

[58] 鋼纖維補強コンクリートの現場施工と鋼纖維の配向および分散について

正会員 ○山本 忠 (東北電力(株)総合研究所)

笠原信年 (同上)

大橋俊夫 (同上)

1. まえがき

数年来、鋼纖維コンクリートの研究が盛んに行われ、その引張強度、曲げ強度、引張歪能力、破壊靭性などが従来のコンクリートと較べて格段に改良されることが判明した。各方面の利用研究、実用化研究が行われており、中でもトンネルライニング、道路舗装などは各所で試験施工され、実用の段階まできている。⁽¹⁾

本稿は S F R C の衝撃、凍結融解に対する抵抗性を利用し、水力発電所のえん堤の補修に試験施工した報告である。このえん堤は土石流のオーバーフローによる摩耗、キヤビテーションあるいは凍結融解によつてコンクリート表面の侵食がひげしいので、劣化部分を研りとり、表面に 20 cm 厚の S F R C ライニングを行つた。補修効果が確認されるのはかなり先のことになるが、以下に現場施工の問題点と、打込後のボーリング資料による鋼纖維の配向、分散について、概要を報告する。

2. 現場の状況

えん堤の補修部分の面積約 500 m²、これを鋼纖維混入率 1.5%, 1.0%, 0% の 3 種のコンクリートにてライニングを行つた。コンクリート量はそれぞれ 39 m³, 39 m³, 40 m³ である。

写真-1 はオーバーフロー中のえん堤である。

3. 材料

3-1 鋼纖維

鋼纖維は分散機を使用しないで混入する関係から切削ファイバーと整列梱包の薄板せん断ファイバーを使用する予定であつたが、納入量の関係から、後者のみを使用した。その機械的性質は表-1 に示す。

3-2 セメント

セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。その物理的性質は表-2 に示す。

3-3 骨材

粗骨材は黒門山産の碎石、細骨材は葛根田川産の川砂である。その物理的性質は表-3 に示す。

4. コンクリートの配合

試験練りの結果表-4 に示す通りの配合に決定した。

5. 練り混ぜおよび運搬

コンクリートの練り混ぜは生コンプレントの約 1 m³ 練りミキサーで行つた。普通のコンクリートに対しては、砂、セメント、砂利、水の順序で約 20 秒間に投入し、

その後約 1 分練りませ、排出時間を加えて約 1.5 分、これを 5 回くり返し、アジテーターに 5 m³ 積んで 1 サイクル約 7.5 分で出荷していたが鋼纖維コンクリートの場合には次の様に行つた。

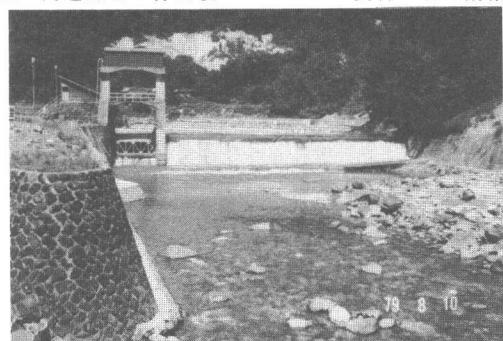


写真-1 えん堤を下流より見る

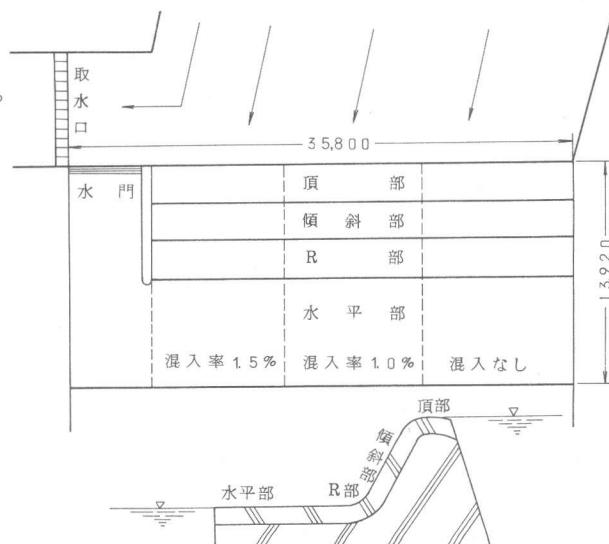


図-1 現場概況図

まづ砂，セメント，砂利，水の順序で，約20秒間に投入するところまでは普通コンクリートと同様であるが，鋼纖維はミキサーの頂部から2名の作業員が整列梱包の20kg入りダンボールから少しづつ投入した。この投入に約4分(1.5%の場合)かかり，全量投入後約3

0秒練りませを行つたので，1m³の排出まで約5分かかり，アジテーターに5m³積むまでに約25分を要した。又，せまい階段を通つての鋼纖維の荷揚げ，ミキサー頂部附近の荷降し場所，打設当日のレミコン工場の作業予定など施工者側の問題も少なくなかつた。

アジテーターで約40分運搬のあと，写真-2に示す様な現場に到着，約4m下に降すのにシートを使用し，ホツパーで受けたのち，水平部分は猫車，傾斜部分はベルコンで運搬した。SFR Cは特に分離がなく，運搬に関しては非常に扱い良い。写真-3に見るように水平部の締固めは棒状バイプレーターを使用し，上面鍛ならしも普通コンクリートと同様の扱いで行うことができたが傾斜のゆるいR部は施工がむづかしかつた。

6. 鋼纖維の配向

R部を図-2の様にR部下部とR部上部に2回に分けて打設している，鋼纖維混入率1.0%はR部上部のみ打設，1.5%はR部上部とその上の傾斜部を同時に打設した。この場合，1.0%部は仮枠バイプレーター使用でうまく締固められた。1.5%部はコンクリートがうまくまわらないので仮枠の途中に穴をあけて棒状バイプレーターを突込んで苦労して締固めた。仮枠解体後の表面から見た限りでは両方共うまく打てた様に見えるが，この両者の打設方法について鋼纖維の配向に違いがあるかどうか写真-4の様にコアボーリングを行い，図-3に示す様に切断して，切断面を45°以上の角度で(垂直に近く)貫通する纖維の本数をかぞえた。コンクリートの打込方向をY，コンクリートが仮枠にそつて水平に流れる方向をX，コンクリートの厚さ方向をZ方向とし，その方向に向いた纖維の本数を数えると，混入率1.0%の仮枠バイプレーターを多用した部分は，打込コンクリートの最下部から資料を採取したせいもあつて，X方向即ちコンクリートが仮枠にそつて横に流れ方向に向いているものが62%と圧倒的に多く，Y方向即ち打込方向に向いているものは22%，コンクリートの厚さ方向に向いているものは16%と極端に流れの方向を向いていた。これに対し，混入率1.5%でコンクリート

表-1 鋼纖維の機械的性質

寸法 (%)	重量 (kg)	引張強度 (kg/mm ²)	降伏点強度 (kg/mm)	弾性係数 (kg/cm ²)
0.5×0.5×30	5.8	3.2	1.9	2.1×10 ⁸

表-2 セメントの物理的性質

比重	比表面積 (cm ² /g)	凝結(時一分)		圧縮強度(kg/cm ²)		
		始発	終結	3日	7日	28日
3.16	3,120	1-59	3-25	141	237	418

表-3 骨材の物理的性質

種類	絶乾比重	吸水率	粗粒率	最大粒径
粗骨材	2.95	0.53	7.00	20%
細骨材	2.44	3.26	2.90	5%

表-4 コンクリート配合表

コンクリートの種類	セメント(kg)	水(kg)	W/C (%)	S(kg)	G(kg)	S/a (%)	スランプ(cm)	Air (%)	混和剤Na5L(%)
SF 1.5%	381	202	53	924	788	58	10±2	5±1	1
SF 1.0%	372	197	53	893	912	52	10±2	5±1	1
SF 0%	300	158	53	808	1,132	46	10±2	5±1	1



写真-2 コンクリートの現場小運搬

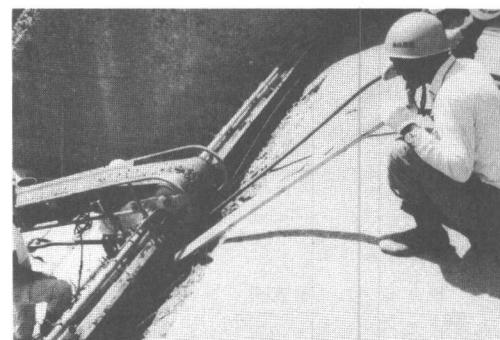


写真-3 突棒とバイプレーターによる締固め

が比較的打設しにくい傾斜のゆるい部分から採取した資料は、仮枠にそつたX方向が4.3%，Y方向即ち打込方向3.3%，コンクリートの厚さ方向2.4%と比較的ランダムに配向されていた。これは打設部の中間の高さであること、仮枠の各所に穴をあけて棒状バイブレーターを各方向に向けて多用したことが繊維の方向をみだしたのではないかと思われる。（表-5参照）写真-5は第3図A切断面の写真であり、鋼繊維はX方向を向いているものが多いので、小さな点となつて数多く見えている。写真-6は全く同じ資料のX線写真であり、表面からのと同様に鋼繊維が短く写っているので、ほとんどの鋼繊維がX方向に向いているのがよくわかる。下方は一部Y方向に向いている。写真-7は第3図B切断面の写真であり、点となつて表面に表われるY方向鋼繊維は比較的少いことがわかる。写真-8は全く同じ資料のX線写真であるが、X方向に向いている鋼繊維が非常に多い。Z方向に向いているものは数える位しかない。

7. 鋼繊維の分散について

この現場で 分散に影響を及ぼす要因としては次の3つが考えられる。

1), 運搬距離が長いので長時間にわたって練り混ぜを行っている。

2), 粗骨材最大寸法が20mmである。

3), 特にR部の1.5%混入コンクリートについては、棒状バイブルーターを多用している。

よつて、上記3)の部分から上下にわたつて7本の資料をとり、次式⁽²⁾によつて分散係数を求めた。

$$\alpha = e^{-\varphi}$$

$$\varphi = \sqrt{\frac{(x_i - \mu)^2}{n}} / \mu$$

ここに μ : 試料中に含まれる繊維数の平均値

n : 要素数

x_i : 各要素に含まれる繊維数

最大値は0.66、最小値は0.49

であり総平均は0.57であつた。打設場所の上下による差は無かつた。又、表層、中層、底層についてはそれぞれ0.41、0.63、0.56であり、表層が少なく、中間層が多い。又、仮枠バイブルーターを多用した所と、もつばら棒状バイブルーターを使用した所の打設方法による分散係数の

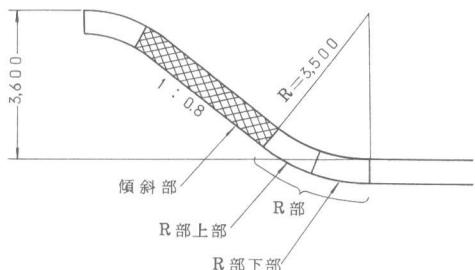


図-2 えん堤断面



写真-4 コアボーリング

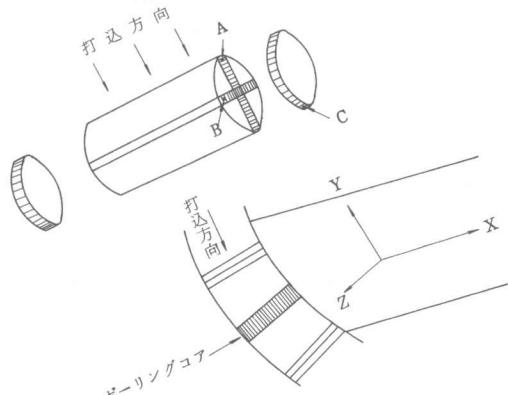


図-3 ボーリングコアと切断試料

表-5 各方向別繊維本数

混入率 1.0% (仮枠バイブルーター使用)	繊維の方向	X	Y	Z	合計	コンクリート打設 R=3500
		方向別割合	%	%	%	
混入率 1.5% (棒状バイブルーター使用)	繊維の方向	X	Y	Z	合計	コンクリート打設 R=3500
		方向別割合	%	%	%	

変動はほとんどなかつた。

8. まとめ

1), 鋼纖維の混入をレミコン会社のプラントで行う場合はアジテーター1台当り約30分かかるとみて、施工段取りを行うと良い。なお、この場合レミコン会社が他の現場へ出荷する時間的予定を充分考慮に入れて予定を組む必要がある。

2), プラント上部への鋼纖維の荷揚げや、上部での一時保管場所、纖維投入人員（分散機がないと、かなり重労働であり、交替要員が必要）など少量打設でも（ $20 m^3$ 位）かなり大きな問題となる。荷降し場所での纖維混入ができれば一番望ましい。

3), 小運搬にかなり急傾斜のシート、ベルコンなどを使用したが、分離がなく良い状態のコンクリートが打てた。むしろ普通のコンクリートより扱い良い。スコップ、突棒、バイブレーター、こて均しなど普通コンクリートと同様に扱ってよく、又表面に鋼纖維は全く出ない。（仮枠面、こて均し面とも）

4), 鋼纖維の方向はコンクリートの流れの方向に向くので、バイブルレーターの使用方法に充分注意すれば、かなり効果的な纖維補強を行うことができる。

5), 今回はセメントを多く使用して、かなり施工性の良いコンクリートを用いたが、表面活性剤などの力を借りて、セメントを少くし、マスコンクリートに適用できると、温度応力によるクラックの防止に大いに役立つのではないかろうか。

6), 現場施工中心に述べたが、強度に関しては現在検討中であるので別の機会に報告する予定である。

以上取水えん堤補修工事試験施工について報告したが計画から施工、試験まで始終御指導戴いた東大生研の小林教授ならびに同研究室の各位、又、実施にあたり絶大な協力をいただいた盛岡カイハツ生コン（株）、（株）サンゴ、（株）竹中土木、ならびに東北電力（株）土木関係の各位に厚く感謝申し上げる。

参考文献

- (1) 小林 一輔 繊維補強コンクリート (5)土木施工 19巻10号(1978, 9)
- (2) 小林 一輔 繊維補強コンクリート (8)土木施工 19巻7号(1978, 6)

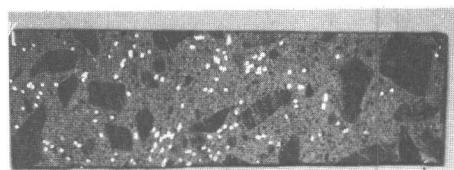
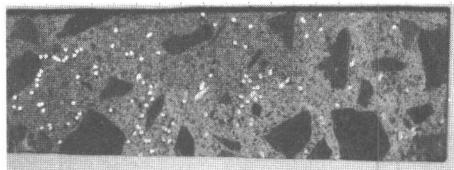


写真-5 A 切断面

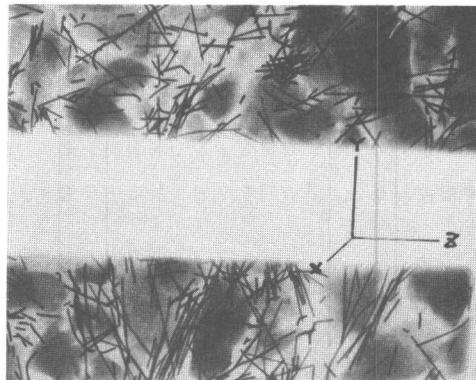


写真-6 A 切断面のX線写真

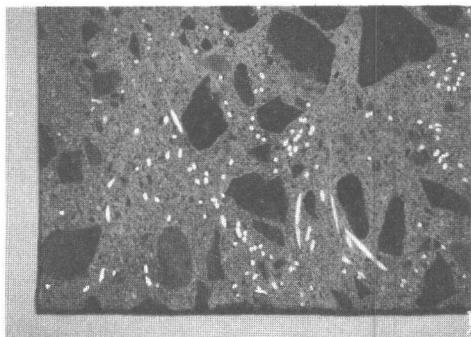


写真-7 B 切断面

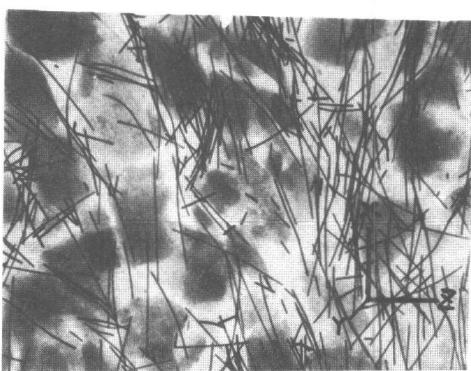


写真-8 B 切断面のX線写真