

第3章 鋼矢板水路補修工法の概要

3.1 補修の目的

- (1) 鋼矢板水路の補修は、それ自体に求められる役割、性能だけでなく、補修後の鋼矢板水路が有する機能を十分考慮した上で実施しなければならない。
- (2) 本図書は鋼矢板水路の補修を対象としており、主に鋼矢板の腐食進行を抑制することにより施設の耐久性を向上させることを目的として行う。

【解説】

(1) 開水路の機能

開水路は、農業用水及び農用地等からの排水を流送する目的を果たす機能を有し、これらの機能は水利用機能、水理機能、構造機能等に分類される。農業水利施設の目的は、水利用機能の発揮であり、水理機能、構造機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある。また、これらの機能のほかに自然災害や事故等におけるリスクなどに対する安全性・信頼性や経済性、環境性といった社会的機能がある。これらの機能を発揮する能力が性能であり、指標として具体的な数値等で表すことができる。

開水路（用水路）の機能と性能の種類を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 開水路（用水路）の機能・性能の種類例

| 機能 | | 性能の例 | | 指標の例 |
|-------|----------|----------------------|----------------------------|--|
| 本来的機能 | 1) 水利用機能 | 水利用に対する性能 (水利用性能) | 送配水性 送配水弾力性 保守管理・保全性 | 送配水効率、用水到達時間、自由度、調整時間、調整容量、保守管理頻度(費用)、容易性、スペース(管理用地・管理用道路等の有無) |
| | 2) 水理機能 | 水理に対する性能 (水理性能) | 通水性 水位制御性 分水制御性 | 通水量、漏水量、粗度係数、水位、水面動揺、水位・流量の制御、分水量・水位の制御 |
| | 3) 構造機能 | 構造に対する性能 (構造性能) | 使用性 耐久性 安全性 | ひび割れ幅、変形量、摩耗量、鉄筋腐食量、不同沈下、周辺地盤の沈下や陥没、断面破壊に対する安全性、転倒、滑動、基礎地盤の支持力、浮上に対する安定性 |
| 社会的機能 | | | 安全性・信頼性 経済性 環境性 | 漏水・破損事故履歴(率・件数)、補修履歴、耐震性、建設費、維持管理経費、景観、親水性、歴史的価値、自然環境 |

出典：「農業水利施設の機能保全の手引き H28.8 「開水路」」

(2) 補修・補強の目的と要求性能

「農業水利施設の機能保全の手引き」における補修及び補強の定義は以下のとおりである。

< 補修及び補強の定義 >

| |
|---|
| 補修 : 主に施設の耐久性を回復又は向上させること 補強 : 主に施設の構造耐力を回復又は向上させること |
|---|

出典 : 「農業水利施設の機能保全の手引き H28. 8」

補修・補強は、施設の機能を発揮するために必要な性能を回復又は向上させるため行う。

本図書で取り扱う鋼矢板水路の補修は、鋼矢板水路の構造機能を対象とし、鋼矢板水路の耐久性を向上させることを目的として行うものと考え、補修に求められる性能を規定した。補修工法は主に被覆防食工法とし、表面を補修材料で被覆することにより腐食の進行を抑制する工法と位置づけることとする。なお、性能の規定に当たっては、現時点では主に鋼矢板水路の腐食に対する耐久性の向上に着目し、腐食以外の劣化に関しては技術情報の蓄積を行い、適宜、本図書への反映を検討していくこととする。詳細は、後述「4.1 補修に求められる性能」を参照されたい。

< 本図書に定める『補修に求められる性能』 >

| |
|-----------------------------|
| ◇鋼矢板水路の構造機能のうち、耐久性を向上させる性能。 |
|-----------------------------|

(3) 補修材料・工法の品質規格

品質規格は、補修後、要求性能を確保するため補修材料・工法が備えておくべき特性であり、材料を採用する時点における性能の照査指標である。本図書に定める品質規格は、鋼矢板水路の劣化や補修材料・工法に関する研究論文、他分野の防食・補修における規定及び技術図書を参考に規定している。詳細は、後述「4.1.2 要求性能ごとの品質規格」及び「4.2 補修工法別の品質規格」を参照されたい。

< 本図書に定める『補修に用いる材料・工法が具備すべき品質規格』 >

| |
|--------------------------------|
| ◇鋼矢板水路の耐久性を向上させる性能に関する照査指標と規格値 |
|--------------------------------|

3.2 鋼矢板水路の補修工法

3.2.1 補修工法の種類

鋼矢板水路の変状は腐食、洗掘、土砂の吸出し等様々であるが、本図書では、鋼矢板水路の腐食対策として有機系被覆工法及びパネル被覆工法を対象とする。

【解説】

鋼矢板水路の腐食対策としての補修工法を材料や施工の違い等を考慮して、表 3.2-1 のとおり有機系被覆工法及びパネル被覆工法に区分し、これらを補修工法として取り扱う。

表 3.2-1 補修工法の分類

| 補修内容 | 工 法 |
|------|---------|
| 腐食対策 | 有機系被覆工法 |
| | パネル被覆工法 |

※鋼矢板の補修箇所で腐食による開孔が見つかった場合は、適宜、開孔に対する処置を行う。

補修工法を施工する場合の模式断面図を図 3.2-1、図 3.2-2 に例示する。

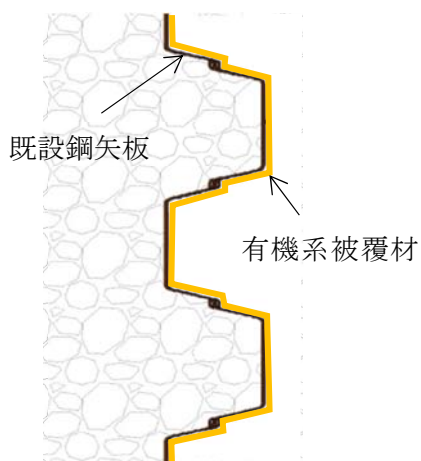


図 3.2-1 有機系被覆工法例

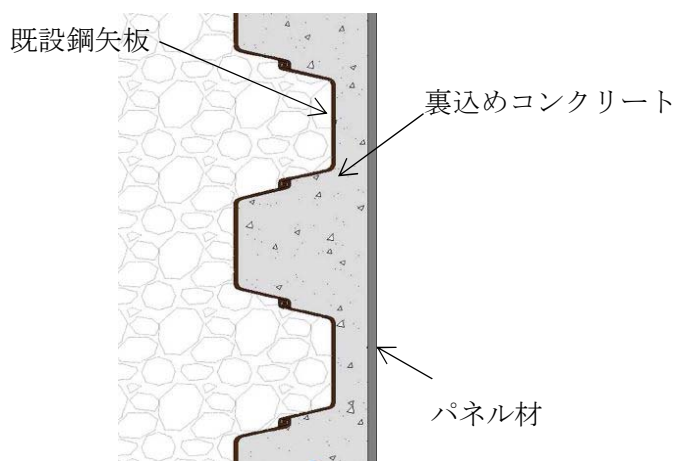


図 3.2-2 パネル被覆工法例

3.2.2 有機系被覆工法

有機系被覆工法は、腐食因子である水分、酸素等の侵入の抑制を目的とし、有機系の塗料又は被覆材に主として熱硬化性のエポキシ樹脂塗料やポリウレタン樹脂被覆材等を塗布して鋼矢板水路の表面（露出面）を被覆防食する工法である。

【解 説】

(1) 被覆構成

有機系被覆工法は、一般的に図 3.2-3 に例示する構成（仕様）で被覆層が形成されており、被覆層全体で要求性能を発揮することができる。なお、被覆層の構成は、使用材料の種類や工法によって異なる場合がある。

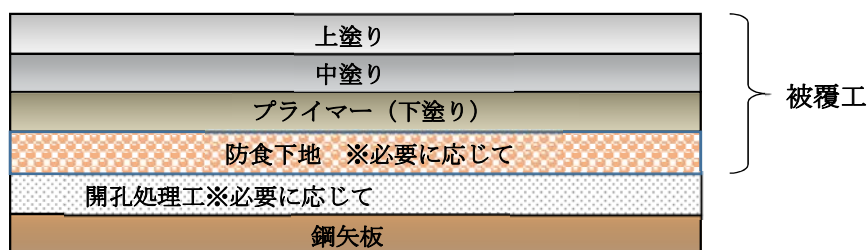


図 3.2-3 有機系被覆工法の被覆構成例

被覆層を形成する各層の機能等は以下のとおり。

1) 防食下地

防食下地は、鋼材よりもマイナス側の電位を持つ金属亜鉛末などの犠牲防食作用や、亜鉛腐食生成物の緻密化による腐食因子の遮断、アルカリ性保持等の腐食抑制機能を有する。

このため、防食下地を有する被覆層は一般的な被覆層に対しより長期の耐久性を有する。

防食下地には無機ジंकリッチペイント、有機ジंकリッチペイント等がある。無機ジंकリッチペイントと有機ジंकリッチペイントについては表 3.2-2 に示す特徴があり、その特徴から既設鋼矢板に対する有機系被覆工法に適用できるのは、有機ジंकリッチペイントとなる。

表 3.2-2 防食下地（ジンクリッチペイント）の特徴

| 項 目 | 一般的な特徴 |
|------------------|---|
| 無機 ジンクリッチペイント | <ul style="list-style-type: none"> ・亜鉛とケイ酸塩を主成分とする塗料である。 ・乾燥塗膜中に80%以上の金属亜鉛が含まれ、亜鉛の犠牲防食作用による強い防錆力を有し、鋼材と接する第一層に使用される。 ・さびや塗膜とは密着しないため、施工面（素地調整における除錆度、表面粗度、湿度、膜厚（塗膜が厚すぎると割れ、剥がれが生じる））での制約があるため、塗替え塗装に適用するのは難しく工場塗装に適用される。 |
| 有機 ジンクリッチペイント | <ul style="list-style-type: none"> ・亜鉛とエポキシ樹脂から成り、エポキシ樹脂を主成分とする塗料である。 ・無機ジンクリッチペイントに比べて防錆効果はやや劣るが、付着性が良く、素地調整1種又は2種の鋼材に対して適用が可能であるため、塗替え塗装に適用される。 |

参考：「鋼道路橋防食便覧」、「重防食塗装－防食原理から設計・施工・維持管理まで」

2) プライマー（下塗り）

鋼材素地又は防食下地に塗布する材料で、鋼材素地又は防食下地とその上層塗膜との付着性を確保し、腐食因子の侵入を抑制する機能を有する。

有機系プライマーとして使用される材料には、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ビニルエステル樹脂等がある。

有機系被覆工法の主要な材料（プライマー（下塗り））としては、常温硬化型の熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂やポリウレタン樹脂、ポリウレア樹脂、ビニルエステル樹脂などが使用されている。また、材料（プライマー（下塗り））が紫外線劣化するのを防止するために、アクリルウレタン樹脂やふっ素樹脂塗料などの耐候性塗料を中塗り及び上塗りとして使用する場合がある。（表 3.2-3 参照）

表 3.2-3 有機系被覆工法の主要な材料（プライマー（下塗り））の特徴(例)

| 項 目 | 一般的な特徴 |
|-----------|---|
| エポキシ樹脂 | エポキシ樹脂は、分子中にエポキシ基を 2 個以上もった化合物(主剤)と分子中に活性水素を 2 個以上持った硬化剤とが付加反応重合して硬化したもので、塗膜は硬質のものが多く、耐水性、付着力、耐摩耗性に優れる。 |
| ポリウレタン樹脂 | ポリウレタン樹脂は、イソシアネート基を 2 個以上もつ化合物と水酸基を 2 個以上持つポリオール樹脂からなる無溶剤形ポリウレタン樹脂で、塗膜は柔軟なものが多く、速硬化性に優れる。 |
| ポリウレア樹脂 | ポリウレア樹脂は、イソシアネート基を 2 個以上もつ化合物とアミン樹脂からなる無溶剤形ポリウレア樹脂で、塗膜は柔軟なものが多く、速硬化性に優れる。 |
| ビニルエステル樹脂 | 使用される樹脂としては、塩化ビニルと酢酸ビニルの共重合体が代表的であり、塩化ビニル樹脂の容溶性、可塑性、付着性等を兼ね備えている。 |

3) 中塗り

プライマー（下塗り）材に塗布する材料で、プライマー（下塗り）と上塗りとの付着性を確保し、腐食因子の浸透を抑制する機能を有する。

また、色相調整で上塗り塗料の隠蔽性を確保する機能も有する。

4) 上塗り（仕上げ）

仕上げ面に塗布する材料で、紫外線、温度等に起因する劣化に抵抗する機能を有する。

(2) 施工

1) 施工の概要

有機系被覆工法の施工方法は、刷毛・ローラー等を用いる塗付け型、吹付け機を用いる吹付け型に分類される（表 3.2-4 参照）。

表 3.2-4 施工方法による分類

| 施工工法 | 概要 | 特徴 |
|------|-------------------------------|---|
| 塗付け型 | 材料に応じて刷毛、ローラー等により塗付け作業を行う施工方法 | 各工程間の塗り重ね間隔はあらかじめ定められており、選定した施工方法に応じて十分な塗り重ね間隔を確保する必要がある。 |
| 吹付け型 | 材料に応じた専用塗装機を用いて吹付け作業を行う施工方法 | 可使時間の短い樹脂にも適用が可能。専用塗装機の管理が必要 |

①塗付け型

刷毛やローラー等を用いて、施工面に被覆材を塗付けて塗膜を形成する工法、エポキシ樹脂塗装を行う場合に用いられることが多い施工方法である。(写真 3.2-1 参照)。

②吹付け型

各製品に応じた専用の吹付け機を使用して施工面に被覆材を吹付けて塗膜を形成する工法で、塗付け型に比較して、塗装回数が少なく施工速度が速い場合が多い。ポリウレタン樹脂系及びポリウレア樹脂系の被覆工法は、樹脂の硬化が速く、厚付け施工が求められるため、吹付け型による施工が一般的である(写真 3.2-2 参照)。

なお、鋼矢板水路の腐食進行により鋼材に開孔がある場合、鋼材等の当て板溶接等によって開孔部を塞いで施工することできる。



写真 3.2-1 有機系被覆工法
(塗付け型) 施工状況



写真 3.2-2 有機系被覆工法
(吹付け型) 施工状況

2) 施工手順

有機系被覆工法の基本的な施工手順は、鋼矢板表面の素地調整工を行った後、被覆工として防食下地、プライマー(下塗り)、中塗り、上塗りを実施し、それぞれの工程で必要な期間の養生工を行う。その他に鋼矢板の腐食進行によって、母材に断面欠損や開孔がある場合は、パテ材による不陸修整又は当て板による開孔部の閉塞により施工が可能となる。中塗りと上塗りは、工法あるいは施工条件によっては、施工しない場合がある。

3) その他の特徴

有機系被覆工法の大きな特徴として、塗膜の欠損、剥がれが生じた場合、部分補修が可能となることである。

また、有機系被覆材は、水分や酸素等の腐食因子の侵入に対して、優れた遮断性能を有している。上塗り工としては、ふっ素樹脂などの高耐候性の樹脂からなる着色上塗りを塗布し、景観に配慮した仕上げとすることができる。

ほかに、直接火にさらすと燃焼し、変色や変形が生じるため、施工箇所付近で火気を使用する場合は、被覆材に直接火が接しないよう注意が必要である。

また、補修後の被覆表面が部分的に欠損すると腐食が進行するため、水路内での清掃作業や浚渫作業を行う際は、鋭利な道具等で傷つけないよう配慮が必要である。

3.2.3 パネル被覆工法

パネル被覆工法は、型枠材兼カバー材（保護材）としてのパネル材を鋼矢板前面に設置し、その間にコンクリートを充填することにより、腐食因子である水分、酸素等の侵入を抑制することで被覆防食する工法である。パネル材と鋼矢板は、固定材により一体化されている。

【解 説】

(1) 材料

鋼矢板水路のパネル被覆工法における主な使用材料（例）を表3.2-5に示す。

パネル材としては、無機系のコンクリートパネル及び有機系の樹脂パネルがあるが、いずれも工場生産であるため品質が安定しており、各種の強度特性に優れていると言える。なお、現時点でパネル被覆工法に使用されているパネル材の諸元を表3.2-6に示す。また、裏込コンクリートの参考強度等を表3.2-7に示す。

表 3.2-5 パネル被覆工法の主な使用材料（例）

| 項 目 | 使 用 材 料 |
|--------|----------------------|
| パネル材 | コンクリートパネル材 樹脂パネル材 |
| 固定材 | 接続金具 棒鋼 |
| パネル目地材 | 樹脂系目地材等 |
| 裏込材 | コンクリート |

表3.2-6 パネル材料の諸元（例）

| パネル材 | 試験方法 | 参考強度 (N/mm ²) | パネル厚 (mm) |
|-------------------------------|-----------|---------------------------|--------------|
| コンクリートパネル材 (JIS A 5372 相当) | JIS A1108 | 圧縮強度 30 以上 | 25mm～60mm 程度 |
| 樹脂 パネル材 | JIS K7171 | 曲げ強度 20 以上 | 10mm 以上 |

表3.2-7 裏込めコンクリートの参考強度等（例）

| 名 称 | 設計基準強度 (N/mm ²) | スランプ (cm) | 部材厚 |
|--------|-----------------------------|-----------|----------|
| コンクリート | 18 以上 | 12 | 製品により異なる |

1) パネル材

パネル材は工法に応じてコンクリートパネル材と樹脂パネル材があるが、いずれも裏込めコンクリート打設時の型枠材となっている。また、裏込めコンクリートの乾燥収縮抑制等のため、カバー材（保護材）としても機能している。

2) 固定材

固定材は、棒鋼と接続金具により構成され、既設鋼矢板とパネル材を接続し、パネル被覆工法の一体化性を保持する重要な材料である。パネル被覆工法施工後は、高いアルカリ性を有する裏込めコンクリート内に配置されるが、固定材までの裏込めコンクリート厚が極めて薄くなる箇所が生じるため、裏込めコンクリートが中性化した場合、固定材が腐食する可能性がある。このため、採用する対策工法に応じて、固定材に防錆処理を講ずることが望ましい。

3) 裏込めコンクリート

腐食因子である水分、酸素等の侵入を抑制する重要な材料である。

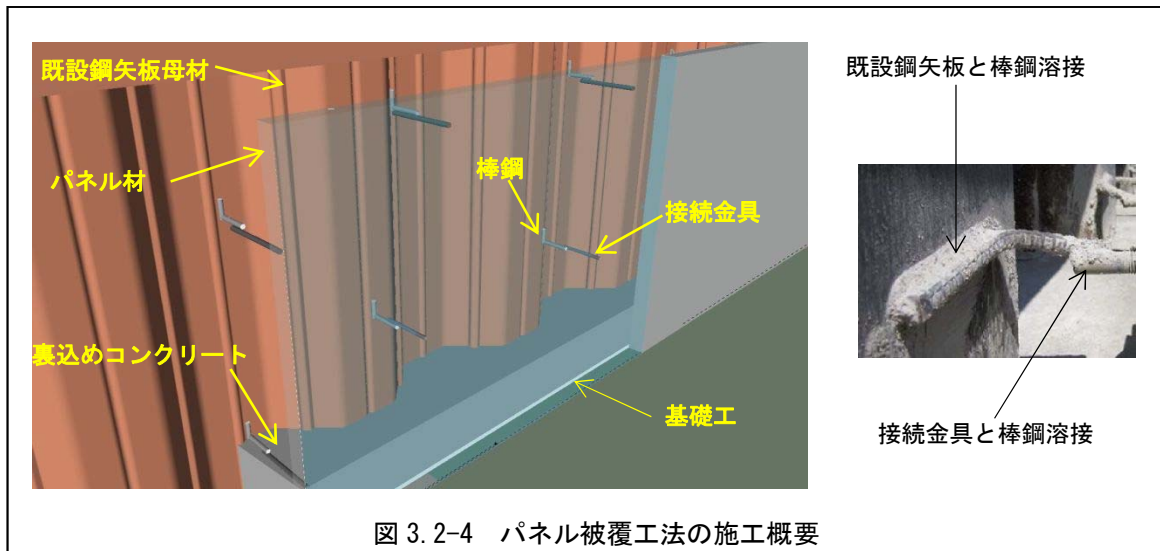
また、裏込めコンクリートにより、鋼材表面が強アルカリ性に保持されていれば防食効果が期待できる。

(2) 施工

1) 施工の概要

パネル被覆工法は鋼矢板水路の表面にパネル材を固定材により設置し、その間を裏込材により充填する工法である。

標準的な施工概要を図 3.2-4 に示す。



2) 施工手順

鋼矢板の素地調整後に基礎工を敷設し、パネルを組立て、目地を設置した後、固定材で鋼矢板に設置し、パネル材と鋼矢板水路躯体の間に裏込めコンクリートを充填し、養生工を行う。

3) その他の特徴

パネル材ごとに難燃性や耐火性が異なるため、施工場所において火気を使用するおそれがある場合は、各パネルの特徴を確認のうえ採用する必要がある。

パネル材は裏込めコンクリートを外力（衝撃）から保護する機能を持ち、補修の効果が期待される耐用期間は、裏込めコンクリートが鋼矢板の表面に接する構造となっている。

なお、裏込めコンクリートにひび割れ等が発生した場合、鋼矢板表面への水分、酸素等の侵入抑制の効果が低下する可能性があることから、適宜モニタリングを行う等、変状に注意する。

3.3 鋼矢板水路の補修工法比較

補修工法の検討に当たっては、鋼矢板の腐食程度とその範囲を把握した上で、総合的な検討を行い、工法を選定することが重要である。

【解 説】

補修工法の検討に当たっては、鋼矢板の腐食状況を詳細に調査し、工法に要求する性能(補修の効果が期待される耐用期間、品質規格値等)のみならず、水路の断水・減水期間、施工性、経済性、仮設の規模、周辺環境への影響や補修後の維持管理にも配慮する必要がある。

また、採用可能な工法の効果が期待される耐用期間のほか、補修後に想定される施設の劣化や経済性(仮設費を含む工事費、維持管理費等)を評価し、より適した工法及び材料を選定することが望ましい。

総合的な検討を行うに当たり工法選定の参考とするため、工法の対比表を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 対策工法の対比表

| 項目 | 細目 | 有機系被覆工法 | パネル被覆工法 |
|-------|-------------------|--|--|
| 工法選定 | 期待される耐用期間 | 20年 | 30年 |
| | 開孔・断面欠損の対応 | パテ埋めと当て板溶接により対応可能。 | 構造計算上かつ施工上支障がない開孔・断面欠損に対しては未処理で施工可能であるが、開孔部及び断面欠損が固定材にある場合は当て板溶接を行う。 当て板溶接を行った箇所には、極力接続金具の溶接を行わないことが望ましい。 |
| | 被覆材の重量による影響 | 軽量のため影響しない。 | パネル材と裏込め材の重量の増加に対し、既設鋼矢板の構造性能に与える影響を照査する必要がある。 |
| | 工法の長所 | 通水断面に与える影響がない。 | 湿潤状態での施工が可能、また水中コンクリートを使用することで水中施工が可能な工法もある。 通水断面は減少するが、粗度係数が改善されたため流下能力への影響は小さい。 |
| | 留意する環境 | 漏水、浸透水の処理が不十分な環境、炎天下等で被覆面の温度が上昇する環境に留意する。 | 特になし。 |
| | 母材の腐食状態の把握 | 被覆材表面に見られる錆等 で想定が可能。 | 目視による鋼矢板（母材）の確認はできないが、自然電位測定が実施可能な場合は腐食状態の把握が可能。 |
| | 施設監視（日常点検、モニタリング） | 被覆材の剥がれ、膨れ、錆汁の有無を目視により把握する | パネル材のひび割れ、欠損、錆汁の有無を目視により把握する。 鋼矢板の傾き、沈下の有無を簡易計測により把握する。 |
| | 再対策の要否 | 既設鋼矢板が構造性能を保持している場合、再対策可能。 | 再対策としての同工法の施工は不可能であるため、再対策不可。更新とする。 有機系パネル材のみパネル材の取替えは可能。 |
| | 軽微な補修 | 変状部を対象に部分的な再補修が可能。 | パネル材のひび割れ補修やパネル欠損部の断面修復が可能。 |
| | 施工 | 素地調整 | 1 種程度（IS08501-1）Sa2 1/2相当。 |
| 浸出水対策 | | 継手部に弾性シーリング材の充填を行う（止水処理）。 打込み式ワイプホルを設置する（導水処理）。 | 裏込めコンクリートの打設に支障がある流水状の漏水がある場合のみ導水処理を行う。 |
| 仮設工 | | 素地調整時の飛散防止、温度・湿度管理等の対策として養生が必要。 | 素地調整時の飛散防止、温度・湿度管理等の対策として養生が必要。 |
| 環境対策 | | 粉塵対策、濁水処理。 | 濁水処理。 |