

塩酸溶解熱法による固化材含有量計測システムの現場適用事例

(株)大林組 正会員 ○望月 勝紀 正会員 幸山 大己
正会員 森田 晃司 正会員 鈴木 剛

1. はじめに

セメント系固化材を用いる地盤改良工やソイルセメント杭などの品質管理では、固化体の一軸圧縮強さが所定の基準を満たすことを確認するが、施工直後に採取した未固結試料を一定期間養生する必要があり、即座に強度を確認できない。そのため、万一、一軸圧縮試験で強度不足が発生した場合、多大な労力をかけて補修や再施工しなければならない。そこで、著者らが開発した固化材含有量計測システム（以下、本システムと称す）¹⁾を用いて、未固結の固化体に含まれる固化材の量（以下、固化材含有量と称す）を算定し、事前に行う配合試験結果から強度を推定する手法を検討した（図-1）。本稿では、本システムの概要と現場での適用事例を報告する。

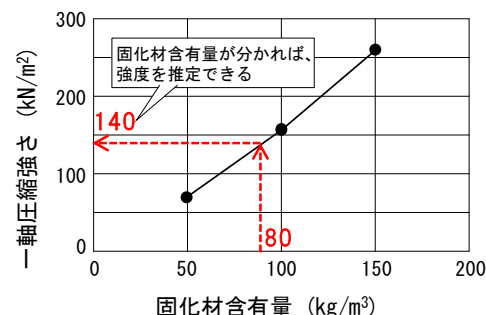


図-1 配合試験結果の例

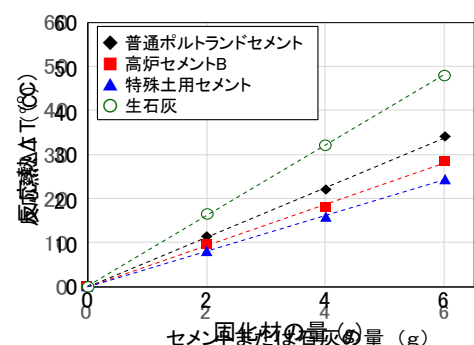


図-2 固化材の量と反応熱 ΔT の関係

2. システムの概要

本システムの計測原理である塩酸溶解熱法では、図-2に示すように、固化材の量と、固化材と塩酸を混合する際に生じる反応熱 ΔT に相関があること²⁾を利用して、固化材含有量を算定する。写真-1、図-3に本システムと概要図を示す。本システムは試料と塩酸を混合する「混合装置」と、固化材含有量の算定をする「演算装置」で構成される。反応熱 ΔT は、試料と塩酸を混ぜた際の最高温度 T_{max} から初期温度 T_i を差し引くことで求められる。塩酸溶解熱法では、混合前の土、水、塩酸、セメントの温度を同じにしておき、その時の温度を初期温度 T_i とするが、気温が変化する屋外ではそれが難しい。そこで、本システムでは土、水、塩酸の温度を計測して、それぞれの温度、比熱、質量から熱量、熱容量を計算し、初期温度 T_i を計算して設定することにした。



写真-1 固化材含有量計測システム

3. 計測方法

計測フローを図-4に示す。まず、土や固化材の物性値を演算装置に入力する。比熱は一般値を用いてよい。次に事前計測を行い、固化材含有量と反応熱 ΔT の関係（検量線）を得る。そして、本計測として施工時に採取した未固結試料と塩酸を混合し、反応熱 ΔT を計測し、固化材含有量を算定する。事前計測の所要時間は約30分程度で、土質や配合が変わらなければ、繰り返し実施する必要はない。本計測の所要時間は1回当たり約3分である。写真-2に計測の様子を示す。システムは非常にコンパクトで場所を取らない。

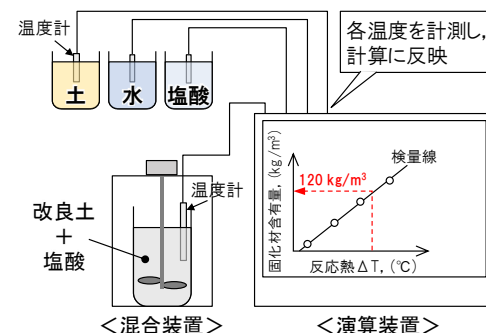


図-3 システムの概要図

キーワード 地盤改良工, ソイルセメント杭, 流動化処理土, 固化材, 品質管理, 品質確認

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 (株)大林組生産技術本部技術第二部 TEL 03-5769-1302

4. 現場適用のための室内試験

本システムの現場適用性を確認するため、地盤改良工，流動化処理土，ソイルセメント杭を模擬して，検量線の作成を試みた．それぞれの固化材添加量を表-1に示す．なお，ソイルセメント杭では，遅延剤をセメント重量の4.6%添加して，その影響を確認した．試験で得られた検量線を図-5に示す．決定係数 R^2 は0.9646～0.9999でいずれも高い相関を示しており，現場に十分適用できると判断した．また，遅延剤は影響しないことが確認できた．

表-1 固化材添加量

	固化材添加量 kg/m^3	計算方法
地盤改良工	50, 75, 100, 150, 200	外割
流動化処理土	100, 150, 200, 250	内割
ソイルセメント杭	142, 212, 283, 425, 566	内割

5. 現場適用事例

本システムを工種の異なる3現場（現場A：地盤改良工（8試料），現場B：流動化処理土（3試料），現場C：ソイルセメント杭（6試料））に試験適用した．各現場において，施工直後の未固結試料を原位置から採取し，本計測を実施して一軸圧縮強さを推定した．また，本システムによる強度推定精度を確認するため，同じ試料を用いて供試体（ $\phi 50 \times 100\text{mm}$ ）を作成し，28日養生後に一軸圧縮試験を実施した．図-6に本システムで推定した一軸圧縮強さと一軸圧縮試験の結果を示す．多少ばらつきはあるものの，両者による一軸圧縮強さには，概ね1:1の関係が得られており，原位置で採取した未固結試料から迅速に強度を推定することで，品質管理に利用できる可能性が示された．また，現場で迅速に強度推定を行う事で，何らかの施工トラブル（材料の計量ミスや注入量の間違い等）で強度不足が発生したとしても早急な対応が可能となる．

6. まとめ

塩酸溶解熱法を用いた固化材含有量計測システムを開発し，現場に試験適用した．本システムを用いることで，約3分で固化材含有量を算定できる．固化材含有量から推定された一軸圧縮強さは一軸圧縮試験結果と同程度であり，固化体の強度不足による手戻り防止に寄与できる．また，地盤改良，流動化処理土，ソイルセメント杭などの幅広い分野に適用できることが確認できた．今後は，積極的に本システムを現場に導入して，データを蓄積し，さらなる精度向上を目指し，改良を進めていく予定である．

参考文献

1) 望月ら：塩酸溶解熱法による固化材含有量計測システム「セメダス」の開発，2019年度土木学会全国大会，2) 久保ら：ソイルセメントのセメント含有量試験への塩酸溶解熱法の適用，大林組技術研究所報No.46，1993

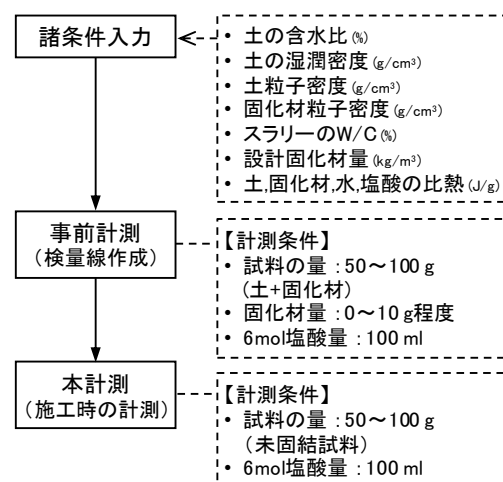


図-4 計測フロー



写真-2 計測状況

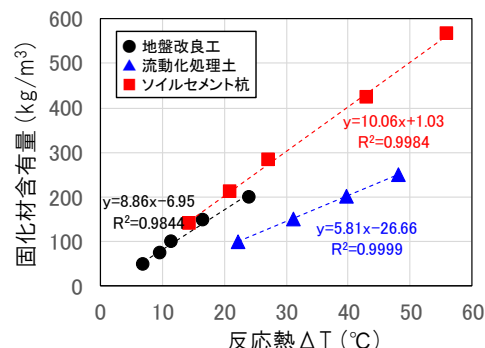


図-5 室内試験結果(検量線)

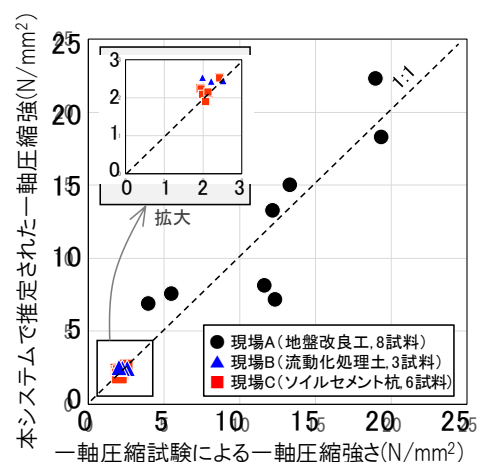


図-6 試験結果