

高靱性セメント複合材料ののり面保護工補修への適用

東海旅客鉄道(株)
鹿島建設(株)

正会員 ○阪本 泰士
閑田 徹志

東海旅客鉄道(株)
鹿島建設(株)
東海旅客鉄道(株)

正会員 稲熊 弘
フェロー 坂田 昇
フェロー 関 雅樹

1. はじめに

のり面保護用の張コンクリートには、乾燥収縮や環境温度変化による収縮ひずみを地盤に拘束されることでひび割れが生じる例が多い。ひび割れ箇所の植物繁茂によるひび割れ幅の拡大や雨水の浸透による防災効果の低下などの問題が懸念される。このため、張コンクリートひび割れ上に補修を行うことも必要となるが、ひび割れ幅の変動や既存張コンクリートの強い拘束により補修材料に新たに過大なひび割れが生じる。その対策として、高靱性セメント系複合材料（以下、ECC¹⁾）を補修材料として用いることを提案する。ECCはモルタルを高強度の有機性繊維により効果的に補強したセメント系材料であり、ひび割れが生じてその幅を微細に抑制でき、ひび割れ発生後も繊維が引張力を負担することで、最大数%程度の引張ひずみが作用しても引張抵抗を保持できる。本研究では既存張コンクリートのひび割れ補修用途に ECC を施工するための具体的な設計方法を確立し、その効果を確認するための暴露試験の計画および材料試験を行ったので以下に報告する。

2. 補修設計の考え方

ECC 補修工を設計する上での基本的な考え方を図-1 に示す。ECC 補修工に様々な起動力により発生する応答を S 、これに対する部材の保有性能を R で表記する。保護工の設計において $S < R$ を満足するように材料性能や部材断面を計画する。ここで、 S の設計要因は、図-1 の左側中段に示すように、乾燥収縮や環境温度の変化に起因するひずみや応力、さらには拘束条件やクリープが主要なものと考える。これらは、図-1 最上段に示すように施工場所や施工時期を反映して適切に決められることになる。図-1 の保有性能 R は、具体的には ECC の引張ひずみ能力やひび割れ幅抑制効果であり、保護部材への必要機能が満たされるように決定される。この必要機能としては、ひび割れを通過して植物が生長することを抑制することや、雨水のひび割れからの浸入による斜面表面の侵食を防止することであり、具体的なひび割れ幅の制限値が与えられることになる。ECC 補修工の設計は以下の 3 つの式を満足するように行う。ただし、 σ_s = 保護工に発生する応力の推定値、 σ_r = ECC の終局引張強度、 ε_s = 保護工に発生する拘束ひずみの推定値、 ε_r = ECC がひび割れ幅の制限値を保持できる終局引張ひずみ、 δ_s = 部材の必要機能から決まるひび割れ幅の制限値、 δ_r = ECC の最大ひび割れ幅である。 (1) $\sigma_s \leq \sigma_r$ (2) $\varepsilon_s \leq \varepsilon_r$ (3) $\delta_s \leq \delta_r$

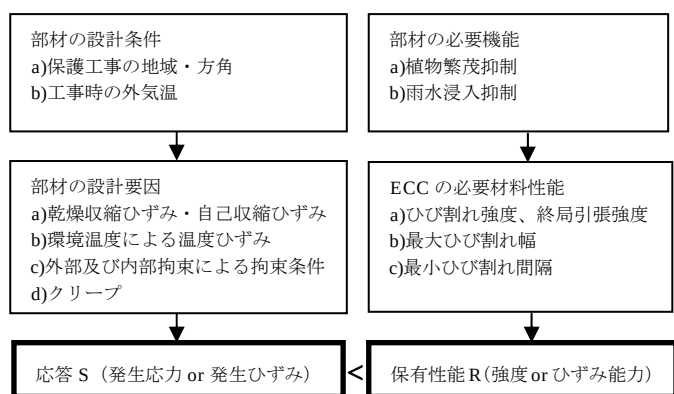


図-1 ECC 補修工設計の考え方

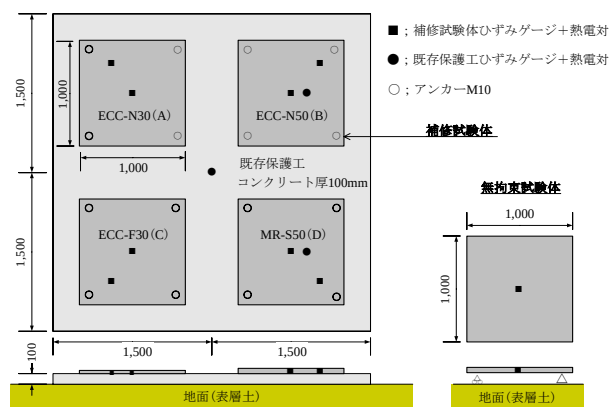


図-2 暴露試験体の概要

キーワード 高靱性セメント系複合材料、ひび割れ、のり面保護、引張特性
連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 TEL：0568-47-5375

3. 暴露試験の計画

本研究では、図-1 の応答 S の ε_s 、保有性能 R の σ_r 、 ε_r 、 δ_r を把握し、補修工法の性能を明らかにするため暴露試験を計画した。試験体は、既存張コンクリートを模擬した土間コンクリート（以下、既存保護工）を施工した上に吹付け施工した補修試験体 4 体、拘束を除去した無拘束試験体 3 体で、試験体の概要を図-2、その内訳を表-1 に示す。既存保護工には乾燥収縮防止のため気中暴露部分にシーリングを施した。

表-1 の補修試験体中 3 体は ECC で、30mm と 50mm 厚さの補強材なし、および 30mm 厚さで補強材を配したものである。補強材はビニロン繊維ネットを使用した。比較用として溶接金網で補強したモルタル 50mm 厚さの試験体を加えた。

使用材料は、既存保護工用のコンクリート（呼び強度 24N/mm^2 ）、補修試験体吹付け用のプレミックス ECC 材料と 1:3 モルタルで、表-2 に ECC 配合を示す。表-3 は材料試験の一覧である。

今回の実験から、応答 S に関し ε_s の基礎データが把握可能である。即ち、補修試験体と無拘束試験体に発生するひずみの差異が、この ε_s を決定する重要な情報となる。また保有性能 R は、表-3 の材料試験結果をもとに検討する。今回着目したのは、式 (1)~(3)における σ_r 、 ε_r 、 δ_r を決定するために必要な一軸引張試験である。

4. 材料試験結果

ここでは、ECC 供試体（平置きした鋼製型枠に直接吹付けたもの）3 体を用いた引張試験結果（供試体の両側に取り付けた変位計 2 本の平均でひずみを評価）についてのみ報告する。図-3 の応力-ひずみ関係から、引張強度は 3N/mm^2 以上で、少なくとも 1%の引張ひずみが生じても強度レベルに近い 3N/mm^2 程度の引張応力を負担できることがわかる。また、図-4 は、試験後の供試体表面のひび割れ幅を顕微鏡で観察した結果であり、各ひび割れの幅は 0.1mm 程度以下の微細なレベルに抑制されていることがわかる。以上のデータよりばらつき等を考慮し、 σ_r 、 ε_r 、 δ_r の設計値を決定することが可能と考えられる。

5. まとめ

のり面保護用のコンクリート張り工のひび割れ補修を吹付け高靱性セメント複合材料 ECC を用いて補修する際の設計方針を提案し、その妥当性を確認するための暴露実験の計画および材料試験の一部について報告した。使用した ECC は 3N/mm^2 程度で約 1%の引張ひずみ能力を有し、 0.1mm 程度の微細な幅にひび割れを抑制可能なことを確認した。

参考文献

1) Li, V.C.: From Micromechanics to Structural Engineering –The Design of Cementitious Composites for Civil Engineering Applications, JSCE J. of Struct. Mech. and Earthquake Eng., No.471/ I-24, Vol. 10, No.2, pp. 37-48, July 1993

表-1 実験要因一覧

保護工材料	保護工厚さ(mm)	補強材	
		無し	有り
ECC	30	ECC-N30 (A) 無拘束ECC30	^{*1} ECC-F30 (C)
	50	ECC-N50 (B) 無拘束ECC50	—
モルタル	50	無拘束MR50	^{*2} MR-S50 (D)

^{*1} ビニロンネット ^{*2} 溶接金網 6[＃] 100x100mm
() 内は図-2中の位置

表-2 ECC の配合

水結合材比 (%)	砂結合材比 (%)	単位水量 (kg/m ³)	*繊維体積率 (%)
32	41.3	360	2.1

*空気量を除いた全体体積に対する値

表-3 材料試験一覧

材料	試験	計測	試験方法
ECC	100x200mm 圧縮試験	圧縮強度 弾性係数	JIS A 1108 JSCE-G-502
	ダンベル型板状供試体引張試験	応力-ひずみ曲線 ひび割れ間隔分布 ひび割れ幅分布	一軸引張試験 目視観察 顕微鏡観察
	40x40x160mm 乾燥収縮試験	20℃RH60% 乾燥収縮ひずみ	ひずみゲージ計測
モルタル	100x200mm 圧縮試験	圧縮強度 弾性係数	JIS A 1108 JSCE-G-502
	100x150mm 割裂引張	引張強度	JIS A 1113
	40x40x160mm 乾燥収縮試験	20℃RH60% 乾燥収縮ひずみ	ひずみゲージ計測

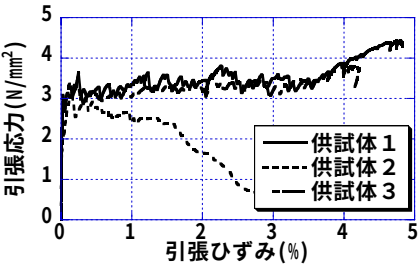


図-3 引張応力-ひずみ曲線

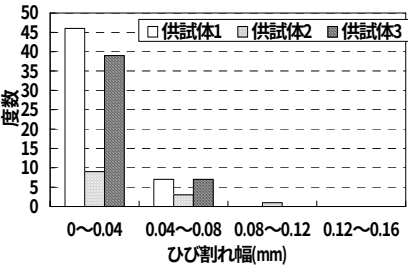


図-4 ひび割れ幅の抑制状況