

遠心成形を利用した杭体内の鋼繊維分布と配向の改善に関する基礎的研究

早稲田大学 学生会員 ○影山 卓己, Ramiz Ahmed Raju, 秋山 聖奈, 天野 俊介
 佐藤工業株式会社 正会員 宇野 洋志城, 的場 栄次, 森 賢宇
 早稲田大学 正会員 Lim Sopokhem, 秋山 充良

1. はじめに

プレキャストコンクリート杭は、地震作用を受けても曲げが卓越する 경우가多く¹⁾、せん断破壊を防ぐために必要なせん断補強鉄筋量は、橋脚などに比べて大幅に少ない。これに対し著者らは、プレキャストコンクリート杭の製造時に用いられる遠心成形技術を利用して、コンクリート内に付加した鋼繊維を杭軸直角方向に配向させ、せん断力を効率的に負担させることで、せん断補強筋を必要としない遠心成形 SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete: 鋼繊維補強コンクリート) 杭の開発を進めている。本研究では、その基礎検討として、遠心成形の有無および型枠内面の摩擦係数が異なる杭体を製作し、X線撮影により鋼繊維数の分布、および配向を確認する。

2. 実験概要

本実験で製作した供試体一覧を表-1に示す。供試体名は、遠心成形の有無、および型枠内面の摩擦条件を示す。遠心成形の有無に関しては、遠心成形を行うものを「R1」、遠心成形を行わないものを「R0」と表す。遠心成形時の回転速度と回転継続時間の詳細は表-2に示す。

型枠内面の摩擦条件については、粗さの異なる3種類の研磨布を用いることで調整し、#40の研磨布を使用する場合を「A」、#400を使用する場合を「B」、#800を使用する場合を「C」、研磨布を使用しない場合を「N」とそれぞれ表す。なお、数値の小さな研磨布ほど目が粗く、摩擦係数は大きくなる。本研究では、表-1に示す供試体毎に3体の供試体を製作し、遠心成形と型枠内面の摩擦条件が鋼繊維数の分布、および配向に及ぼす影響を比較検討した。図-1(a)に遠心成形を行う供試体諸元、図-1(b)に遠心成形を行わない供試体諸元をそれぞれ示す。

本実験では供試体の厚さを20mmとしたため、使用する粗骨材の最大寸法は10mmとしている。また、流動性の高いコンクリートほど鋼繊維配向は改善されると考えられるため²⁾、高流動コンクリートを使用した。供試体は全て気中養生とし、養生期間を28日とした。本実験で使用した鋼繊維 (Dramix 3D35BG) は、全長35mm、直径0.55mmのストレート両端フック形状である。鋼繊維混入率は全ての供試体において0.50 vol%とした。

図-2に示す遠心成形装置を製作し、供試体を打設した。型枠として硬質ポリ塩化ビニル管 (VU150) を用いた。また、遠心成形の動力としてブラシレスモーターを用い、速度制御のもとで打設を行った。

表-1 供試体諸元

供試体名	遠心成形	摩擦	供試体名	遠心成形	摩擦
R1-N	あり	なし	R1-A	あり	#40
R0-N	なし	なし	R1-B	あり	#400
			R1-C	あり	#800

表-2 回転継続時間

遠心力(G)	0.6	3	9	20	30
rpm(/分)	83	183	323	481	590
回転時間(分)	5	3	3	2	2

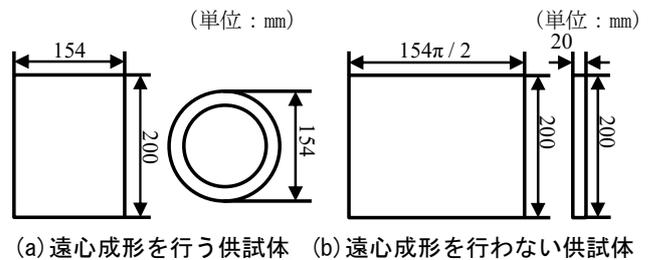


図-1 供試体諸元

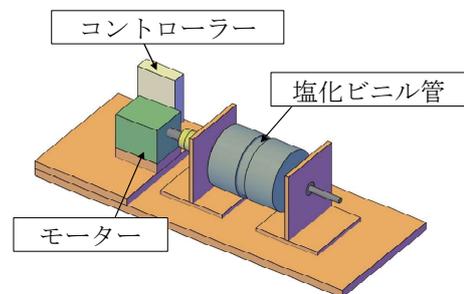
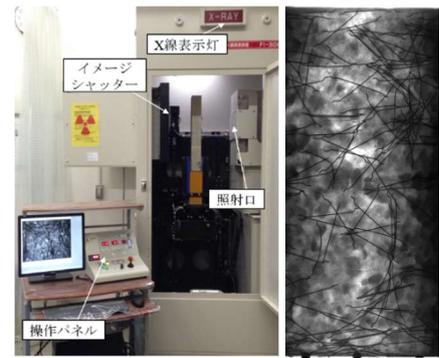


図-2 遠心成形装置

キーワード 鋼繊維補強コンクリート, プレキャストコンクリート杭, 遠心成形, X線撮影, せん断耐力
 連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学部社会環境工学科 TEL 03-5286-2694

鋼繊維数の分布および配向は、45度ずつ回転させた計8方向からX線装置を用いて撮影し、画像処理を行うことで分析した。X線撮影の様子を図-3(a)に、X線撮影より可視化された鋼繊維の一例を図-3(b)にそれぞれ示す。



(a) X線装置 (b) X線画像

図-3 X線装置とX線画像の概要

表-3 鋼繊維の分布状況

供試体名	平均値	変動係数	供試体名	平均値	変動係数
R1-N	1.56	0.97	R1-A	1.56	0.51
R0-N	1.56	0.39	R1-B	1.56	0.53
			R1-C	1.56	0.60

3. 実験結果と考察

鋼繊維数の分布状況を表-3に示す。杭体の軸方向に4分割、円周方向に16分割し、各要素の鋼繊維本数の変動係数を算出した。鋼繊維配向は、杭軸方向を0度として各鋼繊維の角度を計測し、10度ごとの度数分布として表現している。ここで縦軸は(各度数における鋼繊維数 N)/(全鋼繊維数 N_{all}) $\times 100$ (%)、横軸は鋼繊維の部材軸からの角度 α である。各値は、各条件下の供試体3体の平均値で表す。

本研究の最終的な目的は、鋼繊維が杭体内に均一に分布し、それを杭軸直角方向に配向させることで鋼繊維にせん断補強鉄筋の代替効果を期待した、せん断補強筋を必要としない遠心成形SFRC杭を開発することである。既往研究³⁾より、変動係数が小さく、鋼繊維が90度近くに配向されることにより、必要なSFRC杭のせん断強度を安定して確保できると思われる。

表-3より、遠心成形を行う供試体は、遠心成形を行わない供試体と比べて変動係数が大きく、鋼繊維数の分布が一様ではないことが確認できる。一方、図-4より、鋼繊維配向については遠心成形を行うことで改善されることが明らかとなった。また、表-3より、研磨布を用いて型枠内面の摩擦条件を変化させた供試体において、目が粗い研磨布を使用するほど鋼繊維数の分布が改善していることから、型枠内面の摩擦係数と鋼繊維数の分布には密接な関係性があるといえる。さらに、図-5より、優れた鋼繊維配向となったものは、順にR1-A、R1-B、R1-C、R1-Nであることが確認でき、研磨布の目が粗くなるほど鋼繊維配向が改善されている。鋼繊維数の分布と同様、型枠内面の摩擦係数を高めることで優れた鋼繊維配向が得られ、遠心成形SFRC杭のせん断強度の増加に寄与すると期待される。

4. おわりに

- (1) 遠心成形により、鋼繊維配向の向上を図ることが可能である。多くの鋼繊維が杭軸直角方向に配向されることから、鋼繊維によるせん断補強鉄筋の代替は十分に可能である。
- (2) 型枠内面の摩擦係数が大きいほど、遠心成形SFRC杭の鋼繊維数の分布は均一化し、また、鋼繊維配向も改善できることから、遠心成形SFRC杭のせん断耐力の向上が期待できる。

参考文献 1) 袴田智之, 鈴木慶吾, 河野哲也, 七澤利明: 高強度せん断補強筋を配した遠心力高強度プレストレストコンクリート杭 (PHC 杭) の曲げ変形能, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, pp.463-468, 2016. 2) RAJU, R. A., Lim, S., Kageyama, T., & Akiyama, M.: Effect of concrete flow on the flexural behavior of fiber reinforced self-compacting concrete beams, *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, Vol.40, No.2, pp.1189-1194, 2018. 3) Lim, S., Okamoto, T., Matsuda, M. & Akiyama, M.: Flexural behavior prediction of SFRC beams: A novel X-ray technique, *Proceedings of the Japan Concrete Institute*, Vol.38, No.2, pp.83-91, 2016.

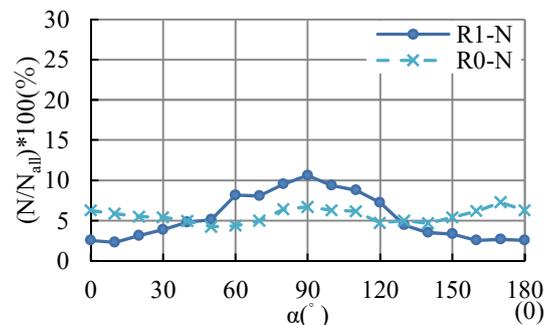


図-4 遠心成形と鋼繊維配向の関係

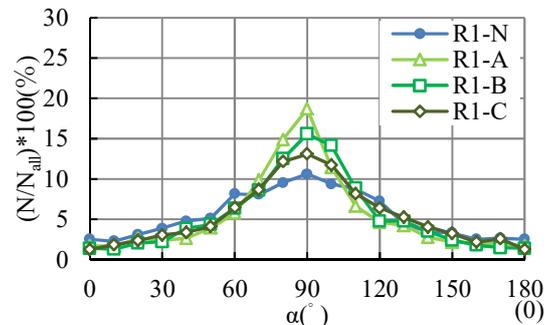


図-5 型枠内面の摩擦と鋼繊維配向の関係