

急結剤の噴霧が吹付ポリマーセメントモルタル表層に及ぼす影響とその評価

岐阜大学 学生会員 ○社本凜太郎 正会員 國枝 稔
清水建設株式会社 正会員 小倉大季
施工技術総合研究所 正会員 渡邊晋也, 正会員 永沢薫
住友大阪セメント株式会社 正会員 小堺規行

1. 研究背景

現状の 3D プリンティングコンクリートはフレッシュなセメント系材料をノズルから吐出させ、層を積み重ねていく材料押出し法が主流である。しかし、この方法には前層の積層終了から次の層の積層を開始するまでの時間が長くなるほど層間の付着強度が低下するといった層間の一体性の問題や、フレッシュ性状を制御することが必要である。著者らは、材料押出し法にかえて、乾湿ハイブリッド型 3D プリンティングシステムという乾式吹付けと湿式吹付けを組み合わせた新たな方法を検討している。乾湿ハイブリッド型 3D プリンティングシステムとは、乾式吹付けシステムにより材料を搬送し、モルタルを混練する。その後、湿式吹付けシステムにより練り上がったモルタルを圧送し吹付けガンにより 3D プリントを行う方法である。この技術により、吹付け圧により層間の一体性の改善や材料のフレッシュ性状の管理を最小限に抑えられることが期待される。また材料押出法ではプリント方向が下向きのみであるが、多方向へのプリントが可能であることや、粉体の長距離圧送が可能となる。

一方で、施工時に吹き付けた前層に対して次層を吹き付けるまでのインターバルを短くするニーズもあることから、一般には超速硬性を有するセメント系材料が用いられる。本研究では、更なる速硬性の確保を目的として急結剤を吹付け層の表面に噴霧する方法を採用するにあたり、添加量と貫入抵抗との関係について実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本吹付けシステムはモルタルと急結剤をあらかじめミキサで混練せず、吹き付けたモルタル表層に急結剤を噴霧する方式とした。急結剤の最適な添加量を評価することを目的とし、貫入抵抗試験を模擬した実験を行った。本実験で使用したモルタルの配合を表-1 に示す。セメント材料には乾式吹付け用ポリマーセメントモルタル及びポリマーエマルジョンを使用した。液体急結剤は水溶性アルミニウム塩を主成分とする材料を用いた。なお、当該急結剤は吹付けコンクリートなどの練混ぜ時に混和するものであり、積層したセメント硬化体に噴霧するために開発されたものではない。急結剤を用いないモルタルのフロー値の経時変化を図-1 に示す。

表-1 使用したポリマーセメントモルタル

W/P	(W+E)/P	粉体 P	水 W	エマルジョン E
(%)	(%)	(kg)	(kg)	(kg)
9.2	15.0	25	2.29	1.46

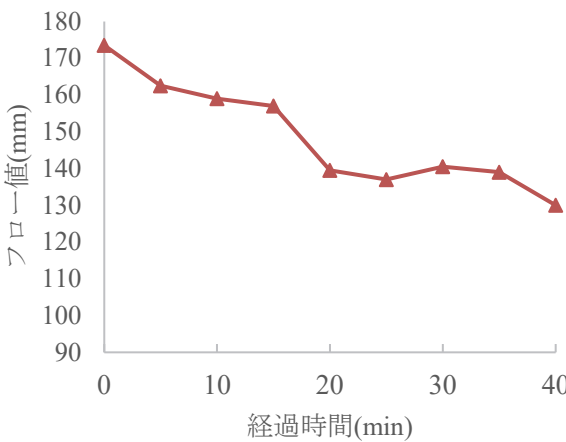


図-1 使用した材料のフロー値の経時変化

2.2 実験方法

本実験はモルタルの表面に急結剤を噴霧し、モルタル表

キーワード 3D プリンタ, 吹付け, 急結剤, 貫入抵抗
連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科

層の硬さを測定した。3D プリンティングを想定した場合、1 層あたりの積層厚さと、急結させる必要のある表層厚さの関係から、JIS A 1147（コンクリートの凝結時間試験方法）に規定される試料の厚さ（容器の内高）は適当ではないと考えられる。よって、積層厚さを考慮した3種類の型枠の厚さ（モルタルの厚さ、5mm、10mm、15mm）を設定した。表面に噴霧する急結剤の量はモルタルに使用した粉体の質量に対して1%、2%、3%の3種類とした。以下に実験手順を示す。

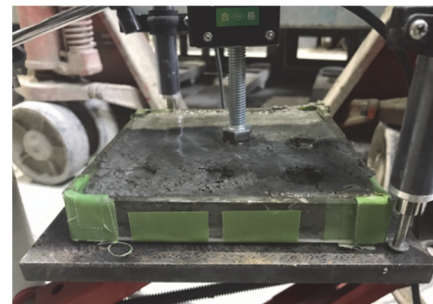


図-2 試験の様子

- モルタルミキサにセメント材料を投入して1分間空練りする。
- ポリマーエマルジョンと水を投入し、2分間素早く混合する。
- 出来上がったモルタルを型枠内に打設し、急結剤を型枠内のモルタル表面に所定量噴霧する。
- 所定の時間経過時、M12 ボルト(ヘッド部分の断面積 480mm²)をモルタルに約 5mm 程度貫入させ、貫入に要した力をロードセル（容量：1kN、精度：0.25N）にて測定する（図-2 参照）。
- d)の作業を同一供試体型枠内で場所を変えながら行う。

2.3 実験結果

図-3～5 に型枠の厚さ（モルタルの厚さ）5mm、10mm、15mm の結果を示す。型枠の厚さを薄くすることにより、貫入抵抗値の立ち上がりが明確になった。5mm と 10mm の結果を見ると、1%はグラフの立ち上がりが緩やかであることに對し、2%と3%は5分経過時から大きくなっている。これは、急結剤の量が多いほど表面が硬化していることを示していると考えられる。また、JIS A 1147（コンクリートの凝結時間試験方法）によれば、貫入抵抗が 3N/mm² で始発、28N/mm² で終結と定められている。本研究において貫入力をボルトの断面積で除した貫入抵抗値は 1N/mm²にも達していなかった。

3. まとめ

急結剤の最適な添加量を測定するために貫入抵抗試験を模した実験を行った結果、現状では急結剤の量が多いほど初期の貫入抵抗値が大きくなることを評価できた。しかし、貫入抵抗値をボルトの断面積で除した貫入抵抗値は 1N/mm²にも達しなかったため、より速い強度発現を目指し高濃度の急結剤の使用を検討する予定である。

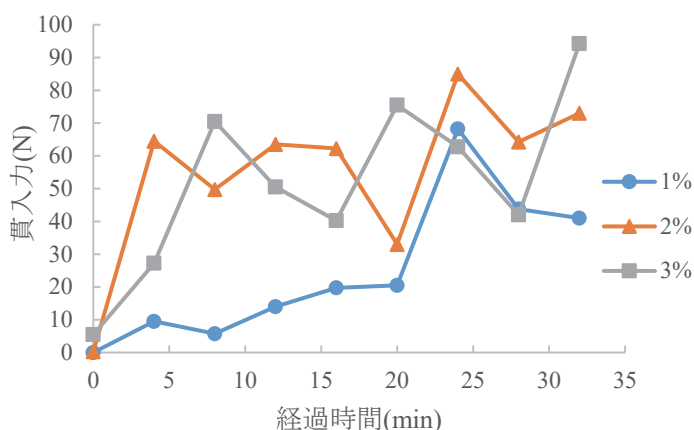


図-3 型枠の厚さ 5mm での貫入抵抗

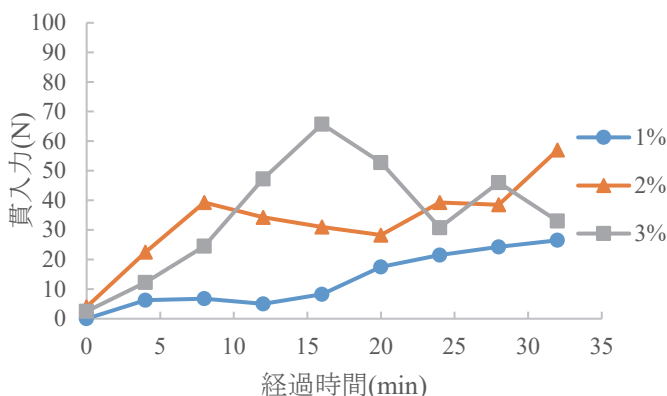


図-4 型枠の厚さ 10mm での貫入抵抗

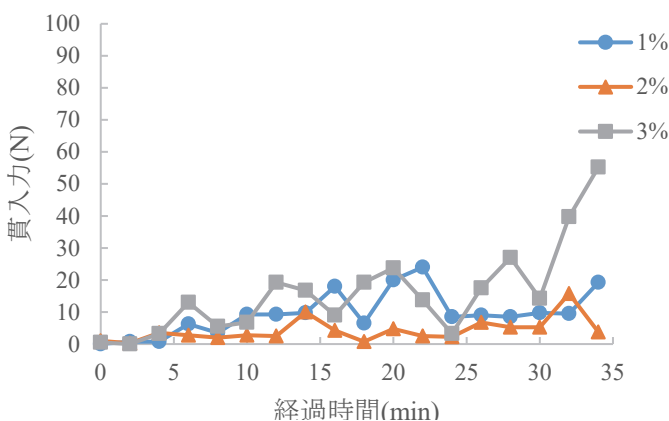


図-5 型枠の厚さ 15mm での貫入抵抗