

塗装系防食材における付着性能評価手法の検討(その2)

前：日本道路公団 試験研究所 橋梁研究主幹

現：株式会社 オーデックス

技術専門委員会 上席エンジニア 縦山 好幸

財団法人 日本塗料検査協会

技術開発部 課長 山田 卓司

前号では主に、塗装系防食材の付着性能評価方法として、従来の単軸引張りに加え、剥離現象を重視した仕事量で示す評価方法である、「見かけの剥離強さ」の試験方法について紹介した。本号では、塗装系防食材について、従来から実施されている単軸引張による「付着強さ試験」、剥離現象を重視した「カッターナイフ剥離試験」および「見かけの剥離強さ試験」による付着性能評価を行った結果を紹介する。

5. 付着性能評価手法

7年を経過した屋外暴露供試体について、次に示す3種類の付着性能試験を行うと共に、塗装系防食材の付着性能評価手法の検討を実施した。

(1) 付着強さ試験¹⁾

1) 試験方法

暴露供試体(300mm×150mm×60mm)に、一辺が40mmの正方形を描き、正方形部分に小型ダイヤモンドカッターで素地に達する切り込みを入れ、上部引張用治具をエポキシ樹脂系接着剤で接着した。24時間後に建研式引張試験機(写真-5)を用い、荷重速度約1470~1960N/min. で面に垂直方向に引張力を加え、最大引張荷重を求める。



写真-5 建研式付着力試験機

2) 評価方法

求めた最大引張荷重を、治具接着面積で除して付着強さを算出した。なお、試験は3箇所を実施し、同時に各破断場所も評価した。

(2) カッターナイフ剥離試験²⁾

本試験は、実構造物について現場で評価可能な簡易的付着性能評価方法として検討した。

1) 試験方法

試験面に50mm×5mmの長方形を描き、小型ダイヤモンドカッターで素地に達する切り込みを入れ、カット部の短辺をカッターの刃先で弾き上げ塗膜の剥離を促し、剥離した長さを測定した(写真-6)。

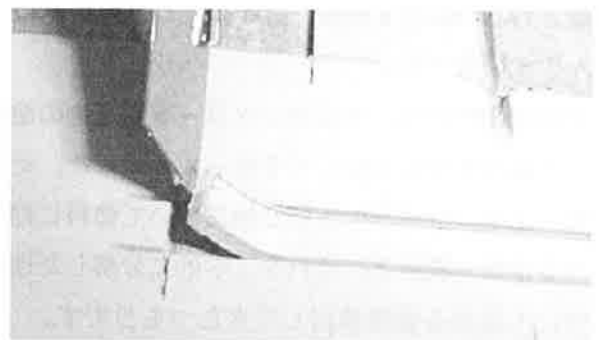


写真-6 カッターナイフ剥離試験

表-3 カッターナイフ剥離試験評価基準

剥離長さ (mm)	評 価	適 用
0 (最小) ~ 2	レベルⅠ	剥離なし、あるいは極めて僅かな剥離
3 ~ 10	レベルⅡ	剥離するが、比較的短い長さで停止
11 ~ 50 (最大)	レベルⅢ	比較的容易な剥離から全面剥離

2) 評価方法

カッターナイフ剥離試験の試験結果は、端部からの剥離長さを測定し、表-3に示す3段階に設定した評価レベルで行った。なお、試験は3箇所で行われ、その剥離長さによって表-3に示す評価レベルに分類した。

また、付着強さ試験同様、剥離した層の位置も評価した。

(3) 見かけの剥離強さ試験²⁾

本試験は、剥離現象を重視した付着性能を仕事量で示す評価方法として採用し、上記(2)カッターナイフ剥離試験の評価結果の定量化を目的に検討した。

なお、試験方法の詳細については前号を参照されたい。

1) 試験方法

図-8に示すように、塗膜を2枚の布粘着テープで挟み込むように接着し、図-9に示すように供試体を固定し、布粘着テープを135度方向へ引張速度100mm/minの力で引っ張り、同時に布粘着テープの引張り角度がずれないように、供試体固定台を右方向へ移動させながら剥離状況を測定した。実施状況を写真-7に示す。

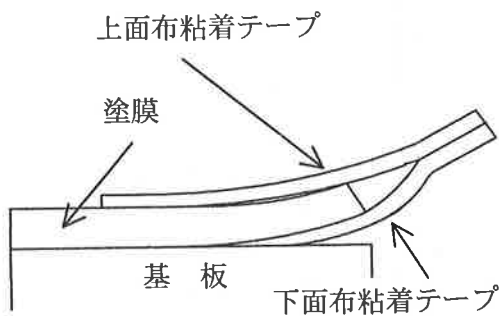


図-8 布粘着テープの貼り方

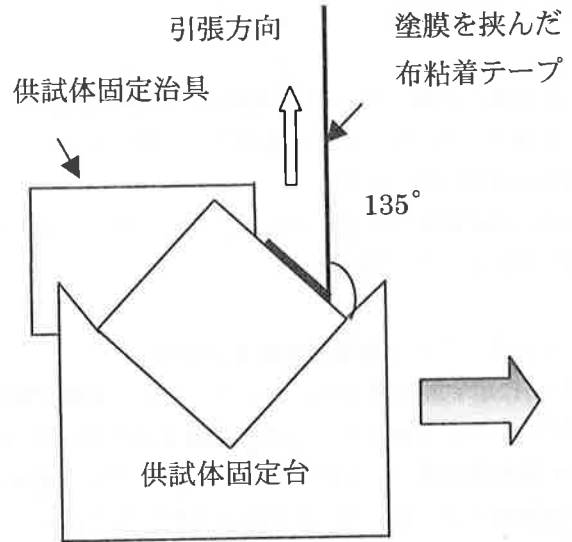


図-9 見かけの剥離強さ試験概念図

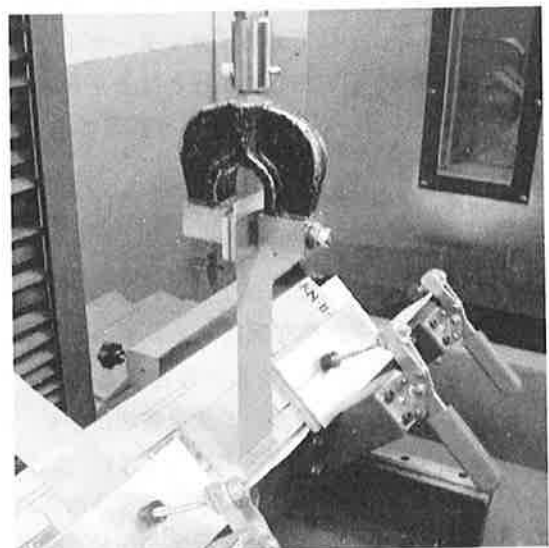


写真-7 見かけの剥離強さ試験実施状況

2) 評価方法

「見かけの剥離強さ」は、剥離に要した仕事量 ($N \cdot mm$) を剥離面積 (mm^2) で除した値で評価した。なお、試験は3箇所で行われ、付着強さ試験およびカッターナイフ剥離試験と同様に各破断場所も評価した。

6. 試験結果

実施した付着性能試験3種類の試験結果より得られた内容を以下に示す。

(1) 付着強さ試験と見かけの剥離強さ試験の関係

付着強さおよび見かけの剥離強さより得られたデータの散布図を図-10に示す。

両者には相関傾向は認められず、互いに異なる物性を評価していることが判明した。

(2) カッターナイフ剥離試験結果の分布

図-10に示す散布図上で、カッターナイフ剥離試験結果がどのように分布しているかを確認するため、図-10に示す散布図の各データにおけるカッターナイフ剥離試験の剥離長さを、表-2に示す各レベルに当てはめ、その分布状態を検討した。その関係散布図を図-11に示す。なお、図-11に示す記号は、それぞれカッターナイフ剥離試験のレベルⅠ：◇、レベルⅡ：■、レベルⅢ：▲を示す。

図-11において、付着性能を垂直方向での力としている「単軸引張」による付着強さ全ては、JH塗装材料規格³⁾の $1.0N/mm^2$ を満足しているが、現場で採用している簡易付着性能評価手法である「カッターナイフ剥離試験」では、付着性として決して良好とは云えない「レベルⅡおよびレベルⅢ」が多く存在する結果であった。

(3) 試験方法間の相互関係

次に図-11より、「付着強さ試験」において基板破壊（破断箇所中基板破壊が50%以上含まれるもの）したものだけを図-12に示す。散布図は、カッターナイフ剥離試験のレベルⅡおよびレベルⅢが存在する結果となった。これは付着強さ試験において基板破壊が多く、防食材の付着強さは基板の破壊強さよりも大きいと判定されているが、実際には防食材界面での剥離現象の認められるものが多数存在していることを示す。なお、図中の記号は先と同様に、カッターナイフ剥離試験のレベルⅠ：

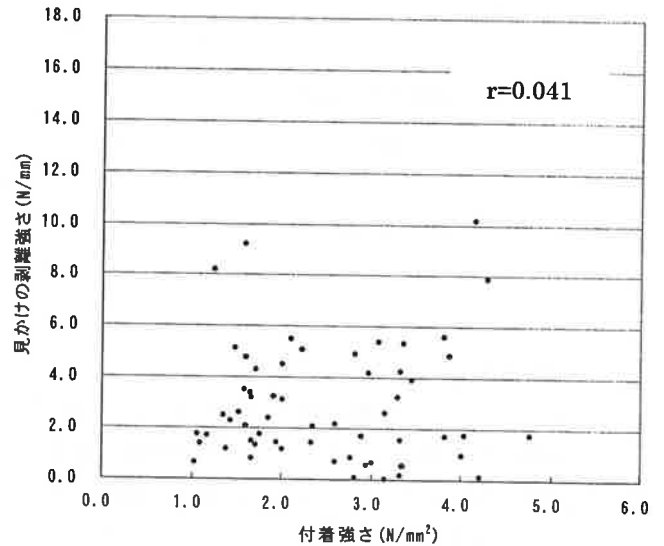


図-10 付着強さと見かけの剥離強さの関係

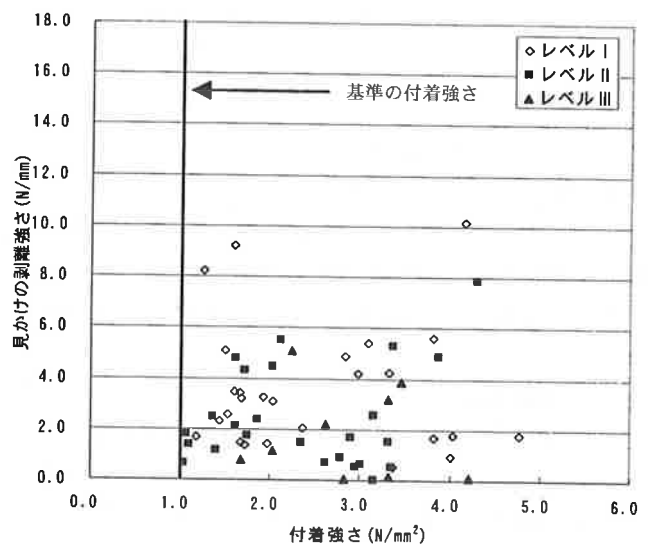


図-11 付着性能試験方法間の関係（その1）

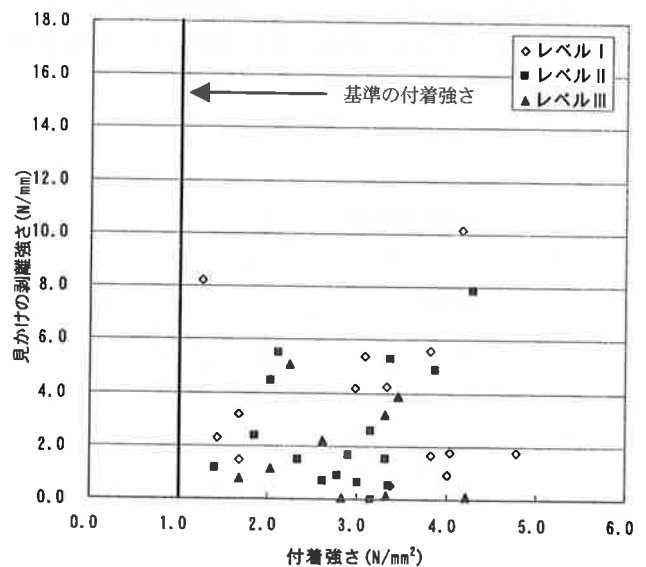
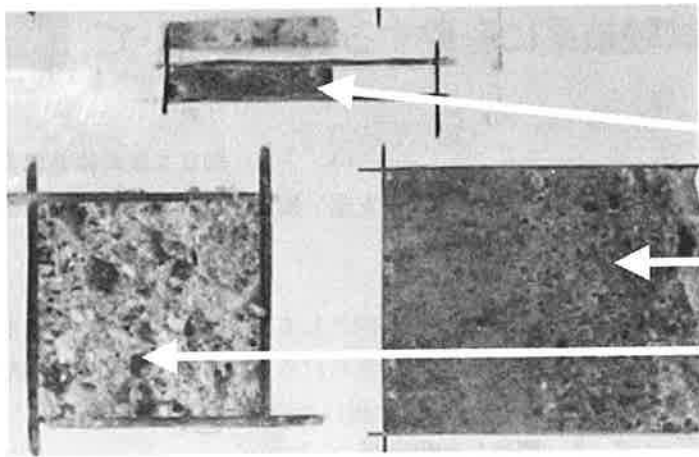


図-12 付着性能試験方法間の関係（その2）



カッターナイフ剥離試験：
プライマーの関与する基板脆弱層を含む界面剥離

見かけの剥離強さ試験：
プライマーの関与する基板脆弱層を含む界面剥離

付着強さ試験：基板破壊

写真-8 各付着性能試験での異なる破壊・剥離箇所の例

◇、レベルⅡ：■、レベルⅢ：▲を示す。

また、試験方法による破壊・剥離箇所の異なる例を写真-8に示す（付着強さ：基板破壊、カッターナイフ剥離・見かけの剥離強さ：プライマーの関与する基板脆弱層を含む界面剥離）。

7. まとめ

今回、塗装系防食材の付着性能評価において、3種類の試験を実施した結果を以下にまとめる。

(1) 単軸引張りによる「付着強さ試験」(図-13A)と、剥離現象をイメージした「見かけの剥離強さ試験」(図-13B)の間に相関関係を期待したが、現時点では必ずしも相関傾向は認められず、双方は互いに異なる物性を評価しているものと考えられる。

(2) 従来採用されている付着性能評価方法（単軸引張り）だけで付着性能を評価すると、基板破壊を起こすほどの良好な塗膜層間付着強さを示すものでも、見かけの剥離強さ試験結果より、基板破壊を起こす系においても、塗膜の剥離現象を検出できることが確認できた。

今まで単軸引張りによる付着強さ試験では、基板破壊が多数を占め、数値の比較だけでは何を比較しているか判らない場合が多かったが、剥離現象を重視した見かけの剥離強さを併用することで、剥離現象を含めた付着性能評価が行えるものと考えられる。

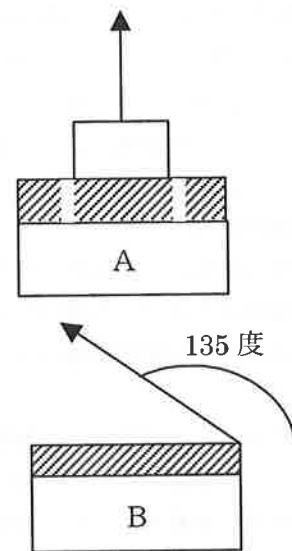


図-13 付着性試験概念図（単軸引張り(A)、剥離(B)）

参考文献

- 1) 表面被覆材の付着強さ試験方法(JSCE-K531-1997)
- 2) 縦山好幸, 内田純二, 舌間貴弘, 吉田敦: コンクリート構造物の塗装系防食材の性能評価手法の提案, 日本材料学会, コンクリート構造物の補修・補強・アップグレードシンポジウム, 2002. 10
- 3) 日本道路公団 維持管理要領(橋梁編)、第3編コンクリート構造物[Ⅱ] 高欄・地覆、塗装材料規格、1988. 5