

フレキシブル鉄筋場所打杭の部材力学特性

大成建設技術研究所 正会員 白石俊英
 大成建設技術研究所 正会員 趙 唯堅
 大成建設技術研究所 正会員 田中良弘
 大成建設土木設計部 正会員 小林敏彦

1. はじめに

路下、駅構内などの作業空頭制限を受ける基礎杭施工において、フレキシブル鉄筋（以下、SRD）を用いて鉄筋の重ね継手を無くし、従来の場所打コンクリート杭と比較して施工性の改善、トータルコスト低減を図る基礎杭工法の開発を実施している。SRDはストランド状に纏った7本の素線で構成され、付着強度を向上させる目的で表面にインデントを加工した材料が選択できる。場所打杭にSRDを用いる施工法の特徴は、主鋼材をロール状にして現地に搬入し連続した建て込み作業が可能なことであり、重ね継手を無くし作業空頭制限を受ける場所での施工性を大幅に改善することができる。本研究ではSRD杭の部材特性を明らかにする目的で、SRDを配置した梁部材に対する曲げ載荷実験を行い、ひび割れ分散性状、曲げ剛性、部材耐力及びエネルギー吸収能力などを実験的に検討した。

2. 実験概要

曲げ載荷実験は、実際の場所打コンクリート杭の1/2~1/3縮尺相当の、直径60cmの円形断面の供試体（ $a/d=3.6$ ）に対して4点曲げ載荷を行った。供試体諸元を表-1に、供試体寸法及びNO.1の配筋例を図-1に示す。NO.1供試体は比較のための基準供試体として、主鉄筋と帯鉄筋に異形鉄筋（SD345）を用いた。NO.2供試体は、NO.1供試体と曲げ降伏耐力を合わせて主鋼材量を決めたSRD杭である。曲げ降伏耐力は鋼材強度の規格値（SRD： $\sigma_{fy}=9000 \text{ kgf/cm}^2$ ）を用いて算定したが、主鋼材量は規格値による鋼材の降伏強度比にはほぼ一致した。主鉄筋以外の条件はNO.1, NO.2供試体ともに同一としたが、載荷時の材齢の違いによりコンクリート強度のみNO.2供試体のほうが多少高くなった。使用鋼材の機械的性質の実測値を表-2に示す。NO.1, NO.2供試体ともに鋼材の付着条件を場所打コンクリート杭に合わせる目的で、製作時に円筒型枠中の鉄筋籠をベントナイト溶液（比重1.09）に一昼夜浸漬した後に、コンクリートを打設した。主鋼材端部は供試体両端部に設けた鋼板に機械的に定着した。

載荷方法は1方向載荷とし、付着劣化の有無、変形回復特性等を確認する目的で、載荷過程で数回除荷・再載荷を繰り返した。載荷に合わせて、荷重-変位関係、主鉄筋ひずみ分布、断面のひずみ分布等の測定を行うとともに、ひび割れ発生状況を記録した。

3. 実験結果及び考察

実験結果からSRD杭に関する次の特性が明らかになった。

表-1 供試体諸元

供試体	主 筋	主筋比 (%)	帯 筋	帯筋比 (%)	a/d	f_c' (kgf/cm^2)
No.1	異形鉄筋14-D16	0.98	異形鉄筋D10@150	0.18	3.6	322
No.2	SRD12- ϕ 12.4	0.39	異形鉄筋D10@150	0.18	3.6	347

表-2 鉄筋の機械的性質

呼び名	公称面積 A_s (mm^2)	降伏強度 f_y (kgf/cm^2)	引張強度 f_u (kgf/cm^2)	伸び (%)	弾性係数 E_s (kgf/cm^2)
異形鉄筋D16	198.6	3860	5720	14.8	1.90E+06
SRD ϕ 12.4	92.9	12610	14900	7.4	2.10E+06

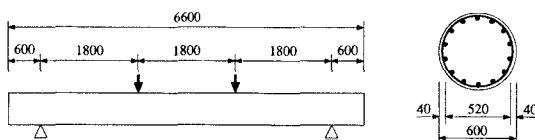


図-1 供試体寸法

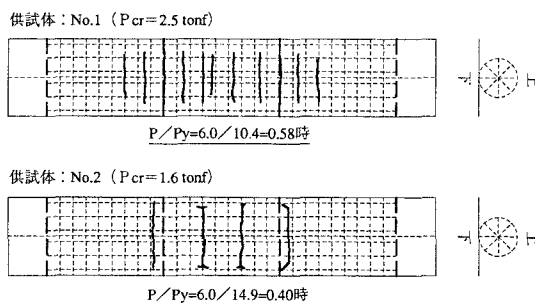


図-2 ひび割れパターン

キーワード：フレキシブル鉄筋、場所打コンクリート杭、部材特性、実験

連絡先：〒245 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL 045-814-7230 FAX 045-814-7251
 〒163-06 新宿区西新宿1-25-1 TEL 03-5381-5292 FAX 03-3345-0490

(1) 図-2のひび割れパターン

から、SRD杭のひび割れ本数はRC杭より少なく、ひび割れ間隔および幅が大きい。

(2) 曲げ特性に関しては、図-3の荷重-変位関係から、

①SRD杭の主鋼材量はRC杭の約1/2.5であるが、RC杭と同等の曲げ耐力を有する。

②SRD杭の降伏変位はRC杭より大きくなるが、実用上十分な変形能を有している、③RC杭よりSRD杭の塑性域除荷時の残留変位は小さく、塑性変形域における履歴吸収エネルギーが小さい、④平面保持の仮定によるファイバーモデルを用いた計算値とRC杭はよく一致しているのに対し、SRD杭の実験結果の曲げ剛性、曲げ耐力は計算値より小さい、⑤RC杭に比べてSRD杭の繰返しによる荷重低下は大きく、繰返し载荷による付着劣化が大きい等の結果が得られた。

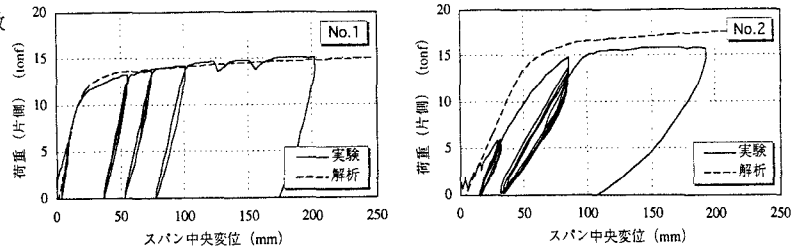


図-3 荷重-変位曲線

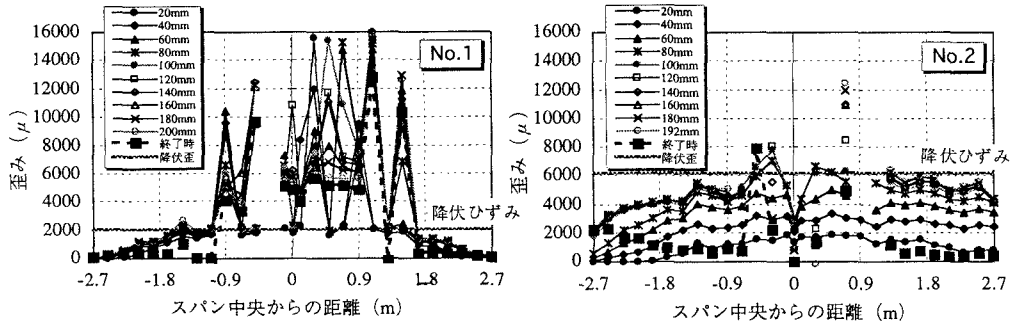


図-4 支点間の主筋歪み分布

(3) 図-4の主筋歪み分布は、①RC杭よりSRD杭の主筋歪み分布は曲げせん断区間まで含めて均一化の傾向がある（ベントナイト溶液に浸漬したSRDの付着強度が小さくなる¹⁾ ことによる）、②ひび割れ発生以降はどちらの供試体もひび割れ位置で主鋼材ひずみの伸びが集中する、③RC杭では変位20mm、SRD杭では80mm程度の時点で主鋼材が降伏し、以降はひび割れ位置で順次主鋼材の降伏が生じた（NO.2では図-2中の右2本のひび割れ位置のゲージが測定範囲を越えた後、ひび割れ間のひずみが均一化傾向により伸展した）等の結果を示している。

上記(2)②で計算値よりSRD杭の曲げ剛性、曲げ耐力が小さくなった理由は、付着強度低下によるSRDの滑りの影響がファイバーモデルでは考慮されていないことによる。ただし、本実験で用いたベントナイト溶液は濃度が高く、SRDとコンクリートの付着強度は実施工と比較して極端に低かったと推察される。このため上記は付着状況が最も不利な場合の限界挙動と考えられる。

4. まとめ

- ①SRDの付着強度が低いためひび割れ発生後の曲げ剛性は通常のRC杭より低下するものの、主鋼材量がRC杭の約1/2.5（面積比）のSRD杭は、RC杭と同等の曲げ耐力を有する。
- ②ひび割れ性状、支点間の主筋歪み分布等から、SRDとコンクリート間でひび割れ発生後に滑りが生じ、このためSRD杭ではひび割れが部材の等曲げ区間に集中し、ひび割れ本数が少なく、ひび割れ幅が大きくなる。
- ③SRD杭のひび割れ発生後の曲げ剛性（降伏荷重-降伏変位関係）、部材耐力等の実験値は、ファイバーモデルによる解析値より低下する。これは実験では付着強度が低いためSRDの滑りが生じたためである。
- ④SRD杭では大変形後の除荷時の残留変位が小さいことから、地震後の構造物の残留変位を小さく抑えられる。

参考文献 1) 宇治公隆他、東ね施工を考慮したフレキシブル鉄筋の付着特性、コンクリート工学年次論文集、

Vol.18, No.2, pp497-502, 1997