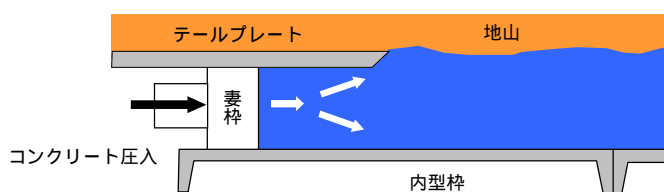


ECL 工法における鋼繊維補強コンクリートの充てん性に関する検討

清水建設技術研究所 正会員 ○浦野 真次
 清水建設技術研究所 正会員 後藤 茂
 清水建設技術研究所 正会員 栗田 守朗

1. はじめに

ECL(Extruded Concrete Lining)工法は、シールドテール部にコンクリートを打設して覆工を構築する工法であり、設計条件などから無筋コンクリートや鉄筋コンクリートおよび鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRCと称す）等が施工されていた。近年になり、充てん性に優れた高流動 SFRC を用いて図—1 に示すように空隙を生じさせない状態で連続的な充てんが行われ、砂礫地盤でも安全にトンネルが構築されている¹⁾。しかし、SFRCの圧入による充てん状況は直接観察することができず、鋼繊維の配向性や各種施工要因が充てん性に及ぼす影響は不明な点が多いのが現状である。そこで、本研究はECL 工法における高流動鋼繊維補強コンクリートの施工性評価に関する基礎的研究として、充てん状況に関するフレッシュコンクリートの可視化実験²⁾を行い、充てん状況を観察し鋼繊維の配向性について検討した。



図—1 ECL工法によるコンクリート圧入

2. 実験概要

使用したモデル高流動コンクリートは固液2相系モデルとし、モデル粗骨材として人工軽量粗骨材（最大寸法10mm，比重1.37，F.M.6.30，実積率65.6%）を用い、モデルモルタルとして高吸水性高分子樹脂溶液（比重1.0）を用いた。更に、鋼繊維のモデルとしてポリプロピレン繊維（繊維長さ15mm，比重0.91）を加え高流動SFRCのモデルとした。

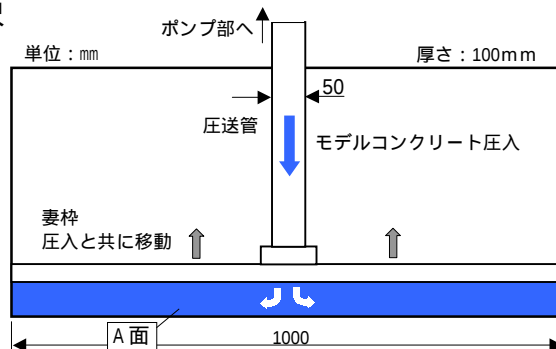
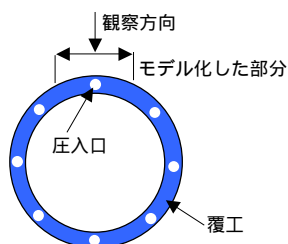
モデル高流動SFRCの配合は、モデルモルタルの流動性とモデル粗骨材の量により調節した。実モルタルにおいて適用されているK漏斗およびミニスランプフロー³⁾により測定したモデルモルタルの流動性を、表—1に示す。モデル粗骨材の量については、モデル粗骨材とモデルモルタルの容積比（以下、 V_g/V_m ）を0.4および0.5の2種類とした。モデル鋼繊維は体積で1%混入した。

表—1 モデルモルタルの性状

No.	ミニスランプフロー(mm)	K漏斗流下時間(s)
1	225 × 220	12.2
2	280 × 275	34.7

ECLのモデル型枠は、図—2に示すように覆工の一部を取り出してモデル化し、コンクリートが圧送管1本から円周方向に流動する状況を観察した。図—3にECLモデル型枠の形状・寸法を示す。圧送管1本分の圧入部分付近を平面と仮定して厚さ100mmの直方体とした。このとき、型枠、粗骨材の最大寸法、繊維の長さ等に関する縮尺は、1/2～1/3である。型枠はすべて透明なアクリル樹脂製とし、圧送管および妻枠は型枠内を前後に移動できるようにした。

ポンプ部から圧送管を通じてモデルSFRCを型枠内に圧入するが、圧入の状態を再現するためモデルコンクリートが自由表面を持つ。図—2 モデル化した部分



図—3 ECLモデル型枠の形状・寸法(平面)

キーワード：ECL 工法，鋼繊維補強コンクリート，充てん性，配向性，圧入

連絡先：〒135-8530 江東区越中島3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL:03-3820-5514/FAX:03-3820-5959

とのないように圧送管および妻枠部分を移動させた。充填状況のビデオ撮影を行い、モデル鋼繊維の流跡線等から流動状況について検討した。

3. 実験結果および考察

図—4に、ECL工法における高流動鋼繊維補強コンクリートの充てん状況に関する試験結果の一例を示す。

充てん状況の観察の結果、妻枠の吐出口から圧入されるモデルSFRCは、図—3に示す型枠のA面と接触し、妻枠とA面との間に粗骨材の最大寸法程度の薄い層となって広がりながら充てんされた。充填初期は圧入する方向と垂直への流速が卓越し、このときモデル繊維は、妻枠と平行に配置されることが確認された。充てんされるに伴い、妻枠とA面とのクリアランスが大きくなり、流動方向が妻枠面に対し45度方向に変化した。

圧入の進行に伴うモデル繊維の流跡線取得結果例を図—5に示す。図中(1)に示す吐出口付近では、繊維はランダムな方向に配置されており、そこから半円状に流動していく。(2)の位置に近づくと、妻枠と平行な流動方向となった。全体的な流動状況としては、図—5に示すようにモデルSFRCは半円状に充てんされていく状況が観察された。このとき、モデル繊維は、図—4に示すように半円状に配置される傾向が認められた。これは、図—6に示すように、吐出口付近の四角形領域が流動に伴い流動方向に圧縮され、かつ半円形の円周方向に引張りを受けるような変形挙動となるため、繊維が円周方向に配置される傾向となるものと考えられる。ただし、粗骨材の挙動が影響するため、必ずしもすべて半円状に配置されない。また、圧送管の位置から離れた位置では、繊維はランダムな方向となった。以上のような流動・充てん状況に関する傾向は、モデルモルタルの性状、および V_g/V_m に関わらず認められた。

以上のことから、ECL工法における高流動SFRCの充てん状況に関して、鋼繊維の配向性は、圧送管の吐出口のごく近傍を除いた正面に充てんされる部分では妻枠と平行に配置される傾向となり、圧送管の吐出口から円周方向に離れた位置では、繊維はランダムな方向に配置される傾向となる可能性があるものと予測される。

4. 結論

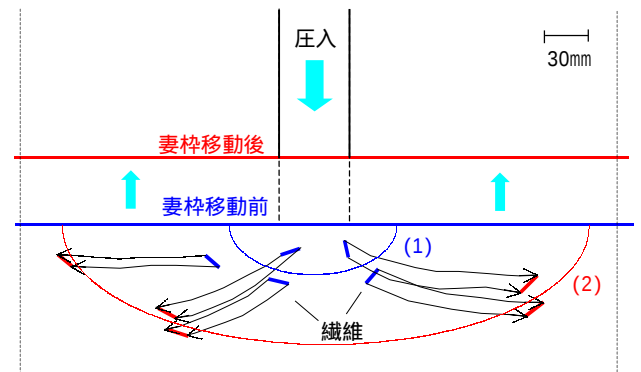
フレッシュコンクリートの可視化実験を行い、ECL工法における高流動鋼繊維補強コンクリートの充てん状況に関する検討を行った結果、鋼繊維はコンクリートの流動方向により配向性を持つことが示唆された。今後は実際にECL工法で施工された覆工のコアサンプルを用いて鋼繊維の配向特性などを検討する予定である。

参考文献

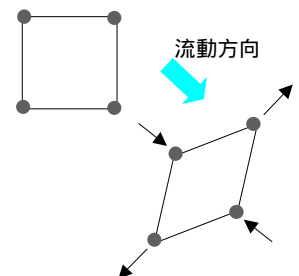
- 1) 原田俊作, 渋谷都男, 栗田守朗: 鋼繊維を混入した高流動コンクリートを用いたECL工法, 土木技術, Vol. 51No. 12, pp. 52-58, 1996. 12
- 2) 浦野真次, 橋本親典, 辻幸和, 杉山隆文: 可視化実験手法による高流動コンクリートの流動性評価に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No. 585/V-38, pp. 163-174, 1998. 2
- 3) 河井徹, 橋田浩: 高流動コンクリートのレオロジー特性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 16, No. 1 pp. 125-130, 1994.



図—4 ECLモデル型枠内へのSFRCの充てん状況例



図—5 モデル繊維の流跡線および充てん状況模式図
(ミニ280mm, K漏斗 34.7s, $V_g/V_m = 0.4$ の例)



図—6 任意の領域の変形挙動に関する概念図