

セメント系固化材を使用した改良土の温度を上昇させる効果(その2)

—長期強度の安定性, 改良体内部の残留気泡の確認と室内配合試験方法の検討—

(株)加藤建設 正会員 ○野田昌道

正会員 松下恭司

1. はじめに

セメントやセメント系固化材による改良土の特徴である『養生温度が高いほど強度発現を促進する』ことに着目し, 従来施工よりも高温なセメントスラリを製造して原位置土と機械攪拌するヒートソイル工法が開発された. 同工法で造成した改良体の初期温度を上昇させた効果は, 試験施工で確認され, 松下¹⁾が報告した. その中で, 検証すべきことがいくつか挙げられた.

コンクリートを初期に高温養生すると長期養生後には強度低下する報告があり, 改良体の長期強度の安定性について確認する必要がある. また, 高温なセメントスラリを製造する際, 蒸気を混入させているため, 改良体内部に気泡が混入することが考えられる. その他, 『養生温度が高いほど強度発現を促進する』ため, ヒートソイル工法の場合, 現在行われている事前室内配合試験の標準養生(20℃養生)で固化材添加量を推定すると過大な添加量となる.

本報では, 前報に続き, 試験施工で造成した改良体の長期強度(材令360日)確認結果, ボーリングコアの湿潤密度および目視確認による改良体内部の残留気泡確認結果に加え, ヒートソイル工法の室内配合試験方法について検討したことを報告する.

2. ヒートソイルの試験施工

幅2.0m×奥行3.0m×深度4.0mをパワーブレンダー工法により, 従来施工とヒートソイル施工を同一条件で行ない, 品質の比較を行なった. 原地盤の土質性状と施工条件を表-1に示す. なお, ヒートソイル施工では, 251kW級の簡易ボイラを2台使用して高温なセメントスラリを製造した.

表-1 原地盤の土質性状と施工条件

土質分類	砂混じり粘性土
湿潤密度	1.747g/cm ³
自然含水比	67.0%
固化材種類	一般軟弱土用固化材
固化材添加量	150kg/m ³
水セメント比	115%

3. 長期強度の確認結果

図-1に材令毎の一軸圧縮試験結果および図-2にヒートソイル施工と従来施工との強度比較を示す. ヒートソイル施工と従来施工との強度比は, 特に, 数日間以内の短期強度で大きくなり, 材令28日以後は概ね1.4で推移していた. 前報¹⁾で材令120日まで強度を確認したが, 材令360日においてもヒートソイル施工と従来施工との強度比は1.4のまま維持していた.

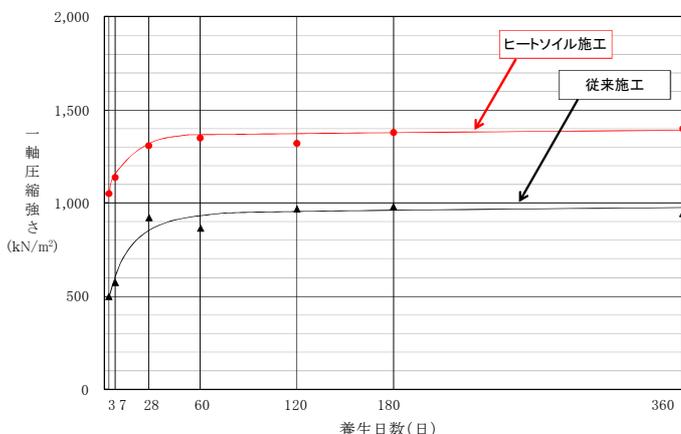


図-1 材令毎の一軸圧縮試験結果

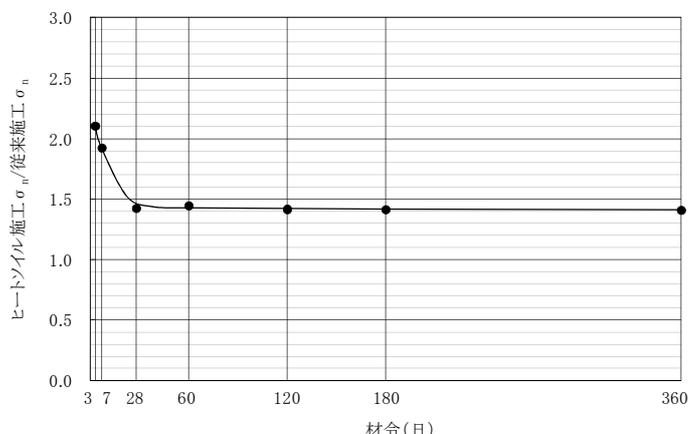


図-2 ヒートソイル施工と従来施工との強度比較

キーワード 改良土, 長期強度, 養生温度, 室内配合試験

連絡先 〒136-0072 東京都江東区大島 3-19-2 (株)加藤建設 パワーブレンダー工法推進部 TEL03-5858-3288

4. 改良体内部の残留気泡の確認結果

改良体内部の残留気泡を確認するため、ボーリングコアの湿潤密度および乾燥密度、目視により比較した。表-2 にヒートソイル施工と従来施工との密度比較を示す。ヒートソイル施工と従来施工の湿潤密度および乾燥密度を比較すると、ほとんど差は見られなかった。また、ボーリングコアを目視確認したところ、大きな気泡もなかった。これは、熱したスラリー温度は 50℃程度であり、固化材スラリーに混入した蒸気が、主にスラリー温度の上昇に使用され液体となったためだと考えられる。また、パワーブレンダー工法の場合、鉛直方向に攪拌混合するので気泡が内在したとしても上方へ開放されたためだと考えられる。

5. 室内配合試験の養生温度の設定

ヒートソイル工法の室内配合試験方法の養生温度について検討するため、試験施工箇所の付近で原位置土を採取し、試験施工と同一

配合で室内配合試験を行った。供試体作製方法は、「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法(JGS0821)」に準拠した。また、養生方法は、恒温恒湿器を用いて養生温度を 20, 30, 40℃で 28 日養生した。表-3 に室内配合試験結果を示す。

室内配合試験では、30℃養生および 40℃養生した強度は、20℃養生の強度と比較して、それぞれ 1.15 倍、1.39 倍であり、ある程度温度が上がると強度発現効果が促進されると考えられる。原位置機械攪拌と室内配合試験を比較すると、先の 3. で示したように、原位置機械攪拌した場合、ヒートソイル施工と従来施工との強度比が 1.42(材令 28 日)であり、室内配合試験で得られた 40℃養生と 20℃養生の強度比 1.39 と比べ現場強度が僅かに安全側の結果となった。また、試験施工で熱電対を用いて改良体の温度を測定したところ、ヒートソイル施工箇所の改良体温度は、早期強度に必要な材令 7 日時点で 42℃であり、室内配合試験において養生温度を 40℃とすることは妥当だと思われる。

6. まとめ

今回、従来施工よりも高温なセメントスラリーを製造し原位置土と機械攪拌するヒートソイル工法の効果を確認するため、試験施工で造成した改良体の長期強度(材令 360 日)の安定性および改良体内部の残留気泡を確認し、さらにヒートソイル工法の室内配合試験方法について検討し、以下の結果が得られた。

- 1) ヒートソイル施工と従来施工との強度比は、特に、数日間以内の短期強度で大きくなり、材令 28 日以後、材令 360 日まで概ね 1.4 で推移した。当初懸念された初期に高温養生することで生じる長期強度の低下は確認されず、長期的に強度は安定していた。
- 2) 改良体内部の残留気泡を確認するためボーリングコアの湿潤密度および乾燥密度、目視により比較したが、ヒートソイル施工箇所と従来施工箇所ではほとんど差がなく、大きな気泡も見られなかった。
- 3) 試験施工箇所のヒートソイル施工と従来施工との強度比を確認したところ 1.42(材令 28 日)であり、室内配合試験で得られた 40℃養生と 20℃養生の強度比 1.39 と同程度だった。今回の試験施工について、現場で計測した改良体の温度からも室内配合試験において 40℃養生することは適正だと考えられる。ただし、土質や添加量の違いによって温度と強度発現の状況は変わることも考えられるので、データを蓄積する必要がある。

今後、土質や添加量、気温など様々な条件下でデータを蓄積していきたい。また、室内にて強度発現に効果がある最大の養生温度を確認し、施工現場で室内の再現ができるようにボイラシステムを含め施工システムなどを改善していきたい。

《参考文献》

- 1) 松下:セメント系固化材を使用した改良土の温度を上昇させる効果, 土木学会全国大会第 64 回年次学術講演会, 2009.9
- 2) 松下, 野田:セメント系固化材を使用した改良土の温度を上昇させる効果(その3), 土木学会全国大会第 65 回年次学術講演会, 2010.9(投稿中)

表-2 ヒートソイル施工と従来施工

との密度比較(材令 360 日)

	湿潤密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)
ヒートソイル施工	1.636	1.095
従来施工	1.632	1.093

表-3 室内配合試験結果

(固化材添加量 150kg/m³、W/C1.15、 σ_{28})

	養生温度(℃)		
	20	30	40
一軸圧縮強さ (kN/m ²)	1,440	1,662	2,005
20℃強度との比率	1.00	1.15	1.39