水道用コンクリート水槽内面エポキシ樹脂塗料の改修工事の留意点

甲本周平／谷本那月

1 はじめに

現在供用されている上水施設のコンクリート構造物は，劣化原因となる水，酸素，塩分，炭酸ガスにより経年劣化が進んでいる。また，新設時にさまざまな防食材料が施工された上水施設でも，30～40年経過すると，下地の前処理不足などによる防食材の不具合や経年劣化を生じ，劣化因子の遮断性，防水性などの機能が低下している（**写真**）。

このような状況を受けて，JWWA K143[1)]（水道用コンクリート水槽内面エポキシ樹脂塗料）では，これまで新設コンクリートを適用範囲としていたが，既設コンクリートへ適用を拡大するため，JWWA K138を取り込む形で改正された。制定・改正の趣旨および経緯，規格改正の要点は，JWWA K143解説を参照いただきたい。

写真　上水施設防食塗膜の経年劣化の例

既設コンクリート面の改修工事で使用されてきたエポキシ系ポリマーセメント素地調整材の品質を発現させるためには，現場での施工管理が重要であることから，当協会では，使用する目的やその性質について，施工者への周知が必要と考えている。本稿では，素地調整材の説明，改修で必要となる下地修正材料や下地の検査方法などを含めて，JWWA K143で改正された施工方法とともに述べる。

2 素地調整材

ポリマーセメントモルタルの使用は，旧年度版JWWA K143：2000でも，すでに下地修正材としてコンクリートが湿潤しているケースなどで使用が許容されており，従来から上水施設でポリマーセメントモルタルが使用されてきた経緯がある。ポリマーセメントモルタルは，水系材料であることから湿潤接着性を有した材料である。そのため，コンクリート下地の含水分に影響せず，施工が可能であることを特徴としている。地下に埋設された水槽においては，コンクリート下地が乾燥状態であることは少なく，

これまでポリマーセメント系素地調整材が使用されてきた理由のひとつとも言える。

ポリマーセメントモルタルの用途としては，主にコンクリート下地の欠損部や凹凸箇所などを修正する断面修復材と，コンクリート素地に対して全面に塗布し，表面を良好な状態に改質することで，塗料の品質および塗装の安定化を図る素地調整材の二つがある。

断面修復材は，基本的に下地の状態により必要に応じて部分的に使用する材料である。欠損部を元断面に修復し，既存コンクリートと一体化させることから断面修復材は下地の一部であるという考え方に対して，素地調整材は多くの場合，メーカー各社の工法材料の一部として工程に組み込まれていることから，今回の改正で両者は明確に区別されている。

素地調整材の樹脂成分は，エポキシ樹脂系に限定されている。同種の利点としては，下水でも使用実績があることと，付着性や耐水性，耐薬品性に優れること，塗料の主成分がエポキシ系であるため組成同士の相性が良く，密着性に優れることなどが挙げられる。塗布厚みは0.5～1.0㎜程度で，均質に施工し，コンクリート素地の表面を密実にするものである（**図１**）。

素地調整材を塗布する目的と効果は次のとおり。

①コンクリート素地を平坦密実にし，塗料の膜厚の均質化を図る。

②塗料に気泡やピンホールなどの欠陥が発生することを防止する。

③コンクリートと塗料の材質特性に起因する損傷発生を防止し，塗料の安定した接着の持続を図る。

④コンクリートの表面を強化し，付着性を向上させる。

現在，市場に流通するエポキシ系ポリマーセメント素地調整材は，主に材料構成の違う次の２種類が市販されている。

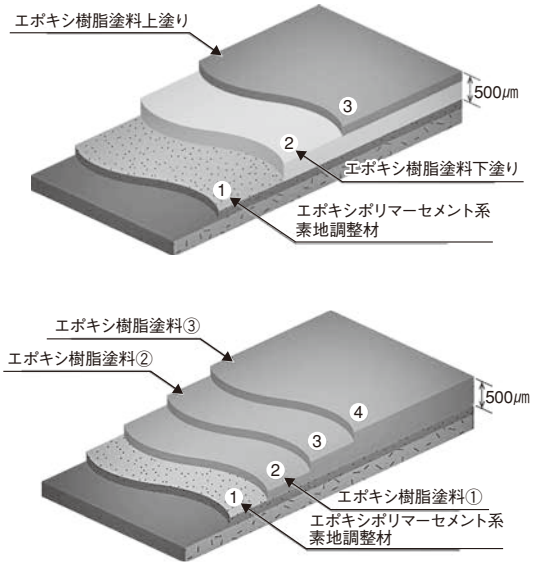


図１　素地調整材を用いた工法例

①３材構成品

主　材：エポキシ樹脂エマルション

硬化剤：ポリアミン水溶液

粉　材：セメント＋骨材

②２材構成品

主　材：エポキシ樹脂＋セメント＋骨材

硬化剤：ポリアミン水溶液

材料の混合手順であるが，２材構成品については，液状の硬化剤に対して粉体状である主材を撹拌下で配合し，均質になるまで混合する。３材構成品については混合時に添加順序が指定されているものが多く，混合手順として主材と硬化剤をあらかじめ混合し，そこに粉材を均質になるまで混合するのが一般的である。

いずれも混合後はエポキシ樹脂混入ポリマーセメントモルタルとなるが，３材構成品については主材と粉材，あるいは硬化剤と粉材を最初に混合した場合に，粉材にそれぞれの成分が吸着されてしまうことから，物性面や耐水性に影響を及ぼす可能性があり，混合順序については注意を払う必要がある（**図２**）。

混合後の材料は，直後からエポキシ樹脂とアミンの硬化反応，セメントと水分との水和反応が同時進行する。コンクリート素地に塗布した後，材料中の水分は下地とするコンクリートへの浸透，蒸発による気中への発散，セメントの水和反応による水分の消費によって固化し，エポキシ樹脂の架橋反応によって，翌日には初期の硬化乾燥が終了し固定される。

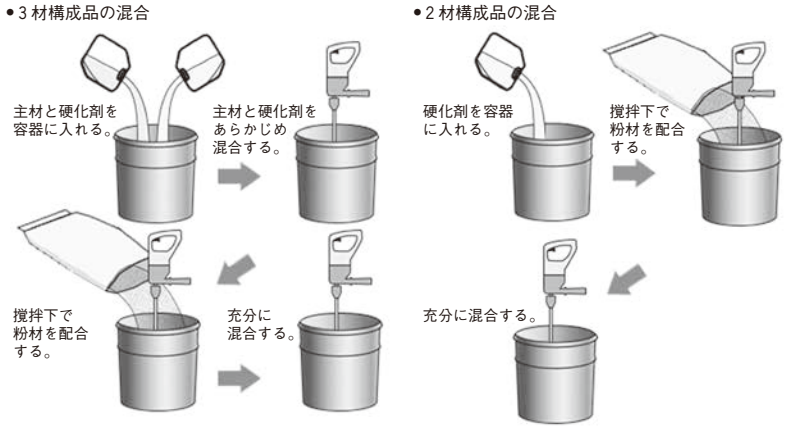


図2　素地調整材の混合例

この時点で次工程となるプライマーや塗料の施工が可能となるが，実用性を考慮した場合には，機械的強度および耐水性は不充分である。水系のエポキシ樹脂およびセメントは硬化養生の進行により機械的強度および耐水性が発現していくため，実用までにはさらに2週間以上の充分な硬化養生を行う必要がある。養生期間中はさらにエポキシ樹脂の架橋反応が進み，セメントは下地の含水分や空気中の水蒸気を供給して水和反応が進行していくが，この間もやはり結露など水との接触がないように，注意が必要である。

3　施工上の留意点について

JWWA K143：2017附属書D（以下附属書D）において，現場施工に関しては，現場ごとに条件が大きく異なり，施工条件を一律に規定することが難しいため，標準的な施工条件を示している。以下に附属書Dの記載内容を列挙する。

- 新設コンクリート

　下地コンクリートの条件，下地コンクリートの欠陥の内容と適切な補修方法，下地の前処理，下地処理

- 既設コンクリート

　劣化部・既設塗膜除去，断面修復，下地の前処理，下地の乾燥

- 塗料の選定
- 塗料の配合調整
- 塗装（塗装環境）
- 塗膜の養生
- 通水までの塗膜の乾燥期間
- 検査
- 手直し
- 記録の作成

次に，配水池などの更新工事の増加に伴う既設コンクリート改修工事について，下線部における施工上の主な留意点について述べる。

3.1　劣化部・既設塗膜除去

健全な塗膜の付着性を確保するため，劣化部・既設塗膜の除去方法や，除去後のコンクリート躯体の状態を試験により確認する必要がある。

（1）除去方法

劣化部および既設塗膜の除去は，超高圧水処理（ウォータージェットブラスト）“吐出水圧200MPa以上”を標準とする。なお，施工する施設の条件によっては，機械はつりなどのサンディングブラストを使用する。

（2）コンクリート躯体

劣化部・既設塗膜除去後のコンクリート躯体表面は，骨材のゆるみや浮き，ひび割れ，漏水，その他改修工に支障を及ぼす欠陥がなく，フェノールフタレインで赤色に呈色し，コンクリートの付着強さが1.2N/㎟以上得られる強度が必要である。ひび割れや豆板など，欠陥のある場合は適切な補修をする。

3.2　断面修復

劣化コンクリートを完全に除去した後，元断面に修復し，既存コンクリートと一体化させて，鉄筋の保護機能および構造耐力の回復を図るとともに，耐久性に優れた塗装素地を形成させる。付着強さは1.2N/㎟以上の強度を有する材料とし，最小断面修復厚さは，５㎜以上を標準としている。

3.3　下地の乾燥

『下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術および防食技術マニュアル』[2)]では，高周波容量式水分計「HI-500」または「HI-520」(㈱ケツト科学研究所）を使用し，測定レンジをコンクリートに設定して測定した場合の数値を５％以下で規定しており，塗料製造業者もこの規定を参考にしている。附属書Dでは，プラスチックシートで覆う方法，含水率８％の記述を削除し，塗料製造業者の仕様によることとしている。

なお，エポキシ系ポリマーセメント素地調整材の場合は，水系材料であり含有するセメント成分が水分を消費することから，附属書Dでは，この限りではないとしている。

3.4　塗装環境

コンクリート水槽の塗装は，工事現場での作業となり，季節，地域，天候によって温度，湿度などの施工環境が変化する。塗料を塗装する場合は，温度５℃以上，湿度85％以下で，被塗装面に結露がない状態でなければ，付着不良，硬化不良および白化現象を生じる可能性がある。このため，JWWA K143附属書Dでは，温度５℃以上，湿度85％以下で，被塗装面に結露があってはならないとし，塗装環境が保てない場合は，換気，送風，除湿，加温などによる環境改善を行う。それらの対策を行っても改善ができない場合は，施工を中止するとしている。

また，PCタンクなど屋外に露出している水槽では，躯体が太陽光によって熱くなっている時に塗装すると，泡が発生することがある。塗装時期としては，さほど気温が高くなく結露も生じにくい秋頃が好ましいため，附属書Dでは，夏場の高温時（35℃以上）には，塗料のポットライフや硬化時間が短くなり塗装作業に支障を来すので，塗料は日陰に保管し，できる限り気温の低い時間帯に施工すると規定している。

密閉構造の中で作業を行う場合，樹脂臭がこもったり，硬化剤や揮発成分で皮膚に炎症を起こすことがあるので，作業者の安全性を考慮し，作業中は継続して換気を行う必要がある。

3.5　塗膜の養生

改正前の記述では，塗装後は自然乾燥という塗装環境と比べると曖昧な表現であったため，硬化養生中に結露などが発生しないように，附属書Dでは，塗装環境に準じた環境で塗膜を養生すると規定している。また，塗り重ねを行う場合の留意点として，上塗り材２回目の塗装や，下塗り（プライマー，エポキシパテ）の硬化状態を確認してから次工程に入るよう，附属書Dでは，事前に前工程の塗膜の乾燥状況を指触や目視で充分確認し，塗膜不良などが発生しないよう留意することを規定しており，施工管理記録例（表E.4）の品質管理に前工程の硬化状態を追加している（**図３**）。

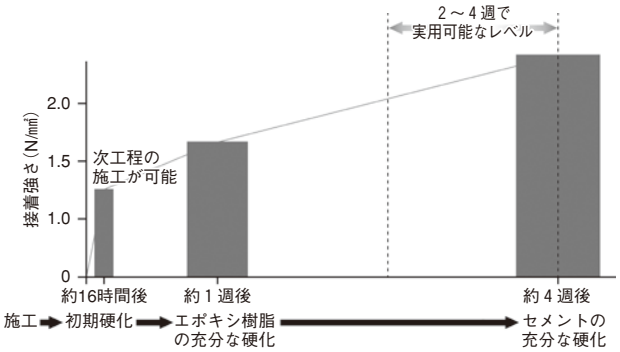
3.6　通水までの塗膜の乾燥期間

塗膜は，塗装後の乾燥状況により，塗膜性能や通水後の水質に悪影響を及ぼすため，23℃・７日間（速硬化エポキシ樹脂塗料の場合は，23℃・２時間）に相当する乾燥期間の確保が必要である。

なお，塗料によって異なるが，常温硬化型エ

品質管理	塗料の使用時間	分
	塗布量	kg/
	異物の混入	
	塗りムラ	
	穴	
	塗り残し	
	前工程の硬化状態	

図3　施工管理記録例（表E.4）抜粋



グラフ　付着強さの経過イメージ

ポキシ樹脂塗料の場合，5℃では2～4週間の乾燥期間がこれに相当する。また，エポキシ系ポリマーセメント素地調整材を使用する場合は，**グラフ**の付着強さの経過イメージを参考に，上に塗装されるエポキシ樹脂塗膜の通水までの塗膜の乾燥時間に加算する必要がある。

3.7　検査

「塗装面の検査」を附属書Dでは「下地の検査」としており，「新設」，「既設」，「断面修復後」の3通りの検査が必要となる（**表**）。既設コンクリート面では，目視，打検およびフェノールフタレイン，付着試験を実施する。

断面修復後の検査は，既設コンクリートの旧塗膜や脆弱部を除去後に施工した断面修復材の下地との付着強さを試験により確認する。断面修復下地に素地調整材や塗膜が施工される際の付着性に影響が出るため，1.2N/mm²以上を確保しなければならない。

また，施工後に必要な養生期間が確保できない場合は，発注者と協議の上，施工と同時に現場で作製し，現場養生を行った試験板に対する試験とすることができると規定している。この場合の試験板は，JIS A5371のコンクリート平板（300×300×60mm）を使用し，1工事あたり1枚とする（n=3）。

表　検査箇所と内容

	検査箇所	検査内容
下地	新設コンクリート	目視
	既設コンクリート	目視，打検，中性化，付着試験
	断面修復	外観，付着強さ，厚さ
防食材	塗膜	外観，付着強さ，厚さ （素地調整材は除く）

塗装後の検査のうち，付着強さの検査は，施工実態を考慮して500m²につき1箇所と定め，壁と床の双方で，単軸引張試験装置によって付着強さ試験を行うこととした。なお，1.2N/mm²未満でも母材破断した場合は，塗膜の付着強さについては問題のないものと想定している。

試験後の補修材料は，同じ材料か水質に影響を与えない材料とする。また，塗膜厚さの検査は，エポキシ樹脂塗料の膜厚を測定し，素地調整材を含まない。

4　今後の取り組み

当協会では，上下水道施設防食施工に向けて，エポキシ樹脂を取り扱うための使用方法や安全性を含めた講習会を，全国で毎年実施している。

JWWA K143の改正で，施工部分が規定から外れたことにより，当協会に求められる部分が大きくなっている。過去に発刊した施工要領書[3)]の改訂や，講習会などの活動を通じて，JWWA K143で規定されたエポキシ樹脂塗料の能力を最大限に発揮できる施工品質の確保に務めていかなければならないと考えている。

【参考文献】
1）日本水道協会「水道用コンクリート水槽内面エポキシ樹脂塗料 JWWA K143：2017」，2017年 8 月
2）日本下水道事業団『下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術および防食技術マニュアル』，2012年 4 月
3）全国上下水道エポキシ工事業協会『エポキシ樹脂ライニング工法施工要領書』，1998年 4 月