導電塗料を用いたコンクリート構造物の変状検知に関する基礎的研究

（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　○大石 健太郎　仁平 達也　曽我部 正道　谷村 幸裕

1．はじめに

コンクリート構造物は，劣化の予防保全，鋼材腐食によるひび割れ,はく離・はく落対策を目的として，表面被覆が施される場合がある．しかしながら，**図-1** に示すとおり，コンクリート表面を被覆すると目視での変状把握が困難となり，表面被覆裏側のひび割れが検知できなくなる等，維持管理上の問題が懸念される．既往の研究 [2]で導電塗料を刷毛塗りした場合，0.5mm 程度のひび割れを検知出来ることが把握されているが，コンクリート構造物のひび割れ検知のためには，必ずしも十分な精度ではない．本検討はひび割れ検知性能の向上を目的とし，吹付け装置を用いて導電塗料を塗布した場合の検知性能について検討した．

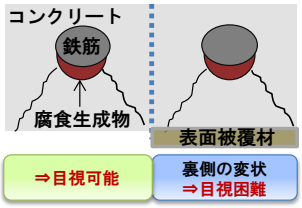


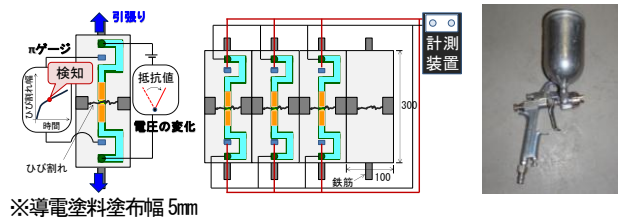
図-1 本検討の概念

表-1 導電塗料概要

種　類	材　質
下塗り材	エポキシ樹脂
中塗り材（導電塗料）	銀含有ポリエステル樹脂
上塗り材	アクリル樹脂

2．実験方法

表-1 に示す導電塗料が検知可能なひび割れ幅について検討した．**図-2** に示すように，試験体は 100×100×300mm の鉄筋コンクリート（コンクリートの呼び強度 24 N/mm^2, 40 N/mm^2，鉄筋 D19，降伏点 685N/mm^2）である．試験体 1 体あたり 3 面に対してひび割れ検知幅を測定できるように設定し，一軸引張試験を実施した．**表-2**，**図-3** に試験条件を示す．検討項目は，導電塗料の上塗り材（アクリル系），および表面被覆材の有無とその種類（なし，A：エポキシ系，B：セメント系），吹付け装置による導電塗料の吹付け回数（2, 4, 6 回）とした．各 Case の測定数（6 体×3 面）は 18 である．本試験において，ひび割れ検知幅は，ひび割れにより導電塗料が通電しなくなった時のπゲージの値とした．表面被覆材は，導電塗料の上塗り材の上から塗布した．また，塗膜厚さの測定は，ペイントボアラー518 型を用いて，マイクロスコープにより撮影した画像で測定した．



※導電塗料塗布幅 5mm

a)概念図（側面）　b)概念図（展開）　c)吹付け装置

図-2　性能確認試験の概要

表-2　試験の条件一覧

Case	sub case	導電塗料の上塗り材	表面被覆材	コンクリートの呼び強度 N/mm^2	吹付け回数
1	1-1	無し	無し	24	2
	1-2				4
	1-3				6
	1-4			40	2
	1-5				4
	1-6				6
2	2-1	有り	無し	24	2
	2-2				4
	2-3				6
	2-4			40	2
	2-5				4
	2-6				6
3	3-1	有り	表面被覆材A（エポキシ系）	24	2
	3-2				4
	3-3				6
	3-4			40	2
	3-5				4
	3-6				6
4	4-1	有り	表面被覆材B（セメント系）	24	2
	4-2				4
	4-3				6
	4-4			40	2
	4-5				4
	4-6				6

※試験体は各Caseで6体　※呼び強度は，24N/mm^2, 40N/mm^2　※鉄筋はD19，685N/mm2
※鉄筋かぶり値は40mm　※28日圧縮強度は，29.4N/mm^2, 45.9N/mm^2

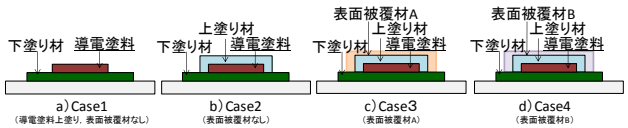


図-3　試験体の断面形状

3．実験結果

図-4 に塗膜厚さとひび割れ検知幅の分布を示す．刷毛塗りによる塗膜厚さは，バラつきが大きいのに対し，吹付けではバラつきが小さくなる傾向が見られ，刷毛塗りよりも吹付けの方が塗膜厚さの均一かつ適切に管理できることが分かった．また，刷毛塗りの場合，平均塗膜厚さ 0.11mm，平均ひび割れ検知幅 0.50mm に対し，吹付けの場合，2 回塗りで平均塗膜厚さ 0.03mm，平均ひび割れ検知幅 0.29mm，4 回塗りで平均塗膜厚さ 0.04mm，平均ひび割れ検知幅 0.30mm，6 回塗りで平均塗膜厚さ 0.05mm，平均ひび割れ検知幅 0.31mm となった．吹付けによるひび割れ検知幅が，刷毛塗りよりも小さくなった原因としては，塗膜厚さが薄くなったことが考えられる．

一方，既往の研究 [1]により，ひび割れが生じても導電塗料の一部が破断されずに通電する現象，「ブリッジ現象」が発生した場合，ひび割れ検知幅が大きくなることが確認されている．本試験においても，**図-5** に示すようなブリッジ現象が確

連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　（公財）鉄道総合技術研究所　コンクリート構造　TEL：042-573-7281

キーワード　導電塗料　ひび割れ　表面被覆材

認された．**表-3** にブリッジ現象の発生率を示す．導電塗料の上塗り材を塗布した Case2 において，ブリッジ現象の発生率は，刷毛塗りの 3.7%から 27.8%と大きくなった．表面被覆材を塗布した Case3，4 の場合，いずれにおいても発生率が増加した．これは，ひび割れ検知精度が高くなった分，刷毛塗りに比べて，ブリッジ現象を明確に判別できるようになったため，みかけ上ブリッジ現象の発生率が大きくなったと考えられる．しかしながら，本実験結果程度の発生率であれば，実施工においては導電塗料を複数本塗布すること等により検知性能を発揮できるものと考える [1]．そこで，以降の性能評価においてはブリッジ現象を除外したデータを用いた．

表-4 にコンクリート呼び強度の相違による平均検知幅を示す．コンクリート呼び強度による，ひび割れ検知幅の差異は殆ど見られなかった．

図-6 にひび割れ検知幅の度数分布を示す．導電塗料の上塗り材のみ塗布した Case2 の場合，刷毛塗りでは平均ひび割れ検知幅 0.39mm であったが，吹付けでは平均検知幅 0.21mm となり，検知性能が向上した．上塗り材，表面被覆材 A を塗布した Case3 の場合は，刷毛塗りでは平均ひび割れ検知幅 0.64mm，吹付けでは平均ひび割れ検知幅 0.24mm，上塗り材，表面被覆材 B を塗布した Case4 の場合は，刷毛塗りでは平均ひび割れ検知幅 0.38mm，吹付けでは平均ひび割れ検知幅 0.29mm であった．このように，表面被覆材を塗布した場合も，同様に検知性能が向上し，RC 構造物のひび割れ幅の制限値に相当する 0.30mm 程度を検知できる性能が得られた．

4．まとめ

1）吹付け装置を用いることで，刷毛塗りよりも塗膜厚さを薄くかつ適切に管理することが可能となった．

2）ひび割れ検知幅の平均が 0.50mm 程度から 0.30mm 程度に向上した．RC 構造物のひび割れ幅の制限値に相当する 0.30mm 程度を検知できることが分かった．実施工においては，導電塗料の厚さを 0.03～0.05mm 程度とするのがよいと考える．

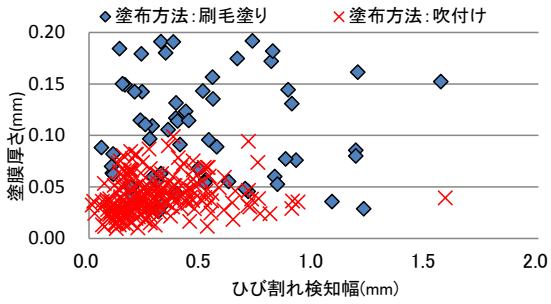
本研究の一部は国土交通省による補助金を受けて実施しました．

参考文献

1) 大石健太郎，仁平達也，曽我部正道，谷村幸裕：導電塗料を用いた RC 構造物のモニタリングシステムの開発，コンクリート工学年次論文集，2012（掲載予定）

2) 財団法人鉄道総合技術研究所，株式会社楠崎製作所，藤倉化成株式会社：導電塗料を用いたひび割れ検知適用マニュアル，2007. 4

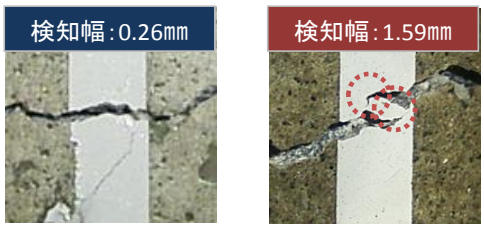
3) 大屋戸理明，仁平達也，橘直毅，仲山貴司：導電塗料を用いた鉄筋腐食ひび割れの検知に関する基礎試験，コンクリートの補修，補強，アップグレード論文報告集, 8 巻, pp293-298, 2008. 10



刷毛塗り	塗膜厚さ(mm)		平均検知幅(mm)
	平均	標準偏差	
1回塗り	0.07	0.03	0.51
2回塗り	0.16	0.04	0.49
計	0.11	0.05	0.50

吹付け	塗膜厚さ(mm)		平均検知幅(mm)
	平均	標準偏差	
2回塗り	0.03	0.02	0.29
4回塗り	0.04	0.02	0.30
6回塗り	0.05	0.02	0.31
計	0.04	0.02	0.30

図-4 塗膜厚さとひび割れ検知幅



a)ブリッジ現象なし　b)ブリッジ現象発生

図-5 ブリッジ現象の発生例

表-3 ブリッジ現象発生率

Case	塗布条件		刷毛塗り(%)	吹付け(%)
	上塗り材	表面被覆材		
1	無し	無し	－	9.3
2	有り	無し	3.7	27.8
3		表面被覆材A	16.7	37.0
4		表面被覆材B	5.9	25.9

表-4 コンクリート呼び強度によるひび割れ検知幅

Case	ひび割れ検知幅(mm)	コンクリート呼び強度(N/mm²)		
		24	40	計
1	平均	0.18	0.19	0.18
	標準偏差	0.07	0.12	0.10
2	平均	0.24	0.20	0.21
	標準偏差	0.12	0.07	0.07
3	平均	0.27	0.24	0.26
	標準偏差	0.15	0.12	0.13
4	平均	0.28	0.28	0.28
	標準偏差	0.10	0.11	0.10

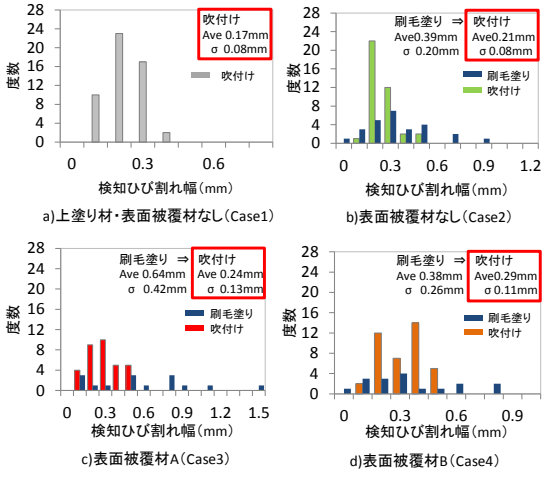


図-6 検知ひび割れ幅の度数分布