# 高靭性セメント複合材料のひび割れ部における透水性の検討

長岡技術科学大学 学生会員 〇松崎 裕亮 鹿島建設 正会員 福田 一郎 正会員 平石 剛紀 フェロー 坂田 昇

# 1. はじめに

高 靱 性 セ メ ン ト 複 合 材 料 (Enginnerd Cementitious Composite:ECC)とは、セメント、 水、砂などと、ビニロン繊維などの補強繊維で構成 される.特徴として、一軸引張応力下において、ひ び割れ発生後も繊維の架橋効果により引張力を伝 達して、より大きな引張力に抵抗する擬似ひずみ硬



図-1 目地部からの漏水状況

化特性を示す.また,鋼材の降伏レベル相当の引張ひずみ下においても,複数のひ び割れを生じることで,個々のひび割れ幅が微細な幅に抑制される.

これらの特性を利用し、ECC の農業用水路の断面補修への適用などが検討されて いる.農業用水路は、水流による磨耗や凍結融解などの表面部の劣化によるひび割 れのほか、特に目地部からの漏水により、水路としての機能が低下する(図-1). 一 般に、コンクリートの漏水量はひび割れ幅の 3 乗に比例するとされていることから <sup>1)</sup>、ひび割れ追従性に優れ、微細な幅のひび割れが分散する ECC を断面補修として 用いることで、漏水量を抑制し水路としての機能が保たれると考えられる.しかし、 ECC のひび割れ部における透水性に関する検討例は少ないことから、ひび割れ部に

おける ECC の透水性を確認する実験を実施した.

## 2. 試験方法

図-2 にひび割れ導入(割裂試験)の状況を,図-3 に透水試験の状況を示 す. φ100mm×厚さ15mmの試験体に基長40mmのπゲージを設置し, 設定したひずみまで,割裂試験によりひび割れを導入した.マイクロスコ ープにてひび割れ幅および長さを測定した後,透水試験機に設置し,水頭 差により15kPaの圧力を作用させて透水試験を行い,ひび割れ幅と透水 量の関係を調べた.また,ECCと同等のひび割れ幅をもつモルタ

ル供試体についても同様の試験を行い, ECC との比較を行った. 試験体配列を表-1 に示す. ECC の割裂試験においてひび割れ導 入ひずみを3水準とり,モルタルは ECC の水準に合わせひび割れ 幅を設定した.1水準につき3体とした.対象ひび割れ幅とは,π ゲージの基長である40mm に初期導入ひずみを掛けた長さである.

ECCの仕様は,高強度 PVA 繊維を用いたプレミックス材であり, M-5000 1 0.321 80.99 26.68 繊維混入比 2.1%, 水結合材比 32%とした. モルタルの仕様は, 水セメント比 50%の 1:3 モルタルとした.

### 3. 試験結果

### 3.1 ひび割れ測定結果

表-2 にひび割れ測定の代表例を示す.ひび割れ測定方法は、割裂方向に 5mm 間隔ずつひび割れ幅を測定した.また、割裂方向に中心線をとり、ひび割れまでの距離を測定することでひび割れ長さを算出した.

キーワード 高靭性セメント複合材料,ひび割れ,透水,補正式

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-1611



試験体 No.	材料	ひずみ	割れ幅 (mm)
		$(\mu)$	
E-1000	ECC	1000	0.04
E-2000		2000	0.08
E-5000		5000	0.20
M-1000	モルタル		0.04
M-2000			0.08
M-5000			0.20

表-2 ひび割れ測定結果例

試験体 No.	ひび 割れ 本数	平均 ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ 長さ (mm)	ひび割れ 面積 (mm <sup>2</sup> )
E-1000	1	0.023	73.12	1.711
E-2000	2	0.033	142.90	4.687
E-5000	4	0.054	214.76	11.910
M-1000	1	0.038	81.33	3.085
M-2000	1	0.080	80.92	6.265
M-5000	1	0.321	80.99	26.680

π ゲージ

図-2 割裂試験状況



図−3 透水試験状況

### 3. 2 透水試験結果

図-4,5に,ECCおよびモルタルの時間当たりの透水量-時間関係を示す.縦軸は,対数とした.

図-4 より, E-1000 は透水開始直後に透水量がほぼ一定の値となっている. E-2000, E-5000 とひび割れ幅, ひび割れ長さが大きくなると透水量が一定となるまでに時間を要するが,1日程度でほぼ 一定となった.ひび割れ導入ひずみが大きくなることで,透水開始 直後の透水量は多くなるが,時間と共に減少し,ほぼ一定量になる と ECC 全体の差は小さくなった.

図-5 より,ひび割れ幅が ECC と同等である M-1000 は, ECC と同様に透水開始後に透水量の減少が起きている.しかしひび割 れ幅の大きい M-2000, M-5000 は透水量が多くなり,時間経過に よる透水量の減少もほとんど見られなかった.

次に、ひび割れからの透水量の算出方法として一般に用いられ ている式(1)に実験値を当てはめ、補正係数 C(ひび割れの部材内部 での曲がりやひび割れの表面粗さの影響を考慮する係数)を算出し た.ひび割れ幅には表-2の平均ひび割れ幅を用いた.

 $Q = C \cdot \frac{PB}{12\mu L} W^3 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$ 

ここでQ:試験開始 1 時間後のひび割れからの透水量 (cc/s), P:水圧(15Pa), B:ひび割れ長さ (cm),  $\mu$ :水の粘性係数(=  $1.138 \times 10^{-3}$ Pa·s), L:コンクリート厚さ(15cm), W:ひび割れ幅 (cm), C:補正係数である.

Cを解析することで、式(2)、(3)のような近似式を得られた.xは 平均ひび割れ幅である.図-6、7に補正係数-ひび割れ幅関係を示 す.図-6より、既往の実験と同様に補正係数は、ひび割れ幅が大き くなるほど小さくなる傾向を示した<sup>2)</sup>.また、本検討から得られた ECCの補正係数は 0.815 と比較的高い相関を示した.

ECC の補正式

 $C = 8.92 \times 10^{-6} \cdot x^{-2} + 2.06 \times 10^{-3}$  (相関係数 R=0.818)・・(2) モルタルの補正式

 $C = 5.20 \times 10^{-6} \cdot x^{-2} + 2.70 \times 10^{-2}$  (相関係数 R=0.065)・・(3) 4. 結論

ECC は、部材に大きな変形が作用してもひび割れが分散するため、ひび割れ幅が小さくなり、1本のひび割れが大きくなるモルタルに比べ、透水量は少なくなることが確認された.また ECC について高い相関を持つ補正式を得られた.

#### 参考文献

1) 日本コンクリート工学協会:コンクリートのひび割れ調査,補 修・補強指針,2003

2) 壹岐直之ほか: 沈埋トンネル側壁のひび割れからの漏水と自癒効果の確認実験, コンクリート工学年次論文報告書, Vol. 17, No. 1, pp737-742, 1995

