

VI-21 ECL工法に鋼繊維補強コンクリートを用いた場合の配向性について

日本国土開発機技術研究所 正会員 横田 季彦
 日本国土開発機技術研究所 正会員 竹下 治之
 日本国土開発機技術部 正会員 石田 智朗

1. はじめに

近年、工期の短縮、コストダウン、テールボイドによる地盤沈下の防止などの観点から、現場で直接コンクリートを打設する直打ちシールド工法（以下、ECL工法と略記）が注目されている。当社では、このECL工法の覆工コンクリートとして鋼繊維補強コンクリートの適用を検討しているが、この場合、繊維の配向性がその力学的性質に大きな影響を及ぼす。すなわち、土圧による引張応力方向に対して、繊維の配向が同方向であれば繊維による補強効果は最大となるが、引張応力方向と直角方向に繊維が配向されると、補強効果はほとんど期待できない。このため、ECL工法に鋼繊維補強コンクリートを適用する場合には、覆工コンクリートに発生する応力に対して、個々の繊維が有効に働く方向に配向されることが望ましい。

このような現状から、鋼繊維補強コンクリートの圧送時の繊維の配向性について基礎データを得ることを目的として、配向係数測定実験を行った。

表-1 配合表

骨材 寸法 (mm)	スラブ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)							
				W	C	S	G	AE減水剤	増粘剤	流動化剤	鋼繊維
25	20	49	65	215	439	1065	562	1.098	0.5	3.5	80

2. 実験概要

(1) 配合および使用材料

コンクリートの配合は表-1に示すもので

表-2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	相模川水系80%, 市原産川砂20% (比重=2.60, FM=2.06)
粗骨材	相模川水系40%, 津久井産砕石60% (比重=2.65, FM=6.80)
AE減水剤	リグニンスルホン酸系
流動化剤	メラニンスルホン酸系
増粘剤	セルロース系

あり、覆工コンクリートとして水密性が要求されること、繊維の混入によりワーカビリティが大きく低下することなどを考慮して決定した。また、圧送性を改善する目的で増粘剤を使用した。表-2に使用材料を示す。

(2) 使用繊維

実験に使用した鋼繊維の仕様を表-3に示す。また、繊維の混入率は予備実験の結果をもとに、体積比で1.0%とした。

表-3 使用繊維の仕様

形 状	寸 法	アスペクト比	材 質	製 造 方 法
ドッグボーン形状	φ0.45×30mm	67	ステンレス鋼 (SUS430)	4点1771ラジエーション法

(3) 配向係数測定位置

ポンプ圧送時の配向係数の測定位置は、図-1に示す①～⑨の位置であり、断面中の繊維の本数を測定して、次式によって算定した。また、覆工コンクリート内での配向係数は、図-2に示す位置で採取したコア供試体をそれぞれ配向係数の測定方向に直角な面で切断し、その断面の繊維の本数を測定し算定した。

$$\beta = \frac{n \cdot A_f}{A_c \cdot V_f} \quad (1) \quad \text{ここに、} \beta: \text{配向係数、} n: \text{繊維の本数、} A_f: \text{繊維の断面積}$$

$$A_c: \text{コンクリートの断面積、} V_f: \text{繊維の混入率}$$

3. 実験結果および考察

(1) 配管中の配向性

配管中の各位置での配向係数の測定結果を表-4に、配向係数と圧送距離との関係を図-3に示す。

既往の研究によれば、ポンプ圧送時の繊維の配向性は周囲の拘束状態に大きく影響を受けることが報告されているが、本実験でも同様な傾向が認められた。すなわち、図-3に

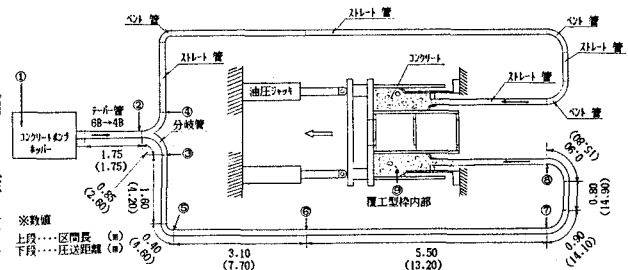


図-1 配管中の配向係数測定位置

示すように、コンクリートポンプのホッパー内における配向係数は3次元ランダム配向の理論値(0.405)以下で最小値となり、断面寸法が次第に小さくなるテーパ管通過後では、周囲の拘束が大きくなるため配向係数は最大値となる。また、分岐管およびベント管通過後では、断面内のコンクリートの流れが乱されるため、配向係数が小さくなる。一方、ストレート管部では断面内のコンクリートの流れが安定するため、圧送方向に各繊維が配向されやすく配向係数も大きくなる傾向にある。

これに対して、覆工型枠内では断面寸法が急激に増加し、コンクリートの流れが多方向に広がるため、ポンプ圧送方向の配向係数が小さくなるものと考えられる。

(2) 覆工コンクリート内の配向性

覆工コンクリート内の配向係数の測定結果を表-5に示す。表中の値は、図-2に示す各2箇所での測定値の平均値を示したものである。

同表から、シールド軸方向、リング直径方向およびリング円周方向のいずれの配向係数ともインバート部の方が大きくなっており、覆工型枠内に打設されたコンクリート中の鋼繊維が幾分下方に沈下する傾向にあるものと考えられる。また、サイド部およびインバート部とも、リング円周方向の配向係数が卓越した状態となっており、コンクリート注入位置から打設されたコンクリートが型枠にそってリング円周方向に移動するため、この方向の配向係数が大きくなったものと考えられる。覆工コンクリートに作用する土圧が円周方向であることから判断すれば、今回得られた実験結果は、鋼繊維補強コンクリート中の各繊維が作用土圧に対して有効な方向に配向されるを示しており、ECL工法に鋼繊維補強コンクリートが十分適用できることを示している。

4. まとめ

ECL工法に鋼繊維補強コンクリートを用いた場合の配向性について検討を行った結果、ポンプ圧送時の配管中の各繊維は配管状態による拘束条件の違いによって配向係数は変化するものの、圧送方向が卓越した配向となることが分かった。しかしながら、覆工型枠内では型枠にそってコンクリートが移動するため、コンクリート中の鋼繊維はリング円周方向に卓越した配向状態となり、土圧に対して効果的な補強作用が期待できることが分かった。

《参考文献》

- 1). 小林一輔：繊維補強コンクリート、オーム社、1981年6月。
- 2). 横田季彦、竹下治之、池田真：ECL工法に使用する繊維補強コンクリートの基礎的実験、第12回コンクリート工学年次論文報告集、1990年。

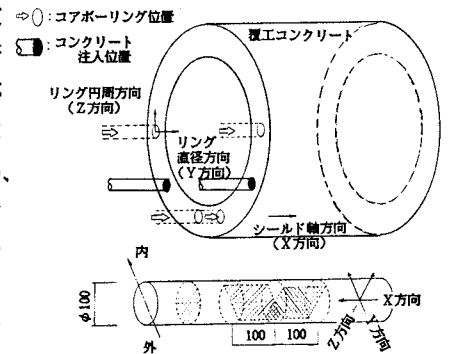


図-2 覆工体の配向係数測定位置

表-4 配管中の配向係数測定結果

測定位置	配管状態	圧送距離 (m)	繊維の本数 (本)	配向係数
①	コネクティング・ホッパー 内	0.00	133	0.332
②	68→48, 分岐管前	1.75	227	0.566
③	分岐管後・A	2.60	171	0.427
④	分岐管後・B	2.60	175	0.437
⑤	ベント 管後	4.60	183	0.457
⑥	ストレート 管中	7.70	199	0.497
⑦	ベント 管前	13.20	185	0.462
⑧	ベント 管後	15.80	171	0.427
⑨	型枠内部	18.80	153	0.382

表-5 覆工体の配向係数測定結果

測定位置	測定方向	断面積 (cm ²)	繊維の本数 (本)	配向係数
サイド	シールド軸方向	78.54	139	0.346
	リング直径方向	98.01	186	0.372
	リング円周方向	99.00	254	0.502
インバート	シールド軸方向	78.54	160	0.399
	リング直径方向	95.04	235	0.484
	リング円周方向	98.51	303	0.603

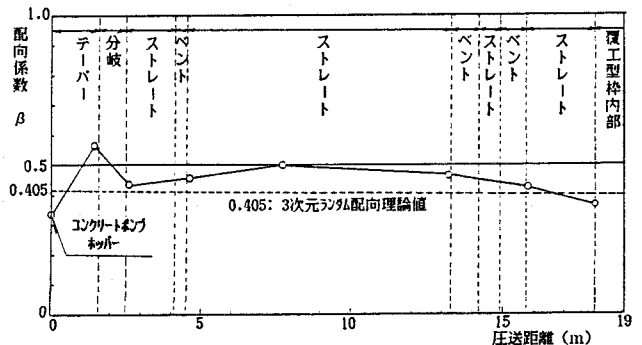


図-3 圧送距離と配向係数との関係