

高靱性セメント複合材料を用いた
水路構造物等の補修・補強工法の開発

水路補修 ECC ショット工法

施工・積算指針（案）

農林水産省官民連携新技術研究開発事業
社団法人 農業農村整備情報総合センター

はじめに

官民連携新技術研究開発事業では、近年の公共事業の効率化への強い要請や公共事業の品質確保のため、平成9年度から、事業現場において一層の事業費の低コスト化、管理コストの低減等に資する技術の開発を官民の密接な連携の下に実施しております。

平成21年度末現在までに開発を完了した技術は53件あり、当該技術を採用した事業現場において、コスト縮減等効率的な事業執行に貢献してきているところです。

一方、現場からは、新技術の採用の検討に必要な「設計」、「施工」、「積算」等に関する情報が不足しているとの声があります。

このような現場の声に応え、開発された新技術の普及を図り、農業農村整備事業の一層効率的な推進に資することを目的として、本書を作成しました。

本書は新技術の施工・積算に係るデータを収集・分析してとりまとめたものです。とりまとめにあたっては関係各位の協力をいただいておりますが、その位置づけはあくまで開発者が提供する諸情報をとりまとめたものであり、設計・積算等の基準を示すものではありません。

そのため、本書のご利用にあたっては、新技術の目的や特性等を十分にご理解いただいた上で、各々の現場条件と照らし合わせて適用の可否等を検討するとともに、採用にあたっては、現場条件等を加味した見積を改めて徴取する等、発注者自身の判断と責任の上で利用すべきである点にご留意願います。

本書のとりまとめにあたっては、農村振興局整備部設計課施工企画調整室、並びに独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所、新技術研究開発組合の関係の皆様にご多大なご指導・ご協力を賜わり感謝を申し上げます。

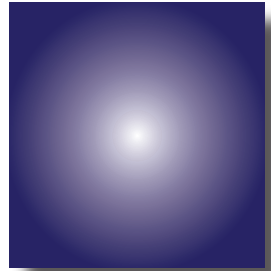
平成22年3月

社団法人 農業農村整備情報総合センター

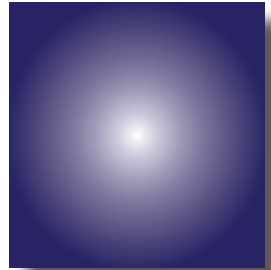
目 次

【概 説】	5
1. 概 説	6
1.1 農業用水路の補修工法の現状	6
1.2 水路補修 ECC ショット工法の開発経緯	8
2. 水路補修 ECC ショット工法の概要	11
2.1 ECC ショットとは	11
2.2 水路補修 ECC ショット工法のコンセプト	13
3. 水路補修 ECC ショット工法の性能について	14
3.1 力学特性	14
3.2 止水性	15
3.3 通水性能	15
3.4 耐久性	16
【施 工】	19
4. 水路補修 ECC ショット工法の施工方法	20
4.1 施工条件	20
4.2 使用材料	21
4.3 施工システムおよび使用機器	22
4.4 施工方法	25
【積 算】	39
5. 積 算	40
5.1 適用範囲	40
5.2 引用基準	40
5.3 施工機器	41
5.4 施工歩掛り	41
5.5 積算例	42
6. おわりに	47
【施工実績・写真集】	49

【添付資料】 水路補修 ECC ショット工法の性能評価試験	55
資料Ⅰ 力学特性	56
Ⅰ-1 目地の開閉挙動に対するひび割れ分散性	56
資料Ⅱ 止水性	58
資料Ⅲ 通水性能	61
資料Ⅳ 耐久性	62
Ⅳ-1 耐摩耗性	62
Ⅳ-2 疲労耐久性	63
資料Ⅴ その他の性能	65
Ⅴ-1 剥離抵抗性	65
【参考文献】	67
【開発会社の問合せ先】	67



【概 説】



1 概 説

1.1 農業用水路の補修工法の現状

我が国では、これまでに 40,000 km 以上の農業用水路が構築されており、安定的な用水の供給に重要な役割を担っている。しかし、これらの用水路の中には、近い将来に耐用年数を迎え、老朽化していくことが想定されるものが多数含まれている。

これまでも、老朽化した農業用水路において、写真－1.1 および写真－1.2 に示すように、摩耗による通水性能の低下や、目地およびひび割れからの漏水が問題となることがあり、各種の補修工法が適用されてきた。

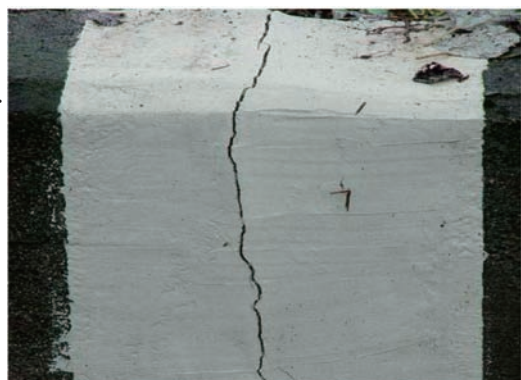


写真－1.1 目地部からの漏水の状況



写真－1.2 摩耗の状況

しかし、従来のセメント系材料による補修では、ひび割れや目地の開閉挙動に対する追従性に劣り、樹脂系材料による補修では、紫外線劣化を生じて追従性が損なわれることがあるため、いずれを適用した場合でも、写真－1.3 および写真－1.4 に示すように、補修後の早期に漏水が生じてしまうことがあった。



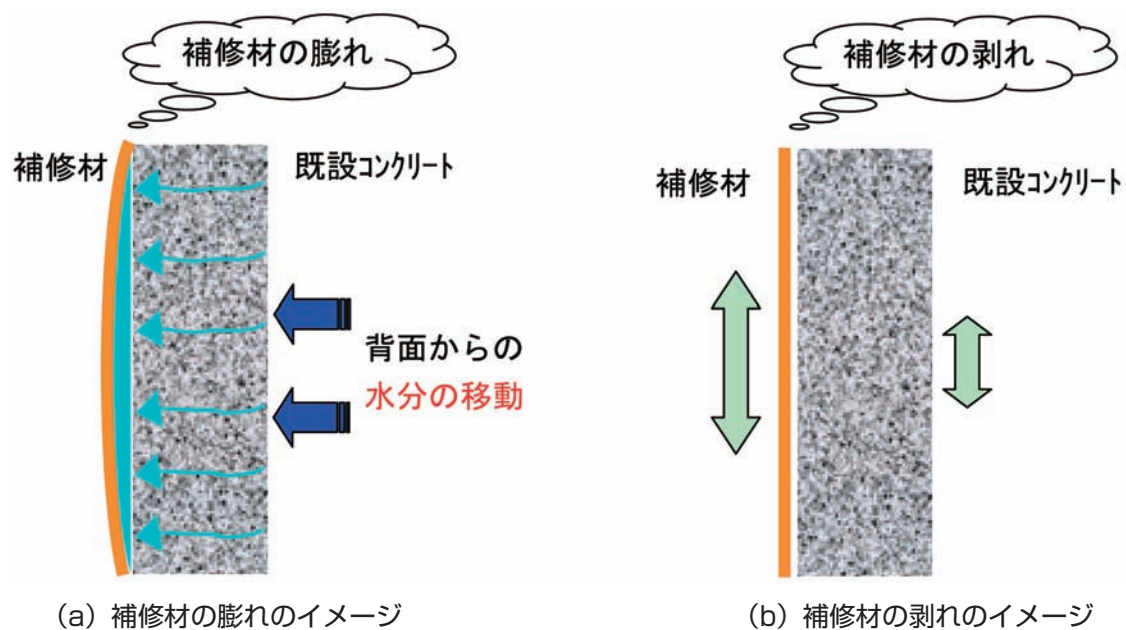
写真－1.3 補修後の再びひび割れ



写真－1.4 再補修

また、既設コンクリートと性質の異なる材料を適用した場合には、図－1.1(a)に示すように、コンクリート中の水分の移動を遮断してしまうために膨れが生じることや、図－1.1(b)に示すように、外気温の変化に対する伸縮挙動が異なるために剥れが生じてしまうことなどの問題があった。

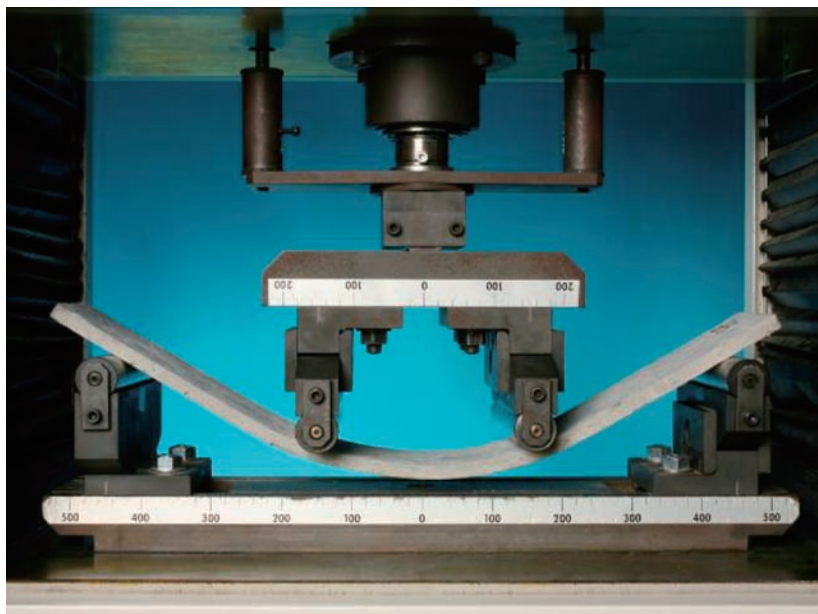
以上のように、既設コンクリートと同様の性質を持ちつつ、目地やひび割れの開閉に追従することができ、かつ、長期にわたって止水性を確保することができる補修工法というのは、実現が難しいのが現状であった。



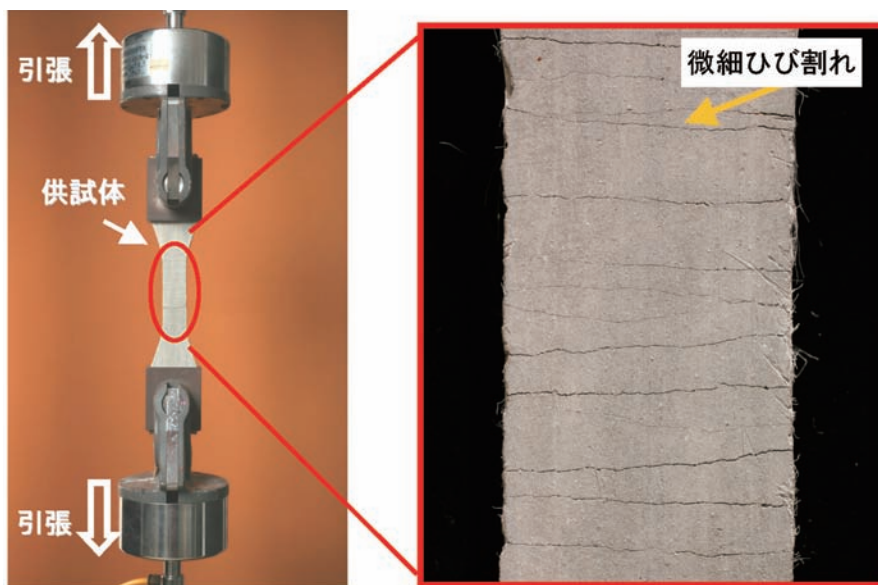
図－1.1 補修材の膨れおよび剥れのイメージ

1.2 水路補修 ECC ショット工法の開発経緯

本書に示す「水路補修 ECC ショット工法」には、高靱性セメント複合材料 ECC（Engineered Cementitious Composite）と呼ばれる新材料が使用されている。これは、モルタルと高強度の有機系繊維によって構成される複合材料であり、写真－ 1.5 および写真－ 1.6 に示すように、引張力に対して微細なひび割れを発生させながら、大きく変形するという特長を有する材料である。



写真－ 1.5 ECC の優れた変形性能



(a) 一軸直接引張試験の状況

(b) 試験片の拡大状況

写真－ 1.6 ECC の優れたひび割れ分散性

この ECC が、初めて農業土木分野に適用されたのは、平成 15 年に行われた広島県沖美地区の三高ダムのリニューアル工事であった¹⁾。

三高ダムでは、広島県沖美地区畑地帯総合整備事業の一環として、安定的な農業用水の確保を目的としたリニューアル工事が行われていた。この工事では、既設堤体の下流側に、新堤コンクリートを増打ちして嵩上げを行うこととなっており、上流側では、既設コンクリートの面がそのまま露出することになっていた。しかし、既設コンクリートの上流面には、写真－1.7 に示すように、ダムの止水性に影響を及ぼすと考えられる劣化が多数確認されたため、この損傷に対する補修を行うこととなった。



写真－1.7 上流面の劣化状態

ここで適用される補修材料には、下記を満足することが要求された。

- ① 止水性を改善できること
- ② 紫外線に対する耐候性を有していること
- ③ 乾湿繰返しおよび凍結融解に対して抵抗性を有していること
- ④ 薄い層として施工しても、ひび割れや浮きなどが生じないこと

従来のセメント系材料では、③および④に対して課題があり、樹脂系材料では、②に対して課題があることから、これらの要求全てを満足できる材料はなく、当時、実用化されつつあった ECC が採用されることとなった。

この工事では、既設コンクリートの劣化が著しく、止水性の低下が懸念された 500 m² に対して、約 15 m³ の ECC が吹付け工法によって施工された。その後、初期ひび割れなどは確認されておらず、施工から 1 年半が経過した時点においても、不具合を生じることなく供用されている。

このように、三高ダム工事において、従来の材料では達成できなかった特長を活かした適用がされ、その後も、不具合が生じることなく供用されていることから、この ECC の適用によって、かねてから農業用水路の課題とされていた長期耐久性を期待できる補修工法が実現できる可能性が見出された。

そこで、島根大学 生物資源科学部 長束勇教授（当時、農村工学研究所に所属）の発案により、農林水産省の官民連携新技術研究開発事業として、水路補修 ECC ショット工法の開発に着手することとなった。この事業は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所と、鹿島建設株式会社、株式会社クラレおよび二瀬窯業株式会社の民間 3 社による共同研究として実施された。本事業では、水路補修への ECC の適用性の確認をはじめ、その特長を活かした目地の構造形式や施工方法の詳細について開発が行われた。

本指針は、こうして開発された「水路補修 ECC ショット工法」の性能、施工方法および積算方法について示すものである。

2 水路補修 ECC ショット工法の概要

2.1 ECC ショットとは

ECC ショットは、セメントなどの粉体材料と、高強度の有機系繊維が混合された材料であり、マイクロメカニクスと呼ばれる材料の微小要素の挙動を数式化した力学モデルに基づいた配合設計²⁾によって、優れたひび割れ分散性および高い変形性能を実現している。ここでいうひび割れ分散性とは、引張力に対して、幅 0.10 mm 程度以下の微細なひび割れを複数発生させる性能のことであり、結果として、見掛け上、部材が大きく変形するという性能を有する。

このメカニズムについては、図-2.1 の①～④を参照して説明することができる。

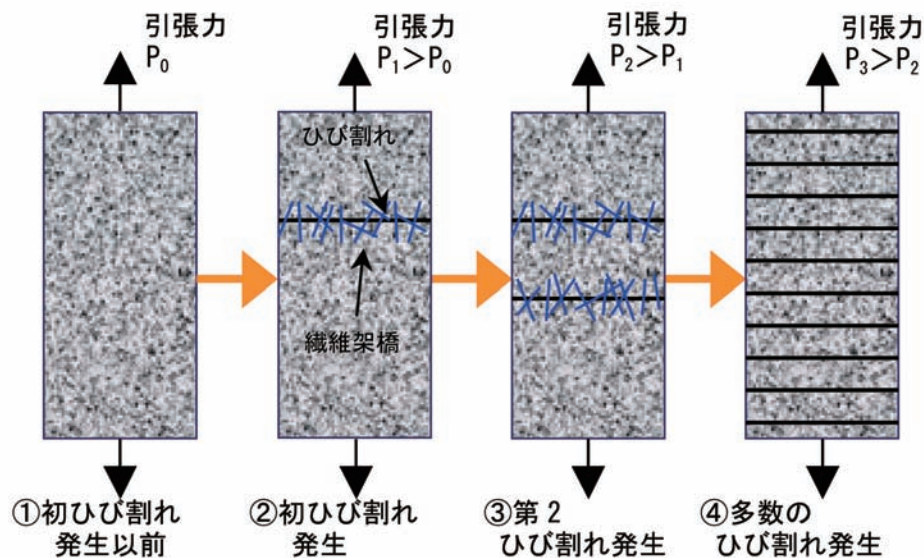


図-2.1 ECC ショットのひび割れ分散メカニズム

- ①は、ECC ショットの板であり、一軸の引張力を載荷している状況である。
- ②は、この引張力によって ECC ショットの板にひび割れが発生した状況である。このとき、ひび割れには高強度の有機系繊維が架橋するため、幅が 0.10 mm 程度以下の微細な範囲に制御される。
- ③は、ECC ショットの板に微細ひび割れが発生した後、さらに引張力を加えている状況である。最初に発生したひび割れには、高強度の有機系繊維が架橋するため、幅が開くことはなく、別の位置に新たなひび割れが発生する。このひび割れにも高強度の有機系繊維が架橋し、幅が 0.10 mm 程度以下の微細な範囲に制御される。

④は、さらに引張力を加えていったときの状況である。②および③に示すメカニズムにより、ECC ショットの板に微細なひび割れが次々に発生していく。結果として、前掲の写真－ 1.5 のような大きな変形を生じて、通常のコンクリートやモルタルのように破壊が生じない。また、引張力を除荷すると、載荷状態よりもひび割れ幅が小さくなる。例えば、一軸直接引張試験によって 1.0 % のひずみを発生させた後、除荷した場合は、平均ひび割れ幅が約 0.09 mm から約 0.03 mm まで低下している³⁾。

ECC ショットは、複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料として分類され、写真－ 2.1 に示すように、平成 19 年に土木学会より刊行された「コンクリートライブラリー 127 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案）」³⁾に適合している。



写真－ 2.1 土木学会より刊行の設計・施工指針の表紙

2.2 水路補修 ECC ショット工法のコンセプト

水路補修 ECC ショット工法の概要図を図-2.2 に示す。同図中にもあるように、本工法では、目地を挟む 300 mm の範囲を「目地部」とし、それ以外の範囲を「一般部」として施工を行う。以下に、それぞれの部位の補修効果に関するコンセプトを示す。

(1) 「一般部」のコンセプト

「一般部」については、厚さ 10 mm の ECC ショットで被覆し、表面を平滑にして通水性能の回復を図る。また、一般部にひび割れが発生している場合には、ECC のひび割れ分散性によって開閉挙動に追従させ、止水性を保持する。

(2) 「目地部」のコンセプト

「目地部」については、ECC ショットの厚さを 50 mm とする幅 300 mm の区間（以下；箱抜き区間）を設けて、ECC による断面修復を施し、さらに溶接金網などの補強材を配置することにより、剛性を向上させて疲労耐久性を確保する。また、目地を挟んだ 100 mm の範囲に、ECC ショットと既設コンクリートが付着していない区間を設け、目地の開閉挙動によるゼロスパン現象を防止する。

この方法により、一般部および目地部を、同一の材料で連続させた改修を行うことができる。以上の補修工法を「水路補修 ECC ショット工法」と呼ぶ。

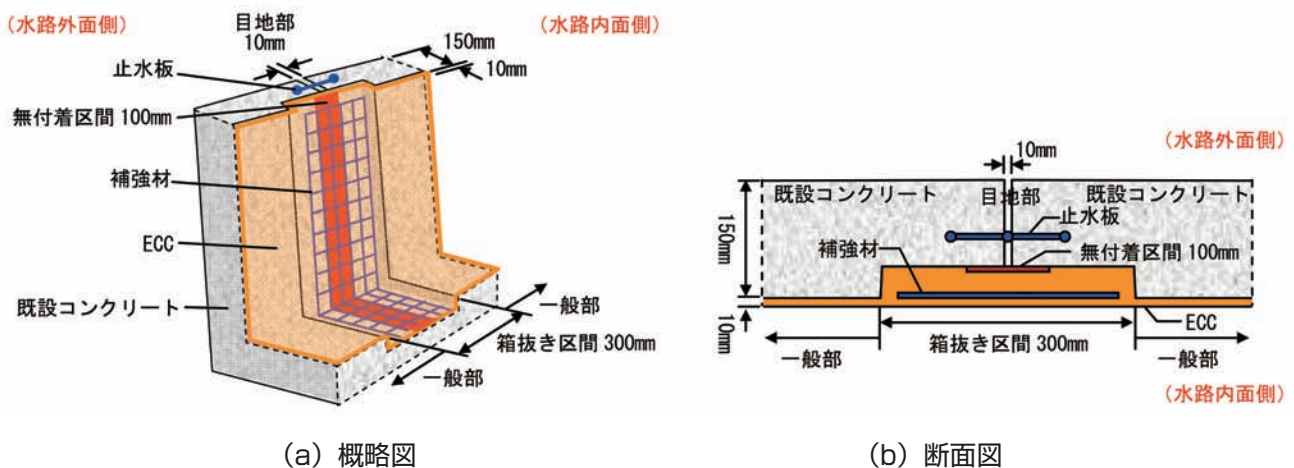


図-2.2 水路補修 ECC ショット工法概要図

3 水路補修 ECC ショット工法の性能について

3.1 力学特性

(1) 引張降伏強度および引張終局ひずみ

「土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案）」には、ECC ショットの材料特性値として、引張降伏強度 2.0 N/mm^2 および引張終局ひずみ 0.8% の値が公表されている。

実際に ECC ショットの室内試験を実施すると、それよりも高い値を示す。例えば、同指針（案）の一軸直接引張試験を実施した結果、ECC ショットの引張降伏強度および引張終局ひずみとして、それぞれ、 3.3 N/mm^2 および 3.9% の値が得られている⁶⁾。

(2) 圧縮強度

「土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案）」には、ECC ショットの材料特性値として、圧縮強度 30.0 N/mm^2 の値が公表されている。

実際に「JIS A 1108-2006 コンクリートの圧縮強度試験方法」により、ECC ショットの圧縮強度試験を実施した例では、 40.3 N/mm^2 の値が得られている⁶⁾。

(3) 曲げ強度

「JIS R 5201-1997 セメントの物理試験方法」によって ECC ショットの曲げ強度試験を実施した結果、 12.2 N/mm^2 の値が得られている¹⁾。

(4) 付着強度

「JIS A 1171-2000 ポリマーセメントモルタルの試験方法」によって ECC ショットの付着強度試験を実施した結果、 2.5 N/mm^2 の値が得られている⁶⁾。

(5) 収縮特性

「土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案）」には、ECC ショットの収縮特性に関する材料特性値として、 -0.029% の値が公表されている。これは、「JISA6202」の B 法による材齢 1 年時の値である³⁾。

3.2 止水性

ECC ショットは、水セメント比が 32.0 % と低く、密実であることから、例えば 15 kPa の圧力を 24 時間以上作用させる透水試験において、用水路のコンクリート以上の高い止水性を有することが確認されている⁴⁾。また、ECC ショットに微細ひび割れが発生した場合でも、写真－3.1 に示すように、微細ひび割れが白色の析出物で充てんされる「自己治癒効果」があるため、止水性が保持される。



写真－3.1 ひび割れの自己治癒の状況

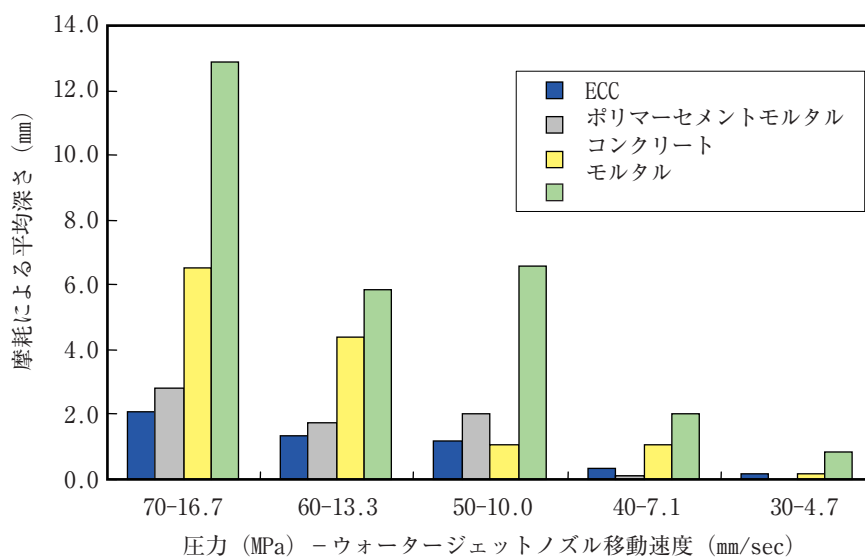
3.3 通水性能

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所内の 50 m 可変勾配水路において、ECC ショットの粗度係数を測定した結果、粗度係数 $n = 0.010$ の値が得られている。施工直後のコンクリートの粗度係数とされる $n = 0.015$ ⁵⁾ と比較すると、ECC ショットによって通水性能が改善されることが分かる⁶⁾。

3.4 耐久性

(1) 耐摩耗性

ECC ショットには、粗骨材が含まれていないが、水セメント比が 32.0 % と低く、短繊維の架橋があることから、例えば図－3.1 に示すように、水流摩耗試験において、水セメント比が 65 % のコンクリートと同等の耐摩耗性を有することが確認されている⁶⁾。なお、ECC の場合、コンクリートのような粗骨材の露出がなく、表面の凹凸が小さいため、同等の摩耗深さの場合でも、より高い通水性能を期待することができるという副次的な効果がある。



図－3.1 水流摩耗試験結果

(2) 凍結融解抵抗性

ECC ショットは、水セメント比が低く、短繊維の架橋があるため、高い凍結融解抵抗性を有している。

例えば、「JIS A 1148-2001 コンクリートの凍結融解試験方法」によって試験した結果、図-3.2 に示すように、凍結融解繰返しの 3500 サイクルを経過しても、相対動弾性係数が 80 % 以上となる結果が得られている。通常、300 サイクルにおける相対動弾性係数が 60 % 以上を保持していれば、高い凍結融解抵抗性を有しているものと評価されることを考慮すると、ECC ショットの凍結融解抵抗性が極めて高いことが分かる⁶⁾。

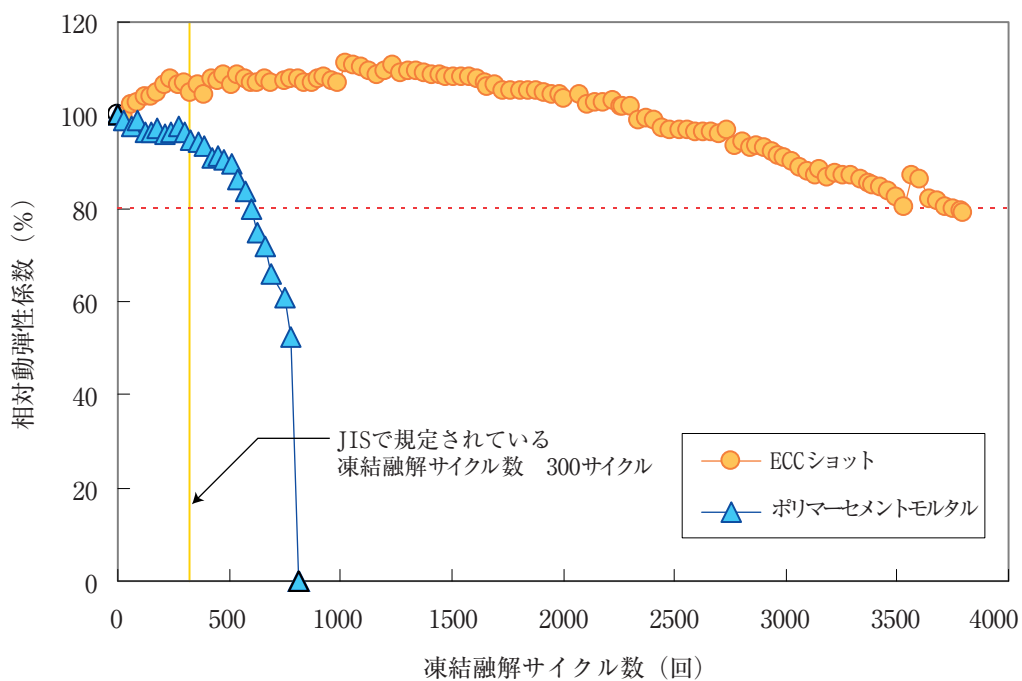


図- 3.2 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係

(3) 疲労耐久性

ECC ショットは、疲労に対して高い耐久性を有する材料であり、溶接金網などの補強材を配置することによって、より高い疲労耐久性を確保することができる。例えば、圧縮および引張の一軸正負交番疲労载荷試験を実施した結果、図-3.3 に示すように、補強材を配置することによって、疲労耐久性を約 8 倍に向上できることが確認されている⁶⁾。

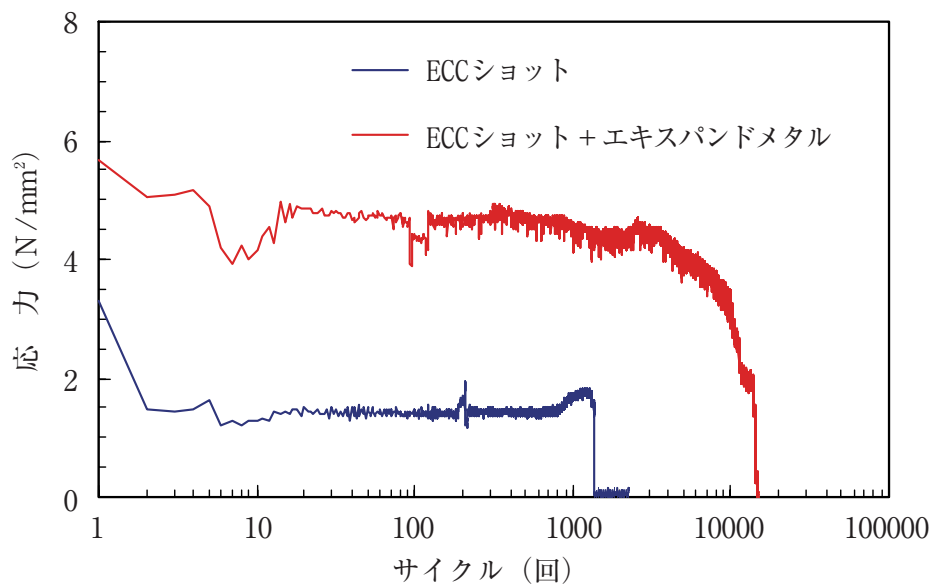
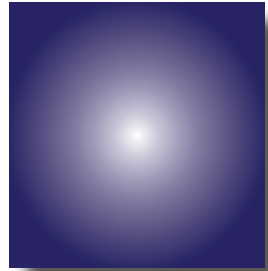


図- 3.3 サイクル数と引張り応力の関係



【施 工】



4 水路補修 ECC ショット工法の施工方法

4.1 施工条件

水路補修 ECC ショット工法では、ウォータージェットによる水路表面の目粗しを行った後、施工箇所以下に以下の状態が確認された場合、事前処理を必要とする。事前処理の具体的な方法については、4.4 を参照する。

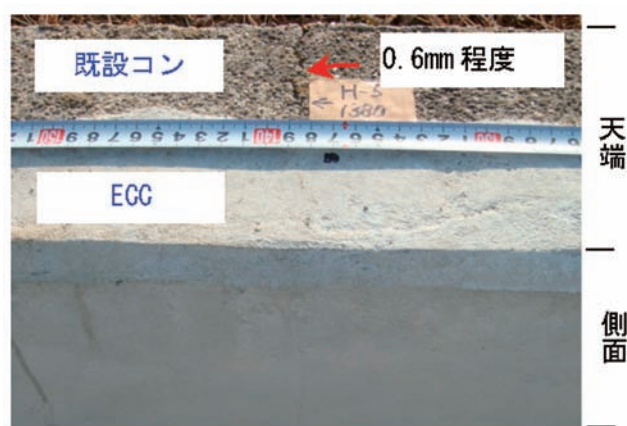
(1) 目地およびひび割れからの漏水がある場合

目地およびひび割れからの漏水がある場合、ひび割れ注入などの止水処理を行う。

(2) 既設コンクリートのひび割れ幅が 0.60mm 以上ある場合

既設コンクリートのひび割れ幅が 0.60 mm 以上ある場合、ひび割れ注入を行う。

なお、このひび割れ幅は、試験施工結果などに基づいて設定された値であり、対象構造物の条件などにより、変更することもあり得る。写真－4.1 に試験施工における補修から 2 年後の目視観察の結果の一例を示す。



写真－4.1 補修より 2 年後の状況

(3) 既設コンクリートに欠損がある場合

既設コンクリートに欠損がある場合、断面修復を行う。

4.2 使用材料

ECC ショットはプレミックス材として製品化されている（問合せ先：カジマ・リノベイト（株）技術部 TEL：03-5379-8771）。

ECC ショットの荷姿は以下の通りであり，それぞれの写真を写真－4.2～写真－4.6 に示す。

- ・粉体 ；クラフト3層紙袋（内1層ポリ加工）25 kg 入り（67 袋 /1 m³）
- ・液体混和剤 A ；小袋 1251 g 入り（17 袋 /1 m³）
- ・液体混和剤 B ；小袋 626 g 入り（17 袋 /1 m³）
- ・液体混和剤 C ；小袋 63 g, 125 g, 188 g 入り（各 17 袋 /1 m³）
- ・液体混和剤 D ；小袋 54 g 入り（34 袋 /1 m³）



写真－4.2 ECC ショット粉体材料



写真－4.3 液体混和剤 A



写真－4.4 液体混和剤 B



写真－4.5 液体混和剤 C

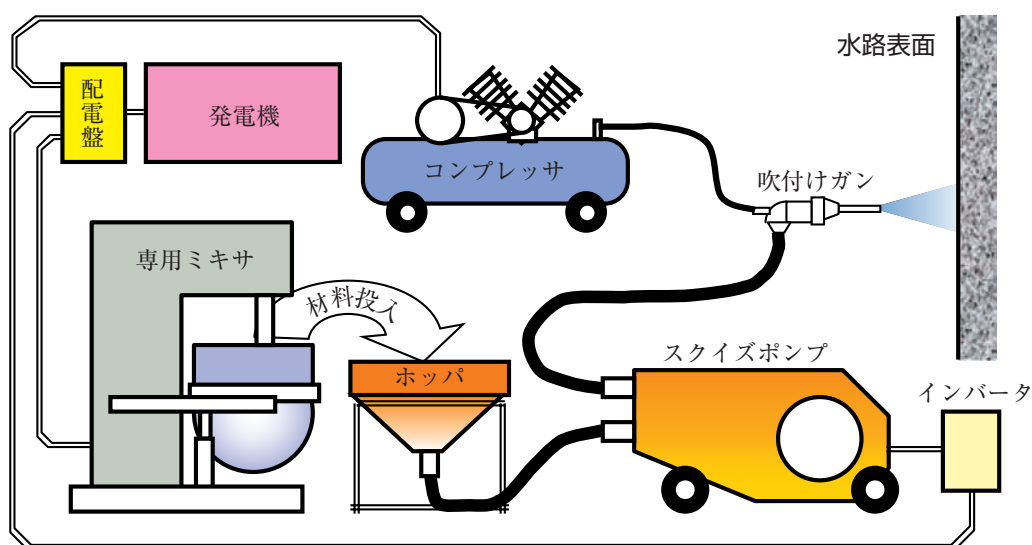


写真－4.6 液体混和剤 D

4.3 施工システムおよび使用機器

水路補修 ECC ショット工法では、ミキサで練り混ぜた ECC ショットをポンプ圧送し、ノズル吐出口手前で圧縮空気を導入することによって、吹付けを行う。図－4.1 に ECC ショットの施工システムを示し、表－4.1 に標準的な圧送ポンプおよびホッパーの仕様の一例を示す。また、ECC ショットの練混ぜに使用するミキサの例を示す。練混ぜ時間については、4.4 に示す。

なお、ミキサおよび吹付け機器類の一式については、貸与を受けることもできる。また、施工の際には、技術指導を受けることができる（問合せ先：カジマ・リノベイト（株）技術部 TEL：03-5379-8771）。



図－4.1 ECC ショットの施工システム一例

表－4.1 圧送ポンプおよびホッパーの仕様一例

形 式		MM104HA
吐 出 量		2.5, 4.5, 6.0 m ³ /h
		インバーターを設置し吐出量を可変できるもの
最大輸送距離	水 平	220 m
	垂 直	55 m
動 力	ポ ン プ	5.5 kW
	ア ジ テ ー タ	0.4 kW
	振 動 モ ー タ	50 W
ポ ン プ		しぼり出し式（スクイズ式）
ホ ッ パ ー 容 量		290 L
ポンピングチューブ内径		50 mm
重 量	ポ ン プ 全 体	250 kg
	ホ ッ パ ー	120 kg



写真－ 4.7 ホッパー－例



写真－ 4.8 圧送ポンプ－例



写真－ 4.9 吹付けノズル－例



写真－ 4.10 ミキサー例（モルタルミキサ）



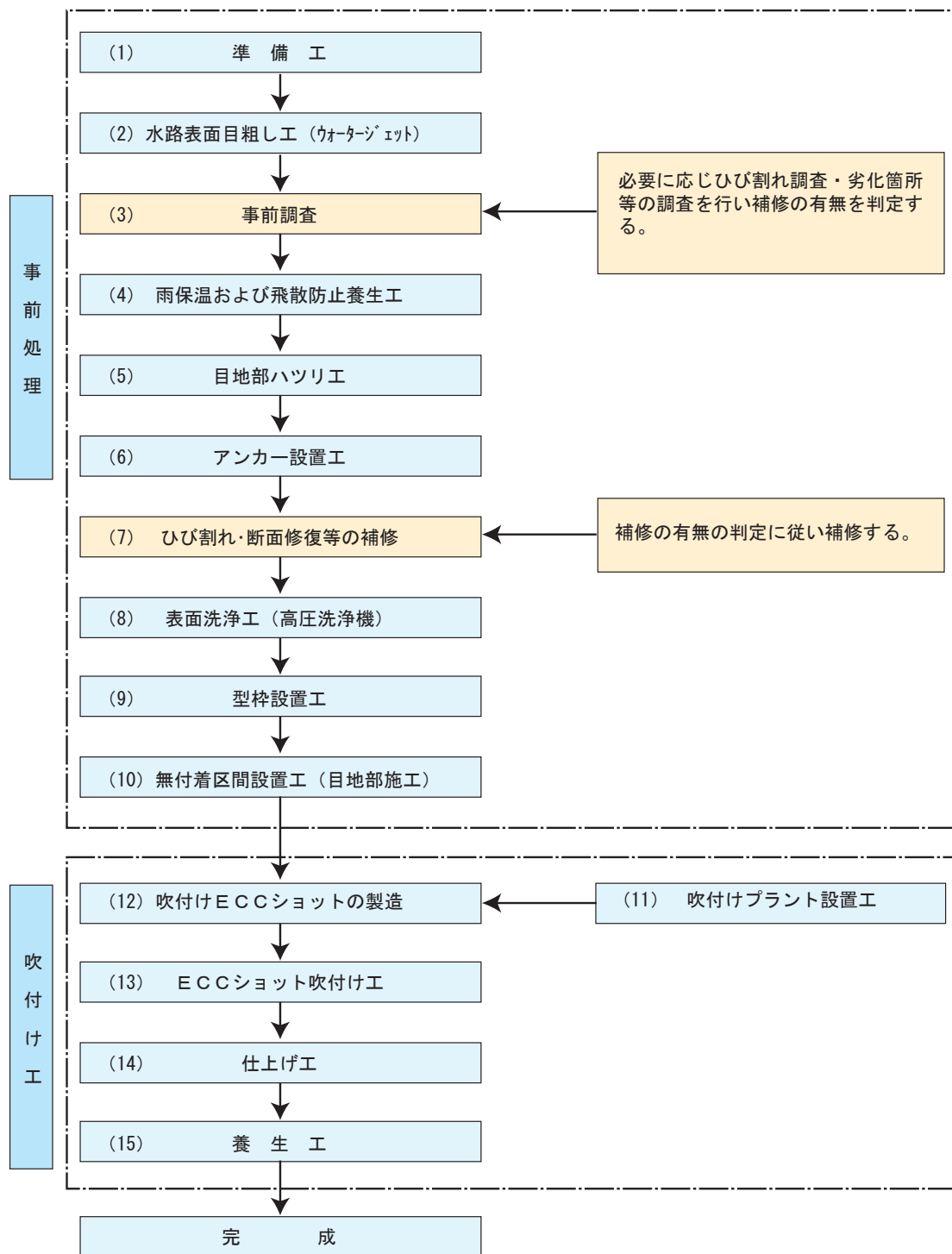
写真－ 4.11 ミキサー例（水平二軸形強制練りミキサ）



写真－ 4.12 ミキサー例（パン型強制練りミキサ）

4.4 施工方法

図－4.2 に施工手順を示す。なお、ひび割れ注入および断面修復については、事前調査の結果にもとづき、適宜実施するものとする。



図－4.2 施工手順

(1) 準備工

施工機器の搬入などを行う。

(2) 水路表面目粗し工

水路の側面および底面の汚れおよびコンクリート表面の脆弱部の除去をウォータージェットにより行う。ここで使用するウォータージェットは、3相200Vで圧力が150MPa程度のものである。

(3) 事前調査

事前調査では以下を確認する。

a) 目地およびひび割れからの漏水の有無

目視観察により、目地およびひび割れからの漏水の有無を確認する。また、クラックスケールを用いて、ひび割れ幅の測定を行い、ひび割れ注入の必要があるかどうかを判断する。その際、ひび割れ注入を行うひび割れ幅の目安を0.60mm以上とする。

b) 欠損箇所の有無

目視観察により、既設コンクリートの欠損箇所の有無を確認する。

(4) 雨保温および飛散防止養生工

施工中・施工後の雨・養生および施工時の繊維の飛散防止を目的として、単管・ブルーシート等で養生を行う。



写真－4.13 養生状況

(5) 目地部はつり工

目地を挟んだ幅 300 mm、深さ 40 ～ 50 mm のコンクリートをはつる。はつりに際しては、事前にコンクリートカッターで切込みを入れ、端部がフェザーエッジにならないようにする。写真－4.14～写真－4.17 にはつり作業の状況を示す。



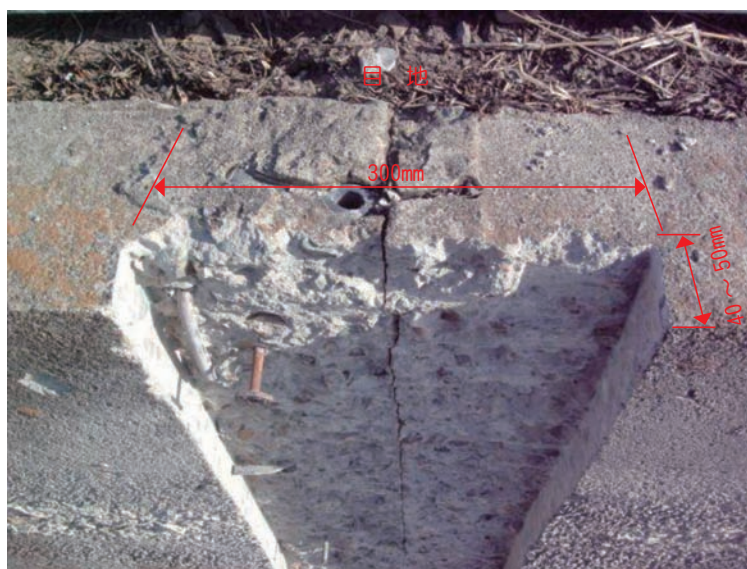
写真－ 4.14 コンクリートカッター切込み状況



写真－ 4.15 はつり状況



写真－ 4.16 目地部はつり完了の全体状況



写真－ 4.17 目地部はつり完了の拡大状況

(6) アンカー設置工

ECC ショットの施工厚さが薄いため、乾燥収縮による剥離に抵抗するためのアンカーを1本／ 1.5 m^2 の間隔で設置する。この本数については、アンカーの引抜き試験によって決定されたものである。アンカーの設置については、写真－4.18に示すように、既設コンクリートに $\phi 50 \sim 100\text{ mm} \times$ 深さ 50 mm の孔を空け、その中心に、芯棒打込み式のステンレスアンカーを設置する。アンカー設置完了状況を写真－4.19に示す。



写真－4.18 孔明け完了状況



写真－4.19 アンカー設置完了状況

（７）高圧水による表面洗浄工

既設コンクリート表面に付着している埃などを高圧式洗浄機によって洗浄する。写真－ 4.20 に作業状況を示す。



写真－ 4.20 表面洗浄状況

（８）ひび割れ注入および断面修復

a) ひび割れ注入

幅が 0.60 mm 以上のひび割れには，ひび割れの伸縮に追従する材料（例：アクリル系ひび割れ注入材「マジカルクイックボンド E」）を注入する。



写真－ 4.21 ひび割れ注入の状況

b) 断面修復

既設コンクリートの欠損箇所の欠損深さが 20 mm 以下の場合は、欠損していない箇所と同様に ECC ショットを吹き付ける。

欠損深さが 20 mm 以上になる場合、ポリマーセメントモルタルや ECC ショットなどの材料で予め断面修復を行い、材料のダレが生じないことを確認してから、欠損していない箇所と同様に ECC ショットを吹き付ける。



写真－ 4.22 断面修復の状況

(9) 型枠設置工

ECC ショットの施工厚を管理するために、既設コンクリートの天端、側面および底面に型枠を設置する（写真－ 4.23 ～写真－ 4.25 参照）。



写真－ 4.23 天端 型枠設置完了状況



写真－ 4.24 側面 型枠設置完了状況 2



写真－ 4.25 底面 型枠設置完了状況

（10）無付着区間設置工

目地部のはつり作業後、目地を跨ぐ幅 100 mm の範囲に、テフロン製の縁切りシートをコーキング材により接着させ、その上にグリスを塗布し、ECC ショットと既設コンクリートが付着しない区間を設ける。これは、目地の開閉挙動によるゼロスパン現象を防止する目的で施工するものである。写真－ 4.26 および写真－ 4.27 に作業状況を示す。



写真－ 4.26 コーキング実施状況



写真－ 4.27 無付着区間設置完了状況

(11) プラント設置工

吹付けプラントは、発電機、ミキサ、ポンプおよびコンプレッサーなどから構成されるものであり、ECC ショットの練混ぜ、ポンプ圧送および吹付けが円滑に行えるように配置する。設置場所に制約がない場合、地面に設置する方法もあるが、長距離の施工を行う場合には、吹付けプラントを移動しなければならない。例えば、写真－ 4.28 に示すように、トラックの荷台に吹付けプラントを設置することによって、移動を簡単にする方法もある。



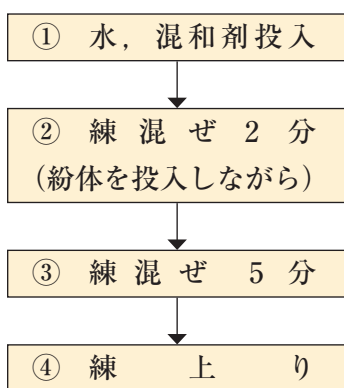
写真－ 4.28 吹付けプラント設置状況一例

(12) ECCショット練混ぜ工

図－ 4.3 に ECC ショットの練混ぜ方法を示す。

水および混和剤を投入した後，均一に練混ぜを行うために，ミキサを回しながら，2分以内にプレミックス材料を投入する。練り上った ECC ショットの可使時間の目安は概ね 30 ～ 60 分である。

ECC には多量の繊維が含まれているため，練混ぜ方法によっては，繊維が均一に分散しない可能性があるが，ここで示した練混ぜ方法は，実績に基づいて決定されたものである。



図－ 4.3 ECC ショットの練混ぜ方法



写真－ 4.29 ECC ショット練混ぜ状況一例

表－4.2 に 64 ℓ を製造する場合の ECC ショットの配合例を示す。

表－4.2 ECC ショット配合例（約 64 ℓ /1 バッチ）

粉体材料	水道水	液体混和剤 A KJ	液体混和剤 B UN	液体混和剤 C SP	液体混和剤 D AE
100 kg	20.47 kg	1251 g	626 g	439 g	108 g (25 倍溶液)

※品質管理試験でスランプフローの値が管理値を満足しない場合は、液体混和剤 C を調整する（これまでの実績では 64 g ～ 256 g の範囲で調整している）。また、空気量の値が管理値を満足しない場合は、液体混和剤 D を調整する（これまでの実績では、原液で 64 g ～ 192 g の範囲で調整している）。練混ぜ前に入れる場合は 25 倍溶液で使用し、練上り後に追加で添加する場合は、単位水量の増加を防ぐために、原液で使用する。

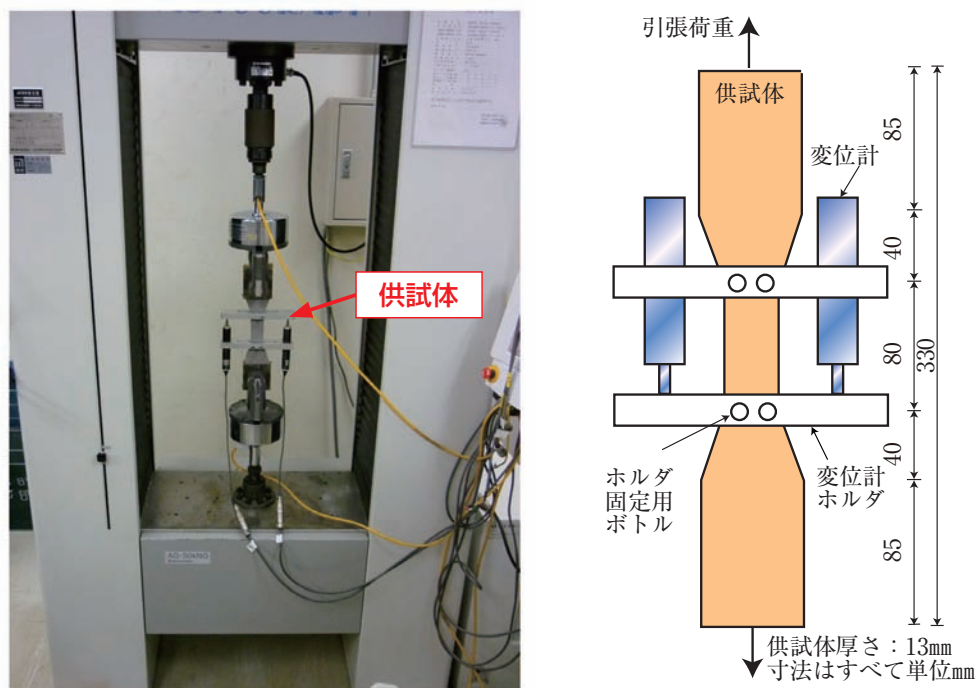
（13）ECC ショットの品質管理試験

ECC ショットの品質管理試験を行う。表－4.3 に ECC ショットの品質管理試験項目を示す。

表－4.3 ECC ショットの品質管理試験項目

項 目	検査方法	品質管理値	試験時期	検査頻度
流 動 性	JIS A 1150	375 ± 100 mm	練上り 直後	1 回以上 / 日
単 位 容 積 質 量	JIS A 1116	1650 kg/m ³ 以下		
練 上 り 温 度	温度計による	15 ～ 35 ℃		
圧 縮 強 度	JIS A 1108	30 N/mm ² 以上	材齢 28 日	1 回以上 / 工事
引張降伏強度	一軸直接 引張試験	2.0 N/mm ² 以上		
引張終局ひずみ		0.2 % 以上		

引張降伏強度および引張終局ひずみは、図－4.4 に示すダンベル型の供試体（測定区間長 80 mm，幅 30 mm，厚さ 13 mm）を用いた一軸直接引張試験によって求めるものとする。試験時の載荷速度は 0.5 mm/分とし、供試体両側に取り付けた 2 本の変位計の平均で引張ひずみを評価するものである。なお、試験は 5 体実施して中心の 3 体の試験結果の平均値として扱うこととする。試験方法の詳細については、「土木学会 コンクリートライブラリー 127 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 設計・施工指針（案）」を参照する。なお、直接一軸引張試験を実施できない場合は、JSCE-G 552-2007「鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法（案）」などを適用するものとする。



図－ 4.4 一軸直接引張試験方法

(14) ECCショット吹付け工

練り上がったECCをホッパーに投入後、スクイズ式ポンプで吹付けノズルまで圧送し、均一な厚さになるように吹付けを行う。一般部については、施工厚さを10mmとし、目地部については、施工厚さが40mmになった段階で、補強材を設置し、その上から残りの10mmの吹付けを行う。吹付け時はメガネ・マスク等の保護具を着用して施工を行う。写真－ 4.30 に吹付けの状況を示す。

施工厚の管理については、写真－ 4.31 に示すような検尺ピンを設置する。



写真－ 4.30 吹付け状況



写真－ 4.31 検尺ピン

(15) 仕上げ工

吹付け後, ECC ショットがダレ落ちないことを確認し, コテなどによって, 表面が平滑となるように仕上げを行う。



写真－ 4.32 仕上げ状況

(16) 養生工

ECC ショット施工後の、表面の乾燥を防止するため、ビニールフィルムなどを用いてシート養生を行う。また、日平均気温が4℃以下となることが予想される場合は、必要に応じて、練炭およびジェットハーネスを用いて給熱養生を行う。写真－ 4.33 にシート養生の状況を示し、写真－ 4.34 に加熱養生状況を示す。

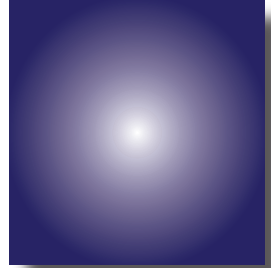
なお、シート養生は少なくとも2日以上実施する。粉塵の飛散防止用の囲いについては、施工後、適宜移動させるものとする。



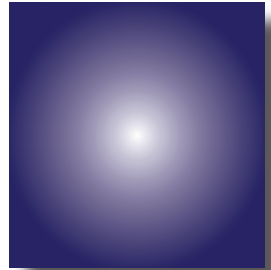
写真－ 4.33 シート養生状況



写真－ 4.34 給熱養生状況



【積算】



5 積 算

5.1 適用範囲

本歩係りは、農業用水路を水路補修 ECC ショット工法により改修する場合における工事費の積算に適用する。

本資料は、高さ 1.5 m 程度、幅 3.0 m～4.0 m 程度の小・中規模断面の開水路に適用する。

その他、この資料によることが著しく不適当または困難であると認められるものは、適用除外とすることができる。

5.2 引用基準

本積算は、主に次の基準類を引用して作成した。なお、一部の歩係りについては、過去の施工実績を参考にしている。

- ・平成 21 年度版農林水産省土地改良工事積算基準
(社団法人 農業農村整備情報総合センター)
- ・建設物価
(財団法人 建設物価調査会)

5.3 施工機器

表－ 5.1 に本工法における標準的な施工機器を示す。

表－ 5.1 標準的な施工機器

項目	仕様	数量
発 電 機 賃 料	45 kVA	1 台
材 料 搬 入 ト ラ ッ ク	4.0 ton ユニック車	1 台
プ ラ ン ト 設 置 車	4.0 ton ユニック車	1 台
電動コンプレッサー	3.7 kW	1 台
ウォータージェット	3 相 200 V, 150 MPa	1 台
高 圧 洗 浄 機	3 相 200 V, 3.7 kW, 4.9 MPa, 30 L/min	1 台
スクイズ式ポンプ	3 相 200 V, 6 ～ 45 L/min	1 台
ホバートミキサー	3 相 200 V, 3.5 kW	1 台
ハンドミキサー	100 V	1 台
水 槽	1 m ³	1 台
投げ込み式ヒーター	100 V	1 台

5.4 施工歩掛り

表－ 5.2 に本工法の施工歩掛りを示す。

表－ 5.2 施工歩掛り

	目粗し工 (m ²)	目地部 処理工 ^{※1} (m ²)	アンカー 設置工	表面 洗浄工	ECC ショット 吹付け工	仕上げ工
			(100 本 当 り)	(10 m ²)	(100 m ²)	(100 m ²)
世 話 役	－		0.90	0.02	2.00	－
特殊作業員	0.059	0.18	2.70	－	10.00	－
普通作業員	－	0.18	1.80	0.10	8.00	－
左 官 工	－	－	－	－	－	6.00
諸 雑 費 ^{※2}	5.0 %	18.0 %	10.0 %	5.0 %	15.0 %	5.0 %

※ 1：幅 300 mm, 深さ 50 mm をはつることを基準とする

※ 2：労務費に対しての比率を記入

- ① ECC 吹付けのロス率：材料のロス率は日常の品質管理および吹付けロス等を考慮して 20 % とする。
- ② 1 日の作業量（練混ぜ⇒吹付け⇒仕上げ）で 60 m³, 吹付け厚 10 mm とすると 1 日当りの施工量が 0.6 m³ となる。

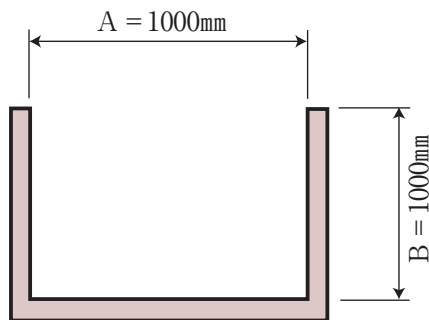
5.5 積 算 例

水路補修 ECC ショット工法の積算計算（例）を以下に記載する。

水路延長：L = 200 m の開水路

水路形状：A × B（1,000 mm × 1,000 mm）

1 区間 10 m とし、20 箇所を目地（総延長 60 m）があるものとする



図－ 5.1 対象水路の概要

（1）目 的

直接工事費を算出する事を目的とする。

但し、現場の状況によって異なる測量工，事前調査費，水替工，漏水箇所およびひび割れ箇所の補修工，後片付け工等については単価表から除外する。材料単価は適宜見直しをする。

（2）積算断面および延長

A = 1,000 mm, B = 1,000 mm

総延長 L = 200.0 m として直接工事費を算出する。

m 当りの面積は 3.0 m²/m 全体面積 A = 3.0 m × 200.0 m = 600.0 m²

（3）積 算

労務単価は表－ 5.3 を採用する。積算結果を表－ 5.4 に示す。

表－ 5.3 公共事業設計労務単価

労務名称	労務単価（円）
世 話 役	19,200
特殊作業員	16,500
普通作業員	12,000
左 官 工	16,500

表－ 5.4 積算結果（直接工事費）

名称	仕様	数量	単位	単価	金額	備考
コンクリート表面 目 粗 し 工	ウォータージェット	600.0	m ²	4,413	2,647,800	第1号単価表
目 地 処 理 工	幅 300 mm 厚さ 50 mm	60.0	m	18,610	1,116,600	第2号単価表
ア ン カ ー 設 置 工		600.0	m ²	1,790	1,074,000	第3号単価表
表 面 洗 浄 工	高圧洗浄機	600.0	m ²	249	149,400	第4号単価表
ECC ショット吹付け工		600.0	m ²	13,888	8,332,800	第5号単価表
仕 上 げ 成 形 工		600.0	m ²	1,040	624,000	第6号単価表
合計					13,944,600	
(m ² 単価)				23,200		

単価表

第 1 号 コンクリート表面目粗し工

1m² 当り

名称	仕様	数量	単位	単価	金額	備考
特 殊 作 業 員		0.059	人	16,500	974	
ウォータージェット損料	150 Mpa	0.012	台日	268,000	3,216	
発 電 機 賃 料	45 KVA	0.012	台日	3,000	36	
移 動 車	4.0 ton トラック	0.012	台日	11,500	138	
雑 材 料 費	労務費の 5 %	1	式		49	防護用品，研掃機器，油脂燃料等
合計					4,413	
(m ² 単価)				4,413		

（注 1）コンクリートガラを集積を含む。但しコンクリートガラの処分に係る費用については別途計上とする。

単価表

第2号 目地処理工

3.0 m 当り

名称	仕様	数量	単位	単価	金額	備考
E C C シ ョ ッ ト	プレミックス材料	0.043	m ³	750,000	32,400	(1.00m+1.00m+1.00m) *0.30m*0.04m 0.036*1.2 = 0.043m ³ ロス 20%
ア ン カ ー		12	本	1,000	12,000	目地 1箇所当り 側壁 2*2*2 + 底版 2*2 (本)
溶 接 金 網	線径 4mm, 網目 150*150mm	1.08	m ²	500	540	0.30m*3.00m = 0.90m ² ロス 20%
縁 切 り シ ー ト	セルロイド板など	0.36	m ²	1,000	360	0.10m*3.00m = 0.30m ² ロス 20%
シ リ コ ン		1.0	kg	1,000	1,000	
特 殊 作 業 員		0.18	人	16,500	2,970	
普 通 作 業 員		0.18	人	12,000	2,160	
カッター, チッパー, ピック		1	回	3,000	3,000	
雑 材 料 費	労務費の 18%	1	式		1,400	ノミ, 防護用品, 油脂 燃料等
合計					55,830	
(m ² 単価)				18,610		

(注1) コンクリートガラの集積を含む。但しコンクリートガラの処分に係る費用については別途計上するものとする。

(注2) ECC ショット (プレミックス材料) は材料費のみを計上し、吹付け手間は ECC ショット吹付け工で計上する。

(注3) 足場等を必要とする場合は、別途計上する。

単価表

第3号 アンカー設置工

100 本当り

名称	仕様	数量	単位	単価	金額	備考
コンクリートアンカーボルト	ホークカットアンカー M8 * 30 (ステンレス製)	105.0	本	187	19,635	ロス 5 %
世 話 役		0.90	人	19,200	17,280	
特 殊 作 業 員		2.70	人	16,500	44,550	
普 通 作 業 員		1.80	人	12,000	21,600	
ハンマードリル	100 V	2.0	台・日	350	700	
ドリルビット	φ 12.5	2.0	本	3,600	7,200	
雑 材 料 費	労務費の 10 %	1	式		8,343	防護用品等
合計					119,308	
(m ² 単価)				1,790		1.5 本 /m ²

単価表

第4号 表面洗浄工

10m² 当り

名称	仕様	数量	単位	単価	金額	備考
世話役		0.02	人	19,200	384	
普通作業員		0.10	人	12,000	1,200	
高圧洗浄機	15 Mpa	0.25	h	2,800	700	
ポンプ		0.25	h	500	125	
雑材料費	労務費の5%	1	式		79	防護用品等
合計					2,488	
(m ² 単価)				249		

単価表

第5号 ECC ショット吹付け工

施工厚さ 10 mm

100 m² 当り

名称	仕様	数量	単位	単価	金額	備考
ECC ショット	プレミックス材料	1.2	m ³	750,000	900,000	100*0.01*1.2 ロス 20%
雑材料	皮膜養生材	10.0	kg	2,800	28,000	
世話役		2.00	人	19,200	38,400	
特殊作業員		10.00	人	16,500	165,000	
普通作業員		8.00	人	12,000	96,000	
材料搬入トラック	4.0 ton ユニック車	3.0	台日	11,500	34,500	搬入・搬出 1.0 日 +2.0 日
プラント設置車	4.0 ton ユニック車	3.0	台日	11,500	34,500	
電動コンプレッサ	3.7 kW	3.0	台日	1,350	4,050	
スクイズ式ポンプ	200 V 吐出量 6 ~ 45 ℓ /min	3.0	台日	7,200	21,600	
モルタルミキサ	200 V	3.0	台日	6,400	19,200	
ハンドミキサ	100 V	3.0	台日	350	1,050	
水タンク	1m ³	3.0	台日	270	810	
投げ込み式ヒータ	100 V	3.0	台日	250	750	
雑材料費	労務費の15%	1	式		44,910	先端バル 防護用品等
合計					1,388,770	
(m ² 単価)				13,888		

単価表

第 5 号 仕上げ工

100 m² 当り

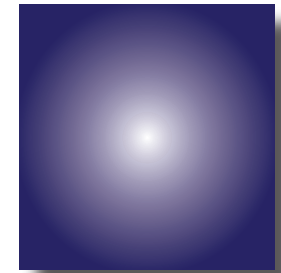
名称	仕様	数量	単位	単価	金額	備考
左 官 工		6.0	人	16,500	99,000	
雑 材 料 費	労務費の 5 %	1	式		4,950	仕上げコテ等
合計					103,950	
(m ² 単価)				1,040		

6 おわりに

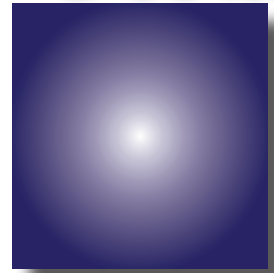
「水路補修 ECC ショット工法」は、農林水産省の官民連携新技術研究開発事業として、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所，株式会社クラレ，二瀬窯業株式会社および鹿島建設株式会社の共同研究によって開発したものである。

ECC ショットは材料がプレミックス化されていることや，特殊な機材が必要ないことから，簡易に施工することが可能であるが，必要に応じて施工支援や技術指導を行う体制を整えている。

本工法により，農業用水路のライフサイクルコストを低減した合理的かつ経済的な維持管理が実現されるものと期待している。



施工実績
・
写真集



施 工 時 期	平成 16 年 11 月
施 工 面 積	18 m ²
工 事 場 所	岩手県花巻市尻平川 5 地割（和賀中部地区）
工 事 名	試験施工
発 注 者	—
補 修 前 水路状況	
補 修 後 水路状況	

施工時期	平成18年3月
施工面積	43 m ²
工事場所	茨城県ひたちなか市金上（小揚江堰土地改良工）
工事名	試験施工
発注者	－
補修前 水路状況	
補修後 水路状況	

施 工 時 期	平成 19 年 3 月
施 工 面 積	94 m ²
工 事 場 所	茨城県つくばみらい市福田地内（福岡堰土地改良工）
工 事 名	試験施工
発 注 者	－
補 修 前 水路状況	
補 修 後 水路状況	

施 工 時 期	平成 20 年 3 月
施 工 面 積	118 m ²
工 事 場 所	和歌山県紀の川市荒見・風市・遠方地内
工 事 名	平成 18 年度 大和紀伊平野農業水利事業（一期） 紀伊平野国営幹線水路等（荒見井連絡水路その 5）改修工事
発 注 者	農林水産省近畿農政局 紀伊平野農業水利事業建設所
補 修 前 水路状況	
補 修 後 水路状況	



添付資料



水路補修 ECC ショット工法の性能評価試験

水路補修 ECC ショット工法の性能評価試験の詳細を添付しています。

これらの試験により，水路補修 ECC ショット工法が用水路の補修に適用可能であることを確認しています。

資料 I 力学特性

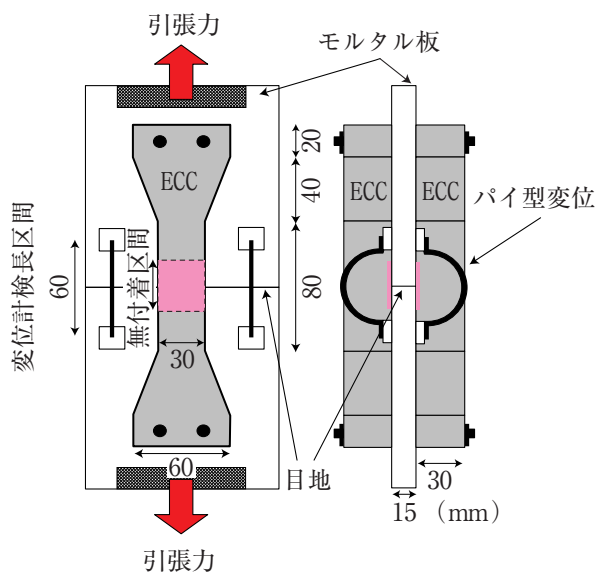
I-1 目地およびひび割れの開閉挙動に対するひび割れ分散性

I-1.1 目地およびひび割れの開閉挙動に対するひび割れ分散性の確認試験概要

既設コンクリートの目地およびひび割れの開閉挙動に対する ECC ショットのひび割れ分散性を確認するために、資料 I 図-1 に示す試験体を用いて、引張試験を実施した。試験体については、水セメント比が 50 % で、セメントと細骨材の比が 1 : 3 の厚さ 15 mm のモルタル板を母材として、2 枚の板を突き合わせることで、既設コンクリートの目地およびひび割れを模擬した。その表面に前掲の表-1 に示した配合の ECC ショットを厚さ 30 mm で吹き付けることで、実構造物における補修状況を模擬した。また、モルタル板と ECC ショットの付着していない区間（以下；無付着区間）が ECC ショットのひび割れ分散性に及ぼす影響を確認するために、目地およびひび割れ近傍の無付着区間を 0 mm、25 mm および 50 mm とした。

I-1.2 試験方法

モルタル板の両端を載荷治具にピン接合し、資料 I 図-1 に示す矢印の方向に引張力を作用させることで、目地を開口させた。載荷中は、計 4 箇所パイ型変位計を取付け、ひずみの計測を行った。また、各ひずみが 1.0 %（模擬ひび割れの開口幅で 0.6 mm）となった時点で、ECC ショットに生じたひび割れ本数およびひび割れ幅をマイクロスコープにより測定した（資料 I 写真-1 参照）。



資料 I 図-1 試験体概要

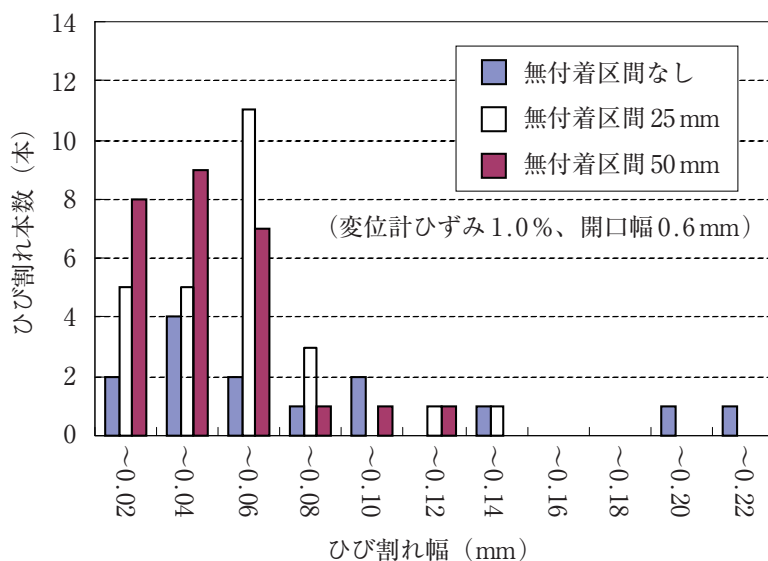


資料 I 写真-1 試験状況

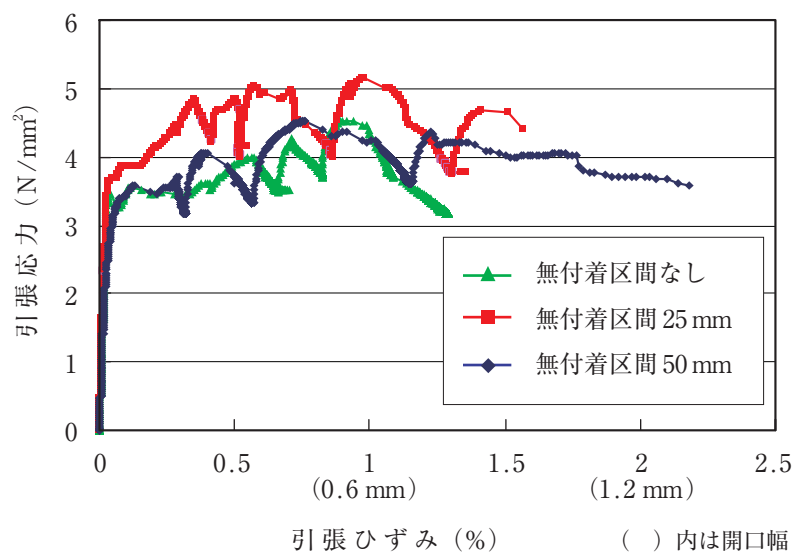
I-1.3 試験結果

ECC ショットのひび割れ幅とひび割れ本数の関係を資料 I 図-2 に示す。同図より、無付着区間が長くなるに従って、ひび割れ本数が増加し、ひび割れ幅が小さくなる傾向を示した。無付着区間を設けた場合には、最大ひび割れ幅が 0.14 mm 以下であり、そのほとんどが、水密性が確保される 0.1 mm 以下の微細なひび割れであった⁷⁾。また、無付着区間の有無に関わらず、ECC ショットの特長であるひずみ硬化特性を確認することが出来た(資料 I 図-3 参照)。

以上の試験結果より、ECC ショットを目地部に適用する際には、無付着区間を設けることで、ひび割れ分散性が確保されることが確認された。



資料 I 図-2 ひび割れ本数とひび割れ幅の関係



資料 I 図-3 引張応力とひずみの関係

資料Ⅱ 止水性

Ⅱ－１ 止水性の確認試験概要

本工法では、ECC ショットにひび割れが発生した状態で供用することを想定しているため、ひび割れ発生状態における ECC ショットの止水性を評価した。

試験体については、ECC ショットと、水セメント比が 50 % で、セメントと細骨材の比が 1 : 3 のモルタルの 2 種類の材料について、 ϕ 100 mm × 厚さ 15 mm の供試体を作製した。

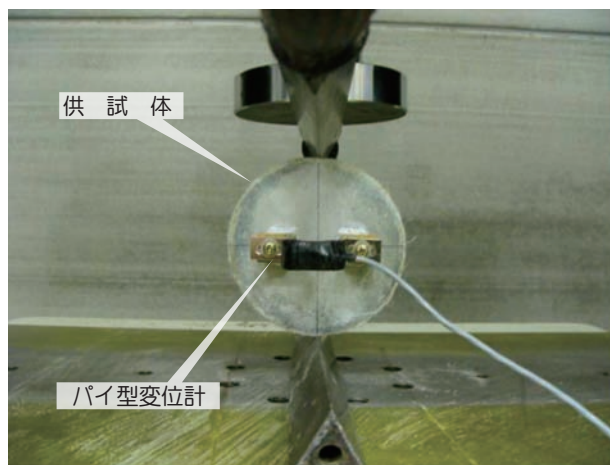
Ⅱ－２ 試験方法

資料Ⅱ写真－１に示した割裂試験により、供試体にひび割れを導入した後、15 kPa の圧力を作用させて透水試験を行った（資料Ⅱ写真－２参照）。割裂試験の際、ECC ショット供試体については、パイ型ゲージを取り付け、ひずみが 1000 μ 、2000 μ および 5000 μ に達するまでの 3 通りの载荷を行った。その結果、これらの供試体には複数の微細ひび割れが発生し、マイクロスコープによって確認された平均ひび割れ幅は、それぞれ 0.023 mm、0.033 mm および 0.054 mm であった（資料Ⅱ表－１参照）。また、モルタル供試体については、割裂後、上記の 1000 μ 、2000 μ 及び 5000 μ の各ひずみに相当する幅 0.04 mm、0.08 mm および 0.20 mm のひび割れが確保されるように供試体を成形した。

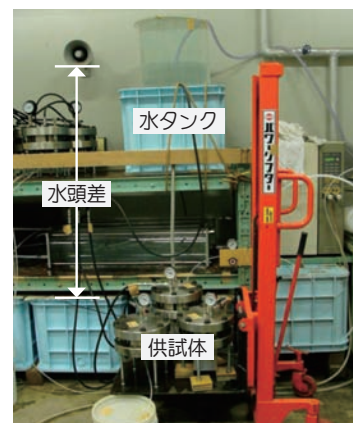
透水試験では、アウトプット法を採用し、試験時間を 24 時間以上として、時間当たりの透水量が安定するまで試験を継続した。

資料Ⅱ 表－１ 割裂試験の結果

ひずみ (μ)	平均ひび割れ幅 (mm)	
	ECC	モルタル
1000	0.023	0.040
2000	0.033	0.080
5000	0.054	0.200



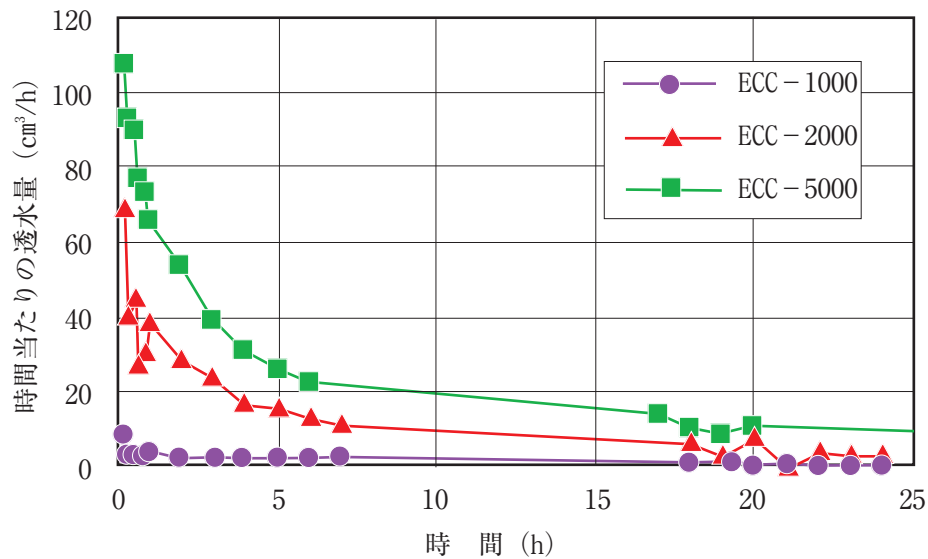
資料Ⅱ 写真－１ 割裂試験の状況



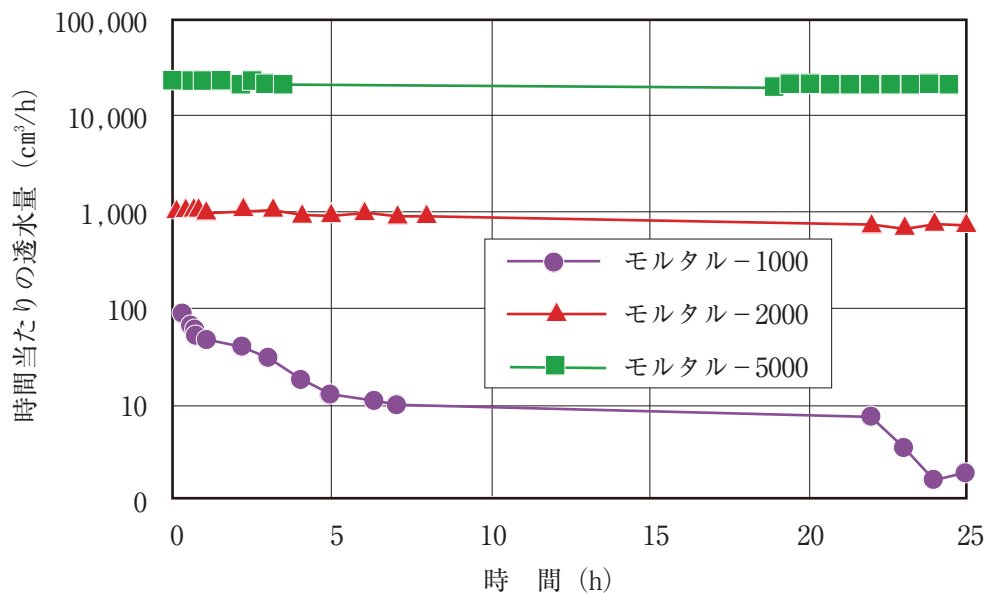
資料Ⅱ 写真－２ 透水試験の状況

Ⅱ－３ 試験結果

ECC ショット供試体及びモルタル供試体の時間当たりの透水量と経過時間の関係を、それぞれ資料Ⅱ図－１および資料Ⅱ図－２に示す。ここで、資料Ⅱ図－２では、供試体間の透水量の差が大きいため、縦軸を対数で表示した。これらの図より、モルタルに比べて ECC ショットの透水量は、微量であった。これは、ECC ショットのひび割れ幅が微細な範囲に制御されたためと考えられる。



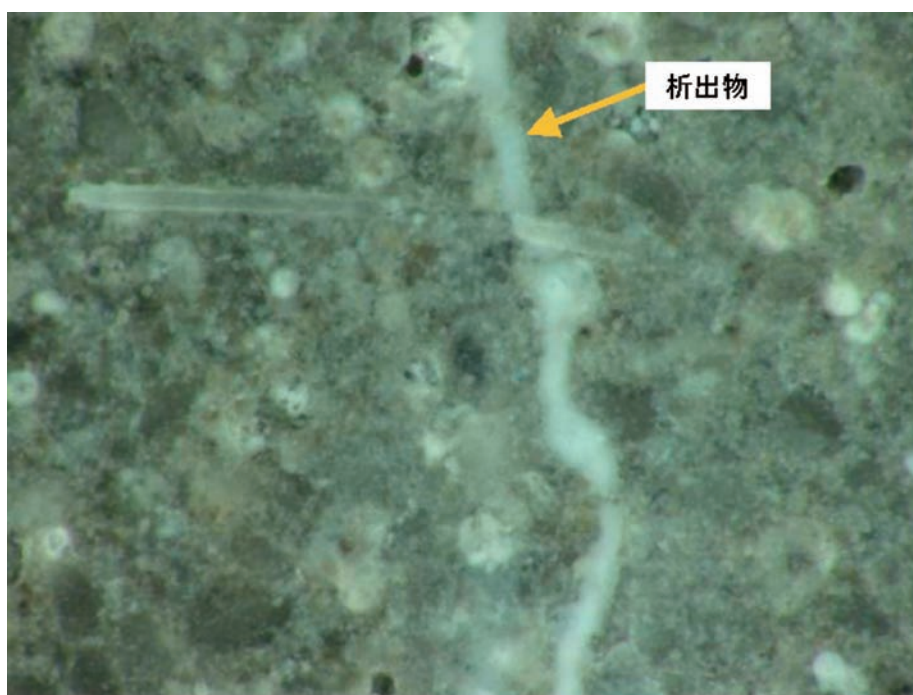
資料Ⅱ 図－１ 経過時間と透水量の関係 (ECC ショット)



資料Ⅱ 図－２ 経過時間と透水量の関係 (モルタル)

また、ECC ショットの場合、全ての供試体において透水量が開始直後から減少し、24 時間後にほぼ一定となった。資料Ⅱ写真－3 に、ひずみを 5000 μ まで導入した ECC ショット供試体における試験終了後のひび割れ拡大状況を示す。同写真に示すように、ECC ショットの場合、全ての供試体において、ひび割れが白色の析出物で充てんされている状態であった。このことより、ECC ショット供試体では、微細なひび割れが析出物で充てんされたことにより、透水量が経時に伴って減少したものと考えられる。一方、モルタル供試体の場合は、ひび割れ幅が、ECC と同等の 0.04 mm の供試体以外、透水量の減少が認められなかった。

以上の試験結果より、ECC ショットに複数の微細ひび割れが発生した場合でも、用水路の止水性は保持されることが確認された。



資料Ⅱ 写真－3 ひび割れの目詰まり状況

資料Ⅲ 通水性能

Ⅲ－１ 通水性能の確認試験概要

ECC ショットにより表面被覆された用水路の通水性能を確認するために、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所が所有している可変勾配水路（長さ 50 m，幅 0.6 m，高さ 0.8 m）を用いて、粗度係数の測定を行った（資料Ⅲ写真－１ 参照）。

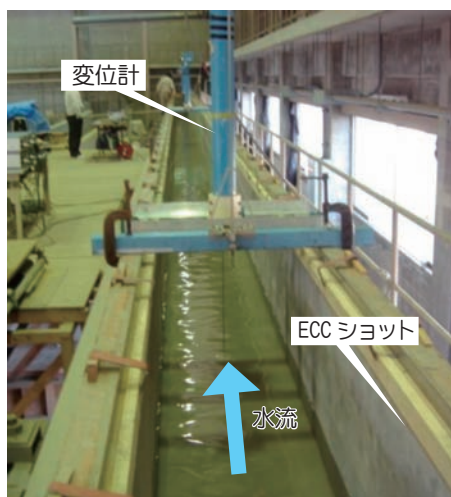
Ⅲ－２ 試験方法

試験水路の側面および底面に ECC ショットを施工し、養生終了後、通水を開始した。粗度係数の算出には Manning の公式を用いた。

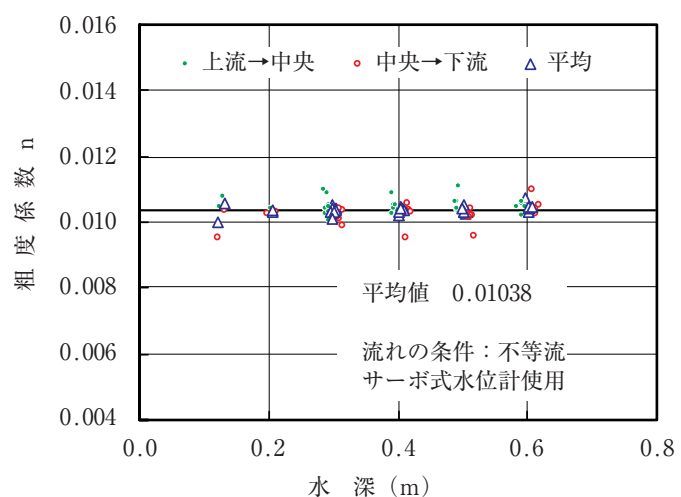
Ⅲ－３ 試験結果

流れの条件，水深および流量を水準とした計 33 ケースの試験の結果，ECC ショット表面の粗度係数が $n = 0.010$ となり，コンクリートライニング水路の粗度係数 $n = 0.015$ に比べ，良好な範囲にあることを確認した（資料Ⅲ図－１ 参照）。

以上の試験結果より，ECC ショットを適用することで，用水路の通水性が確保されることが確認された。



資料Ⅲ 写真－１ 試験状況



資料Ⅲ 図－１ 試験結果一例

資料Ⅳ 耐久性

Ⅳ－１ 耐摩耗性

Ⅳ－１.１ 耐摩耗性の確認試験概要

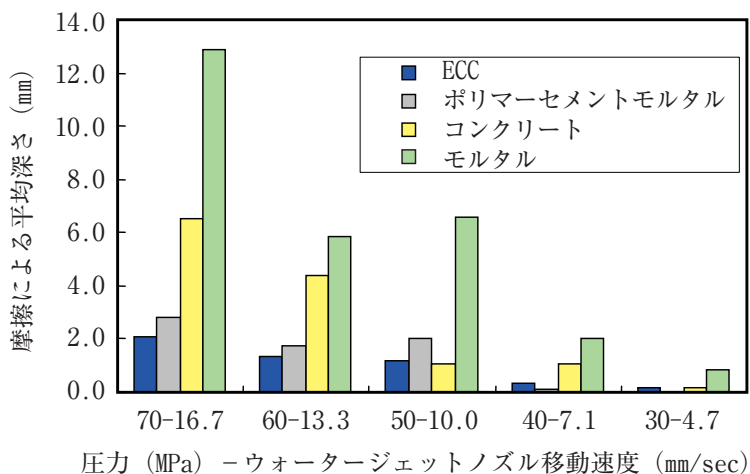
ECC ショットの耐摩耗性を評価することを目的として、ウォータージェットによる水流式摩耗試験を実施した（資料Ⅳ写真－１ 参照）。

Ⅳ－１.２ 試験方法

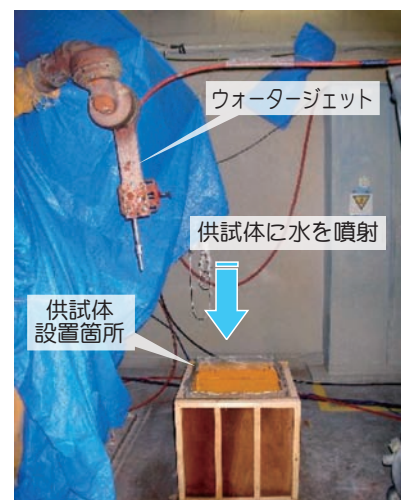
ECC ショット，目標強度 40 N/mm^2 のポリマーセメントモルタル，用水路を想定した目標強度 24 N/mm^2 のコンクリート（水セメント比が 65 %）およびモルタル（水セメント比が 65 %）の 4 種類の材料を用いて， $300 \times 300 \times 600 \text{ mm}$ の供試体を作製した。本試験では，ウォータージェットの圧力を 30，40，50，60 および 70 MPa とし，幅 100 mm の回転式ノズルを，それぞれ 4.7，7.1，10.0，13.3 および 16.7 mm/sec の速度で移動させて摩耗深さを評価した。試験後，レーザー変位計を用いて，摩耗深さの測定を行った。

Ⅳ－１.３ 試験結果

処理条件と摩耗による平均深さの関係を，資料Ⅳ図－１ に示す。同図より，ECC の平均深さは，圧力が 60 および 70 MPa の場合，コンクリートおよびモルタルよりも浅く，ポリマーセメントモルタルと同等であった。また，50 MPa 以下の場合，モルタルよりも浅く，コンクリートおよびポリマーセメントモルタルと同程度であった。ECC には粗骨材が含まれていないが，水結合材比が低く，また短繊維の架橋があるため，コンクリートと同等の平均深さになったものと考えられる。



資料Ⅳ 図－１ 耐摩耗性試験結果



資料Ⅳ 写真－１ 試験状況

なお、ECC の場合には、コンクリートのような粗骨材の露出がなく、表面の凹凸が小さいため、同等の平均深さであっても、より高い通水性能を保持していることが考えられる。

以上の試験結果より、ECC ショットを適用することで、用水路の耐摩耗性が確保されることが確認された。

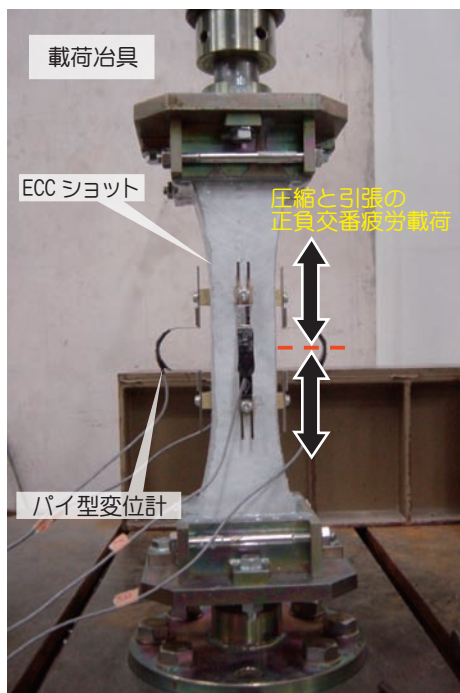
IV－2 疲労耐久性

IV－2.1 疲労耐久性の確認試験概要

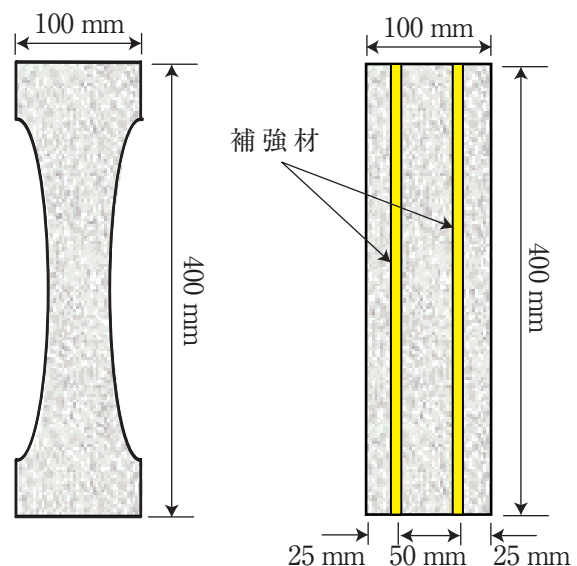
用水路の目地やひび割れの幅は、温度変化に伴って開閉するため、圧縮および引張の正負交番の変位を受ける。ECC ショット自体は、疲労に対して高い耐久性を有する材料であることが確認されているが⁸⁾、エキスパンドメタルなどの補強材を配置することによって、より高い疲労耐久性を確保できるものと考えられる。この効果について、圧縮および引張の一軸正負交番疲労载荷試験により確認した（資料Ⅳ写真－2 参照）。なお、この試験は、通常の引張载荷のみによる疲労载荷試験よりも厳しい条件となる。

IV－2.2 試験方法

ECC ショットにより、資料Ⅳ図－2 に示す試験体を作製した。図中の補強材について、エキスパンドメタルを配置する供試体と配置しない供試体の2通りを作製した。その後、実構造物の測定結果を基に設定した資料Ⅳ表－1 に示す载荷方法によって正負交番疲労载荷を行った。また、载荷速度については、静的载荷を 0.005 mm/sec とし、動的载荷の周波数を 1 Hz とした。



資料Ⅳ 写真－2 試験状況



資料Ⅳ 図－2 試験体概要図

資料Ⅳ 表－１ 载荷方法

ステップ	サイクル	载荷方法	変位量 (mm)	
			圧縮側	引張側
1	1～5	静的载荷	-0.075 ^{※1}	+0.150 ^{※2}
2	6～破断まで	動的载荷	-0.075 ^{※1}	+0.150 ^{※2}

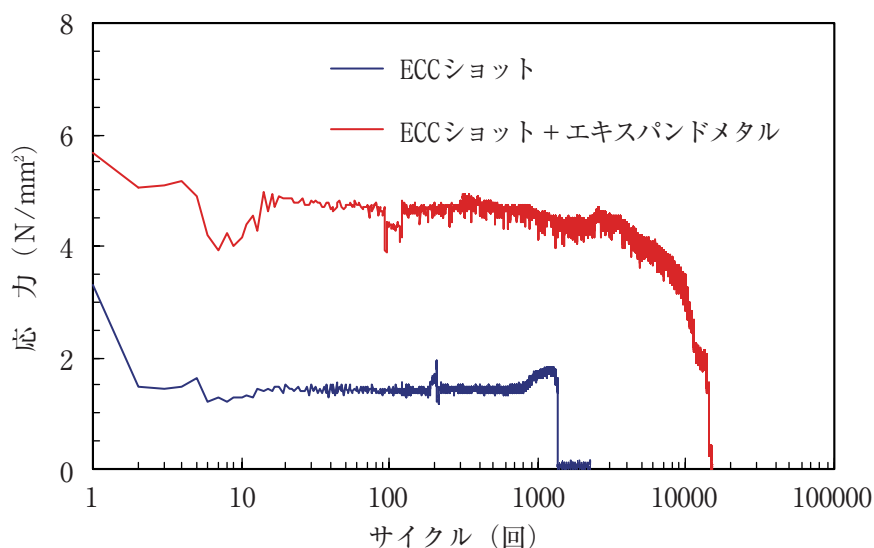
※1：実構造物目地部における圧縮ひずみ -0.05 % より算出

※2：実構造物目地部における引張ひずみ +0.10 % より算出

Ⅳ－2.3 試験結果

引張応力と疲労サイクルの関係を資料Ⅳ図－3に示す。同図に示すように、ECC ショットに補強材を配置しない場合、1000 回程度で応力が低下したが、補強材を配置した場合には、8000 回程度まで応力が低下しなかった。これは、ECC ショットのような短繊維で補強された材料の場合、引張側から圧縮側への载荷によってひび割れが閉じる際に、繊維が折り曲げられ、さらには潰されて損傷する可能性があるが、補強材で補強することによって、この損傷が軽減されたためと考えられた。

以上の試験結果より、ECC ショットをエキスパンドメタルおよび溶接金網などの補強材で補強することにより、目地部における疲労耐久性を著しく向上させることが確認された。



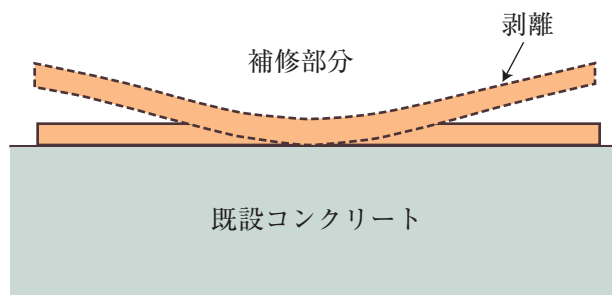
資料Ⅳ 図－3 疲労試験結果

資料V その他の性能

V-1 剥離抵抗性

V-1.1 剥離抵抗性の確認試験概要

一般に、セメント系の補修材を薄い厚さで施工すると、資料V図-1に示すように吹き付けた材料が乾燥によって反り上がり、剥離が生じることがある。本試験では、ECC ショットを薄い厚さで施工した場合の剥離の程度および剥離を防ぐために必要なアンカーの必要本数を確認した。



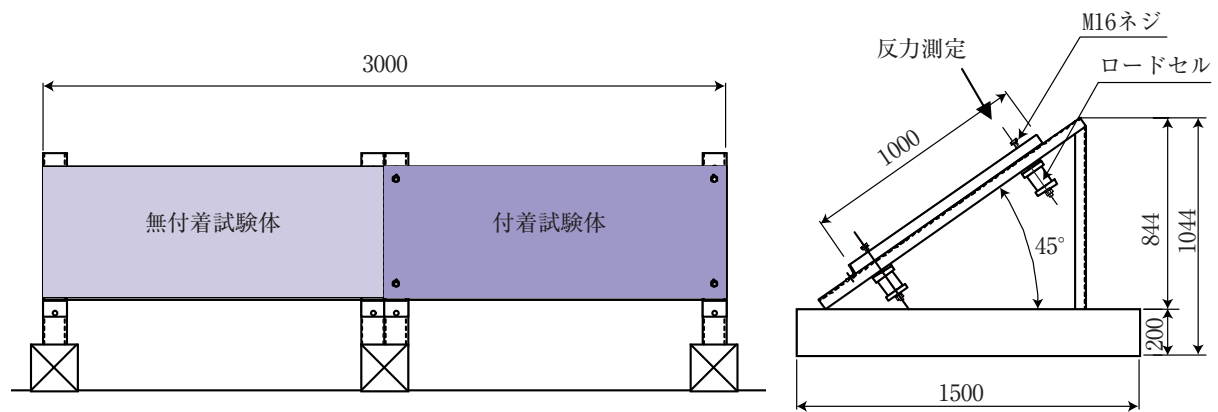
資料V 図-1 剥離のイメージ

V-1.2 試験方法

1000 × 3000 × 150 mm のコンクリート板を製作し、その表面に厚さ 20 mm で ECC ショットを吹付けて南面に暴露した（資料V写真-1 参照）。試験では、サンドブラストによりコンクリート板の表面処理をして ECC ショットを吹き付けた試験体（以下；付着試験体）とコンクリート板の表面に剥離剤を塗布して付着を排除した試験体（以下；無付着試験体）の2種類を作製した（資料V図-2 参照）。また、無付着試験体では、反りに抵抗する定着耐力を算定するため、反力測定を実施した。また、反力測定後、アンカーの引抜き試験を実施し、反上りの防止に有効なアンカーの設置本数を算出した。



資料V 写真-1 試験体暴露の状況



資料V 図－2 試験概要

V－1.3 試験結果

1年を経過した時点においても、付着試験体に反りおよび剥離などは確認されなかった。無付着試験体については、若干ではあるが反りが発生し、ロードセルに荷重が作用した。しかしながら、M8以上のアンカーを10mm以上の埋め込み長で1本／1.5m²施工することとで、抑制できることを確認した。

以上の試験結果より、ECCショットによる補修を行う場合、ECCショットと既存躯体との付着が確保できない場合でも、アンカーを設置することにより、剥離に対する抵抗性が確保できるものと考えられた。

【参考文献】

- 1) 児島茂春, 坂田昇, 閑田徹志, 平石剛紀; 高靱性セメント複合材料を用いた吹付け補修工法の適用－三高ダム上流面への適用－, コンクリート工学, Vol. 42, No. 5, (2004. 5), pp. 135-139
- 2) 閑田徹志; 高性能繊維補強セメント材料の設計技術の現状, コンクリート工学, Vol. 38, No. 6, (2000. 6), pp. 9-pp. 16
- 3) 土木学会; 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針 (案), コンクリートライブラリー 127, (2007. 3)
- 4) 坂田昇, 平石剛紀, 渡嘉敷勝, 増川晋, 長束勇; 高靱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, 平成 19 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, (2007), pp. 774-pp. 775
- 5) 渡嘉敷勝, 石神暁郎, 高橋晃, 森充広, 増川晋; ポリマーセメントモルタルによるコンクリート水路の断面修復工法の通水性, 平成 17 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, (2005), pp. 554-pp. 555
- 6) 前山篤史, 林大介, 渡嘉敷勝, 長束勇; 吹付け ECC による水路補修に関する研究, コンクリート工学年次大会, (2010. 7)
- 7) 平石剛紀, 坂田昇, 渡嘉敷勝, 長束勇; 高靱性セメント複合材料のひび割れ追従性に関する一実験, 土木学会第 61 回年次学術講演会, (2006. 9), pp. 683-pp. 684
- 8) 福田一郎, 須田久美子, 坂田昇, 岩井稔, 閑田徹志; 吹付け ECC により断面修復した RC 梁の疲労試験, 土木学会第 57 回年次学術講演会, (2002. 9), pp. 625-pp. 626

【開発会社の問合せ先】

カジマ・リノベイト株式会社 技術部

TEL : 03-5379-8771

FAX : 03-5379-8680

高靱性セメント複合材料を用いた
水路構造物等の補修・補強工法の開発

水路補修 ECC ショット工法

施工・積算指針（案）

【発 行 日】 平成 22 年 3 月

【企画・発行】 社団法人 農業農村整備情報総合センター

〒 103 - 0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 2 - 3
電話 03 (5695) 7177
<http://www.aric.or.jp>

無断複製を禁ず