

セメント水和熱を用いた高圧噴射攪拌杭径確認手法における地下水流影響の検討

ライト工業（株） 正会員 ○村田 晋一
 ライト工業（株） 正会員 大西 高明
 ライト工業（株） 正会員 長崎 康司
 横浜国立大学大学院 非会員 中村 一穂

1. 緒言

高圧噴射攪拌工法は噴射ロッドの先端から硬化材を高圧で噴射・回転させることで、地盤を切削しながら混合・攪拌する方法である。本工法では品質管理向上の一環として、造成時もしくは造成直後での改良径・改良範囲の確認が検討されており、具体的な手法として電磁波計測法や比抵抗計測法、超音波計測法、フェノールフタレイン溶液による変色確認法など様々な手法が検討されている。その施工中確認手法の1つとして温度変化確認法がある¹⁾。本手法には、温度センサーを設定改良径にセットし、地中温度がセメント硬化時の水和熱により上昇することを確認する手法などがある²⁾。非常に簡便で優良な手法と考えられている一方、造成した改良体の周辺環境の影響で温度上昇を的確に検知できない懸念もあり、また周辺環境が与える影響についての知見も少ない状況である。

2. 目的

本試験では、改良体周辺の状況の中で、温度変化に最も影響を与える因子の一つと考えられる地下水流に注目し、モデル検証を行うことで、地下水流が与える影響について確認することを目的としている。本検証では模擬土壌と硬化材を混練したものを模擬改良体とし、断熱状態、滞留水状態、流水状態（線速度：36cm/h、132cm/h、1,080cm/h）において実験を実施した。

3. 実験方法

3-1. 実験材料

- ・荒木田土（湿潤密度：2.06g/cm³、含水比 23.63%）
- ・セメント（高炉セメント B 種）
- ・混和剤（硬化材の流動性および排泥粘性を低下する目的で添加）

硬化材の基本配合を Table1 に示す。また硬化材と荒木田土を体積比 1 対 1 で練り混ぜ、模擬改良体とした。

Table1 硬化材の基本配合と模擬改良体の配合比率

セメント	混和剤	水	荒木田土
760kg	10kg	741L	2,060kg
1 m ³			1 m ³

3-2. 実験内容

上記模擬改良体を使用し、(1)断熱状態、(2)滞留水状態、(3)流水状態の3条件で実験を実施した。実験内容は以下の通りである。実験時の室温、循環水用恒温水槽は 20℃で保持した。

(1) 断熱状態

断熱容器（内径×高さ=8.5cm×21cm）に上記模擬改良体を 700g 入れ、表面を均した後、発泡スチロール製の蓋を模擬供試体の表面に接着するように被せた。蓋に穴を開け、K 型熱電対を差込み（断熱容器の内壁から 5mm の位置）、温度変化を計測した。

(2) 滞留水状態

鋼製容器（内径×高さ=9cm×13cm）に上記模擬改良体を 700g 入れ、表面を均した後、発泡スチロール製の蓋を模擬供試体の表面に接着するように被せた。上記鋼製容器をプラスチック製ジャケット（内径×高さ=10cm×16cm）にセットし、初期温度 20℃の水をジャケットに注ぎ、水位は模擬改良体の上端に揃えた。発泡スチ

キーワード：高圧噴射攪拌工法 水和熱 地下水移動速度

連絡先：〒300-2658 茨城県つくば市島名 4090 ライト工業株式会社 TEL029-846-6175

ロール製の蓋に穴を開け、K 型熱電対を差込み（鋼製缶の内壁から 5mm の位置）、温度変化を計測した。また実験系外への熱の放出を抑制する為に断熱材で実験装置を覆った。

(3) 流水状態

(2)で使用したプラスチック製ジャケット内に循環水（20℃）を流しながら、温度変化を計測した。循環水の速度は 36cm/h、132cm/h、1,080cm/h の 3 条件とした。その他の条件は(2)と同様である。流水状態での実験状況の写真と概要図を Fig.1 に示す。

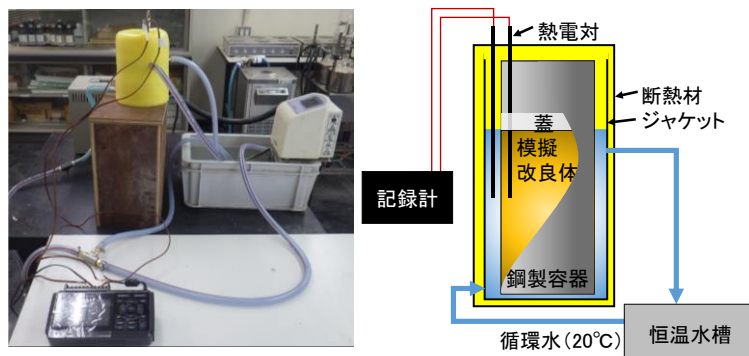


Fig.1 流水状態での実験状況写真（左）と概要図（右）

4. 結果

(1)断熱状態、(2)滞留水状態、(3) 流水状態における時間と温度変化の関係を Fig.2～Fig.4 に示す。

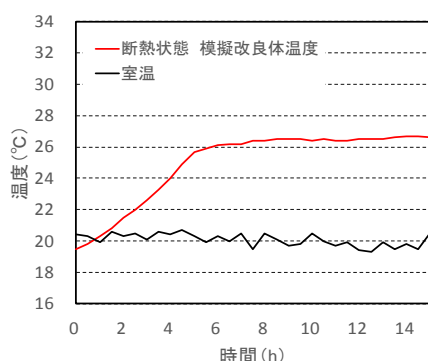


Fig.2 断熱状態での温度変化

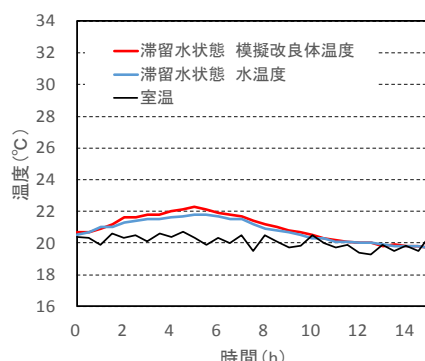


Fig.3 滞留水状態での温度変化

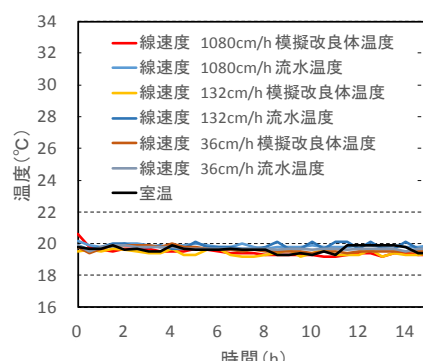


Fig.4 流水状態での温度変化

5. 考察

Fig.2の断熱状態では、セメントの水和反応に伴う発熱により、従来の知見どおり模擬改良体の温度上昇が確認された。Fig.3の滞留水状態では模擬改良体、滞留水共に一旦温度が緩やかに上昇した後、室温まで低下することが確認された。水和発熱反応に伴い放出されるエネルギーの一部が模擬改良体から滞留水へ移動したことで模擬改良体自体の温度上昇が抑制され、また断熱が不十分であった為、最終的に室温まで低下したと考えられる。

Fig.4の流水状態では、循環水（20℃）の線速度 36cm/h、132cm/h、1,080cm/h の 3 条件全てで、水和反応による温度上昇は確認されなかった。36cm/h 程度の水流が模擬改良体周辺に存在すると、発熱反応時の放出エネルギーの多くは周辺の流水に次々と移動し、模擬改良体の温度は上昇しなくなる。つまり潮汐により地下水流の流速が比較的速くなる可能性がある護岸などの場所において高圧噴射攪拌工法による単列配置改良体を造成した場合、周辺の地下水流の影響を大きく受けるため、改良体周囲での温度変化確認が困難になると示唆される。

6. 結言

本検証により、セメント硬化時の水和熱による模擬改良体の温度上昇は、周辺に存在する水の状況に影響されることが確認された。よって温度変化による改良径・改良範囲の確認を行う場合、改良体周辺の地下水流など水による影響を考慮する必要があると考える。今回は、比較的速い流速での検証を実施したが、今後は低流速や温度センサー位置の変更等、異条件での検証を実施し、地下水流が改良体の温度変化に与える影響について知見を増やしていく予定である。

参考文献

- 1) 島野ら, 高圧噴射攪拌工法における出来形径の管理方法, 第 51 回地盤工学研究発表会, 2016. 9.
- 2) 稲木ら, 供用中岸壁における高圧噴射攪拌工法による岸壁背面の地盤改良対策例, 土木学会第 66 回年次学術講演会, 2011. 9.