

塗装とライニング

JDPA T 12



一般社団法人

日本ダクトイル鉄管協会

目 次

| | |
|--|----|
| 1. 塗装及びライニング | 1 |
| 2. 塗装について | 1 |
| 2.1 塗料の構成 | 1 |
| 2.2 塗料の乾燥機構 | 3 |
| 2.3 塗装の下地処理 | 4 |
| 2.4 塗装方法 | 5 |
| 3. ダクタイル鉄管の内外面塗装(ライニング) | 6 |
| 3.1 内外面塗装の変遷 | 6 |
| 3.2 内外面塗装の関連規格 | 7 |
| 3.3 現在の内外面塗装(ライニング) | 8 |
| 4. 各内外面塗装(ライニング)について | 9 |
| 4.1 外面塗装 | 9 |
| 4.2 外面耐食塗装 | 12 |
| 4.3 外面特殊塗装 | 14 |
| 4.4 内面モルタルライニング | 17 |
| 4.5 内面エポキシ樹脂粉体塗装 | 19 |
| 4.6 その他の内面塗装 (無溶剤形液状エポキシ樹脂塗装、液状エポキシ樹脂塗装、合成樹脂塗装) | 22 |

1. 塗装及びライニング

塗装（コーティング）及びライニングの目的は、物体の表面に塗膜を形成することによって防食保護、美観などの性能をその物体に付与することである。特に金属体の塗装においては美観を目的とする場合でも、防食保護作用は欠かせない基本的な性能として必要である。すなわち、金属体は自然界において酸素、炭酸ガス、水分などによって絶え間のない酸化作用を受け、腐食が進む。

大気中においては風雨、紫外線、気温の変動などの作用によるウェザリングの問題があり、水中においては水、食塩その他塩類による腐食があり、土中埋設においては土壌腐食という複雑な腐食問題を克服する必要がある。このため、鉄鋼材料はこの防食が確実に行われてその特性を発揮、保持し得るのである。

塗装、ライニングの今ひとつの目的として表示が上げられる。これは物体に塗装することによって、その目的とする意図を示すものである。文字、図形、色分けなどその手段にはいろいろあるが、いずれにしても意図することを見る人に明確に理解させるという面で、塗装は非常に有効な手段である。

2. 塗装について

2.1 塗料の構成

塗料とは、「流動状態で物体の表面に拡げることにより薄膜を形成し、時間の経過とともに密着したまま固化し、所期の性能を持った膜（塗膜）となり、連続して物体の表面を被覆するものをいう。」と定義されている。

塗料の組成は、図1に示すように展着剤（ビヒクル）、顔料、添加剤及び溶剤から構成され、これらの組合せにより種々の性能の塗料が作られる。

近年、環境に配慮した溶剤を含まない塗料が開発され、その形状から粉体塗料と呼ばれている。

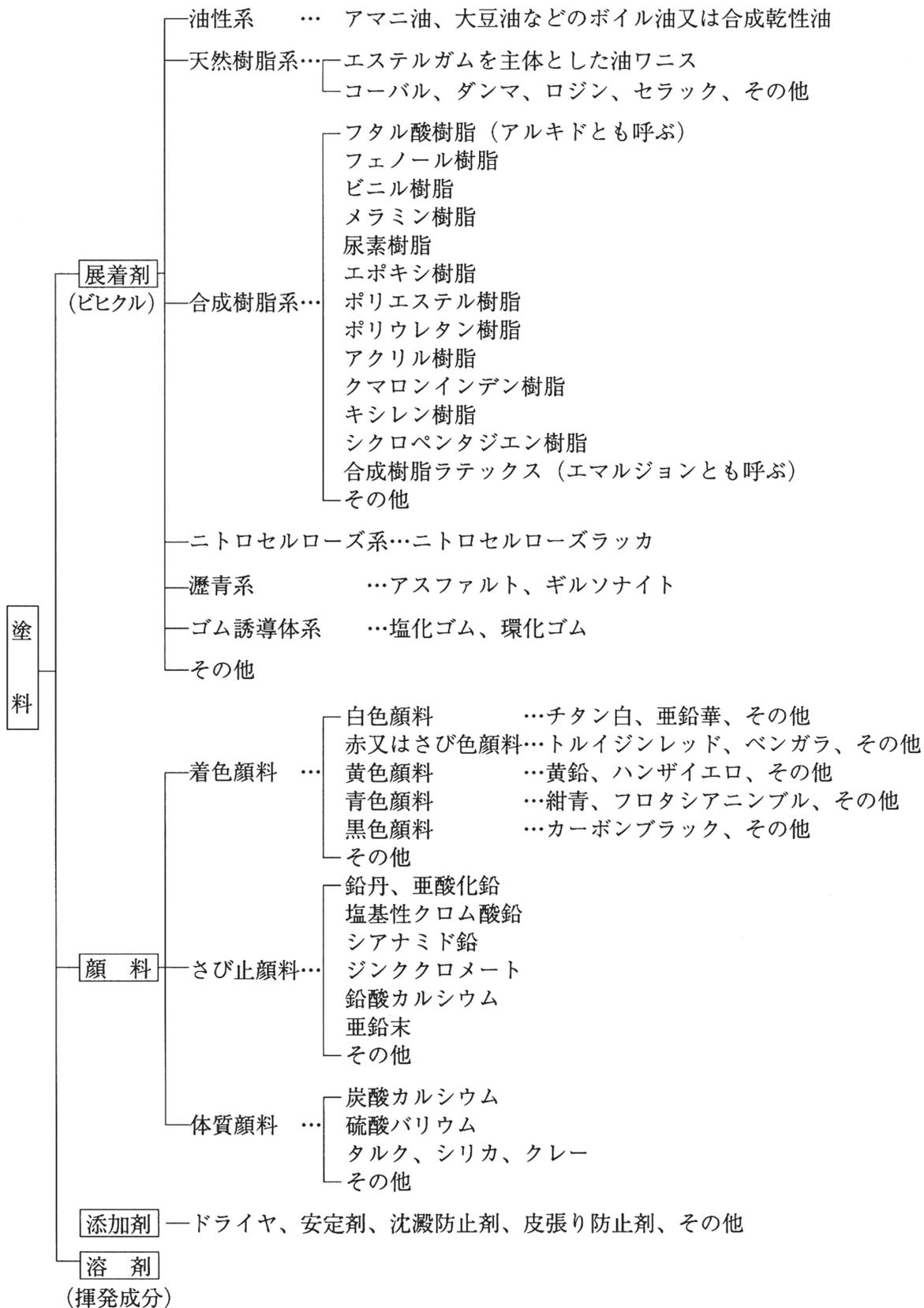


図 1 液状塗料の組成

展着剤は顔料と練りあわせて塗膜を形成するもので、天然油脂を原料としたものや、近年多用される合成樹脂などがある。合成樹脂を展着剤とした塗料には、天然油脂をベースとしてフタル酸を反応させたフタル酸樹脂塗料や、塩化ゴム系樹脂塗料、アクリル樹脂塗料、エポキシ樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料、フッ素樹脂塗料など多くの品種がある。これらの塗料の塗膜性能は、使用される展着剤により大きく異なるため、腐食環境の厳しさや使用目的に応じて使い分けがなされている。

顔料は塗膜を形成する主要成分であり、着色顔料は塗膜の着色を、さび止め顔料は防食効果の付与を主な目的としている。また、体質顔料は下塗り塗料や中塗り塗料の塗膜厚を増加させたり、塗膜強度を上げたり、塗料の流動特性を変えて作業性を向上させることを主な目的としている。

添加剤は塗料の乾燥を促進させる乾燥剤、顔料の沈殿を防ぐ沈殿防止剤や発泡防止剤などがあり、塗料や塗膜の安定性に寄与している。

溶剤は塗装後に蒸発して塗膜を形成しない成分であるが、ビヒクルを溶解して流動性を与え、塗装作業時の作業性や塗膜の仕上がり状態を良好にする役割をもっている。

塗料は、このように多種の原料の中から、その目的に応じて選定して構成される。

2.2 塗料の乾燥機構

塗料は乾燥してはじめてその機能を果たし得る状態になる。乾燥するという事は塗料にとっての第一歩であり、乾燥しなければ塗料とはいえないともいうことができる。また、その遅速、程度などは素地の状態、使用時の環境とも密接な関係がある。乾燥の状態を分類すると表1のように大別できる。

表 1 塗料の乾燥状態

| 乾燥の程度 | 塗 膜 の 状 態 |
|---------|--|
| 指 触 乾 燥 | 塗面の中央に指先で軽く触れて、指先が汚れない状態をいう。 |
| 半硬化乾燥 | 塗面の中央を指先で静かに軽くこすって、塗面にすり跡が付かない状態をいう。 |
| 硬 化 乾 燥 | 塗面の中央を親指と人差指とで強く挟んで、塗面に指紋によるへこみが付かず、塗膜の動きが感じられず、また、塗面の中央を指先で急速に繰り返してこすっても塗面にすり跡が付かない状態をいう。 |

重ね塗りに支障がない時期は、硬化乾燥（または半硬化乾燥）以後である。

また、単に塗料の乾燥時間という場合には、通常、標準状態（温度 20℃、湿度 65%）での乾燥時間を指している。

2.3 塗装の下地処理

一般の塗装においては、その下地処理が塗膜の耐久性に重要な関連をもっている。ダクタイル鉄管の下地処理は、主としてショットブラスト処理やグラインダ処理が行われているが、製造時に耐食性のある酸化被膜が生じるため、密着性の良いものは付着していても差しつかえないことになっている。

一般的な下地処理の基準としては、ブラスト処理によるものと工具によるクリーニングがあるが、表2のような区分が行われている。

表2 素地調整の等級

| 素地調整の程度 | 素地調整の状態 | 工 具 |
|---------|--|--------------------------------|
| 1種ケレン | ミルスケール及びさびは完全に除去し、ピカピカした金属表面とする。 | ショットブラスト サンドブラスト グラインダ |
| 2種ケレン | 完全に付着したミルスケールは残すが、それ以外の不安定なミルスケール、さびは除去する。 | ディスクサンダ チューブクリーナ ワイヤホイール |
| 3種ケレン | ワイヤブラシなどで浮きさび、浮きミルスケールは除去する。 | スクレーパ ワイヤブラシ |

備考 この規定は主に鋼材の下地処理の等級分けに使用されている。

下地処理は屋内（雨のかからない所）で行うものとし、塗装は下地処理後、発さびのないことを確認した後に行う。部分的発さびが認められるときは、塗装前に再度下地処理を行う。

(参考) 下地処理に関する外国規格を示す。

(1) S. I. S. 規格 (SVENSK STANDARD SIS 05 59 00) [スウェーデン規格]

ショットブラストなどを行う場合 SIS Sa 2 1/2

グラインダ処理などを行う場合 SIS St 2

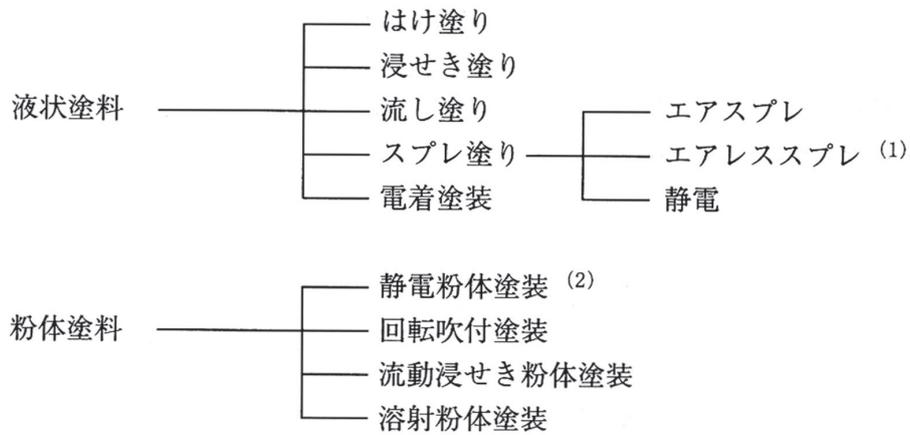
(2) S. S. P. C 規格 (STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL) [U.S.A. 規格]

ショットブラストなどを行う場合 S.S.P.C-SP-10

グラインダ処理などを行う場合 S.S.P.C-SP-3

2.4 塗装方法

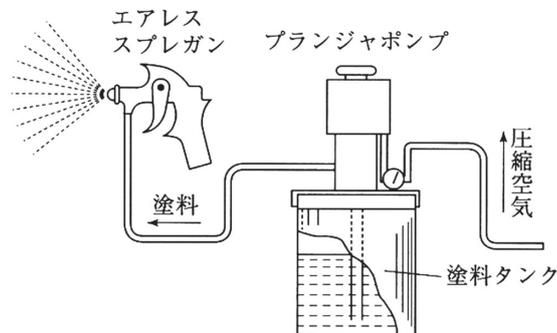
塗料を塗装する方法は、塗料の種類に応じて使い分けられており、以下のようになっている。



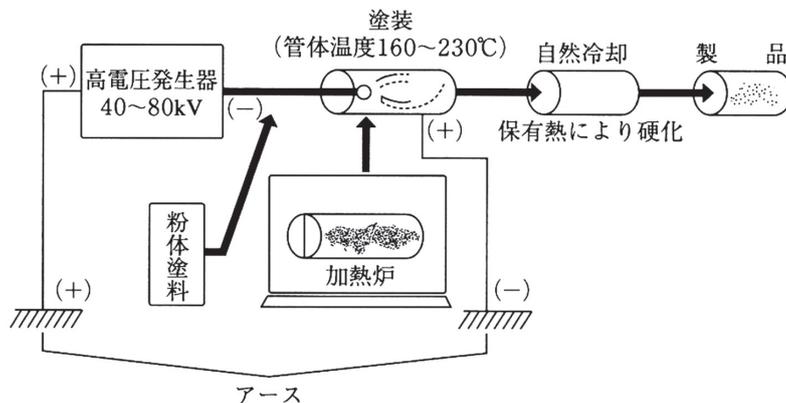
ダクトイル鉄管の外面は、主としてエアレススプレ塗りが行われており、異形管では呼び径、形状などによってエアレススプレ塗り、はけ塗り、浸せき塗りなどが選択されている。

また、粉体塗装を施す直管内面は回転吹付塗装、異形管では静电粉体塗装が適用されている。

注 (1) エアレススプレ塗り



注 (2) 静电粉体塗装



3. ダクティル鉄管の内外面塗装(ライニング)

3.1 内外面塗装の変遷

鋳鉄管の内外面塗装の変遷を表3に示す。

表3 鋳鉄管の内外面塗装の変遷

| | 直 管 | | | | 異 形 管 | | | | |
|---------------|------------|-----------------------|-------------|-----------|------------|-----------|--------------|--------|---------------|
| | 内 面 | | 外 面 | | 内 面 | | 外 面 | | |
| 1955 (S30) | コーラルタール系塗装 | モルタルライニング | コーラルタール系塗装 | アスファルト系塗装 | コーラルタール系塗装 | モルタルライニング | コーラルタール系塗装 | | 1955 (S30) |
| 1965 (S40) | | | | | | | | | 1965 (S40) |
| 1975 (S50) | | | タールエポキシ樹脂塗装 | 合成樹脂塗装 | | | | | 1975 (S50) |
| 1985 (S60) | | エポキシ樹脂粉体塗装 | | | | | | | 1985 (S60) |
| 1995 (H7) | | モルタルライニング (浸透性シールコート) | | | 合成樹脂塗装 | 浸透性シールコート | 液状エポキシ樹脂塗装 | | 1995 (H7) |
| 2005 (H17) | | | | | | | 無溶剤形エポキシ樹脂塗装 | | 2005 (H17) |
| 2015 (H27) | | | | 外面耐食塗装 | | | | 外面耐食塗装 | 2015 (H27) |

- 備考**
- ・内面塗装(ライニング)は、呼び径1000以下では直管、異形管ともにエポキシ樹脂粉体塗装が主に採用されている。大口径の直管は主にモルタルライニングが採用されている。
 - ・外面塗装は、1988年からタールを含まない合成樹脂塗料が採用され、呼び径250以下の直管は亜鉛系プライマが施されることにより耐食性が高められた。
 なお、これらの内容については、1992年にJWWA G 113,114及びJWWA K 139の中で規定された。
 - ・腐食性土壌における防食方法として、1975年にポリエチレンスリーブの規格が制定され、スリーブの普及が促進された。
 なお、2005年にポリエチレンスリーブは日本水道協会規格(JWWA K 158)として制定された。
 - ・2013年にJWWA G 120,121の中で耐食亜鉛系塗料として耐食性に優れた外面耐食塗装が規定された。
 - ・塗装開始年については、管種や呼び径によって若干差がある。

3.2 内外面塗装の関連規格

国内におけるダクタイル鉄管内外面塗装関連規格を表4に示す。

表4 ダクタイル鉄管の内外面塗装規格

| 管の種類 | 塗装の種類 | 規格 | 適用呼び径 | 備考 | |
|--------------------------------------|----------------|--|--|--|--|
| 直管 | 内面 | ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング (JIS A 5314-2014) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄管モルタル ライニング(JWWA A 113-2015) | | | |
| | | ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ樹脂 粉体塗装(JIS G 5528-2014) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ 樹脂粉体塗装(JWWA G 112-2017) | | | |
| | 外面 | ダクタイル鋳鉄管(JIS G 5526-2014) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄管 (JWWA G 113-2015) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料 (JWWA K 139-2015) | | | |
| | | ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗装 (JDPA Z 2010-2009) | | | |
| 異形管 | 内面 | ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ樹脂 粉体塗装(JIS G 5528-2014) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ 樹脂粉体塗装(JWWA G 112-2017) | | | |
| | | 水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装 方法(JWWA K 157-2013) | | | |
| | 液状エポキシ 樹脂塗装 | 水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装方法 (JWWA K 135-2007) | 適用呼び径及び 塗装方法は各製 品規格で規定さ れている。 | 適用呼び径は 1350~2600mm としている。 | |
| | | ダクタイル鋳鉄異形管内面液状エポキシ 樹脂塗装(JDPA Z 2011-2009) | 1350~2600mm (1200mm 以下 の管については 本規格を準用す る。) | JWWA K 135 の適用規格とし て規定されてい る。 | |
| | | ダクタイル鋳鉄異形管 (JIS G 5527-2014) | | | |
| | 外面 | 水道用ダクタイル鋳鉄異形管 (JWWA G 114-2015) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料 (JWWA K 139-2015) | | | |
| | | ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗装 (JDPA Z 2010-2009) | | | |
| | 外面 | ダクタイル鋳鉄異形管 (JIS G 5527-2014) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄異形管 (JWWA G 114-2015) | | | |
| | | 水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料 (JWWA K 139-2015) | | | |
| ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗装 (JDPA Z 2010-2009) | | | | | |

3.3 現在の内外面塗装(ライニング)

現在行われているダクタイル鉄管の内外面塗装（ライニング）を表5に示す。

表5 ダクタイル鉄管の内外面塗装（ライニング）

| 管の種類 | | 塗装（ライニング）の種類 | 塗装（ライニング）材料 |
|------|----|----------------|-------------------------------------|
| 直管 | 内面 | モルタルライニング | モルタル（セメント+骨材） |
| | | エポキシ樹脂粉体塗装 | エポキシ樹脂粉体塗料 |
| | 外面 | 合成樹脂塗装 | 一液性エポキシ樹脂塗料、アクリル樹脂塗料 二液性エポキシ樹脂塗料 |
| 異形管 | 内面 | エポキシ樹脂粉体塗装 | エポキシ樹脂粉体塗料 |
| | | 無溶剤形液状エポキシ樹脂塗装 | 二液性エポキシ樹脂塗料 |
| | | 液状エポキシ樹脂塗装 | 二液性エポキシ樹脂塗料 |
| | 外面 | 合成樹脂塗装 | 一液性エポキシ樹脂塗料、アクリル樹脂塗料 二液性エポキシ樹脂塗料 |

なお、異形管の内面には、表5以外に合成樹脂塗装も行われている。

また、異形管の外面には、エポキシ樹脂粉体塗装や無溶剤形液状エポキシ樹脂塗装も行われている。

4. 各内外面塗装(ライニング)について

4.1 外面塗装

4.1.1 塗料

鋳鉄管、ダクタイル鉄管の防食塗装としては、古くはコールタールやタールエポキシ樹脂塗料が用いられていたが、タールの衛生性が問題となり、現在ではJWWA K 139（水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料）に規定されている塗料を使用している。

表6にJDKPA Z 2010（ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗装）の品質規定を示す。また、表7にJDKPA Z 2010の塗料の組成を示す。

なお、表6、表7の中で規定されている塗料の技術的な内容は、JWWA K 139（水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料）と同じである。

表6 JDKPA Z 2010の品質規定

| 項目 | 規定 | 備考 |
|-----------------|---|----------------|
| 耐 屈 曲 性 | 直径10mmの折り曲げでき裂又ははく離がない。 | JWWA K 139 と同等 |
| 耐 お も り 落 下 性 | 衝撃による変形で割れ・はがれがない。 (500g × 300mm) | |
| 耐 ア ル カ リ 性 | 水酸化ナトリウム(0.1mol/L)に48時間浸しても割れ・はがれ・膨れ・あな・軟化がなく、原状試験片と比べて、つやの変化及び変色の程度が大きくない。 | |
| 耐 酸 性 | 硫酸(0.05mol/L)に48時間浸しても割れ・はがれ・膨れ・あな・軟化・さびがなく、原状試験片と比べて、つやの変化及び変色の程度が大きくない。 | |
| 耐 水 性 | 30日間の試験で割れ・はがれ・膨れ・しわを認めず、更に、2時間放置した後、原状試験片と比べて、つやの変化・くもり・白化・変色の程度が大きくない。 | |
| 耐 中 性 塩 水 噴 霧 性 | 120時間の試験で膨れ・はがれ・さびがない。 | |
| 耐 湿 性 | 120時間の試験で割れ・はがれ・膨れ・しわ・さびが認められず、2時間置いた後の観察でくもり・白化・変色がない。 | |
| 促 進 耐 候 性 | 300時間の試験で割れ・はがれ・さびを認めない。 | |
| 耐低温・高温繰返し性 | 6回の繰返しで割れ・はがれ・膨れ・白化を認めない。 (-20℃ ⇄ 80℃) | |

表7 JDP A Z 2010の塗料組成

| | 一液性エポキシ樹脂塗料 | 二液性エポキシ樹脂塗料 | アクリル樹脂塗料 |
|-----|--|---|--|
| 樹脂 | <ul style="list-style-type: none"> ・エピクロロヒドリンとビスフェノール A を反応させたエポキシ樹脂、又はエピクロロヒドリンとビスフェノール A を反応させたエポキシ樹脂に脂肪酸を反応させたもの。 ・メチルアクリレート、スチレンなどを反応させたアクリル樹脂 ・クマロンインデン樹脂、キシレン樹脂、シクロペンタジエン樹脂 | <p>主剤</p> <p>エピクロロヒドリンとビスフェノール A を反応させたエポキシ樹脂</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メチルアクリレート、スチレンなどを反応させたアクリル樹脂 ・クマロンインデン樹脂、キシレン樹脂、シクロペンタジエン樹脂 <p>硬化剤</p> <p>(標準型) トリエチレンテトラミンを主体とした脂肪族ポリアミノアミド又は脂肪族アミナダクト体</p> <p>(低温型) トルエンジイソシアネートを主体としたアダクト体</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・スチレン、酢酸ビニル又はブタジエンを含むアクリレート若しくはメタクリレート共重合体 ・クマロンインデン樹脂、キシレン樹脂、トルエン樹脂、シクロペンタジエン樹脂、カルボキシル化アクリル変性 S B R 樹脂 |
| 顔料 | カーボンブラック、炭酸カルシウム、シリカ、硫酸バリウム、タルク、カオリンクレー、石英、酸化鉄、黄色酸化鉄、二酸化チタン、フタロシアニンブルー、塩基性亜りん酸カルシウム、りん酸塩化合物、酸化亜鉛 | | |
| 添加剤 | 省略 | | |
| 溶剤 | 省略 | | |

4.1.2 塗装

合成樹脂塗料（JWWA K 139）の塗装方法及び塗布量について表8に示す。

表8 ダクタイル鉄管の外面塗装

| | 直管(JWWA G 113) | 異形管(JWWA G 114) |
|---------|---|--|
| 塗装方法 | 機械塗り又は手塗り | 機械塗り又は手塗り |
| 塗布量 | 目標 250g/m ² 以上 (目標塗膜厚さ 100 μ m) | 目標 200g/m ² 以上 (目標塗膜厚さ 80 μ m) |
| 亜鉛系プライマ | 呼び径 250mm 以下に適用 | - |

亜鉛系プライマは、下塗りとして優れた外面防食方法であり、土壤中の埋設管の塗膜に微少な傷がついた場合でも、その部分が亜鉛の陰極防食効果により局部的な孔食とはならず、かつ、不要な亜鉛の損耗を上塗り塗料が抑制する効果を持っており、腐食性環境下での管路の防食対策として効果的である。

わが国はもとより国際規格などにおいても、
ISO 8179-2017

Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints - External zinc - based coating -

BS EN 545-2010

Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines - Requirements and test methods

として規格化されている。

4.2 外面耐食塗装

GX 形ダクタイル鉄管には耐食性に優れた外面耐食塗装が適用されている。図 2 に外面耐食塗装（亜鉛系合金溶射+封孔処理+合成樹脂塗料層）のイメージを示す。

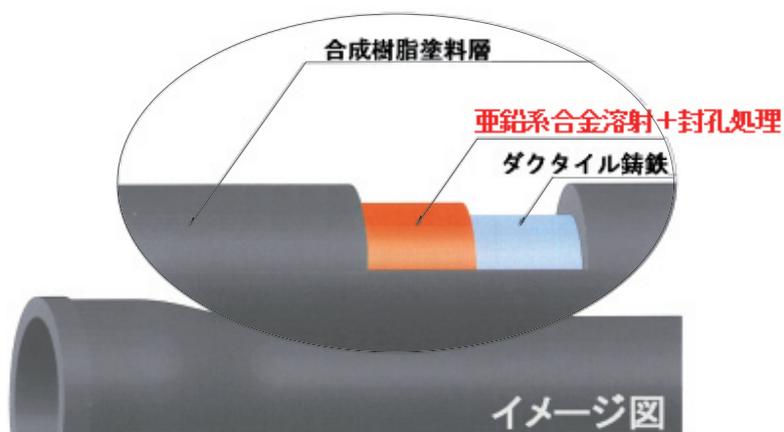


図 2 外面耐食塗装のイメージ

外面耐食塗装は、プライマ、封孔処理及び塗装の順に行い、表 9 による。ただし、外面耐食塗装の代わりに JWWA G 120 の 14.4（外面塗装）、JWWA G 121 の 14.3（外面塗装）、JWWA B 120 の 箇条 9（塗装）の耐食亜鉛系塗装又は JSWAS G-1 の 附属書 4（下水道用ダクタイル鋳鉄管外面塗装）の外面塗装 2 でもよい。

表 9 外面耐食塗装

| 区 分 | 外面耐食塗装 |
|------|--|
| プライマ | 亜鉛系合金 ¹⁾ を 290g/m ² 以上溶射する。 |
| 封孔処理 | 封孔処理剤 ²⁾ を水系は 50g/m ² 以上、溶剤系は 30g/m ² 以上塗布する。 |
| 塗 装 | 合成樹脂塗料 ³⁾ を目標 200g/m ² 以上塗装する。なお、最外層の色はグレーとする。 |

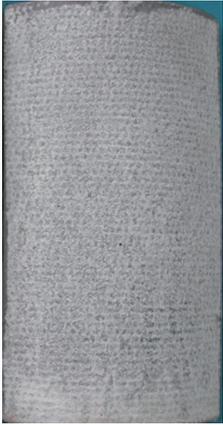
¹⁾ 溶射に用いる材料は、JIS H 2107 の最純亜鉛及び亜鉛系合金とする。この場合、亜鉛系合金の組成は、亜鉛 60～70%、すず 30～40%、マグネシウム 0.2～0.4%とする。

²⁾ 封孔処理剤は、シリカ系とする。

³⁾ 合成樹脂塗料は、JWWA K 139 による。

封孔処理を施した亜鉛系合金の塩水噴霧試験結果を表 10 に示す。
 なお、試験では従来の亜鉛溶射と同じ溶射量の $130\text{g}/\text{m}^2$ で比較した。
 外面耐食仕様は、同じ溶射量でも従来仕様に比べて良好な防食性能を示した。

表 10 塩水噴霧試験結果

| 〔外面耐食仕様〕 亜鉛系合金溶射 ($130\text{g}/\text{m}^2$) + 封孔処理 | 〔従来仕様〕 亜鉛溶射 ($130\text{g}/\text{m}^2$) |
|--|--|
|  <p data-bbox="667 745 767 801">赤錆発生 なし</p> <p data-bbox="491 1003 608 1032">〔35日後〕</p> |  <p data-bbox="1230 745 1331 775">赤錆発生</p> <p data-bbox="1034 1003 1134 1032">〔15日後〕</p> |

備考 合成樹脂塗装はなし

4.3 外面特殊塗装

ダクタイル鉄管は一般的には埋設管として使用されているが、浄水場、下水処理場などでは地上または管廊内で露出配管されたり、水中配管されることがある。

露出配管の場合には、塗装は単なる防錆、防食だけでなく、管路の美観や内部流体を識別するための表示が目的となることがある。

水中配管の場合には、内面と同様の優れた防食性能が期待される。

これらの塗装については、JDPA Z 2009-2011（ダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装）として規格化されており、現地塗装の種類を表 11 に示す。この規格では、1 次塗装に亜鉛系プライマ塗装を行うことで耐久性の向上を図り、1 次、2 次、3 次塗装は工場で行い、輸送や布設工事での塗膜の損傷を考慮して施工現場において、さらに現地塗装を行うこととしている。

M. I. O. とは Micaceous Iron Oxide の略であり、鱗片状をした酸化第二鉄を主体とする天然顔料であり、ドイツ、オーストラリアで産出する。M. I. O. を含有する塗料は、耐候性が優れており、かつ、薄片状の M. I. O. が複層をなし、これが塗膜中への水分、腐食性成分の浸入を抑える効果もある。

また、この M. I. O. を用いると塗膜の表面層の粗度を保持できるため、エポキシ樹脂塗料のように、下塗りと上塗りの塗装間隔が長くなり、塗膜の層間密着性が悪くなる場合には、M. I. O. を含んだ下塗りを用いることにより、上塗りの付着性が改善される。このため JDPA Z 2009 では 3 次塗装に M. I. O. 塗料を用いることとしている。

表 11 ダクティル鑄鉄管外面特殊塗装 (JCPA Z 2009-2011)

| 種類 | 工場塗装 | | | 現地塗装 (参考) | | |
|------------------|---|---|--|------------------------------------|----------------------|--|
| | 1次塗装 | 2次塗装 | 3次塗装 | 用途 | 現地塗装 適合塗料 | 備考 |
| AA ^{a)} | 亜鉛溶射又は ジンクリッチ ペイント ^{b)} | 管に通常 用いる塗料 塗膜の厚さ 0.08mm | | 主として露出 配管に用い る。 | 管に通常 用いる 塗料 | 黒色とし、その 他の色は指定で きない。 |
| BB | 亜鉛溶射、 又は ジンクリッチ ペイント ただし、 JCPA G 1049 の GX 形管は 亜鉛系合金溶 射でもよい ^{b)} | 現地塗装の アクリル NAD系艶有 塗料に適した 管に通常用い る塗料 塗膜の厚さ 0.08mm | — | | アクリル NAD系 艶有塗料 | 色の指定ができ、 歩道橋や建築関 係で通常用いら れている。 塗料は市販性が よく、入手しや すい。 |
| CC | | エポキシ樹脂 塗料 塗膜の厚さ 0.05mm | エポキシ M.I.O. 塗料 又は エポキシ樹脂 塗料 塗膜の厚さ 0.05mm | | ポリウレ タン樹脂 塗料 | 色の指定ができ、 耐候性が要求さ れる場合に使用 される。 |
| DD | | | | 水中配管及び 湿度の高い所 の露出配管に 用いる。 | エポキシ 樹脂塗料 | 色の指定ができ、 水中や湿度の高 い腐食性環境で 使用される。 |

注^{a)} 種類 AA には、JCPA G 1049 の GX 形管は適用しない。

^{b)} 1次塗装の塗布量は、亜鉛溶射の場合 130g/m²、ジンクリッチペイントの場合 150g/m²を基準とし、塗膜厚さは 0.02mm として積算する。

なお、亜鉛系合金溶射の場合は、封孔処理を行ってもよい。

次に、外面特殊塗装の種類を選定する簡易な手順を図3に示す。

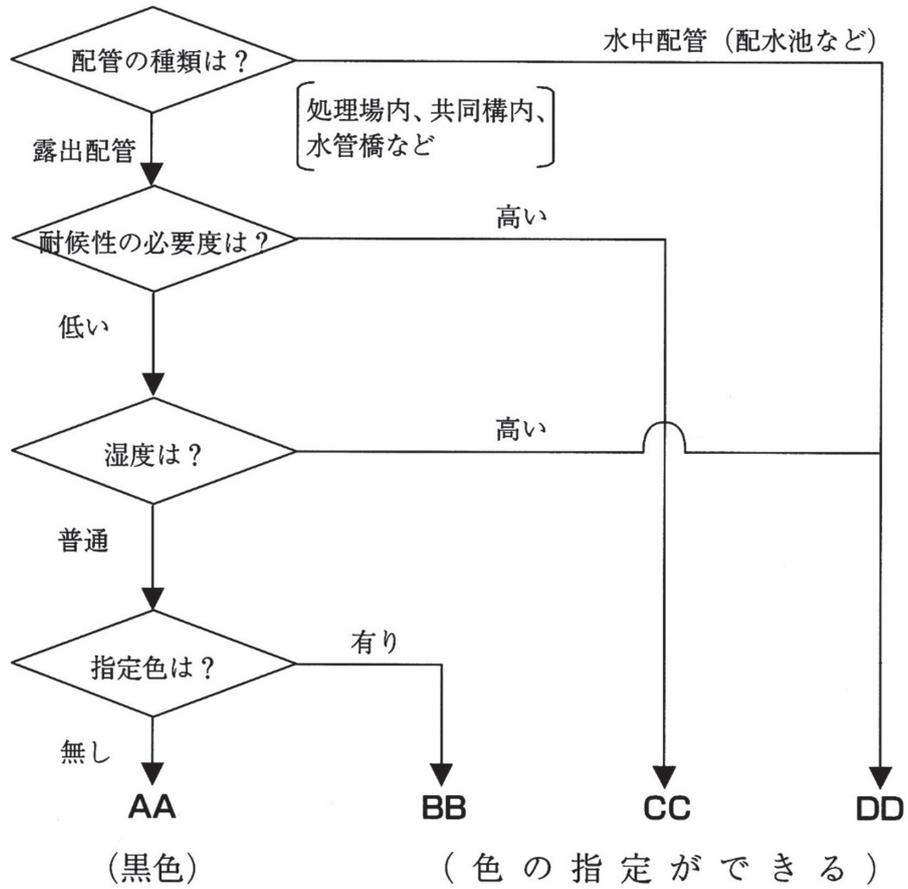


図3 外面特殊塗装の選定手順

4.4 内面モルタルライニング

直管の内面は、1950年代半ば以降、主としてモルタルライニングが施されてきた。

鉄管の内面にモルタルライニングを施すと、セメント中のカルシウム分によるアルカリ性が鉄面を不動態化して防食する効果がある。この方法は1850年代、フランスの科学アカデミーが水道管のさびこぶ防止対策として、もっとも確実な方法であると推奨した。

その後米国において1870年代から実用化され、水道管の内面を防食し、さびこぶの発生もなく、管路の流速係数も布設直後とほとんど変わらないと報告されている。表12に米国の調査結果の一例を示す。

わが国においても、モルタルライニングは、使用後約60年以上経過した管についても防食効果を発揮し続けていることを確認している。

モルタルライニングの規格は1956年にJWSA（JWWAの前身）A 107（水道用鋳鉄管モルタルライニング方法）として制定された。その後ダクタイト鉄管の規格として、1967年にJWWA A 107（ダクタイト鉄管モルタルライニング）が制定され、1984年にはJIS A 5314（ダクタイト鋳鉄管モルタルライニング）、2000年にはJWWA A 113（水道用ダクタイト鋳鉄管モルタルライニング）が規格として制定され現在に至っている。

表 12 モルタルライニング管流速係数の経年変化実測例

| 場 所 | 呼び径 (インチ) | シールコート 有無 | 公称最小ライニン グ厚さ(インチ) | 長 さ (フィート) | 布設年 | 経過年数 | C値 |
|-------------------|--------------|--------------|----------------------|---------------|------|------|-------------------|
| Birmingham, Ala. | 6 | 有 | 1/16 | 473 | 1940 | 1 | 148 |
| | | | | | | 6 | 141 |
| | | | | | | 12 | 138 |
| | | | | | | 17 | 133 |
| Catskill, N.Y. | 16 | 無 | 1/8 | 30,825 | 1932 | 25 | 136 |
| Champaign, Ill. | 16 | 無 | 3/16 | 3,920 | 1928 | 13 | 137 |
| | | | | | | 22 | 139 |
| | | | | | | 28 | 145 |
| | | | | | | 36 | 130 |
| Charleston, S.C. | 5.78 | | | 300 | 1941 | 新管 | 145 |
| | 12 | | | | | 12 | 146 |
| | | | | | | 16 | 143 |
| | | | | | | 1932 | 15 |
| | 25 | 136 | | | | | |
| Chicago, Ill. | 36 | 有 | 1/8 | 7,200 | 1945 | 1 | 147 |
| | | | | | | 12 | 151 |
| Concord, N.H. | 12 | 無 | 1/16 | 500 | 1928 | 13 | 143 |
| | | | | | | 29 | 140 |
| | | | | | | 36 | 140 |
| Danvers, Mass. | 20 | 無 | 1/16 | 500 | 1926 | 31 | 135 |
| | | | | | | 38 | 133 |
| Greenville, S.C. | 30 | | 1/8 | 87,400 | 1944 | 13 | 148 |
| | | | | | | 20 | 146 |
| | 30 | 有 | 1/8 | 50,700 | 1939 | 19 | 148 |
| | | | | | | 25 | 146 |
| Greenville, Tenn. | 12 | 無 | 1/16 | 500 | 1928 | 13 | 134 |
| | | | | | | 29 | 137 |
| | | | | | | 36 | 146 |
| Knoxville, Tenn. | 10 | | 1/16 | 500 | 1925 | 16 | 134 |
| | | | | | | 32 | 135 |
| | | | | | | 39 | 138 |
| Manchester, N.H. | 12 | 有 | | 500 | 1936 | 5 | 151 |
| | | | | | | 19 | 132 |
| | | | | | | 26 | 140 |
| Safford, Ariz. | 10 | 無 | 1/8 | | 1941 | 16 | 144 |
| Watertown, N.Y. | 10 | 無 | 1/16 | 500 | 1927 | 14 | 151 |
| | | | | | | 28 | 132 |
| | | | | | | 37 | 125 ¹⁾ |

注 1) 過剰塩素処理によりライニング上のスライムを除去したもの
(Wallace T. Miller, Jour. AWWA, Jun, 1965)

4.5 内面エポキシ樹脂粉体塗装

粉体塗装は、溶剤を含まない樹脂粉末を被塗物に付着させ、加熱溶融させることによって連続塗膜を形成させるものである。

この粉体塗装の特徴を以下に示す。

- ① 固形分 100%の粉末状塗料による塗装で、溶剤を含んでいないため、塗膜の硬化乾燥が迅速で、かつ、塗膜として溶剤に起因するトラブルがない。(ピンホール、膨れ、耐薬品性の低下など。)
- ② 1回の塗装で厚塗りが可能である。

これは、長期間にわたっての防食効果が求められるダクタイル鋳鉄管には好都合である。

各種粉体塗料（エポキシ樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリエステル樹脂など）の塗膜性能試験結果では、エポキシ樹脂粉体塗料が防食性能、耐久性、物性、衛生性などの点から、最も優れていることが示された。

エポキシ樹脂粉体塗装管を、pH2に調整した水を用いて表13に示す条件で長期間の通水試験を行った。その結果を表14に示す。

表 13 酸性水通水試験条件

| 項目 | 試験条件 |
|-----|----------------------|
| 水質 | pH2 (HClで調整) |
| 流速 | 約 5m/秒 |
| 供試管 | 呼び径 100mm × 長さ 300mm |
| 期間 | 13 年間 |

表 14 酸性水通水試験結果

| 塗装の種類 | 塗膜の状態 |
|-------------|----------------------|
| エポキシ樹脂粉体塗装 | 約 13 年間で異常が認められなかった。 |
| タールエポキシ樹脂塗装 | 6ヶ月で一部膨れを認める。 |

エポキシ樹脂粉体塗装管は、酸性水 (pH2) の通水試験及び 10m/秒の高流速試験に対しても良好な密着性を保持し、通常の上水道の内面防食ライニングとしてはもちろんのこと、下水管路で問題になる酸性腐食に耐えることが確認された。

また、水道用として、長年使用したエポキシ樹脂粉体塗装管を掘り上げ、塗膜の付着強さ、吸水率、インピーダンス及び塩素浸透深さを調査した結果を図4～7に示す。

付着強さは新品の値と同等、吸水率のごく僅か (1%以下)、インピーダンスは優れた防食性能を示す値を維持しており、経年による粉体塗膜の劣化兆候は認められなかった。塗膜表面からの塩素浸透深さは 20 μ m 以内と塗膜表面のごく浅い部分にしか浸透しておらず、優れた長期耐久性を有することを確認した。

エポキシ樹脂粉体塗装管の流速係数測定結果を表 15 に示す。エポキシ樹脂粉体塗装管の流速係数 C は 150 以上であった。

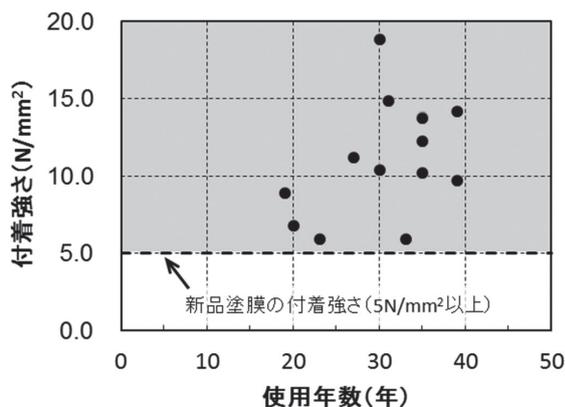


図 4 経年エポキシ樹脂粉体塗膜の付着強さ (JIS K 5600-5-7)

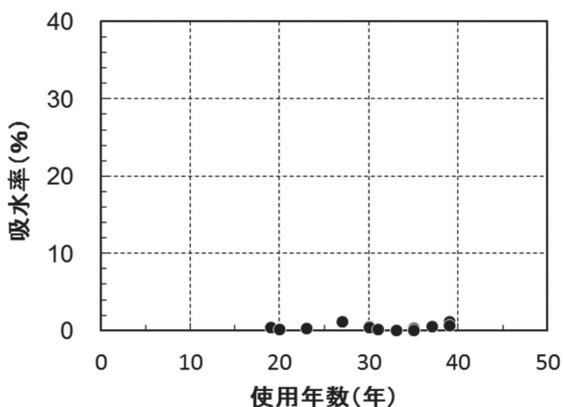


図 5 経年エポキシ樹脂粉体塗膜の吸水率 (JIS K 7209)

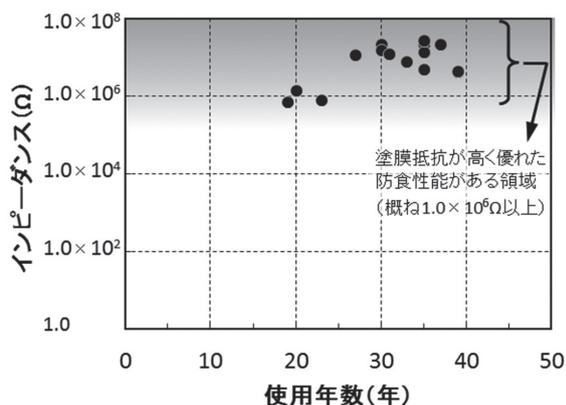


図 6 経年エポキシ樹脂粉体塗膜のインピーダンス (JIS K 5400-2001)

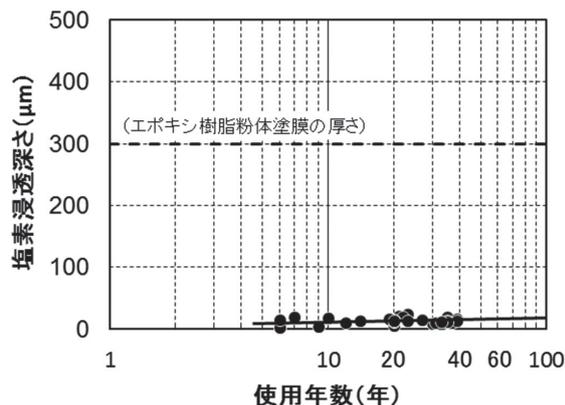


図 7 経年エポキシ樹脂粉体塗膜の塩素浸透深さ [EPMA (電子線マイクロアナライザ) による]

表 15 エポキシ樹脂粉体塗装管の流速係数

| 試験 No. | 流量 m³/sec | 流速 m/sec | 摩擦損失水頭 mm | 流速係数 C |
|--------|-----------|----------|-----------|--------|
| 1 | 0.0098 | 0.55 | 17.2 | 155.4 |
| 2 | 0.0191 | 1.07 | 58.5 | 156.3 |
| 3 | 0.0290 | 1.62 | 123.6 | 158.4 |
| 4 | 0.0388 | 2.17 | 215.2 | 157.0 |
| 5 | 0.0486 | 2.71 | 317.7 | 159.3 |
| 6 | 0.0579 | 3.23 | 441.4 | 158.9 |

備考 管径は供試管の内径測定平均値 151.0mm、管路長は 9,540mm を用いてヘーゼン・ウイリアムズ公式から流速係数 C を求めた。

エポキシ樹脂粉体塗装は、小口径異形管の内面防食方法として1973年頃に実用化されて以来、品質的に安定し、耐久性に優れていることから赤水防止対策として諸都市で採用されてきた。

この間、1977年に異形管専用の塗装規格として、日本鑄鉄管協会（現日本ダクタイル鉄管協会）規格、JCPA Z 2006（水道用ダクタイル鑄鉄異形管粉体塗装）が適用呼び径75～250mmとして制定された。その後、直管の内面にもエポキシ樹脂粉体塗装を採用する都市が増えてきたことや、事業者から、赤水対策として少しでも適用呼び径の拡大を要望する声が強くなってきたことから、適用呼び径を75～350mmとし、直管、異形管とも適用できる規格として1980年に日本水道協会規格JWWA G 112（水道用ダクタイル鑄鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装）が制定された。

さらに、エポキシ樹脂粉体塗装は上水道以外の分野、たとえば硫化水素の発生しやすい下水管路や海水などの工業用水管路でも採用されるようになり、上水道以外にも適用できる規格として1984年に日本工業規格JIS G 5528（ダクタイル鑄鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装）、日本下水道協会規格JSWAS G-1（下水道用ダクタイル鑄鉄管）が制定され、適用呼び径も75～600mmとなった。JIS G 5528は2014年に改正され、適用口径の規定はしないこととなった。

エポキシ樹脂粉体塗装規格の主な変遷を以下に示す。

- ① 1977年 JCPA Z 2006
（水道用ダクタイル鑄鉄異形管粉体塗装）制定
- ② 1979年 JCPA Z 2006
（ダクタイル鑄鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装）改正
- ③ 1980年 JWWA G 112
（水道用ダクタイル鑄鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装）制定
- ④ 1984年 JIS G 5528
（ダクタイル鑄鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装）制定
- ⑤ 1984年 JSWAS G-1
（下水道用ダクタイル鑄鉄管）制定
- ⑥ 2014年 JIS G 5528
（ダクタイル鑄鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装）改正
- ⑦ 2017年 JWWA G 112
（水道用ダクタイル鑄鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装）改正

2017年時点では、呼び径1000以下のダクタイル鑄鉄管製造量の約80%がエポキシ樹脂粉体塗装管である。

エポキシ樹脂粉体塗装管は水の滞留時間が長い管路で、pH上昇や残留塩素消費量が懸念される小口径管路、及び侵食性遊離炭酸の高い水質を水源として使用している管路で多く採用されているほか、腐食性の激しい下水道用ダクタイル鑄鉄管の内面防食ライニングとしても使用されている。

4.6 その他の内面塗装(無溶剤形液状エポキシ樹脂塗装、液状エポキシ樹脂塗装、合成樹脂塗装)

水道用ダクタイル鋳鉄異形管の内面防食対策としては、エポキシ樹脂粉体塗装が一般的であるが、大口径管になると塗装設備などの問題で適用することが困難であることから、これらの管には無溶剤形液状エポキシ樹脂塗装 (JWWA K 157)、液状エポキシ樹脂塗料 (JWWA K 135) が用いられている。日本ダクタイル鉄管協会では、JDPA Z 2011 (ダクタイル鋳鉄異形管内面液状エポキシ樹脂塗装) を制定し、主として呼び径 1350mm 以上の、エポキシ樹脂粉体塗装が難しい大口径管に適用するものとしている。

表 16 に JDPA Z 2011 の品質規定を示す。また、表 17 に JDPA Z 2011 の塗料の組成を示す。

なお、表 16、表 17 の中で規定されている塗料の技術的な内容は、JWWA K 135 (水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装方法)、JWWA K 157 (水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法) と同じである。

また、一部のダクタイル鋳鉄異形管及びその接合部品には、合成樹脂塗料 (JWWA K 139) が使用されている。

表 16 JDPA Z 2011 の品質規定

| 項目 | 規定 | 備考 |
|------------------|--|-------------------------------|
| 塗膜の外観 | 塗りむら、流れ、はじき、割れがない。 (塗装後 24 時間硬化乾燥後) | JWWA K 135、 JWWA K 157 と同等 |
| 耐屈曲性 | 先端半径 13mm で、たわみが 38mm になるまで押し曲げた際、き裂又ははく離がない。 | |
| 耐おもり落下性 | 衝撃による変形で割れ・はがれがない。 おもりの高さは、落下面が塗膜表面の場合は 30cm、落下面が裏面の場合は 50cm とする。 | |
| 付着性 (クロスカット法) | 格子パターンを 5mm 間隔でマス目の数 9 のクロスカットを行った場合、試験結果の分類で 0 又は 1 であること。 | |
| 付着性 (プルオフ法) | 破壊強さが、2.0MPa 以上である。 | |
| 耐低温・高温繰返し性 | 4 回の繰返しでき裂又ははく離がない。 (-30℃ ⇄ 70℃) | |
| 耐中性塩水噴霧性 | 300 時間の試験でさび又は膨れがない。 | |
| 耐湿性 | 120 時間の試験でさび、膨れ又ははがれがない。 | |

表 17 JCPA Z 2011 の塗料組成

| | 溶剤形エポキシ樹脂塗料 | 無溶剤形エポキシ樹脂塗料 |
|-----|--|---|
| 樹脂 | <p>主剤 (標準形) ・エピクロロヒドリンとビスフェノール A との反応生成物からなるエポキシ樹脂 ・エピクロロヒドリンとビスフェノール F との反応生成物からなるエポキシ樹脂</p> <p>(低温形) ・エピクロロヒドリンとビスフェノール A との反応生成物からなるエポキシ樹脂の変性ポリオール ・エピクロロヒドリンとビスフェノール F との反応生成物からなるエポキシ樹脂の変性ポリオール</p> <p>硬化剤 (標準形) メタキシレンジアミン変性物、イソフォロンジアミン変性物、トリエチレンテトラミン変性物、ビス(パラアミノシクロヘキシル)メタン変性物 (低温型) トルエンジイソシアネートの変性物</p> | <p>主剤 ・エピクロロヒドリンとビスフェノール A との反応生成物からなるエポキシ樹脂 ・エピクロロヒドリンとビスフェノール F との反応生成物からなるエポキシ樹脂</p> <p>硬化剤 メタキシレンジアミン変性物、イソフォロンジアミン変性物、トリエチレンテトラミン変性物、ポリオキシプロピレンアミン変性物、ビス(パラアミノシクロヘキシル)メタン変性物</p> |
| 顔料 | 二酸化チタン、タルク、硫酸バリウム、炭酸カルシウム、カーボンブラック、マイカ、フタロシアニンブルー、べんがら(酸化鉄)、酸化鉄黄、等 | |
| 添加剤 | 省略 | 省略 |
| 溶剤 | 省略 | — |

技術資料の内容は、製品の仕様変更などで予告なく変更される場合があります。当協会のホームページから最新の技術資料がダウンロードできますので、お手持ちの技術資料をご確認ください。

一般社団法人
日本ダクタイル鉄管協会

[http://www. jdpa. gr. jp](http://www.jdpa.gr.jp)

| | |
|---------|---|
| 本部・関東支部 | 東京都千代田区九段南4丁目8番9号(日本水道会館) 電話 03 (3264) 6655 (代) FAX 03 (3264) 5075 |
| 関西支部 | 大阪府中央区南船場4丁目12番12号(ニッセイ心斎橋ウエスト) 電話 06 (6245) 0401 FAX 06 (6245) 0300 |
| 北海道支部 | 札幌市中央区北2条西2丁目41番地(札幌2・2ビル) 電話 011 (251) 8710 FAX 011 (522) 5310 |
| 東北支部 | 仙台市青葉区本町2丁目5番1号(オーク仙台ビル) 電話 022 (261) 0462 FAX 022 (399) 6590 |
| 中部支部 | 名古屋市中村区名駅3丁目22番8号(大東海ビル) 電話 052 (561) 3075 FAX 052 (433) 8338 |
| 中国四国支部 | 広島市中区立町2番23号(野村不動産広島ビル) 電話 082 (545) 3596 FAX 082 (545) 3586 |
| 九州支部 | 福岡市中央区天神2丁目14番2号(福岡証券ビル) 電話 092 (771) 8928 FAX 092 (406) 2256 |