

ジオポリマーコンクリートの長距離圧送施工に関する適用検討

(株)大林組 正会員 ○木谷憶人 富井孝喜 青木峻二
ポゾリスソリューションズ(株) 正会員 杉山知己 松本利美
日本製鉄(株) 正会員 寺田豊

1. はじめに

ジオポリマーは、アルミナシリカ粉末とアルカリ溶液との縮重合反応によって形成される固化体の総称である。従来のコンクリートの原料となるセメントの代替として、フライアッシュや高炉スラグ微粉末などの産業副産物を原料とするため、製造過程で発生する二酸化炭素量がセメントコンクリートに比べて少ないことや各種産業副産物を有効活用できることから、昨今の「カーボンニュートラル」といった社会的課題解決の有力な手段の一つとして期待されている。加えて、耐酸性や耐熱性にも優れた特性を持っており、特殊環境下での利用も期待されている。

従来のジオポリマーは粘性が非常に高く、十分な強度発現には高温蒸気養生が必要となる、また常温で硬化させる配合では極めて可使用時間が短くなるため、一部の二次製品への適用に留まっていた。筆者らは配合条件を工夫することにより可使用時間 2 時間以上、常温養生で圧縮強度（材齢 28 日）40N/mm²以上とすることを可能とし、現場打設に適した性能を持つジオポリマーを開発した¹⁾。本稿では開発した現場打設型ジオポリマーの一般的なコンクリートポンプ車による長距離圧送試験について報告する。

2. 試験概要

現場打設型ジオポリマー（コンクリート配合）のポンプ長距離圧送性および圧送後のフレッシュ性状について検討をするため圧送試験を実施した。

2. 1 使用材料および設備

使用材料を表-1、配合表を表-2、主な使用設備を表-3 に示す。製造には容量 1m³の移動式傾動二軸型ミキサを使用し、0.6m³/バッチとした。粉体、細骨材、粗骨材は、予めバッチ毎にプレミックス材として準備し、ラフタークレーンでミキサに投入した。アクティベーターおよび水はミキサ付属の自動計量送液装

表-1 使用材料

項目	記号	材料
粉体 (P)	FA	フライアッシュⅡ種品 密度：2.27g/cm ³
	BS	高炉スラグ微粉末 密度：2.91g/cm ³ ブレン値 4,100cm ² /g
	MS	シリカフューム 密度：2.20g/cm ³
アルカリ溶液	GPW	アクティベーター，分散剤，水 密度：1.16g/cm ³
細骨材	S	珪砂 密度：2.51g/cm ³
粗骨材	G	玄武岩 密度：2.82g/cm ³

表-2 配合表

GPW/P (%)	単位量(kg/m ³)					
	GPW	P			S	G
		FA	BS	MS		
36.8	184	300	150	50	800	850

表-3 主要設備

項目	規格・仕様
コンクリートポンプ車	ピストン式 8B 仕様 最大吐出量 標準圧送：90m ³ /h × 5.9MPa 高圧圧送：65m ³ /h × 8.5MPa
移動ミキサ	傾動二軸型 公称容量：1m ³

置により投入し、分散剤は人力投入とした。製造フローは、アルカリ溶液、細骨材半分、粗骨材、粉体、細骨材半分の順に投入し、練混ぜ 10 分程度、排出の流れとした。圧送には中型のピストン式コンクリートポンプ車（最大理論吐出量 90m³/h、最大理論吐出圧 8.5MPa）を採用した。

2. 2 圧送条件

配管の配置概要を図-1 に示す。配管は 5B 管を用い、配管長は約 145m で垂直部は設けず全て水平配管とし水平換算距離は 257m とした。試験当日の外気温は 13℃前後、練上がり直後のジオポリマーコンクリート温度は 14℃前後であった。

キーワード ジオポリマー，長距離圧送，耐熱材料，カーボンニュートラル，低炭素型材料
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2
(株)大林組 リニューアル技術部 TEL03-5769-1332

3. 試験結果

表-3 に示すミキサ車で製造したジオポリマー（先送りモルタルとコンクリート）は、4 バッチ目にて配管先端から先送りモルタル、コンクリートの順に排出が確認された。排出開始から終了まで詰まる様子は無く、安定して排出され続けた。圧送時の単位時間当たりの吐出量は 12m³/h で最大圧送負荷は 19MPa であり、水平管 1m あたりの管内圧力損失は 0.07MPa と算出できる²⁾。この値は一般的な高流動コンクリートと比較しても大きく³⁾、ジオポリマー採用時は圧送機械の選定に注意が必要といえる。この圧力損失値は、現場打設型ジオポリマーの粘性が高いことによるものと考えられる。

また、先送りモルタルの配管内への投入から、排出まで 2 時間程度が経過していたが、ジオポリマーは十分な流動性を保持した。現場打設型ジオポリマーは、ポンプ圧送を行った場合でも可使時間を 2 時間以上確保できることが明らかとなった。これは、既往の研究¹⁾の可使時間と同等である。また、分散剤の効果により表-4 に示すようにスランプフローが増加しているが、材料分離は確認されなかった。

なお筒先から採取した供試体の圧縮強度は図-2 に示す通りで、室内試験時と比較して現場温度が低い影響で立ち上がりは遅いものの、材齢 28 日には 48.5N/mm² と室内試験結果と同等の強度が得られた。

4. まとめ

- 本試験の範囲で得られた主な成果を下記に示す。
- 1) 流動性が改善されたジオポリマーについて、水平換算距離 250m 程度の圧送が可能であることが確認された。
 - 2) 分散剤の影響によって、ジオポリマーがおよそ 2 時間配管内に滞留した場合においても、圧送可能であることが明らかとなった。

5. 今後の展望

本試験から材料の混練場所と実際の打設場所が遠隔であるような現場条件や、高温や狭隘な場所などの作業性が悪化する環境条件に幅広く対応可能な技術を確認できたと考える。

今後、配管圧送を活用し、ジオポリマーの現場適用を推進していく。また、更なる施工技術の拡充に努め、ジオポリマーの社会浸透を推進していく。

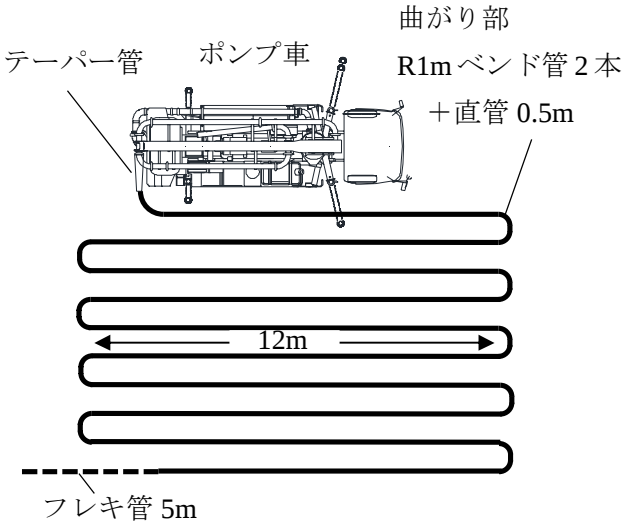


図-1 配管配置概要図

表-4 スランプフロー試験結果

計測時期	スランプフロー
練上がり直後	405 × 400mm
筒先排出時（約 1 時間後）	630 × 630mm



写真-2 筒先排出状況とスランプフロー

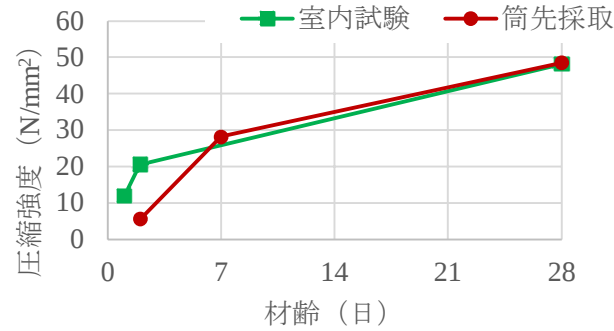


図-2 圧縮強度

参考文献

- 1) 木谷憶人他：ジオポリマーコンクリートを用いた断面補修，土木建設技術発表会 2021，Ⅲ-8，2021
- 2) 土木学会『コンクリート標準示方書【施工編】（2017 年制定）』
- 3) 土木学会『コンクリートライブラリー93 高流動コンクリート施工指針（H10 年）』，Ⅲ 製造・施工マニュアル