

3Dプリンティング技術に資するセメント系材料の積層方法に関する検討

岐阜大学 学生会員 社本凜太郎
岐阜大学 正会員 國枝 稔

1. はじめに

近年, 建設用 3D プリンタでコンクリート構造物を建設するという事例が海外を中心に報告されている. 3D プリンティング技術により, 型枠を用いることなく様々な形状の部材を作製できる. 作業効率の向上や構造物作製の自由度の拡大などの観点から, 将来性があり今日注目されている技術である.

現在までに提案されている 3D プリンティングコンクリート技術のほとんどが材料を練混ぜて射出する方式である. しかし本研究では材料の練混ぜを行わずセメント系材料と水を別々に噴射する乾式技術を用い積層体を作製し, 3D プリンティングコンクリートに応用するための実験的検討を行った.

2. 乾式 3D プリンティング概要

2.1 研究内容

本研究ではセメント系材料と水を別々に噴射し, 積層させる乾式方法は湿式に比べ練混ぜが不必要, 粉体を扱うため長距離王送が可能などといった利点がある. しかし, 練混ぜを行わないが故に材料同士が混ざりにくいという問題がある.

そこで本研究ではこの問題を解決するために, 積層体ごとに材料散布量を減らし, 1層あたりの層厚を薄くすることで材料の均質性を確保することを目的とした.

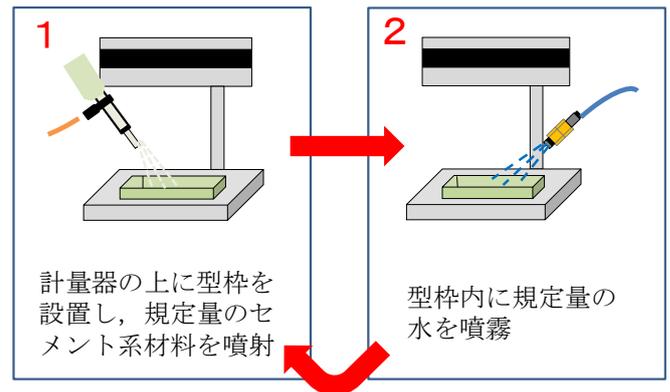
2.2 積層体作製手順

本研究では乾式方法により高さ約 4cm の積層体を作製した. 作製には早強セメント, 珪砂 6 号, 水を表-1 の配合となるように散布する. この配合はふるい法による既往の研究で検討された配合である. 図-1 に作製手順を示す. 図-2 にあるような 4cm×16cm×16cm の型枠にまずセメント系材料を規定量散布し, その後水を規定量噴霧した. この作業を層ごとに繰り返し行った. 積層体の作製後 4cm×4cm×16cm の供試体を 3 体切り出した.

本研究では積層体の作製にあたり, 粉体散布層の厚さを 1mm, 2mm, 3mm と 3 パターンに分け比較検討を行った. 1層あたり 1mm では約 40 層, 2mm では約 20 層, 3mm では約 13 層となる.

表-1 供試体の配合比率

	セメント	珪砂 6 号	水
配合比率	1.0	1.0	0.6



この作業を層の数繰り返す

図-1 積層体作製手順

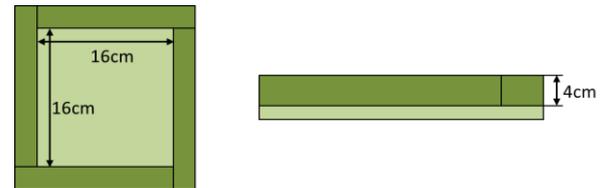


図-2 型枠の大きさ

2.3 評価項目

評価項目として, 圧縮強度, 曲げ強度および超音波伝播速度を測定し, 層の厚さが各種物性に及ぼす影響について検討した. まず積層体を用いて超音波伝播速度を測定した後, 4cm×4cm×4cm の曲げ供試体を切り出した. また, 曲げ試験実施後の切片を使用し, 圧縮試験を行った. 圧縮試験および曲げ試験はどちらも積層に対して垂直な方向に行った. 曲げ試験は計 3 体の平均値, 圧縮試験は曲げ試験により得られた切片計 6 体で実施した. なお, 養生期間は 14 日間とした.

3. 試験結果

図-3, 図-4, 図-5 に圧縮強度, 曲げ強度ならびに超音波伝播速度の測定結果を示す.

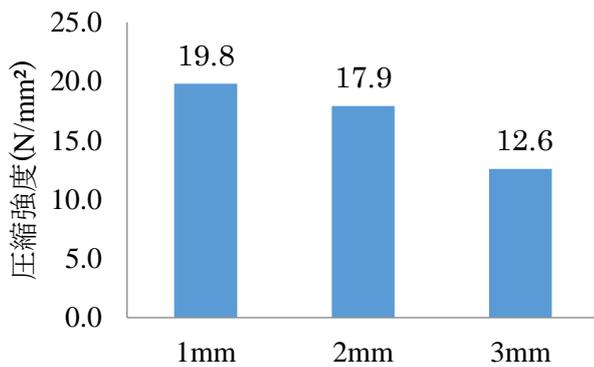


図-3 圧縮試験結果

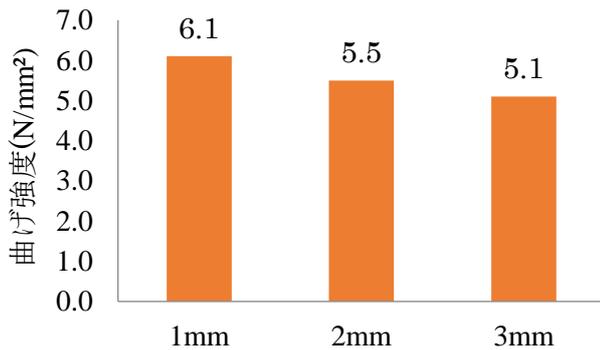


図-4. 曲げ試験結果

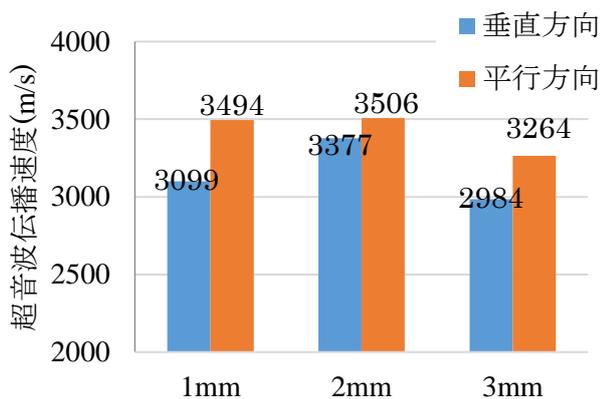


図-5. 超音波試験結果

圧縮強度、曲げ強度のいずれの結果も、層の厚さが薄いほど強度が高い結果となった。積層体内に使用した材料およびその使用量が同じでも、各種強度に差が生じ、1層あたりの材料散布量が少ないほど、水和が十分に進み高強度な硬化体の作製が可能であった。圧縮試験後の破断面の様子を図-6に示す。全ての供試体において、破壊時には層の剥離が見られた。これは層間の付着力があると見られ、強度にも影響したと考える。

超音波試験は積層に対して垂直な方向と平行方向の2パターンで実施した。平行方向の測定結果では、層厚が小さいほど超音波伝播速度が大きくなり、強度試験の結果と相関がある結果が得られた。しかし、垂直方向の測定結果では、明確な傾向が認められなかった。

図-7に積層に対して平行方向の超音波速度と圧縮強度の関係を示す。層厚が薄いほど超音波伝播速度が大きく圧縮強度が高くなる傾向が認められた。



図-6. 圧縮試験後の断面の様子

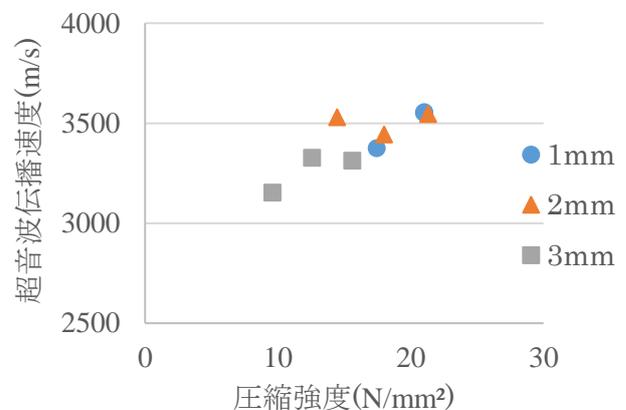


図-7. 超音波伝播速度と圧縮強度の関係

4. 結論

本研究で採用した乾式方法では、層厚の違いにより圧縮強度および曲げ強度に違いが出ることがわかった。特に層の厚さ1mmでは圧縮強度20N/mm²近くなった。しかし、圧縮試験後の供試体の観察結果から、層間の付着力がやや弱いことも確認された。また、超音波伝播速度と圧縮強度にはやや相関が認められた。

参考文献

- 1) 増田裕介：3Dプリンティングコンクリート技術に資するセメント硬化体の積層方法（平成29年度土木学会全国大会）