

付着面の表面粗さと断面修復材の付着強度の関係

片平 博・古賀裕久・渡辺博志

1. はじめに

増大した社会資本ストックとしての土木コンクリート構造物を効率的に維持管理していくためには、点検技術や補修・補強技術の確立が重要である。

コンクリート構造物の代表的な補修・補強技術の一つとして断面修復工法がある。断面修復材は既存コンクリートと密着し、一体性を確保しなければならないが、その付着強度は既存コンクリートの表面粗さ（凹凸の程度）に影響を受けると考えられる。

実際の断面修復の現場では、コンクリートの劣化部分はウォータージェット工法やブレーカ処理等で取り除かれ、この場合には比較的大きな凹凸が生じる。一方で、流水によってすり減った面がそのまま施工面となる場合や、耐震補強工事などでは、比較的平坦なコンクリート表面が施工面となる場合など、様々である。

断面修復材の付着強度を評価するための試験方法についてみると、表-1 に示すように基板コンクリートの表面粗さが統一されていない。付着面の品質を考慮した付着強度の評価を行うためには、付着面の凹凸等の試験条件の設定根拠を統一的な視点で整理しておく必要がある。

このような背景から、付着面の表面粗さの程度を変化させて付着強度との対応を検討した。なお、コ

ンクリートの表面が乾燥していると、断面修復材の水分が基板コンクリートに吸収されて、セメントの水和が阻害される現象（ドライアウト）が起きる。このドライアウト防止対策（下地調整処理）として、水湿し処理とプライマー処理の2つの方法を設定し、双方の条件下で表面粗さの検討を行った。

さらに、表面粗さの凹凸の程度を簡易に評価する方法についても検討した。

2. 実験方法

2.1 基板コンクリートの作製

付着強度試験の供試体は、図-1 に示すように 100×100×400mm の角柱供試体の型枠を使用し、型枠天端よりも 12mm 低い位置まで基板コンクリートを打ち込んだ。

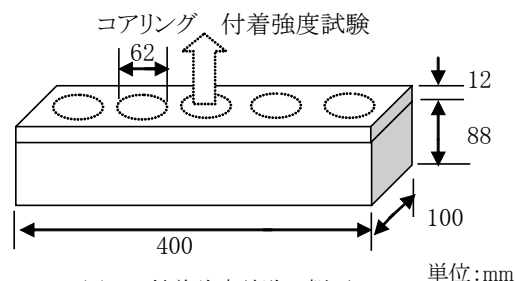


図-1 付着強度試験の概要

表-1 各試験規格に示されている表面粗さ

試験規格	表面粗さ
JIS A 1171 ポリマーセメントモルタルの試験方法	150番研磨紙による研磨
土木学会規準JSCE-K 561 コンクリート構造物用断面修復材の試験方法(案)	150番研磨紙による研磨
NEXCO試験法432 断面修復用吹付けモルタルの試験方法	ウォータージェットによる目荒らし

基板コンクリートの配合、フレッシュ性状および強度特性を表-2 に示す。粗骨材には硬質砂岩（絶乾密度 2.65g/cm³）、細骨材には川砂（絶乾密度 2.57g/cm³）を使用した。

コンクリート表面は表-3 に示す4とおりの方法によって、表面粗さの程度を4段階に設定した。

この中で、「洗出」の凹凸の程度は表-1 のウォータージェット工法と同程度かやや小さい程度、「平滑」は表-1 の研磨紙による研磨の条件（ただしベルトサンダーに装着できる研磨紙で150番が無かったので直近の180番を使用）である。

作製した基板コンクリートは水中養生を28日間実施したのち、約4ヶ月間20~30℃の環境下で乾燥させ、長さ変化が概ね収束した状態とした。

表-2 基板コンクリートの配合と物性

G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					フレッシュ性状		28日強度(N/mm ²)	
			水	早強セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	スランプ(cm)	空気量(%)	圧縮	引張
20	50	45	172	344	779	988	1.07	10.0	4.5	42.4	3.4

表-3 基板コンクリートの表面粗さの程度と作製要領

表面粗さの程度	作製要領
洗出	コンクリート打込み後に、超遅延剤を散布し、翌日に洗い出し
中間	凝結時間を見計らい、ワイヤーブラシで表面を目荒らし(洗出と砂目の中間的な状態)
砂目	凝結時間を見計らい、たわしで軽く表面を撫でる(砂の粒子が出る程度)
平滑	コンクリート硬化後に、ベルトサンダーに装着した180番研磨紙によって研磨

表-5 断面修復材の配合表

水結合材比 (wt%)	単位量(kg/m ³)							フロー (mm)	7日強度(N/mm ²)	
	水	早強セメント	石灰石微粉末	細骨材	ビニロン繊維	膨張材	収縮低減剤		圧縮	引張
46	356	744	244	712	2.6	30	16.7	175.0	47.5	2.9

表-4 断面修復材の使用材料

水	水道水
セメント	早強ポルトランドセメント
石灰石微粉末	密度：2.70g/cm ³ ， 湿分：0.05%， 45μmふるい残分：4%
細骨材	川砂（絶乾密度：2.56g/cm ³ ）
繊維	ビニロン繊維、繊維長6mm
膨張材	石灰系、低添加型
収縮低減剤	特殊ノニオン系収縮低減剤

表-6 試験の組合せ

下地調整処理		水湿し	プライマー
表面粗さ	洗出	○	○
	中間	○	
	砂目	○	
	平滑	○	○

2.2 コンクリートの表面粗さの測定

非接触レーザー変位計を用いて、凹凸の状態を測定した。使用した非接触レーザー変位計の高さ方向の測定感度は0.02mm、横方向の測定ピッチは0.2mmであり、この条件で100mmの区間を測定した。

次に、表面粗さの程度を簡易に評価する方法として、舗装の表面粗さを測定するのに用いられているサンドパッチング法³⁾を実施した。

コンクリート表面に0.15-0.075mmの砂を所定量

おき、φ50mm程度のゴムパッドで砂を円形に押し広げる。広がらなくなった時点で砂の直径を測定し、面積Aを求める。砂の容積Sを面積Aで除すことで、「きめ深さ」を求める。同規定では、砂の量は最低でも10cm³とされているが、今回の実験では対象となる凹凸の大きさに応じて、砂の量を1、2および5cm³とした。

2.3 断面修復材の配合と打込み

断面修復材は表-4に示す材料を使用し、表-5に示すセメントモルタルの配合とした。市販されている断面修復材の多くは、セメントモルタルか、これにポリマーを添加したポリマーセメントモルタルであり、ポリマーの添加によって付着強度はやや向上する傾向にある。しかしながら、施工現場の判断でポリマーを添加しないで施工されてしまう実態も散見される。そこで、今回の実験では安全側の配合条件として、ポリマーを含まないセメントモルタルを設定した。

基板コンクリートを100×100×400mmの角柱型枠内に再設置し、コンクリート表面の下地調整処理として、水湿し処理またはプライマー処理を行った。

水湿し処理は、断面修復材打込みの約30分前に、基板コンクリートの表面に霧吹きで散水して十分に湿らせ、断面修復材の打込み直前にウエスで余剰水を拭き取った。

プライマー処理は、断面修復材打込みの前日にポ

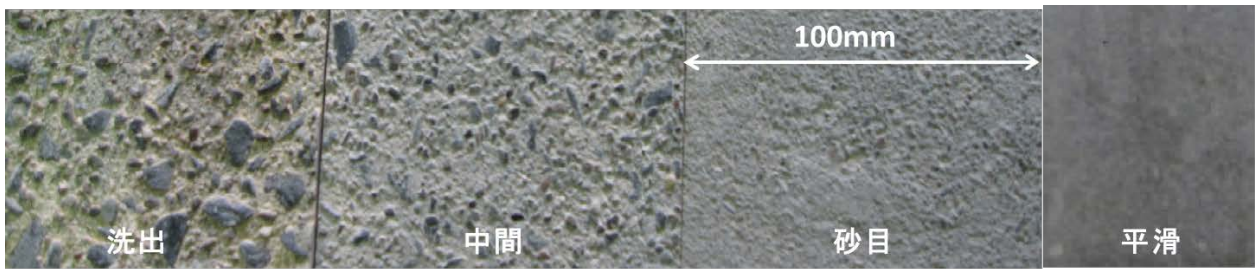


図-2 コンクリート表面の状態

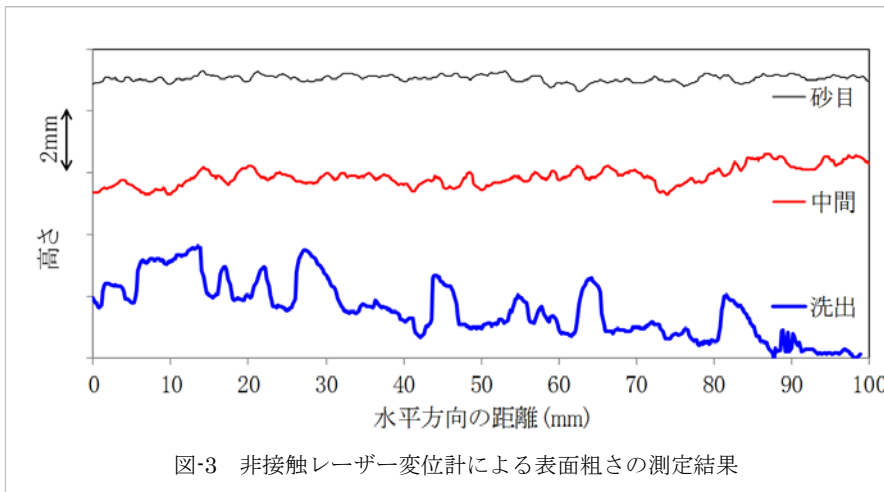


図-3 非接触レーザー変位計による表面粗さの測定結果

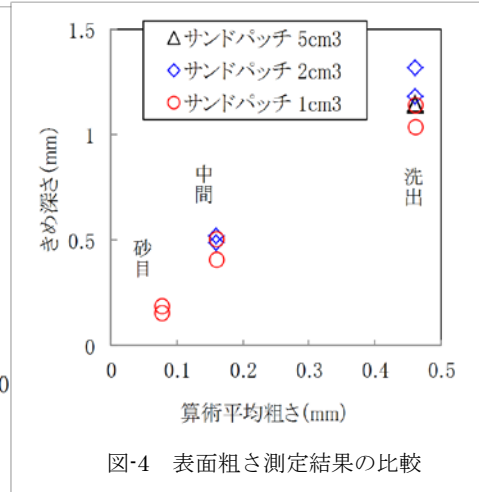


図-4 表面粗さ測定結果の比較

リアクリル酸エステル系ポリマー（固形分 18%）を基板コンクリートの表面に 200g/m² 散布し、断面修復材の打込みまで気乾状態とした。

断面修復材は、基板コンクリート表面に金コテによって強く擦り付けるように打込んだ。

表面粗さと下地調整処理の方法の組合せは表-6 に示すとおりであり、図-1 に示す試験体を 1 体ずつ作製した。

断面修復材の打込み後 7 日間の湿布養生を行い、その後 28 日間は気乾状態（20℃、60%RH）で保管し、付着強度試験を実施した。

2.4 付着強度試験

付着強度試験は図-1 に示すように、断面修復材の上面から内径φ62mmの湿式コアカッターによって付着面から深さ 10mm の深さまで切り込みを入れ、鋼製治具を接着剤で接着し、建研式接着力試験器によって上側に引っ張ることで付着強度を求めた。試験は図にあるように 1 試験体あたり 5 箇所で行った。

3. コンクリートの表面粗さの測定結果

3.1 非接触レーザー変位計による測定結果

「洗出」、「中間」、「砂目」、「平滑」の表面状態を図-2 に示す。「洗出」は粗骨材が突き出した状態、中間は粗骨材の表面がやや見える状態、「砂目」は砂

の粒子が見える状態、「平滑」は滑らかな鏡面となった。

「洗出」、中間、「砂目」の 3 つに対して行ったレーザー変位計による測定結果を図-3 に示す。線の重複を避けるために、高さを 3mm 程度ずらして示している。「平滑」に関しては、今回のレーザー変位計の感度では表面の凹凸を把握できなかった。

3.2 サンドパッチング法の結果

レーザー変位計の測定結果から求めた算術平均粗さ R_a とサンドパッチング法から得られるきめ深さとの関係を図-4 に示す。きめ深さは、撒いた砂の量の違い（5、2 および 1cm³）の影響は小さく、算術平均粗さと良い対応を示した。

4. 付着強度試験結果

4.1 水湿し処理の結果

コンクリート表面の下地調整処理を水湿し処理とした場合の付着強度試験結果を図-5(1)に示す。この図では、付着強度試験の個々の測定結果のうち、界面で破壊したものを×、界面以外で破壊したものを+で示した。+の値は界面の付着強度ではないが、界面の付着強度はそれ以上と解釈できることから、これらも含め、5 個の平均強度を●で示した。

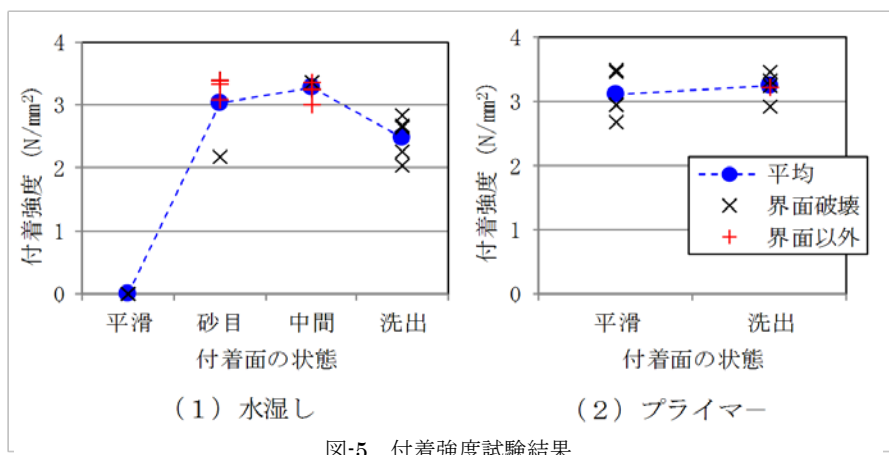


図-5 付着強度試験結果

コンクリート表面を「平滑」とした試験体に関しては、養生期間中に、付着面からはく離してしまい、付着強度試験を行うことができなかった。「砂目」「中間」「洗出」の付着強度についてはいずれの測定値も 2N/mm²以上の値を示した。

4.2 プライマー処理の結果

コンクリート表面をプライマー処理とした場合の付着強度試験結果を図-5(2)に示す。水湿し処理の結果と異なり、「平滑」の状態でも全ての測定値が 3N/mm²程度の安定した付着強度を示した。ただし、「洗出」の条件と比較すると「平滑」の平均値はやや低く、ばらつきもやや大きい傾向が認められた。

5. まとめと今後の課題

付着面の表面粗さの程度を 4 段階に設定し、断面修復材の付着強度の試験を行ったところ、以下の結果を得た。

- (1) 舗装表面の表面粗さを測定するのに用いられているサンドパッチング法を用いることによって、断面修復を行うコンクリートの表面粗さの程度を評価することができた。
- (2) 水湿し処理の場合では、平滑の条件では剥離してしまい、付着強度を測定出来なかった。一方で、「砂目」程度の僅かな凹凸があれば、良好な

付着強度を示す結果となった。

- (3) プライマー処理の場合では、平滑の条件であっても良好な付着強度を示した。

以上のように、付着強度は基板コンクリートの表面粗さや、下地調整処理方法の影響を受けることが明らかとなった。このため、付着強度を試験によって評価する場合には、実際の補修

現場における基板コンクリートの表面状態や下地調整処理方法を考慮したうえで、付着強度試験を行うことが重要である。

なお、今回の試験結果は、初期状態での付着強度の検討であり、この付着強度が長期にわたって維持できるかについては、長期暴露試験等を実施中であり、その結果は別途、紹介したい。

参考文献

- 1) 例えば、榊原弘幸、佐々木孝彦：ポリマーセメントモルタルの接着強度に及ぼすコンクリート下地処理方法の影響、材料、Vol.52、No.9、pp.1082～1088、Sep.2003
- 2) 片平博、渡辺博志：付着面の表面粗さが断面修復材の付着強度に与える影響、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、第 14 巻、pp.265～270、2014.10
- 3) 砂を用いた舗装路面のきめ深さ測定方法、舗装調査・試験法便覧[第 1 分冊]、pp.104～108、(社)日本道路協会、2007.6
- 4) JIS B 0601 製品の幾何特性仕様 (G P S) -表面性状：輪郭曲線方式-用語、定義及び表面性状パラメータ、2013

片平 博



国立研究開発法人土木研究所
先端材料資源研究センター
材料資源研究グループ 主任
研究員
Hiroshi KATAHIRA

古賀裕久



国立研究開発法人土木研究所
先端材料資源研究センター
材料資源研究グループ 上席研究
員 (汎用材料担当)、博士 (工学)
Dr.Hirohisa KOGA

渡辺博志



国立研究開発法人土木研究所
先端材料資源研究センター
材料資源研究グループ長、博士
(工学)
Dr.Hiroshi WATANABE