

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

(株) 大林組 正会員 〇望月 勝紀 正会員 森田 晃司
(株) 立花マテリアル 非会員 久保 博 非会員 長尾 善彰

1. はじめに

セメント系または石灰系固化材による地盤改良は、配合試験で決定した量の固化材を土に添加し、攪拌混合することで改良体を造成する。その品質管理は、一軸圧縮強さが所定の基準を満たすことを確認する(表-1)¹⁾。しかし、一軸圧縮試験は、攪拌混合直後に採取した改良土を一定期間養生する必要がある、万一、強度が不足していた場合、多大な労力をかけて補修または再施工しなければならない。現場で即座に一軸圧縮強さを把握できれば、手戻りのない施工が可能になる。そこで、我々は改良体に含まれる固化材の量から強度を推定することにした。固化材の量の計測方法には、塩酸溶解熱法、化学分析法、X線分析法、示差熱分析法などがあるが、迅速性や試験の簡便さという点から塩酸溶解熱法を用いることにした。本稿では、固化材含有量計測システム「セメダス」の開発に向けた各種検討結果を報告する。

表-1 品質管理基準の例

試験項目	試験方法	規格値	頻度
一軸圧縮試験	JIS A 1216	①各供試体の試験結果は設計基準強度の85%以上 ②1回の試験結果は設計基準強度以上。 なお、1回の試験とは3個の供試体の平均値で表す	改良体500本未満は3本、500本以上は250本増えるごとに1本追加する。試験は1本の改良体について、上・中・下それぞれ1回、計3回とする。以下省略

陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアルより

2. 塩酸溶解熱法の原理

塩酸溶解熱法は、塩酸と固化材を混合した時の反応熱(上昇温度) ΔT と固化材の量に相関があること^{2),3)}を利用して、改良体に含まれる固化材の量を算定する。図-1 にセメントや石灰などの固化材の量と、それらに塩酸を混合した際の反応熱 ΔT の関係を示す。いずれも、反応熱と固化材量に相関があることが分かる。

以下に、固化材の量の算定手順を示す。詳細は4で述べる。

- ① 事前計測で、固化材量と反応熱の関係(検量線)を得ておく。
- ② 固結前の試料(改良体)を採取し、塩酸と混合する。
- ③ 反応熱 ΔT を計測し、①の検量線から固化材の量を算定する。

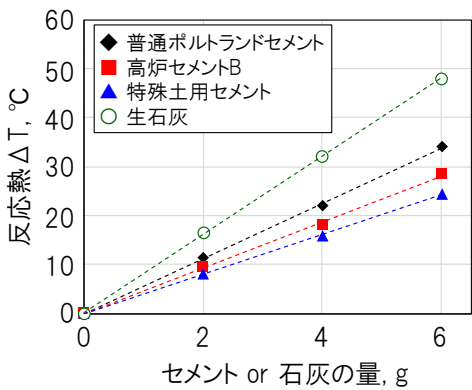


図-1 固化材の量と反応熱 ΔT の関係 (塩酸:6mol, 100ml)

3. 現場適用に向けた課題と解決策

塩酸溶解熱法を屋外で適用する場合、気温が算定結果に大きく影響する。例えば、冬期は採取した改良土が冷やされ、塩酸を混合した際の反応熱 ΔT が小さくなり、実際の固化材の量より少ない量が算定される恐れがある。また、反応熱が 1°C 変化すると、固化材(高炉セメント)の量に 3~10%程度の誤差が生じることは図-1 を見ても明らかである。これは、事前計測(検量線作成)時と本計測時の両方で起こりうる。そこで、気温の影響を受けやすい土・水・塩酸・改良土(混合土)の4つの温度を計測し、それぞれの温度、比熱、質量から熱量、熱容量を計算することで、反応熱 ΔT を補正しようと考えた。補正式は、塩酸混合時の最高温度を T_{max} 、初期温度を T_i とすると、式-1 になる。

$$\Delta T = T_{\text{max}} - T_i$$
$$= T_{\text{max}} - \{(\text{土、水、塩酸、セメントの熱量の和})/(\text{土、水、塩酸、セメントの熱容量の和})\} \cdots \text{式-1}$$

キーワード 地盤改良工, 固化材, セメント, 石灰, 品質管理
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-1 5-2 (株) 大林組生産技術本部技術第二部 TEL 03-5769-1302

4. セメダスの概要

写真-1, 図-2 にセメダスの写真と概要図を示す。セメダスは、試料と塩酸を混合する『混合装置』と、検量線の作成および固化材含有量の算定をする『演算装置』の2つのユニットから構成される。試料を入れる容器は断熱構造としており、外気温の影響を極力排除している。演算装置には4つの温度計が装備されており、土、水、塩酸の温度、および改良土と塩酸の反応熱をそれぞれ計測する。試料と塩酸の混合中は、化学反応により温度が徐々に上昇する。セメダスでは最高温度 $T_{\max}$ を自動認識させ、反応熱 ΔT を計算し、演算装置に取り込む。

図-3 に計測フローを示す。演算装置に入力する土質データには、配合試験の結果を用いる。また、比熱は一般値を用いて良い。事前計測では、固化材添加量の異なる4～5つの試料を100g用意する。各試料と塩酸 100ml を混合し、反応熱を計測して、固化材の量と反応熱の関係(検量線)を得る。塩酸は、あらかじめ 100ml にパック詰めされたものを使うため、現場で計量する必要はない。事前計測の所要時間は約 20 分で、土質条件が変わらなければ、繰り返し行う必要はない。

地盤改良施工時の本計測では、改良直後の未固結の改良土を 100g 採取し、塩酸 100ml と混合し、温度を計測する。そして、事前計測で得られた検量線から固化材の量を算定する。なお、試料採取から 1 時間以内に塩酸と混合すれば、結果への影響は小さい。1 回当たりの所要時間は約 3 分である。

5. 精度検証

気温 25℃の室内にて事前計測を行い、検量線を作成した。次に、気温 10℃の屋外にて本計測として、あらかじめ固化材含有量が分かっている試料(70, 120, 170kg/m³)を用いて、固化材の量を温度補正の有無で算定した。表-2 に結果を示す。温度補正なしの誤差は-14%～-12%, 補正ありの誤差は-4～9 %となった。このことから、温度補正は有効であり、精度向上に寄与することがわかった。

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「セメダス」を開発した。一軸圧縮試験とは異なり、わずか 3 分で結果を得ることができる。また、材料の温度補正を実施することで、精度の良い計測が可能となった。さらに、計測操作の大部分を自動化したため、誰でも簡単に計測できる。今後、積極的にセメダスを現場に導入して、地盤改良工の品質管理に活用していく予定である。

参考文献

1)陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版, 土木研究センター, 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, 3)神田:まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定方法, 土木学会論文集 第 193 号



写真-1 セメダス

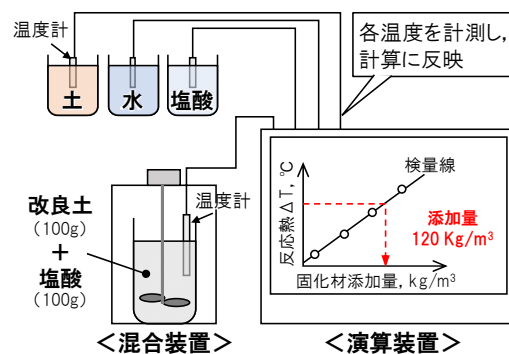


図-2 セメダスの概要図

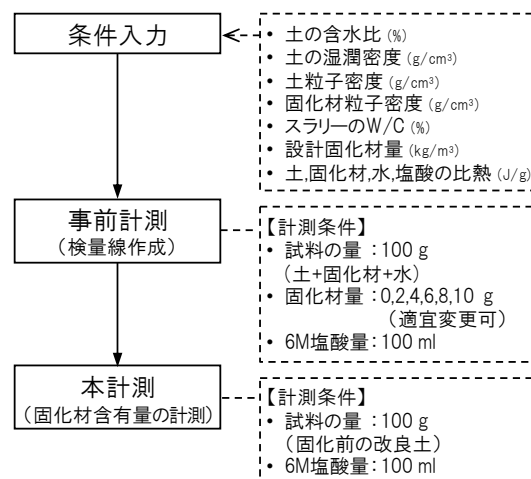


図-3 計測フロー

表-2 精度検証結果

実際の含有量(kg/m ³)	セメダスによる算定結果			
	補正なし(kg/m ³)	誤差(%)	補正あり(kg/m ³)	誤差(%)
70	61.4	-12	76.3	9
120	105.1	-12	122.3	2
170	146.8	-14	162.5	-4