、8/200、10/200 を正負各 3 回順次繰返し載荷した。載荷終了は主筋の破断等により急激な耐力低下を生じるまでとした。なお変形角が 10/200 を越えても荷重が低下しない場合は、載荷装置の限界変位である 12/200 まで載荷した。

計測事項として、変位関係は柱の載荷点位置での変位（水平・鉛直）及び 1/2 高さでの水平変位と、脚部回転角算定のため脚部の拔出し変位等を計測した。またひずみに関しては主鉄筋での高さ方向分布（フーチング内を含む）と帯鉄筋における分布状態を計測した。

3. 試験結果と考察

荷重と変位（P～δ）履歴曲線を図-2～5に示す。水平荷重載荷に伴う供試体の損傷の進展状況は、載荷軸力種別毎にほぼ同じ傾向を示している。図-2～4に示す一定の圧縮軸力を載荷した供試体（No1,4,7）では、水平変位が 40mm（部材変形角 4/200）程度で圧縮縁のかぶりコンクリートの圧壊・剥離に伴い荷重が徐々に低下した後に、主筋の破断により大きな耐力低下を生じている。図には実材料強度で算出した計算

キーワード：杭、変形性能、高強度鉄筋、載荷試験、一定軸力

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 TEL 03-3506-1861 FAX 03-3506-1891（菅原）

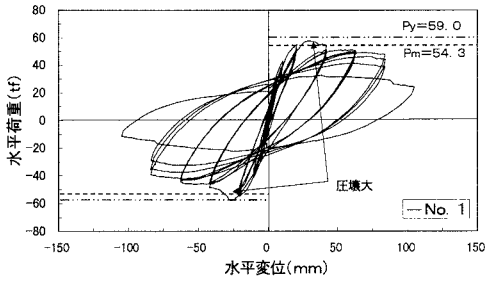


図-2 P-δ履歴曲線

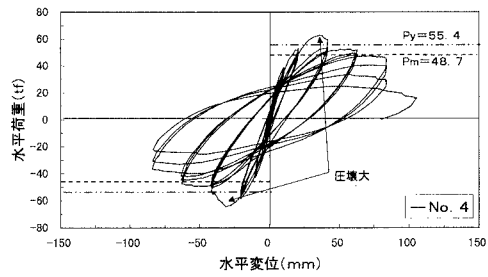


図-3 P-δ履歴曲線

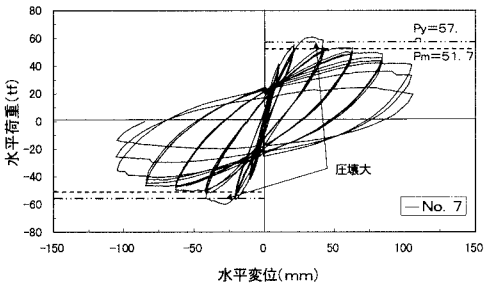


図-4 P-δ履歴曲線

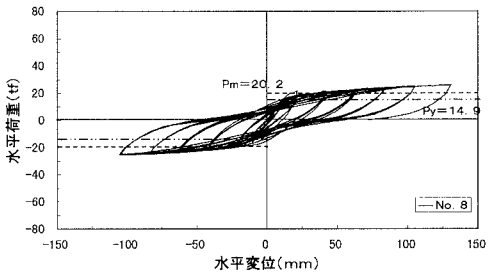


図-5 P-δ履歴曲線

上の降伏荷重 P_y (引張側 45° 主筋降伏時) と圧縮外縁のひずみが 0.0035 に達した時を曲げ耐力と仮定した計算値 P_m を合わせて示した。高強度せん断補強鉄筋を用いた試験体の実験値は各ケースとも計算値を上回っており、十分な耐力を有している。圧縮荷重下の試験体では、 45° 方向主筋が最大荷重以降の負勾配領域で降伏した。これは軸力比が大きいため、主筋降伏より圧縮縁コンクリートの圧壊・破壊が先行したためと考える。

一定の引張軸力を載荷した供試体 (No.2,5,8) では、軸力載荷時に輪切状に引張りひ割れが発生し、その後変位が 200mm を越えても耐力低下せず、載荷装置の変位限界により載荷を終了している。図-5 は No.8 の例である。

図-6～7 には載荷軸力を同一とし、帯鉄筋の種類をパラメータとした場合の包絡線を示した。図-6 の圧縮軸力下の場合、高強度帯鉄筋の包絡線は SD345 とほぼ同様の傾向であり、せん断補強鉄筋比が約 $1/2$ であるにもかかわらず SD345 と同等の変形性能を有していると言える。また高強度帯鉄筋同士の包絡線にも明確な相違は見られず、変形性能に関して強度による明らかな差は認められなかった。図-7 に示す引張軸力下の場合、包絡線の形態はほとんど同一と言える。これは初期の引張軸力載荷によりひび割れ発生後、変形性能がひび割れ位置での主鉄筋の伸び能力に依存するためと考えられる。

4. まとめ

試験結果によると、一定軸力下において今回用いた高強度せん断補強鉄筋では、強度の相違による部材の曲げ耐力及び変形性能に顕著な相違は認められなかった。帯筋径が細くなりせん断補強鉄筋比が低下しても、従来用いられてきた SD345 と同等の性能を有しており、高強度せん断補強鉄筋の採用により場所打ち杭の施工性及び品質改善を図れる可能性があることを確認した。

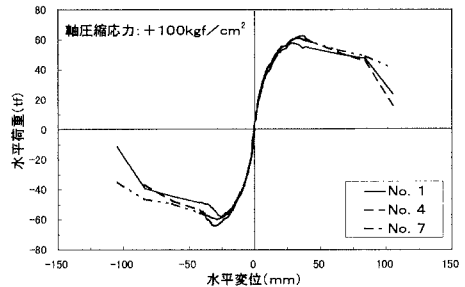


図-6 帯鉄筋の相違による包絡線の比較

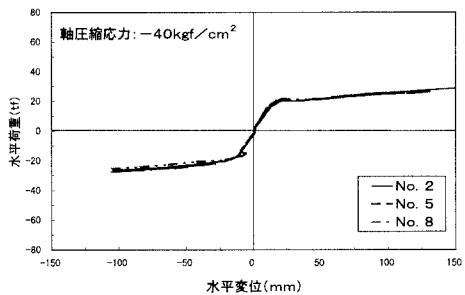


図-7 帯鉄筋の相違による包絡線の比較