

コンクリート構造物簡易剥落防止応急処置剤の開発

○宮田敦士¹⁾，塚田翔祐²⁾，中溝翔³⁾，加藤穰⁴⁾

1. はじめに

橋梁やトンネル等の多くのコンクリート構造物は建設後 50 年以上経過しており、今後も補修が必要な橋梁やトンネル等のインフラ施設が増加している。また、躯体コンクリートの点検で脆弱部があった場合、点検ハンマー等で叩き落として防錆剤が塗付されるが、その周辺箇所から浸入した劣化因子の影響によりコンクリート躯体が再劣化し、コンクリート片が剥落する現象が顕在化している(図 1)。

そこで、コンクリートの再劣化を防止し、定期補修までの躯体の劣化を抑制することを目的に、点検時に塗装することでコンクリート片の剥落を一時的に防止できる応急処置剤(以下、応急処置剤)を開発した。応急処置剤は点検時に使用しやすい速乾性の 1 液エアゾール缶タイプの製品である。

本稿では、応急処置剤の簡易剥落防止性能や鉄筋への防食性及び施工性を検証した結果を報告する。



図 1 再劣化状況

2. 簡易剥落防止性能評価

2.1 簡易剥落防止試験方法

今回は、簡易剥落防止機能の性能評価のため、土木学会規準「コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の押し抜き試験方法(案)(JSCE-K 533-2010)」に準じて、以下の塗装条件にて応急処置剤を塗装した試験板を作成し、押し抜き試験を実施することにした。

<塗装条件>

試験体	: コンクリート供試体(300×200×60mm(コアφ100mm(3mm残し)))…3体
基材とスプレーの間隔	: 約10~15cm
塗装の向き	: 下向き
塗装面積	: 試験体の上下5cmはマスキングし、20×20cmを塗装面積とした。
塗装時間	: 20秒(吐出量: 35g, Wet膜厚: 350 μm)
乾燥時間	: 23°C 14日

2.2 簡易剥落防止試験結果

押し抜き試験の結果を表 2.1 に示し、図 2.1 に押し抜き試験前後における試験体の外観を示す。

表 2.1 押し抜き試験結果

n数	n1	n2	n3
可否(コア破断に耐える)	○	○	○
コア抜け強度 (kN)	2.2	2.7	2.7
最大値強度 (kN)	0.17	0.13	0.07

1) 日本ペイント株式会社

〒140-8675

東京都品川区南品川4-1-15

2) 首都高速道路株式会社

〒100-8930

東京都千代田区霞が関1-4-1

3) 一般財団法人首都高速道路技術センター

〒105-0001

東京都港区虎ノ門 3-10-11

4) 首都高技術株式会社

〒105-0001

東京都港区虎ノ門 3-10-11

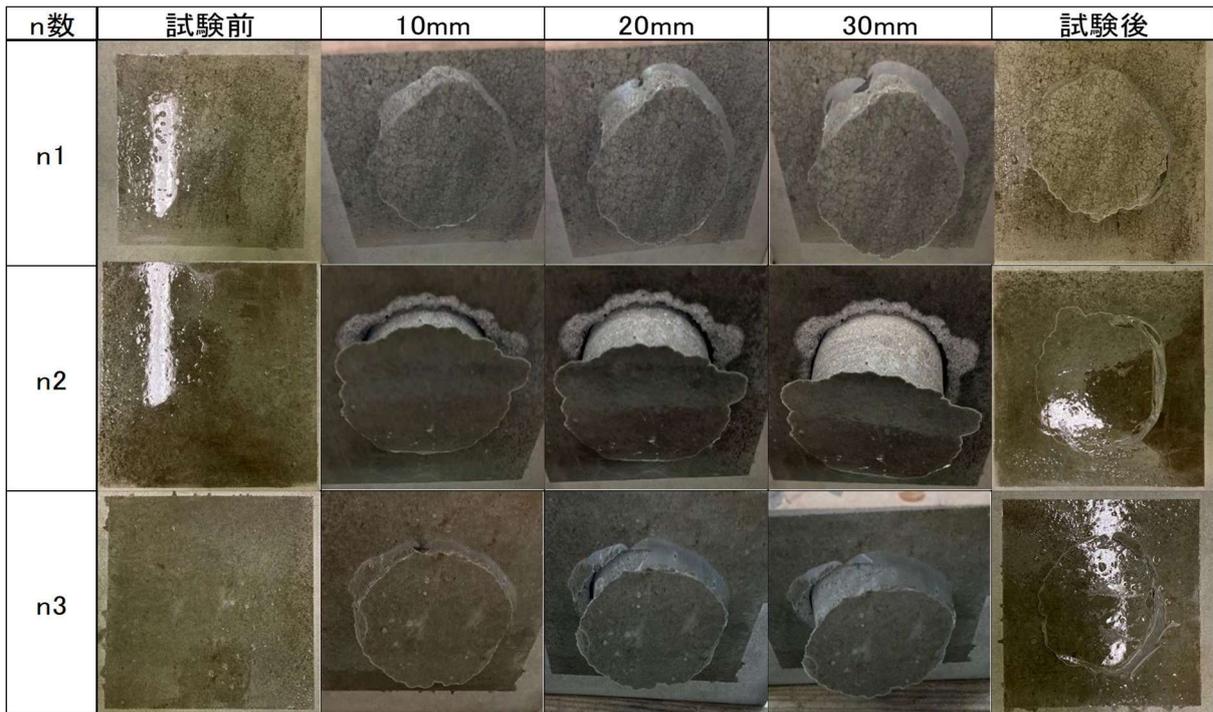


図2.1 押し抜き試験前後での外観

試験結果から、20×20cmの塗装面積に20秒間塗装することによりφ100mm×60mmのコア破断に耐えられることを確認した。これは今回開発した応急処置剤は1液湿気硬化反応系を用いているため、高い強靱性と柔軟性を両立することで簡易的なコンクリートの剥落に耐えられたものと考えられる。

2.3 サンシャインカーボン試験

続いて剥落防止機能の耐候性について評価するため、塗膜をサンシャインカーボン試験にて劣化させた後についても同様に押し抜き試験を実施した。試験は2.1で示した塗装条件にて試験板を作成し、日本ウェザリングテストセンターにおいて、以下の試験条件により、サンシャインカーボン試験を1250時間実施した。図2.2に試験状況を示す。

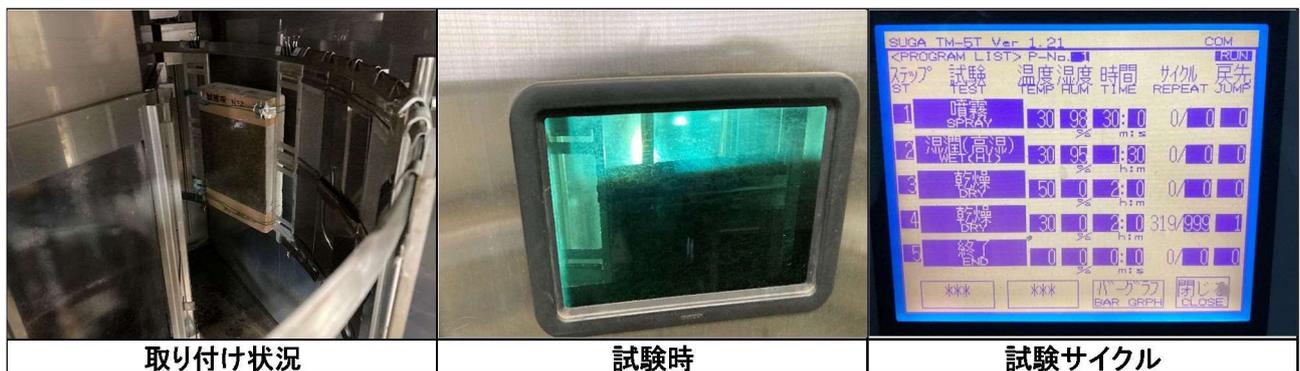


図2.2 サンシャインカーボン試験状況

試験方法は、JIS B 7753(サンシャインカーボンアーク灯式の耐光性試験機及び耐候性試験機)に準拠した試験装置を使用し、以下の試験条件によって行った。

<試験条件>

- 試験条件 : ブラックパネル温度63±3℃
- : 120分照射中18分間噴霧サイクル
- : ガラス製フィルタの種類A
- 使用機器 : S80D・H・B・BR型スガ試験機(株)製
- 試験時間 : 1250時間

2.4 サンシャインカーボン試験前後での外観

図2.3にサンシャインカーボン試験前後での塗膜外観を示す。その結果、試験前の応急処置剤を塗装した箇所は無塗装部分と比較して濡れ色になるものの、透明で躯体の状態を視認することが出来ることを確認した。また、サンシャインカーボン試験後についても、試験前と同様に透明性が高く、塗膜表面の割れ・剥離・白化・膨れ等の不具合は確認されなかった。

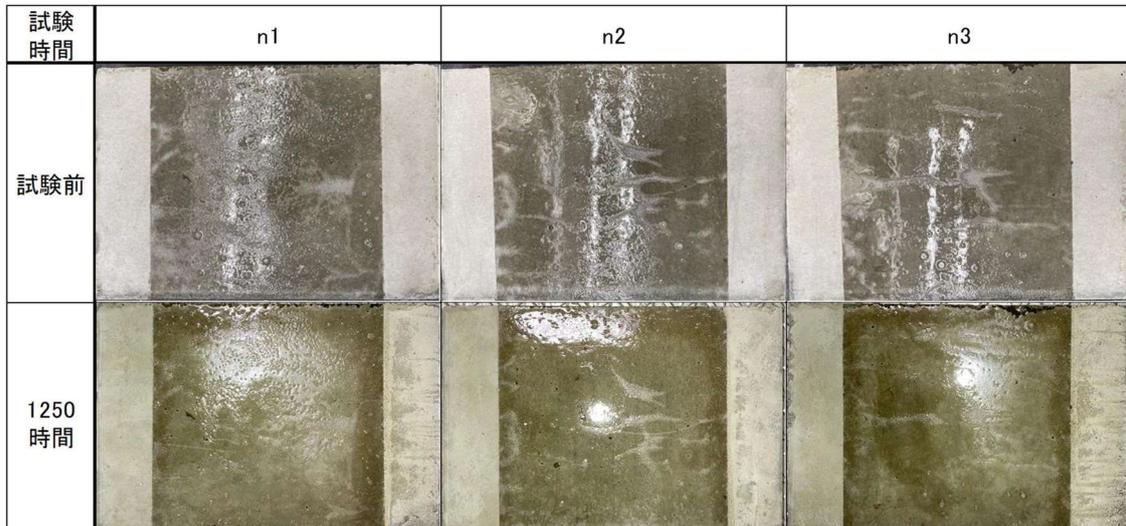


図 2.3 サンシャインカーボン試験前後での外観

以上の試験結果から、応急処置剤の樹脂にはエポキシ樹脂や酸化チタンといった耐候性の低い成分を選択しないことにより高い耐候性を示したことが考えられる。

2.5 サンシャインカーボン試験1250時間後での押し抜き試験結果

表2.2に押し抜き試験結果を、図2.4に押し抜き試験前後での外観を示す。

表2.2 サンシャインカーボン試験1250h後の押し抜き試験結果

n数	n1	n2	n3
合否(コア破断に耐える)	○	○	○
コア抜け強度 (kN)	2.0	1.9	1.9
最大値強度 (kN)	0.12	0.12	0.09

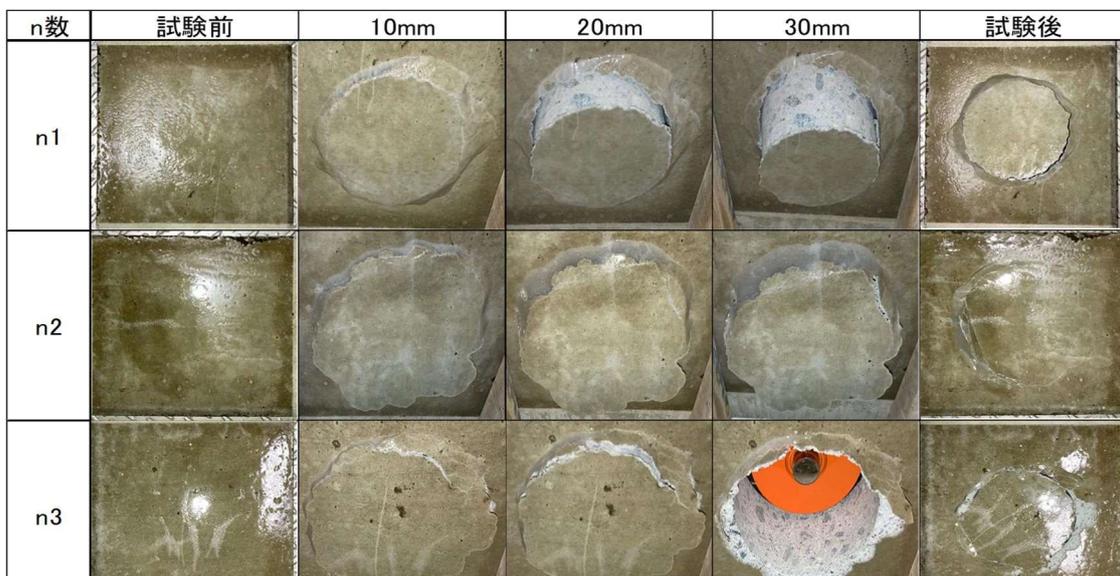


図 2.4 サンシャインカーボン試験 1250h 後の押し抜き試験前後での外観

以上の試験結果から、応急処置剤を施工した躯体では、サンシャインカーボン試験1250時間後の押し抜き試験においてもコア抜けに耐えられることを確認した。これは応急処置剤の高い強靱性と柔軟性に加えて高い耐候性を有していることを示していると思われる。

3. 鉄筋に対する防食性

3.1 複合サイクル試験

鉄筋に対する防食性を確認するために複合サイクル試験を実施した。試験は150×70×0.8mmのSPCC-SB鋼板に応急処置剤を塗装し、バックシール/サイドシールを行い、7日乾燥後にJIS K 5600-7-9 7.5(a)により、単刃(0.5~1.0mm幅/新しい刃先)にて、端部から10mm内側に対角状に交差する切り込みきずを付け、JIS K 5600-7-9(サイクルD)により、7日試験後に流水で洗い2時間乾燥後に目視評価により塗膜の膨れ、剥れ及びさびの有無を観察した(観察範囲：切り込みきずから2mmの範囲を除く)。また、同様の試験を30cmの異形鉄筋(D13)でも実施した。

<試験条件>

- サイクルD：30℃塩水噴霧0.5時間⇒
- 30℃湿潤(95%)1.5時間⇒
- 50℃乾燥2時間⇒
- 30℃乾燥2時間

複合サイクル試験結果を図3.1に示す。この結果、試験7日後にて無塗装では全面に非常に顕著な発錆が見られたが、応急処置剤を塗装すると、SPCC-SB鋼板の切り込みきず部分では、やや膨れが見られたものの、一般部及び鉄筋ではさびが発生しないため、コンクリート構造物中の鉄筋に対する防食性も有することを確認した。

これは鋼板及び鉄筋表面に均一な塗膜を形成することで、酸素・水分を遮断したためと考えられる。

3.2 中性化試験

コンクリートの中性化を評価するために中性化試験を実施した。試験は7×7×2cmのJISモルタル試験体を#180ペーパーにて研磨し、さらに応急処置剤を塗装し、7日乾燥後にエポキシ樹脂でバック/サイドシールし、JIS A 1153 (コンクリートの促進中性化)にて、温度：20℃、湿度：60%、CO2濃度：5%の条件にて、4週間の中性化試験を実施した。

4週間後、試験体を割裂した後にフェノールフタレイン溶液にて中性化厚さを測定した。中性化試験結果を図3.2に示す。

試験結果から、JIS A 1153にて4週間の中性化試験後でも応急処置剤を塗装したモルタル表層の中性化は0mmであり、表層からの中性化は確認されなかった。

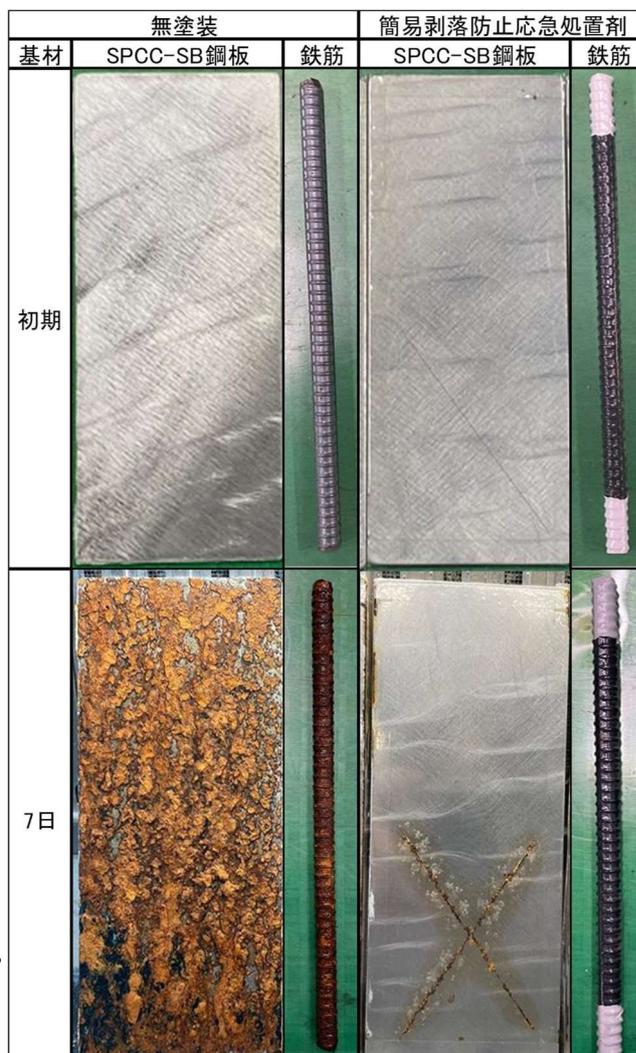


図 3.1 複合サイクル試験結果



図 3.2 中性化試験結果

これはモルタル表面に均一な塗膜を形成することで、二酸化炭素を遮断したためと考えられる。コンクリート中の鉄筋はアルカリ環境下であればさびの発生は抑制されるため、応急処置剤は剥落防止性能に加えて一定の防食性も得られることを確認した。

4. 橋梁への施工試験

応急処置剤の施工性確認のため、2022年8月に首都高速道路株式会社箱崎基地の橋脚において試験施工を実施した。試験はコンクリートの脆弱部分を点検ハンマー等で叩き落とし、鉄筋を露出させた部分の周囲に応急処置剤を10～15cm程度離して均一にスプレーで塗装した。

その結果、橋梁での試験施工での施工性は良好であり、仕上り性・飛散性・ダレ性等も問題ないことを確認した。また、塗装箇所は濡れ色になるため施工部分の確認が出来ることに加えて、透明な材料であるため、ひび割れの進展や鉄筋の状態も目視確認出来ることが分かった (図4.1)。



図 4.1 施工状況

図4.2に施工初期及び施工1年後の経過観察結果を示す。施工1年後も装部部分の塗膜に異常は無く、また、鉄筋露出部周辺での錆の進展やコンクリートの剥落・浮きは確認されなかった。そのため塗膜による腐食因子の遮断効果も維持されていると考えられ、今後も数年毎に経過観察を継続していく予定である。

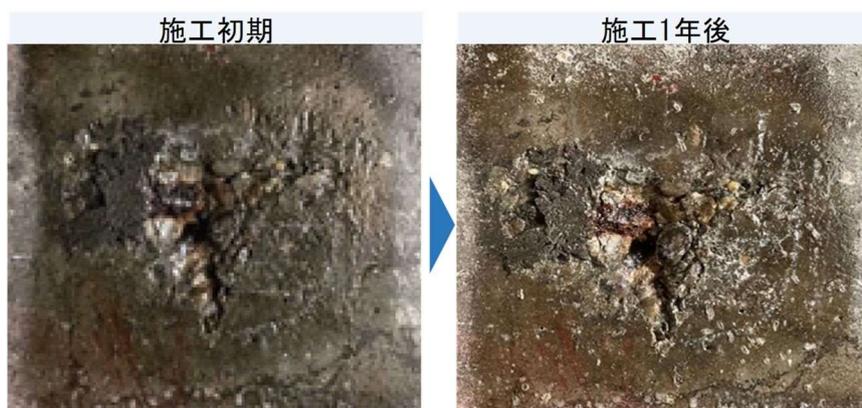


図 4.2 施工後の経過観察

5. 吐出量の増量(塗装時間の短縮)

開発当初の応急処置剤は20×20cm当たり20秒を目安に塗布することで剥落性能が担保出来たが、施工者からの吐出量増量の要望をいただいた。

そこで図5.1に示すアタッチメントの口径を大きくすることにより、吐出量を増量出来ることを確認した(図5.2)。これにより20秒必要であった塗装時間は12秒(吐出量:35g, Wet膜厚:350μm)まで短縮することが出来た。



図5.1 アタッチメントの変更

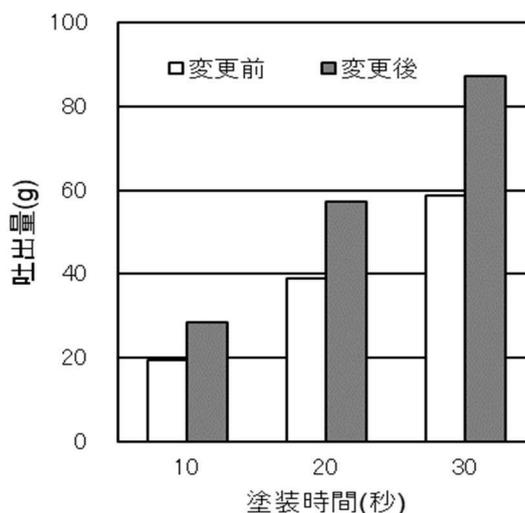


図5.2 吐出量試験結果

6. その他

6.1 NETIS(新技術情報提供システム)登録

今回紹介した応急処置剤は、国土交通省が提供するNETIS(新技術情報提供システム)にも登録しており、地方自治体での実績も増加している。

技術名称：コンクリート構造物簡易補修材「タフガードリペアスプレー」

NETIS 番号：KT-230168

6.2 今後の予定

今後は施工後の経過観察を続けると共に、施工者の要望を基に更なる改良を検討していく予定である。

7. まとめ

本稿では、開発した応急処置剤の簡易剥落防止性能を検証した結果を報告した。得られた成果を以下に示す。

- (1) 応急処置剤は剥落防止性能を持つことを確認した。
- (2) サンシャインカーボン試験1250時間後についても試験前と同様に透明性が高く、塗膜表面の割れ・剥離・白化・膨れ等の不具合は確認されなかった。
- (3) 応急処置剤を施工した躯体では、サンシャインカーボン試験1250時間後の押し抜き試験においてコア抜けに耐えられることを確認した。
- (4) 複合サイクル試験7日後にて無塗装では全面に非常に顕著な発錆が見られたが、応急処置剤を塗装すると、SPCC-SB鋼板の切り込みきず部分ではやや膨れが見られたものの、一般部及び鉄筋ではさびが発生しないため、コンクリート構造物中の鉄筋に対する防食性も有することを確認した。
- (5) JIS A 1153にて4週間中性化試験後でも応急処置剤を塗装したモルタル表層の中性化は0mmであり、表層からの中性化は確認されなかった。
- (6) 試験施工での施工性は良好であり、仕上り性・飛散性・ダレ性等も問題ないことを確認した。
- (7) 塗装箇所は濡れ色になるために施工部分を確認出来ることに加えて、透明な材料であるためひび割れの進展や鉄筋の状態も目視確認出来ることを確認した。
- (8) 施工1年後も塗装部分の塗膜に異常は無く、また露筋部周辺での錆の進展やコンクリートの剥落・浮きは確認されなかった。
- (9) アタッチメントの変更により20×20cm当たりの塗布時間は20秒から12秒に短縮することが出来た。