

# ポリマーセメント系農業用用水路更新工法 『NSアグリコート工法』について

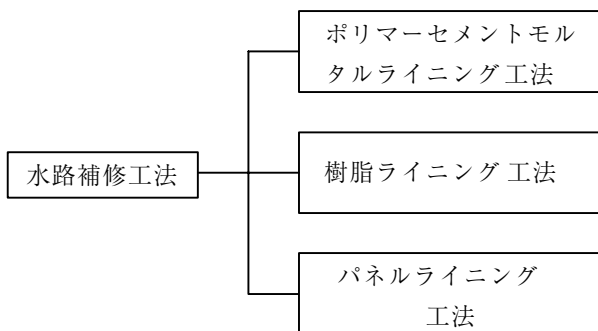
田辺 英男      天野 和俊

農業用水路更新工法研究会

## 1. はじめに

50年前後経過したコンクリート製の農業用用水路は、水流による洗掘、凍害・中性化などの環境条件による欠損そして地震や隣接する道路の振動等によってひび割れや変形などの変状を起こしている場合が多い。

変状を起こしたコンクリート水路の補修方法が各種提案されており、その分類方法も種々あるが、概ね水路の補修方法は大きく分けて（図-1）に示す3工法であると考えられる。



（図-1）コンクリート水路補修工法の種類

樹脂ライニング工法はコンクリート製水路の表面をモルタルで下地調整し素地を整え、ポリウレタンなどの樹脂をコーティングする方法である。

パネルライニング工法はFRP系や窯業系パネルをアンカーボルト等でコンクリートに取り付け、コンクリートとパネルの隙間モルタルを充填する方法が一般的である。

ポリマーセメントモルタルライニング工法については以下で詳細に説明するが、コンクリートに左官工法によってポリマーセメントモルタルを塗り付ける方法である。左官工法であるため、施工に特別な機械や装置、特殊技能を必要としない工法である。

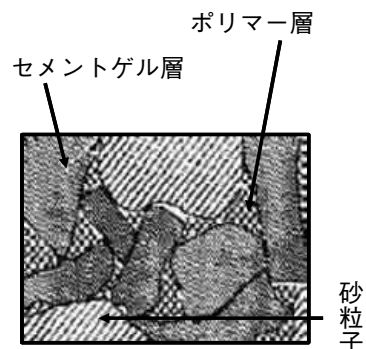
## 2. ポリマーセメントモルタルライニングによる水路の補修

### （1）ポリマーセメントモルタルの概要

ライニングに用いられるポリマーセメントモルタルとは、セメントモルタルにセメント混和用ポリマーを混和したものである。

セメント混和用ポリマーはJIS A 6203（セメント混和用ポリマーディスパージョン及び再乳化形粉末樹脂）に適合するポリマーが用いられる。ポリマーの種類としては、エチレン酢酸ビニル系樹脂、アクリル酸エステル系樹脂そしてスチレンブタジエンゴム系（SBR）などが代表的である。セメント混和用ポリマーをセメントモルタルに適用する場合、施工現場での管理上から製造会社においてセメントと骨材など適正に配合した既製調合モルタルを使用し、この既製調合モルタルと所定量の液状のポリマーディスパージョンとを練り混ぜるか、予め既製調合モルタルに粉末状の再乳化形粉末樹脂（粉末状ポリマー）が所定量配合されているものを用いる。

ポリマーセメントモルタルはセメントとポリマーとの複合したマトリックス（複合相）が形成され、ポリマーがセメントの硬くて脆い性質（脆性）を改善している。この複合相の形成はセメントが硬化する過程においてセメントの水和とポリマーフィルム形成が同時に進行し、ポリマーの網目構造を含む一体化した結合材相が形成される（図-2）。この結合材相が形成されることによりセメントモルタルの性質が大幅に改善される<sup>1) 2)</sup>。



（図-2）ポリマーセメントモルタル硬化体断面イメージ

以下にセメントモルタルと比較したポリマーセメントモルタルの特長を示す。

- 1) モルタルの強度が強くなる
  - i) 曲げ強さが大きい
  - ii) 接着強さが大きい
  - iii) 引張り強さが大きい
  - iv) 耐磨耗性が大きい
  - v) 耐衝撃性が大きい
- 2) モルタルの空隙が密実になる
  - i) 吸水量が小さい
  - ii) 透水量が小さい
  - iii) 中性化抑止効果がある
  - iv) 耐凍害が高い
  - v) 遮塩性が大きい
- 3) モルタルの脆さが改善される
  - i) たわみ性（柔軟性）が増加する
  - ii) ひび割れが減少する

前述の通りモルタルの脆性が改善されるため、水路補修のライニング材としてポリマーセメントモルタルを用いることは最適であり、特に接着性、耐磨耗性、吸水性、耐ひび割れ性が優れることにより補修後の水路の耐用年数を大幅に伸ばすことができる。

## (2) ポリマーセメントモルタルの課題

水路のコンクリートは常に動きを生じているものである。動きを生じているというのは、水位の変化や曲部にかかる水圧の変化による応力、通水・止水による乾湿繰り返しによる伸縮、隣接する道路の振動等さまざまな要因で動きを生じていることである。このように常に動きを生じるコンクリートに対してライニングするポリマーセメントモルタルは接着耐久性・耐ひび割れ性に優れているので、コンクリートの動きがポリマーセメントモルタルの許容能力を超えるとひび割れやはく離を起こす場合がある。

一般的にモルタルやコンクリートは圧縮応力に強いが引張り応力に対して弱い傾向がある。鉄筋コンクリートは鉄筋とコンクリートとがお互いの弱点を補い合う複合材料として知られている。同様に、ポリマーセメントモルタルも用途によっては引張りや曲げ応力に対する補強や一体性を確保するため次に示すような補強の対策を行っている。

### ①短繊維による補強

ビニロン繊維やナイロン繊維などの有機質繊維、あるいは炭素繊維や耐アルカリガラス繊維などの無機質繊維を質量比で0.1～数%程度混入する。

### ②ネットあるいはグリッドによる補強

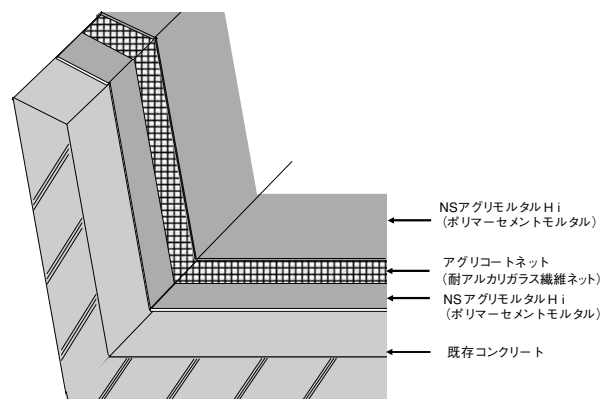
ビニロン繊維、耐アルカリガラス繊維などの繊維を格子状に編んだネットやグリッドと呼ばれる硬い格子状のものをポリマーセメントモルタルの施工時に伏せ込む方法である。

## 3. NSアグリコート工法

### (1) NSアグリコート工法の概要

農業用水路更新工法研究会はモルタル、ガラス繊維ネット、シーリング材、抗菌剤等のメーカーや施工会社、販売会社が水路の補修に最適な資材・工法の調査、研究及び開発を行うことを目的として集まった会である。それぞれの専門分野の知識を集積し、ポリマーセメント系農業用水路更新工法「NSアグリコート工法」を提案している。

「NSアグリコート工法」は水路コンクリートのライニング専用開発したポリマーセメントモルタル「NSアグリモルタルHi」（日本化成（株））と耐アルカリガラス繊維ネット「アグリコートネット」（「TD5×5」；日本電気硝子（株））、場合によっては「3J MESH」；サカイ産業（株）で構成するポリマーセメントモルタルのライニングを基本骨格としている（図-3）。



(図-3) NSアグリコート工法の構成

また、水路においては漏水防止のために目地やひび割れ補修も重要であり、「NSアグリコート工法」では変成シリコーン系シーリング材「PM-700N」（セメンダイン（株））を標準としている。

さらに、他にない工法として防藻工法を標準工法の一つとして提案している。この工法は水路において繁殖する藻の発生を軽減する防藻塗料「モルタルコート」（出光テクノファイン（株））を使用している。

### (2) NSアグリコート工法の適用

「NSアグリコート工法」はコンクリート製の水路（開水路・トンネル等）のほか、頭首工、貯水池等の壁面・底面の劣化部等の補修・補強に使用することができる。

但し、著しく損傷を受けていたりコンクリート強度が小さい場合は、ポリマーセメントモルタルをライニング

しても長期間の耐久性が見込めないことから規定を定めている。規定としては経験的にコンクリートの垂直引張接着力試験を行い0.4N/mm<sup>2</sup>以上であれば有効に適用できると考えている。

### (3) NSアグリコート工法の構成材料

#### 1) ポリマーセメントモルタル

「NSアグリモルタルHi」の基本物性を(表-1)に示す。水路に用いるポリマーセメントモルタルは、圧縮強さで40N/mm<sup>2</sup>以上、耐磨耗性5g以下の比較的高強度で、しかも長さ変化が0.05%以下とほぼ無収縮と言える性能が求められることが多い。「NSアグリモルタルHi」はこれらの要求品質に適合しているだけでなく、品質性能を施工現場で発揮するために最も必要な『施工性』を重視して設計開発されている。モルタルは塗り付け作業工程において、垂れ下がりやすい、塗り付けるとき重い(抵抗が大きい)、平滑に仕上げづらい、などの『施工性の不良』があると、接着不良や強度不良などの原因となり品質性能を施工現場で発揮することができなくなることがある。「NSアグリモルタルHi」は日本化成(株)の60年の左官材料の開発ノウハウから、規定厚さにおいて垂れ下がりがなく、塗り付け時の重さ(抵抗感)が少なく、表面を平滑にしやすいように設計開発しており、施工現場において品質性能を十分に発揮することができる。

また、「NSアグリモルタルHi」は、品質管理された製造工場セメントと珪砂を主原料としたモルタルにアクリル酸エステル系再乳化形粉末樹脂を配合した既製調合ポリマーセメントモルタルである。施工現場において規定量の水で練り混ぜるだけで施工でき、施工現場での品質管理が容易である。

(表-1) NSアグリモルタルHiの基本物性

試験項目	物性値	試験方法
曲げ強さ	8.8N/mm <sup>2</sup>	JIS A 1171(ポリマーセメントモルタルの試験方法)
圧縮強さ	55.7N/mm <sup>2</sup>	
長さ変化率	0.044%	
接着強さ	標準時	2.0N/mm <sup>2</sup>
	耐久性	2.4N/mm <sup>2</sup>
	湿潤時	2.2N/mm <sup>2</sup>
磨耗量	4g	JHS416(断面修復材料品質規格試験方法)
透水量	1.9g	JIS K 7204(摩耗輪によるフラッシュの摩耗試験)
		JIS A 1404(建築用セメント防水剤の試験方法)





#### 2) 耐アルカリガラス繊維ネット

セメントモルタルは水と反応するときに多量の水酸化カルシウムを生成することからpH12以上と高いアルカリ性となる。このような高アルカリ環境下で長期間暴露されるとガラス繊維は溶解してしまうため、耐アルカリガラス繊維が開発されている。

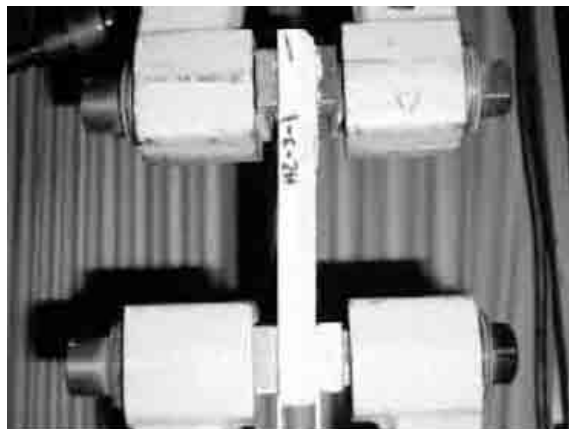
「NSアグリコート工法」には耐アルカリガラス繊維

を使用した「アグリコートネット」を採用している。(表-2)に樹脂強化用のEガラスと「アグリコートネット」である「TD5×5」とを70℃、10%水酸化ナトリウム溶液に100時間浸漬し、ネットの状態を観察した結果を示す。Eガラスは溶解しネットの形状を保持してないが、「TD5×5」は溶解することなく形状を保持していた。また、セメントモルタルに埋め込み屋外暴露20年経過後の耐アルカリガラス繊維を電子顕微鏡で観察した結果においても、溶解や損傷は見られなかった。

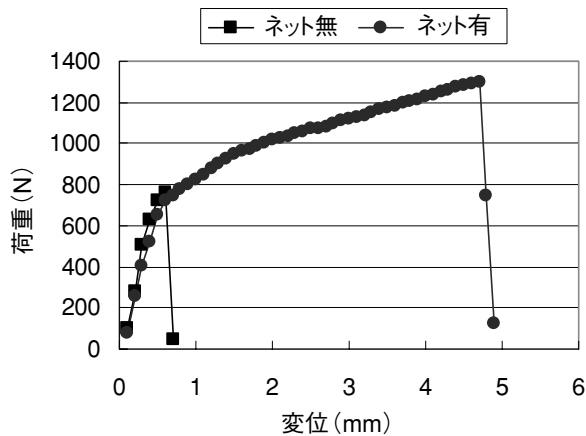
(表-2) TD5×5の耐アルカリ性

	アルカリ溶液浸漬前	アルカリ溶液浸漬後
Eネット (樹脂強化用)		
アグリコート ネット		

ガラス繊維はヤング率が大きく伸びがほとんどないことから、セメントモルタルの補強材料として有用である。「TD5×5」で補強した「アグリモルタルHi」を(写真-1)に示すような引張試験を行い、補強しない場合と比較した結果を(図-4)に示す。ポリマーセメントモルタルをガラス繊維ネットでは補強していない場合は、平均最大荷重688N、変位0.5mmで破断しているが、ガラス繊維ネットでは補強している場合は、平均最大荷重1260N、変位5.1mmで破断しており、ガラス繊維ネットでの補強なしに比べ最大荷重で約2倍、変位は約10倍であり大きな補強効果と耐ひび割れ性を示している。



(写真-1) 引張試験



(図-4) 引張試験結果

3) 目地材

水路の目地には、耐摩耗性、耐水性、防傷性、耐候性そして伸び性能が要求される。

「PM-700N」は変成シリコン系湿気硬化型二成分系の弾性エポキシ樹脂系目地材で、次のような特徴を有す。(表-3)に「PM-700N」の性状を示す。

- ①目地部が高弾性ゴム状となる。  
ゴム状弾性体となって硬化するため、目地の動きに対する追従性を有し防水性、耐久性に優れる。
- ②耐摩耗性に優れる。  
優れた接着性と適度の弾性・硬度を有し、サンドブラスト試験等のコンクリートより優れた耐摩耗性を示す。
- ③低温硬化性に優れる。  
従来の土木用弾性エポキシ樹脂系目地材と比較し低温硬化性(5~10℃)に優れる。
- ④耐久性・接着性に優れる。  
硬化物は耐水・耐薬品性に優れ、コンクリート、プラスチック類にも優れた接着性を示す。(表-4)にウレタン系シーリング材と比較したメタルハイドランプによる促進耐候性試験の結果を示す。

(表-3) PM-700Nの性状

	主 剤	硬化剤
主成分	特殊変性シリコン樹脂	三級アミン
外 観	白色ペースト状	灰色ペースト状
粘度 (Pa·s/23℃)	450±100	1.3±0.5
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.4±0.1	1.1±0.1
可使用時間 (23℃, 50%RH)	80分以内	
混合密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.4±0.1	
曲げ接着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	4.4	
荷 姿	5.6kgセット(主剤100:硬化剤:6)	

(表-4) 促進耐候性試験結果

試験時間	PM-700N	ウレタンシーリング材
100時間	○(変化なし)	△×(白化、亀裂)
200時間	○(変化なし)	×(白化、亀裂)
300時間	○(変化なし)	×(白化、亀裂)

4) 防藻剤

「NSアグリコート工法」の標準工法のひとつとして防藻工法を提案している。施工方法としては、「NSアグリモルタルHi」硬化後に施工する塗料・コーティング剤「モルタルコート」の施工を標準としており、「NSアグリモルタルHi」に予め防藻剤をドライブレンドした方法(ドライブレンドモルタル)も検討している。共通事項は、安全性が高く地球環境にも優しい抗菌・防かび・防藻剤「コーキンマスター」の利用ということであり、2工法の特徴、比較は(表-5)のとおりである。また、(表-6)に防藻施工での効果の比較例を示す。

(表-5) 防藻工法の特徴比較

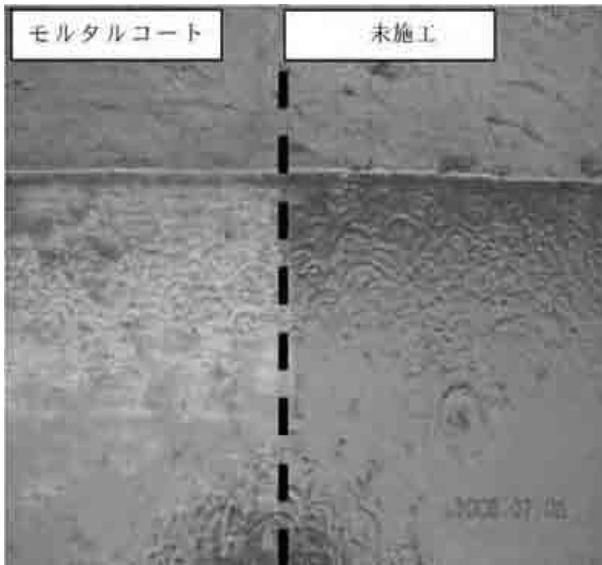
工法	特徴	長所	短所
①モルタルコート	・湿式、乾式に拘わらず、表面モルタル施工後に塗布するだけで防藻施工が可能	・特別な施工技術を必要としない。 ・粗度係数と表面モルタル強度の改善が可能	・表面仕上げモルタルが乾燥してからの施工(工数)が追加
②ドライブレンドモルタル	・工場で既に仕上げモルタルとして配合されており、これを表面仕上げとして使用することで防藻施工が可能	・仕上げモルタルとして使用するため、工期及び工程に影響なし	・土砂がつきやすいため、①に比べると防藻効果が低下 ・安価な反面、一旦破損すると補修が困難

(表-6) 防藻工法比較例

		①モルタルコート	②ドライブレンドモルタル	無添加モルタル	備考
藻の発生量 (g) <sup>*1</sup>	生	25~30	60~80	360~	生:軽く絞った状態
	乾	2.25	6.7	37.8	乾:天日1日、加熱(100℃)2日間
藻の付着力 (g) <sup>*2</sup>		70	90	180~	N=3の平均値
洗浄性 <sup>*3</sup>		◎ 簡単に剥がれる	◎ 簡単に剥がれる	△ 根元がかなり残る	たわしで往復3回擦ったときの剥がれ易さ
防藻力総合比較		◎	○	×	

- \* 1. 発生量は、30cm角の範囲内に生えた藻をこさぎ取ってその重量を測定
- \* 2. 付着力は、藻をクリップで挟み、手秤200gにて引っ張り、底面から剥がれた時の重量を測定
- \* 3. 洗浄性は、市販の亀の子束子で3回往復擦った時の剥がれ易さで判定





(写真-2) 防藻施工効果の比較

(写真-2)は「モルタルコート」施工後1年経過した時点における藻の発生状況である。「モルタルコート」施工側の底部にはほとんど藻が生えていないことが判る。側面表面に付着していた藻は水を掛けると簡単に流れる。

参考のため、防藻施工の様子を(写真-3)、(写真-4)に示す。



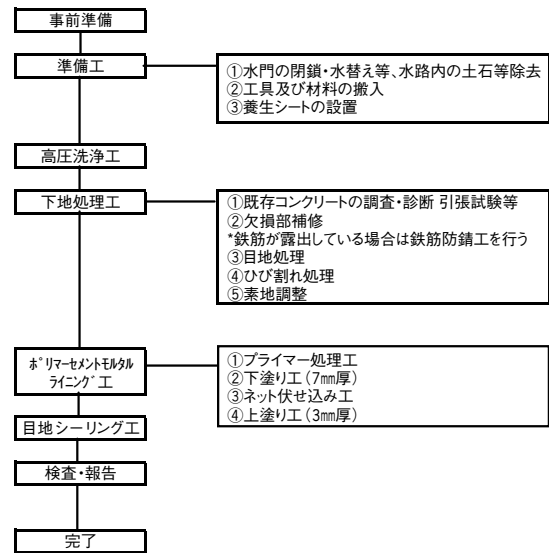
(写真-3) モルタルコート施工状況



(写真-4) ドライブレンドモルタル施工状況

(4)「NSアグリコート工法」の施工方法

当工法の施工フローを(図-5)に、施工の写真を(写真-5)に示す。以下に施工のポイントを示す。



(図-5) NSアグリコート工法の施工フロー



(写真-5) NSアグリコート工法の施工

### 1) 準備工・高圧洗浄工

水路内の泥や周辺の雑草など除去した後、既存コンクリートの表面を20~30MPa程度の圧力で高圧水洗を行う。高圧水洗で除去できない異物ははつり取る。高圧水洗が不十分であるとモルタルのはく離原因となるので確実に行う必要がある。

### 2) 下地処理工

コンクリートのひび割れやジャンカなどの変状は高圧洗浄を行わないと判らないことが多いので、この段階で必ず調査する必要がある。また、コンクリートの引張接着力試験を行い工法が適用できるかどうか監督員と協議する。

欠損部や鉄筋が露出している部分は予め処理しておく。また目地部分やひび割れ箇所はプラスチック製目地棒を設置しておく。

素地調整はコンクリート全面に吸水調整材（プライマー）として「NSハイフレックスHF-1000」の5倍希釈液を塗布し乾燥させる（詳細は後述する）。10mm以内の凹凸を「NSアグリモルタルHi」で素地調整を行う。コンクリート劣化深さが軽微な場合は、ポリマーセメントモルタルライニング工に含める。

### 3) ポリマーセメントライニング工

コンクリート全面に「NSハイフレックスHF-1000」の5倍希釈液を塗布し乾燥させる。「NSアグリモルタルHi」を7mm厚で塗り付け、直ぐに耐アルカリガラス繊維ネット「アグリコートネット」(TD5×5)を完全に埋め込む。続いて、同じ「NSアグリモルタルHi」を3mm厚さに塗り付ける。塗り付け後、定木擦りし面精度を調整し、木ごて押え後金ごてで押え仕上げ、シート養生等適切な養生を行う。

ポリマーセメントモルタルライニング工の手順別施工ポイントは以下の通りである。

#### ① 「NSハイフレックスHF-1000」塗布作業

「NSハイフレックスHF-1000」の塗布は、既存のコンクリート面と「NSアグリモルタルHi」下塗り面とを初期及び長期にわたり十分に接着させる事を目的としている。その施工ポイントは次の通りである。

- ・下地が乾燥した状態で「NSハイフレックスHF-1000」を塗布する。
- ・「NSハイフレックスHF-1000」の希釈は、原液1に対し水4の割合とする（5倍希釈液）。
- ・標準使用量は0.1~0.15kg/m<sup>2</sup>（5倍希釈液として）。
- ・「NSハイフレックスHF-1000」の塗布後は、水分が蒸発し造膜するまで乾燥させるが、1時間以上~24時間以内とする。

#### ② 「NSアグリモルタルHi」下塗り作業

「NSアグリモルタルHi」下塗りは、「NSハイフレックスHF-1000」の乾燥後、規定の厚さに塗り付ける作業で、施工ポイントは次の通りである。

- ・NSハイフレックスHF-1000の乾燥状態を確認する。
- ・NSアグリモルタルHi（25kg）、水（4.2kg）を1分間上混練攪拌し、均一に混ざるように注意する。
- ・十分こて圧をかけて塗り付け、追っかけで規定の厚さ（7mm）まで塗り付ける。
- ・「NSアグリモルタルHi」下塗り後の工程は、「アグリコートネット」(TD5×5)を追っかけ張りするため、工程に合わせた下塗り面積を考慮する。
- ・「NSアグリモルタルHi」の可使時間は1時間以内なので、この時間内に使い終わる量を目安に練り混ぜる。
- ・温度が3℃以下にならないように採暖する。

#### ③ 「アグリコートネット」(TD5×5)埋込み作業

「アグリコートネット」(TD5×5)埋込みは、「NSアグリモルタルHi」下塗り直後に「アグリコートネット」(TD5×5)を埋込む作業で、施工ポイントは次のとおりである。

- ・事前に必要な寸法にカットする。
- ・埋込みは、「アグリコートネット」(TD5×5)をたわみなく要所を確認しながら埋込む。
- ・鍍やローラー等で「アグリコートネット」(TD5×5)を押さえるようにして埋込む。
- ・「アグリコートネット」(TD5×5)の白い部分が見えないように埋め込む。
- ・「アグリコートネット」(TD5×5)の重ね幅は、5cm以上とする。
- ・「NSアグリモルタルHi」下塗りの硬化が始まり、「アグリコートネット」(TD5×5)が埋込めなくなった場合は、「NSアグリモルタルHi」下塗りを除去し、再度塗り付けるようにする。

#### ④ 「NSアグリモルタルHi」上塗り作業

「NSアグリモルタルHi」上塗りは、「アグリコートネット」(TD5×5)埋込み作業後規定の厚さに塗り付ける作業で、下塗りに示した施工ポイントのほかに重要な施工ポイントは次の通りである。

- ・「アグリコートネット」(TD5×5)の白い部分が見えなくなるまで、完全に埋込まれていることを確認する。
- ・十分こて圧をかけて塗り付け、規定の厚さ（3mm）に塗り付ける。
- ・下塗り直後に上塗りする。下塗りから24時間以上経過した場合には、「NSハイフレックスHF-1000」の5倍希釈液を塗布し、上塗りを行う。

- ・面がむらなく、平滑になるようにして塗り付ける。
- ・塗り付け後、定木擦りし面精度を調整し、木ごて押え後金ごてで押え仕上げる。
- ・厚み測定治具で厚みを確認する。
- ・「NSアグリモルタルHi」上塗り後、7日間以上の養生を行う。
- ・両側壁部を上塗りし、翌日～3日以内に底版部を上塗りする。

#### 4) 目地シーリング工

ポリマーセメントモルタルライニングの硬化後、目地部分に埋め込んだ目地棒を除去し、専用プライマー塗布後、シーリング材を施工する。

## 4. おわりに

農業用用水路の機能を長期間保持するためには適切な時期に適切な補修方法で補修する必要がある。耐アルカリガラス繊維ネットで補強したポリマーセメントモルタルによるライニング補修は、供用年数を効率的に延長させる方法として有効であり、結果としてライフサイクルコストを低減できるものである。

#### 参考文献

- 1) 大濱ら、よくわかる「ポリマーセメントコンクリート/ポリマーコンクリート」の基本と応用、株式会社建築技術 (2007)
- 2) 大濱、講座「特殊な材料を用いたコンクリート (その22) V-1 ポリマー混和剤」、コンクリート工学 Vol.25、No.12、pp.75-88 (1987)