

# 建設発生土に含まれる石灰・セメント分混入量の現地迅速推定法の検討

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○赤塚真依子  
同 大脇 英司  
同 藤原 靖

## 1. はじめに

土木工事における建設発生土は大量であり、埋戻し土などでの利用が期待されている。掘削作業では、周囲でコンクリートや地盤改良材等を使用する場合があります、石灰・セメント等が一部発生土に混入することもある。処分方法や周囲への環境影響等を検討する際に、発生土の性状は大変重要であり、セメント等の混入量を現地にて迅速に把握することで処分方法や有効利用を随時判断することができる。

石灰・セメントはともにCaが主成分であり、Ca等が水に溶解することでpHもアルカリ性を示す。コンクリート等の配合推定ではCaの含有量から混入量を推定しており、セメント協会法(F-18)<sup>1)</sup>など多くの研究が報告されているが、測定には数日を要し、滴定やICP、原子吸光など実験設備や分析技術が必要となる。本研究では、発生土のpH測定および簡易測定器による塩酸抽出液のCa濃度測定により、現地にて迅速に行える石灰・セメント分混入量の推定方法を検討した。

## 2. 試料および試験方法

### 2.1 模擬試料

掘削現場にて地山、吹付けコンクリート(以下コンクリート)を採取し、含水比を測定した<sup>2)</sup>。採取した試料は、ふるいを用いて-5mmに粒度調整後、地山に対してコンクリートを所定の割合に混合し、模擬試料とした。

### 2.2 pH 測定および Ca 測定

各試料のpHとCa濃度を測定し、それぞれの値とコンクリート混入率との比較を行った(図 1)。土のpHは地盤工学会法にて測定し<sup>3)</sup>、Ca濃度は試料中のCaを塩酸で抽出し、抽出した溶液中のCa濃度を測定した。Ca抽出では、塩酸濃度を定めるために 0.1, 1, 5mol/Lの塩酸(和光純薬製、特級)30mlを模擬試料 10gに対して添加した。密閉容器にて 10 秒間かくはんし、均質にした後に 220rpmで 30 分間振とうした。遠心分離(3000G)を 10 分間行い、上澄み液を採取した。定量分析には、現場での実用化を検討するため、可搬型の多項目水質計(吸光光度法)を使用した。使用した装置のCa測定範囲が 0.5-15.0mg/Lであるため、上澄み液は適宜希釈した。装置のpH許容範囲は 5-9 であるが、簡略化のため pH調整は行わなかった。

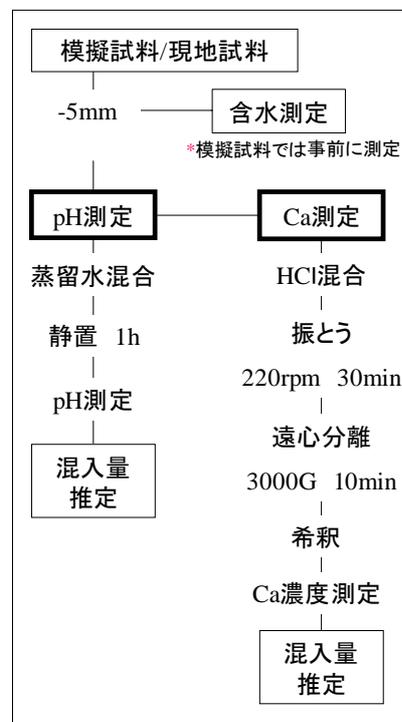


図 1 試料調整および試験方法

## 3. 試験結果

### 3.1 pH 測定による推定

コンクリート混入率と土の pH の関係を図 2 に示す。混入率の増加に伴い pH も高くなり、対数関数を用いて良い相関が得られた。pH から混入率を推定する場合、混入率 10-100%での pH の値は 10-12 の範囲に集中しており、pH の差が小さいことから pH の測定誤差が推定値に与える影響等が大きくなる。今回の試料では、pH による混入量推定を pH9.5 付近までとし、混入率 2.5-7.5%までの値で直線近似したものを検量線として使用した。

### 3.2 Ca 濃度測定による率推定

コンクリート混入率と Ca 濃度の関係を図 3 に示す。Ca 濃度は、多項目水質計にて得られた Ca 濃度から

キーワード：配合推定 簡易測定 建設発生土 pH Ca 測定

連絡先：〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7226

希釈率を基に計算で求めた塩酸抽出液中の濃度である。塩酸 0.1mol/L では Ca 濃度にほぼ変化が無いことから、塩酸濃度が低く、Ca 溶出反応が不十分であると考えられる。一方、塩酸 1mol/L と 5mol/L では、混入率上昇に伴い Ca 濃度も高くなり、直線での相関が得られた。

混入率 100%において、塩酸 1 mol/L と 5 mol/L の Ca 濃度は図 3 に示すように pH 未調整(図 1 参照)では異なる値を示した。しかし、試料溶液の pH 調整をした後に測定した濃度はほぼ同じ値を示した。これは、測定に用いる試薬<sup>4)</sup>(フタレインコンプレクソン法)に pH 依存性<sup>5)</sup>があるためであり、ある 1 つの塩酸抽出溶液について希釈率を変えて測定した場合も、pH が変化することから Ca 濃度の測定値は異なる値となった。よって、塩酸 1 mol/L と 5 mol/L の Ca 濃度の差は、塩酸抽出は十分であるが、未調整の場合は装置の測定許容 pH を大きく酸性側に外れているために検量線が全体的に上に移動したからと考えられる。本研究では、混入率の推定に使用するのみであるため、正しい Ca 濃度の値は必要としないことから、簡便化を目的に希釈率を固定することで pH 調整は行わないこととした。また、現場での作業性等を考え、本試料においては塩酸の濃度を 1 mol/L とした。

3.3 pH 推定と Ca 推定の比較

図 2, 図 3 で得られた検量線を用いて測定値から推定した混入率と実際に混入した値の比を計算したものを図 4 に示す。比が 1 に近いほどよい相関が得られたといえる。pH 推定は、直線近似を使用したため低混入領域でよい相関となり、混入率 2.5-7.5% では R=0.99 (R: 相関係数) となった。また、Ca 推定では混入率 10-100% において R=0.99 で推定することができた。本試験では、希釈率を固定し、pH 影響の緩和と現場での作業性の向上を図った。希釈率は、混入率が高い領域を基準としたため、低混入率での測定誤差影響が大きくなったが、Ca 濃度に合わせた適正な希釈率での推定は可能である。今回の試料では、pH 9.5 以下 (2.5-7.5%) では pH 推定、pH 9.5 以上 (10-100%) では Ca 推定を用いてそれぞれ精度良く推定を行うことができ、2 つの推定方法を併用することによって低混入率から高混入率まで幅広く R=0.99 の精度で推定することができた。

4. まとめと今後の課題

pH 推定と Ca 推定を組み合わせ、図 1 に示した手順にて pH 調整、含水補正を行わずに 3 時間程でコンクリートの混入率推定を行うことができた。現場における迅速な推定に活用できると考えられる。また、今回のコンクリート混入率 30% でのセメント量は約 120kg/m<sup>3</sup> であり、地盤改良材の場合に相当する程度であることから、地盤改良材を使用した地盤の品質管理にも適応できると考えられる。

塩酸濃度や検量線は対象とする地山、骨材の性状にもよるため、事前の検討が重要である。今後は、異なる土質やコンクリートについて実際の現場等で運用し、実用化に向けて検討を行う。

【参考文献】

- 1) セメント協会：硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告，コンクリート専門委員会報告 F-18，1967。
- 2) 地盤工学会：土懸濁液の pH 試験方法，JGS 0211-2000，2000。3) 同：土の含水比試験方法，JGS 0121-2000，2000。
- 4) 共立理化学研究所：λ-9000 取扱説明書，使用方法 pp.20-21，2009。
- 5) 金田高之：水のカルシウム硬度及び総硬度の簡易測定法，分析化学，No.36(2)，pp.103-108，1987。

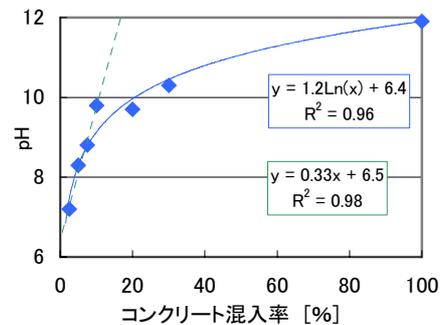


図 2 コンクリート混入率と pH の関係

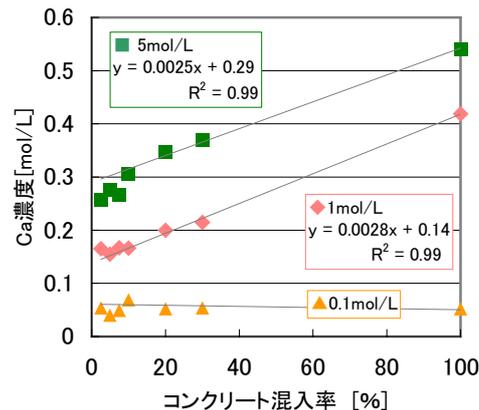


図 3 コンクリート混入率と Ca 濃度

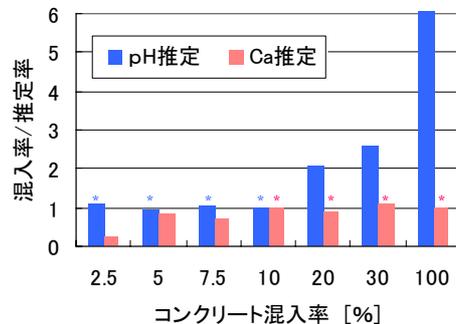


図 4 各推定値と混入率の関係