

第V部門

ジオポリマーのコンクリート補修用表面塗布材としての適用性の検討

大阪市立大学工学部 学生員 ○高橋 千理
GPI 正会員 村上 博紀

大阪市立大学大学院 学生員 松本 晃生
大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

1. 研究背景・目的

高度経済成長期に整備されたコンクリート構造物は近年急激に老朽化が進んでおり、その補修や長寿命化のため、表面被覆工法が行われているが、工程が多く、施工性が課題である(図1(a))。そこで、工程を図1(b)のように簡略化できる可能性のある材料として、有機系よりも耐久性に優れた無機系材料の適用を検討するため、ジオポリマー(以下、GP)に着目した。

GPとは、アルカリ溶液と活性フィラーの反応で形成される非晶質の縮重合体(ポリマー)の総称¹⁾であり、水の蒸発を伴いながらケイ酸錯体を架橋してポリマー化し、活性フィラー粒子を無機質の不定形ゲルで固めたような構造になることで硬化する。

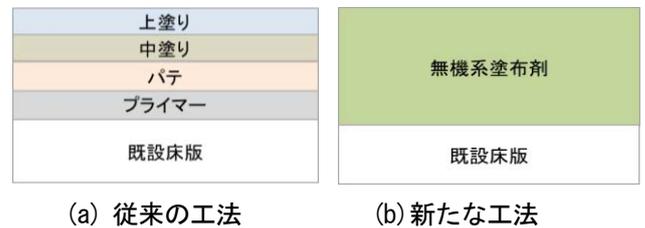
GPの研究は近年増加傾向にあるが、未だ初期段階であり、GPを表面塗布材として使用する知見はほとんどない。著者ら²⁾は接着剤としての適用性の検討を行っているが、十分な接着強度を得るに至っていない。そこで本研究では、断面修復時の既設床版との接着機能とひび割れ補修機能を備えたコンクリート表面塗布材に適用できる材料を、GPを用いて新たに開発することを目的とする。

2. 試験概要

既往研究²⁾において得られた配合による傾向を踏まえて、本研究で用いるGPの配合を、フライアッシュベース(配合A)で使用材料や、溶液(W)と粉体(P)の比率であるW/P等を変えて検討を行い、品質規格値1.5N/mm²以上の接着強度の有無、破壊形式、施工性を総合的に判断して配合決定を行った。配合Aの詳細を表1に示す。具体的な試験内容としては、配合Aに対する経時変化による接着強度の変化、GPのひび割れ浸透特性について試験を行い、表面塗布材としての適用性の検討を行う。

(1) 接着引張試験

コンクリート平板(300×300×60mm)に対して平滑



(a) 従来の工法 (b) 新たな工法

図1 表面被覆工法の施工断面図

表1 本研究で用いた配合

名称	粉体		溶液		W/P	塗布量 (kg/m ²)
	フライアッシュ2種	珪酸カルシウム1号	珪酸カルシウム2号	コロイダルシリカ		
配合A	10.0	2.5	5.0	2.5	1.0	2.67

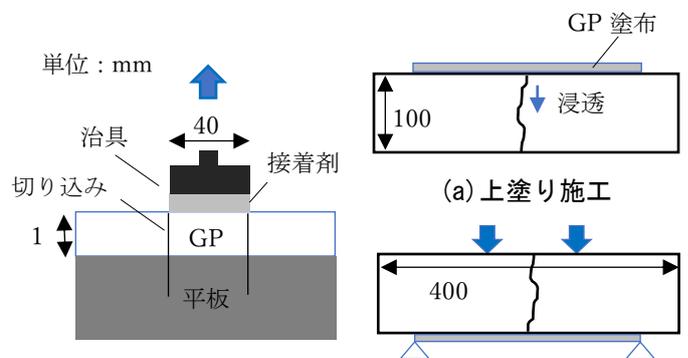


図2 接着引張試験

(b) 4点曲げ試験

図3 浸透試験

で乾燥した標準面による接着基礎特性に加え、表面状態の影響を検討するため表面水分率を10%以上に調整した湿潤面や、表面を凸凹状態にした切削面についても試験を行い、膜厚1mm、材齢1, 3, 7, 14, 28日のGPの経時変化による接着特性について把握する。なお、切削面の試験では表面積の増加や凸部分における膜厚確保のため、塗布量を標準面の5割増しとする。また、GPが硬化後に水分を吸収した場合の接着強度の変質についても把握するため、GPの塗布から7日後に加水した場合の試験も行った。供試体概念図を図2に示す。

(2) 浸透試験

ひび割れを模擬した供試体にGPを上面から塗布してひび割れに浸透させ(図3(a))、GP塗布面を引張側として4点曲げ試験(図3(b))を行い、GPの浸透深さ、GP

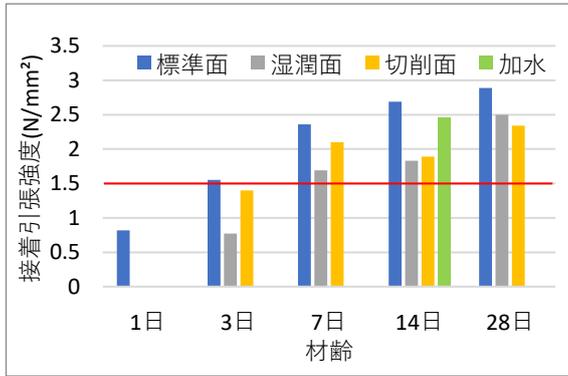


図4 材齢と接着強度

の浸透による曲げ強度の回復度によりひび割れ補修効果を検討する。ひび割れ幅は0.2mm, 0.5mm とする。

3. 試験結果

(1) 接着引張試験

材齢7日以降の供試体ではGPと接着剤の界面で破壊するケースが多かったため、平板とGPの接着力は図4で示した強度以上の接着強度があるという結果となった。標準面では、図4内において赤線で示した目標値1.5N/mm²を材齢3日で達成し、湿潤面・切削面においては硬化に時間を要し、材齢1日の接着強度の測定は行えなかったが、材齢7日で1.5N/mm²を得ることができ、その後も強度が保たれている結果となった。

GPと接着剤の界面で破壊しなかったケースの破壊断面(図5に例を示す)を見ると、標準面の材齢1日や湿潤面・切削面の材齢3日はGPの凝集破壊を示した。その後は材齢が経過するのと並行してGPが硬化したことで強度が増し、GPの凝集破壊と母材破壊が混同した破壊形式を示し、最終的には母材破壊を示した。

GP硬化後に加水を行うと、水分を吸収したことでアルカリ溶液が分離して浮上し、白く変色する様子が見られた(図6青枠内)。強度は標準面と比較すると若干低下したが、接着力として十分な強度が得られた。

(2) 浸透試験

GPは約10~20mm浸透(図7青線)しており、さらにアルカリ溶液のみが約90mm浸透していることが確認できた(図7緑線, 表2)。これは、GPの反応が遅いことでアルカリ溶液が分離したと考えられる。曲げ強度は0.2~0.3N/mm²と極めて低く(表2)、ひび割れ幅を全断面に確保しているため、圧縮力伝達のためにひび割れが閉じる変形が初期に生じる影響で強度が過小評価されているが、その点を考慮しても供試体の曲げ強度約4.5N/mm²と比較して強度の回復は認められなかった。この原因として、ひび割れ断面ではGPが乾燥しにくいこ



(a) 凝集破壊 (b) 凝集破壊と母材破壊 (c) 母材破壊

図5 破壊断面例

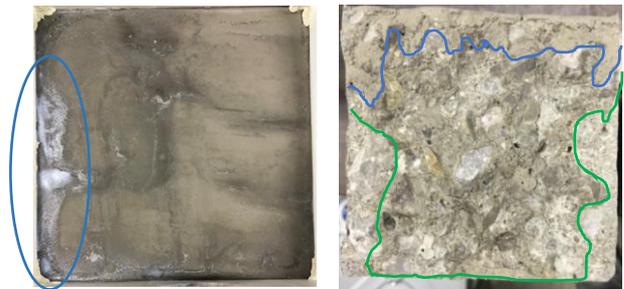


図6 加水後の表面状態

図7 浸透状況例

(ひび割れ幅0.5mm)

表2 浸透深さと曲げ強度

ひび割れ幅 (mm)	GP 平均浸透深さ (mm)	アルカリ溶液 平均浸透深さ (mm)	平均曲げ強度 (N/mm ²)
0.2	13.8	85.9	0.23
0.5	21.9	91.1	0.30

とや、GPの反応の遅延により生じたアルカリ溶液の分離の影響で、GPの反応においてアルカリ溶液が不足していることが考えられる。

4. まとめ

接着引張試験では、既設床版との接着機能という観点では実施工を考慮した場合でも十分な強度が得られ、表面塗布材としての可能性を示した。しかし、既往研究²⁾において長期材齢で接着強度が低下しているケースがあることから、引き続き検討を行う必要がある。また、水分吸収後のアルカリ溶液の分離による変色についても検討の余地がある。

浸透試験では、ひび割れ部に浸透し被覆する機能は確認できたが、材料分離や接着引張強度に比べ強度が低下するため、さらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) 一宮一夫: ジオポリマーの研究開発の現状, コンクリート工学, vol.55, No.2, p.131-137, 2017.
- 2) 松本ら: 断面修復時におけるジオポリマー製無機接着剤の接着特性に関する基礎的研究, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, V-15, 2020.