

塩酸溶解熱法を用いた固結工の強度推定による品質管理事例

前田建設工業(株) 正会員 村瀬 邦彦
前田建設工業(株) 正会員 ○松下 弘樹

1. はじめに

本工事は盛土前の応力遮断,擁壁支持のためのセメント系機械攪拌式深層混合処理工,及びバーチカルドレーン工による圧密促進を行う地盤改良工事である。

非一様性の高いセメント系地盤改良工は,品質管理項目として,一軸圧縮強度試験 (JIS A 1216) により,28 日経過後に圧縮強度確認を実施する。しかし,28 日経過後に強度不足等の品質不良が確認された場合には致命的な手戻りが発生する恐れがある。そのため,改良直後に材齢 28 日強度を推定できる試験方法として,塩酸溶解熱法による強度確認を実施した。

本稿では,塩酸溶解熱法を実施した際の推定強度を用いた品質管理手法について報告する。

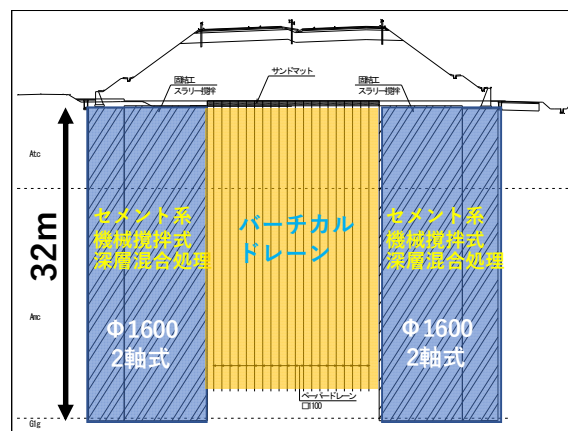


図-1 標準断面図

2. 塩酸溶解熱法の概要

2-1 試験概要

本手法である塩酸溶解熱法は,セメント系固化材に含まれるカルシウム分と塩酸が反応して発熱する性質を利用したコンクリート強度推定方法であり,精度自体は低いものの造成直後に材齢 28 日強度を推定できるため,早期に施工仕様へのフィードバックが可能な簡易測定方法である。そのため,致命的な手戻りによる再施工を確実に防止できる。

2-2 室内配合試験

室内配合試験の手順を以下に示す。

- ① コアボーリングにより,原位置試料を採取する。採取した原位置試料と固化材を混合して未固結試料を作成し,塩酸の温度と 0.5°C 以内に調整する。
- ② 未固結試料と 6N 塩酸の平均温度を初期温度として記録する。
- ③ 未固結試料 (100g) と 6N 塩酸 (100ml) を 30 秒間混合攪拌し,10 分後の温度を測定する。②の初期温度との差を温度上昇量 $\Delta t (^{\circ}\text{C})$ として記録する。
- ④ ③と同一の試料を用いて供試体を作成し,一軸圧縮強度 $q_u (\text{kN}/\text{m}^2)$ を測定する。
- ⑤ 添加量毎に温度上昇量 $\Delta t (^{\circ}\text{C})$ と一軸圧縮強度 $q_u (\text{kN}/\text{m}^2)$ を測定する。

以上により,本施工前に温度上昇量 Δt と 28 日後の一軸圧縮強度 q_u の関係を得て相関図を作成した。

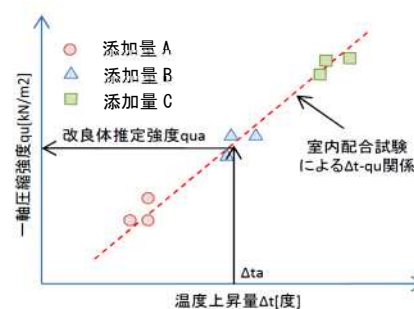


図-2 強度推定方法の概念図

設計強度 (kN/m^2)	添加量 (kg/m^3)
1000	306
700	230
620	209
480	174

図-3 設計強度別固化材添加量

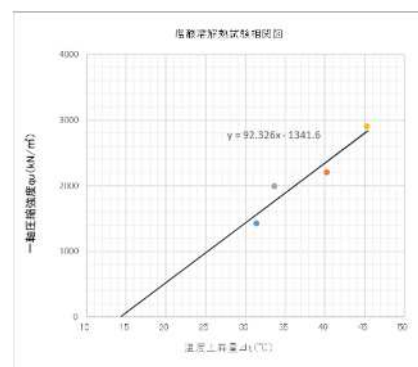


図-4 室内配合試験による相関図

キーワード 地盤改良 固結工 一軸圧縮強度 強度推定 塩酸溶解熱法

連絡先 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄 5-25-25 前田建設工業(株) 中部支店
TEL 0584-68-2002 FAX 0599-68-2003

3. 現場での品質確認

3.1 実施工について

現地試料による試験の実施

当現場での試験頻度は、杭種毎に16回とし、以下の手順で実施した。

- ① 造成直後の改良体より、未固結試料を採取し、温度測定を行った。
また、試料温度に合わせて、塩酸の温度差が 0.5°C 以内となるように、ぬるま湯や保温ケースを使用することで温度調整した。
- ② 初期温度を測定後、未固結試料と6N塩酸を混合して30秒間攪拌し、10分後の温度と初期温度との差分を温度上昇量 Δt として、事前に作成した相関図より設計基準強度以上であることを確認した。
- ③ 地盤改良施工後（材齢28日）杭種毎に4地点において、コアボーリングにより、GL-5.0m位置の資料を採取し、一軸圧縮強度試験を実施した。
- ④ ②の推定強度と③で得られた圧縮強度の比較を行った。



写真-1 未固結試料採取状況



写真-2 塩酸溶解熱試験実施状況

3.2 試験結果

塩酸溶解熱試験結果について得られた知見を以下に示す。

- ① 配合試験時に得た相関関係は近似式に対して20%のバラつきを有しており、同一温度では $\pm 268\text{kN/m}^2$ となる。
- ② 今回得られた現地試験結果より最大差は 545kN/m^2 、最小差は -565kN/m^2 であり、 $\pm 40\%$ 程度の範囲内となる。
- ③ 現地試験より得られた温度上昇量 Δt と一軸圧縮強度 q_u より相関関係を再確認した結果、近似式は配合試験結果より圧縮強度が20%低い値を示し、バラつきは40%程度となった。
- ④ 現地試験結果が配合試験時の下方に示されたのは、含水比や外気温等の現地条件による影響だと判断できる。

試料No.	設計基準強度 (kN/m^2)	①塩酸溶解熱法 推定強度 (kN/m^2)	②材齢28日 一軸圧縮強度 (kN/m^2)	①-② 差 (kN/m^2)
1	620	1566	1484	82
2	1000	2416	1565	851
3	480	1354	805	549
4	1000	2268	2527	-259

図-5 推定強度と一軸圧縮強度比較表

試料No.	温度上昇量 Δt ($^{\circ}\text{C}$)	材齢28日 一軸圧縮強度 (kN/m^2)
1	31.5	1484
2	40.7	1565
3	29.2	805
4	39.1	2527

図-6 現場試験から得た試験値

4. まとめ

今回の塩酸溶解熱試験結果では、一軸圧縮強度よりも試験値が大きくなる傾向を示した。また、室内配合試験で得た近似式の約20%程度下方の位置に相関関係が確認できた。

しかし、現地試験で得られた近似式からのバラつきは40%範囲内となったが、要因として100gと少量の試験試料を用いるため採取試料による個体差が大きく影響したと考えられる。

一般的にセメント系地盤改良工の強度は、安全率3を確保して施工するため、塩酸溶解熱法による約40%のバラつきを考慮しても、十分に品質管理方法として実用可能であることが確認できた。

塩酸溶解熱法により、強度不良が確認された場合にも、施工早期に貫入速度や吐出量等の施工仕様へのフィードバックが可能となり、致命的な手戻りを防止することができる。

今後の展望として、試料採取方法の工夫により、表層だけでなく深層の強度確認にも応用することで、土質の変化に応じた推定強度の傾向を把握し、地盤改良工事の品質管理手法として活用できるものである。

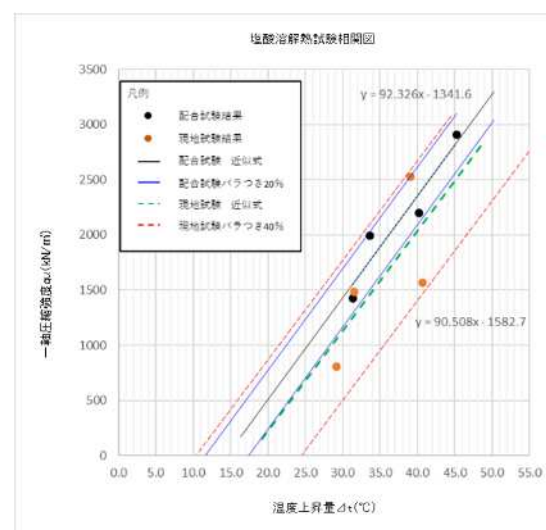


図-7 配合試験と現場試験による相関図