

第1章 塗装鉄筋の性能に関する基礎的検討

1.1 はじめに

塗装鉄筋は鉄筋の防錆が本来求められる機能であり、各種試験によりその有効性（性能）が確認されている¹⁾。しかし、その性能については、塗膜が健全であるという前提に立っており、例えば施工中に塗膜に大きな力を受けた場合、あるいは供用後に繰返し大きな荷重が作用した場合に、防食対策としての塗膜が健全であるかについては、十分な検討がなされていない。

ここでは、防食対策としての塗装鉄筋に求められる性能を整理した上で、一般的な道路橋のコンクリートの内部鋼材を対象に塗装鉄筋の製造から構造物の施工にかけて受ける外力、そして施工後、供用中の各種荷重を受けた時に受ける外力履歴を整理し、どの段階における、どんな外力が卓越するのか、そして、それらに対して、塗膜の抵抗力をどのように評価するのかを検討することを目的とする。

1.2 塗装鉄筋の要求性能

塗装鉄筋の要求性能は、図 1.2.1 に示す 5 段階のレベルに分類した性能規定の階層モデルを基本として整理する。

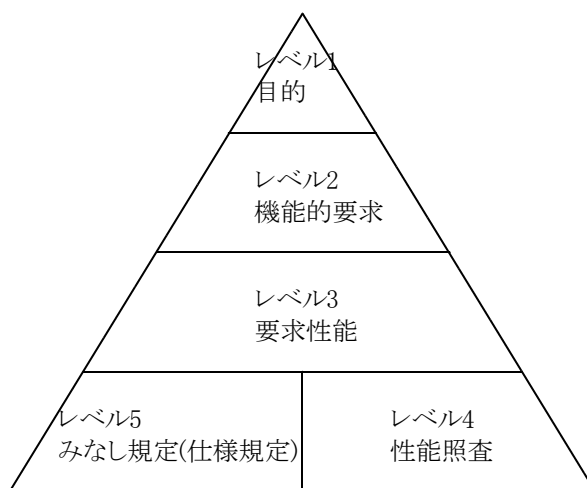


図 1.2.1 要求性能の階層モデル

表 1.2.1 に塗装鉄筋の要求性能の検討を示す。要求性能内容はレベル 1 の目的を「塩害環境下において設計で期待している橋の機能を供用期間中に維持する」こと、レベル 2 の機能的要求を「供用期間中において鋼材が腐食により劣化しない」ことに設定する。

鋼材腐食による劣化を防ぐために、基本的な腐食作用が成立しないように、酸素、水、塩化物イオンなどの腐食因子の制御、運搬、施工により実際的な取扱ができるかなどの施工性を有しているか、対策機能を維持していくための耐久性を有しているか、鋼材とコンクリートの一体性、繰返し変動する要因、工法が原因で他の劣化作用を招いたりしないか、対策効果の短い場合などでは維持管理性を有しているかについて、設定する。

表 1.2.1 塗装鉄筋の要求性能の検討

| レベル1 目的 | レベル2 機能的要 求 | レベル3 要求性能 | 項目 | レベル4 性能照査 | レベル5 みなし規定 |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------|-----------|----------------|--|
| 塩害環境下において設計で期待している橋の機能を供用期間中に維持する | 供用期間中において鋼材腐食により劣化しない | 水素・水・塩化物イオンの制御 | 酸素の制御 | | 性能試験、既往データによるみなし (エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格 (JSCE-E 102-2003)) |
| | | | 水の制御 | | |
| | | | 塩化物イオンの制御 | | |
| | | 施工性 | 耐衝撃性 | 耐衝撃性試験 | エポキシ樹脂塗装鉄筋の耐衝撃性試験 (JSCE-E518-2003) |
| | | | | 耐荷重性 (積み重ね) | |
| | | | | 耐摩耗性 | |
| | | | 曲げ加工性 | 曲げ試験 | エポキシ樹脂塗装鉄筋の曲げ試験 (JSCE-E515-2003) |
| | | | 耐熱性 | | 既往データによるみなし |
| | | | 硬度 | 硬化性試験 | エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜硬化試験 方法(案) (JSCE-E519-2003) |
| | | | 組立精度 | | |
| | | 耐久性 | 耐候性 | | 既往データによるみなし |
| | | | 耐アルカリ性 | | 既往データによるみなし |
| | | 鋼材コンクリートの一体性 | 付着 | 引抜き試験 | エポキシ樹脂塗装鉄筋の付着強度試験 方法(JSCE-E516-2003) |
| | | 疲労耐力 | 疲労 | | |

現在のところ、酸素、水、塩化物イオンの制御については、塗膜内部への塩化物イオンが浸透したという報告は見あらず、橋梁の耐久性として期待する期間では、機能すると考えられる。これは昭和55年～60年に施工され、平成16年に台風18号の影響により被災した大森大橋²⁾を解体調査した結果、鋼材腐食発錆限界 1.2kg/m^3 を上回る位置においても健全であることが確認されたことから判断される。したがって現在の基準に従った材料を用いて、製作、施工がなされれば、実用上は問題とはならない。

ただし施工性は、局所的な塗膜損傷の欠陥が孔食などの問題を起こす可能性があること、運搬、施工時に受ける外力による塗膜の耐荷重性と耐摩耗性についての評価を適切に評価することが必要と考えられる。また、鉄筋の組立て精度についての確認したデータがないことから、ビニール被覆された鉄線などが塗装鉄筋を保持できる能力についての確認が必要と思われる。さらに繰返し荷重の影響を直接受ける部材においては疲労耐久性の確認が必要と考えられる。

1.3 塗装鉄筋の外力履歴の整理

1.2の検討結果を念頭に、各段階を通じて、塗装鉄筋が受ける作用外力の履歴を表により整理し、作用外力モデルを抽出した。表1.3.1に塗装鉄筋の受ける外力の履歴を示す。

また、表 1.3.2 には、作用する外力ごとの品質試験方法を示す。

表 1.3.1(a) 塗装鉄筋の受ける外力の履歴(その 1)

| 工 程 | 状 態 | | 想 定 さ れ る 外 力 |
|----------|------|--------------|--|
| 鉄筋、塗料の製造 | 鉄筋製造 | 製作 | 熱、鉄筋同士のこすれ |
| | | 保管 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の圧迫、水・塩分の付着、温度変化、乾湿の繰り返し、ワイヤーによる変形・傷 |
| | | 運搬 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の衝突、鉄筋同士の圧迫 |
| | 塗料製造 | 製作 | 塗装材料の異常 |
| | | 保管 | 異物の混入、温度変化、乾湿の繰り返し、紫外線 |
| | | 運搬 | 異物の混入、温度変化、乾湿の繰り返し、紫外線 |
| 鉄筋への塗装 | 工場 | 塗装 | 熱、温度変化、乾湿の繰り返し、紫外線、異物の混入、塗装むら、塗装不良 |
| | | 保管 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の圧迫、水・塩分の付着、温度変化、乾湿の繰り返し |
| | | 出荷 | 鉄筋同士の圧迫、ワイヤーによる変形・傷 |
| | | 運搬 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の衝突、鉄筋同士の圧迫 |
| 切断・曲げ加工 | 工場 | 受け入れ | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の衝突、鉄筋同士の圧迫、ワイヤーによる変形・傷 |
| | | 保管 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の圧迫、水・塩分の付着、温度変化、乾湿の繰り返し |
| | | 曲げ加工 | ローラーによるこすれ、曲げによる切れ・剥がれ |
| | | 切断 | カッターによるこすれ・剥がれ・せん断変形 |
| | | 保管 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の圧迫、水・塩分の付着、温度変化、乾湿の繰り返し |
| | | 出荷 | 鉄筋同士の圧迫、ワイヤーによる変形・傷 |
| | | 運搬 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の衝突、鉄筋同士の圧迫 |
| 現場 | 現場 | 受け入れ | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の衝突、鉄筋同士の圧迫、ワイヤーによる変形・傷 |
| | | ヤード内保管 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の圧迫、水・塩分の付着、温度変化、乾湿の繰り返し |
| | | ヤード内運搬 | 鉄筋同士のこすれ、引きずり、鉄筋同士の圧迫、吊り上げ箇所 のこすれ |
| | | 配筋 | 鉄筋同士のこすれ、鉄筋同士の圧迫、スペーサとのこすれ、 スペーサとの圧迫、結束線とのこすれ、結束線との圧迫、 作業靴とのこすれ、作業靴との圧迫 |
| | | 型枠 | 脱型剤との化学反応、型枠の衝突、作業靴とのこすれ、 作業靴との圧迫 |
| | | コンクリート 打設 | コンクリートとの化学反応、コンクリート落下によるこす れ・すり減り、作業靴とのこすれ、作業靴との圧迫、パイ ブレータとの衝突、パイブレータとのこすれ |
| | | 養生 | コンクリートとの化学反応、硬化熱による変質、水・塩分 の浸入、アルカリ分の浸入 |
| | | 施工継目 | 熱、温度変化、乾湿の繰り返し、紫外線 |

表 1.3.1 (b) 塗装鉄筋の受ける外力の履歴(その2)

| 工 程 | 状 態 | 想 定 さ れ る 外 力 |
|--------|-----------|---|
| 構造物の供用 | 死荷重時 | コンクリートとの化学反応、鉄筋同士の圧迫、結束線との圧迫、水・塩分の浸入、アルカリ分の浸入、ひびわれからの水・塩分の浸入、ひびわれからの紫外線 |
| | 活荷重作用時 | 鉄筋同士のこすれ、結束線とのこすれ、ひびわれ部のコンクリートとのこすれ |
| | 繰り返し荷重作用時 | 疲労によるこすれ、疲労による結束線とのこすれ、ひびわれ部付近の疲労によるコンクリートとのこすれ |
| | 衝突荷重作用時 | 衝撃による塗膜の破れ、ひびわれ部付近の衝撃による塗膜の破れ |
| | 地震時 | こすれによる熱の発生、圧迫による塗膜の破れ、ひびわれ部付近のコンクリートとのこすれ |

表 1.3.2 作用する外力ごとの品質試験方法

| 作用する外力 | 試 験 方 法 | 評価 | 具 体 例 |
|------------|---|----|----------------------|
| アルカリの作用 | 塗膜の耐薬品性試験 (JSCE-E528-2003) | ○ | 打設時 |
| こすれ | こすれ試験がない | × | 作業員の踏みつけ 鉄筋同士のこすれ |
| 圧迫 | 圧迫試験がない | × | 結束線 |
| 異物の付着 | エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格 (JSCE-E102-2003) | ○ | 塗装時の異物混入 |
| 塩分の作用 | 耐食性試験 (JSCE-E518-2003) 暴露試験 (JIS- Z 2381) | ○ | 供用後の塩害環境 |
| 温度変化、硬化熱 | 暴露試験 (JIS Z 2381)、熱劣化試験 | ○ | 硬化熱 |
| 乾湿の繰り返し、水分 | 耐食性試験 (JSCE-E518-2003) 暴露試験 (JIS- Z 2381) | ○ | 打設時の水分 |
| 曲げ | 付着強度試験 (JSCE-E516-2003) 曲げ試験 (JSCE-E515-2003) エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格 (JSCE-E102-2003) | ○ | 曲げ加工時 |
| 紫外線 | 暴露試験 (JIS Z 2381) サンシャインウエザーマータ試験 (JIS A 6008) エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格 (JSCE-E102-2003) | ○ | ヤード保管時 |
| 衝撃、衝突 | 耐衝撃性試験 (JSCE-E-2003) エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格 (JSCE-E102-2003) | ○ | 運搬時 |
| 振動 | 耐衝撃性試験 (JSCE-E-2003) エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格 (JSCE-E102-2003) | ○ | 運搬時 |
| 疲労 | 疲労試験がない | × | 繰り返し荷重時 |
| 塗装むら、塗装不良 | ピンホール試験 (JSCE-E512) エポキシ樹脂塗装鉄筋の品質規格 (JSCE-E102-2003) | ○ | ピンホール |

○：現行の評価方法で評価できるもの

×：評価手法がないもの

段階検査で容易に異変を検知でき、かつ補修を行うことができる項目については、完成

品の要求性能として評価する必要性が少ないと考えられることから、表 1.3.3 で、工程ごとの塗装鉄筋の段階検査について整理した。

表 1.3.3 工程ごとの塗装鉄筋の段階検査

| 工 程 | | 検 査 | 備 考 |
|----------|----------|--------|------------------|
| 鉄筋、塗料の製造 | | 製品検査 | 鉄筋、塗料ごと |
| 鉄筋への塗装 | | 搬入時検査 | 鉄筋、塗料ごと |
| | | 製品検査 | |
| 切断・曲げ加工 | | 加工完了検査 | |
| 現場 | 現場受け入れ | 搬入時検査 | |
| | 配筋 | 配筋完了検査 | ただし鉄筋同士の接触面は検査不能 |
| | 型枠 | 検査無し | |
| | コンクリート打設 | 検査無し | |
| 構造物の供用 | | 検査無し | |

参考文献

- 1) 土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針，2003.11.
- 2) 五十嵐義行，西弘明，沼澤一博，三田村浩，佐藤昌志：2004 年台風 18 号による大森大橋の被災状況について，土木学会年次学術講演会講演概要集第 1 部 Vol60，pp.845-846,2005.