

CSGの単位セメント量試験方法に関する一検討

建設省 中部地方建設局 長島ダム工事事務所
建設省 土木研究所
(株)ダイム技術サービス

松岡 博 星 典行
正会員 豊田 光雄 吉田 等
山里 剛史 尾宮 邦明

1. はじめに

CSG (Cement Sand and Gravel) 工法は、河床砂礫等の粗粒材料にセメントを添加混合することにより強度増加を図り、ダムサイト近傍に分布する材料を改良盛土材として有効利用するものである。

本報文は、CSGの品質管理を目的として実施されている単位セメント量試験方法について、従来行われている方法の課題を整理し、より適切な単位セメント量試験方法を提案したものである。

2. これまでの単位セメント量試験方法の課題

2. 1 従来の試験方法の概要

CSGの品質管理試験として、現在まで実施されている単位セメント量試験¹⁾ (以降、従来法と呼ぶ)は、あらかじめ単位セメント量のわかっている試料の水溶液 (アルカリ溶液) を塩酸により中和し、その時に使用した塩酸量とセメント量との基準線を作成しておき、この基準線を用いてCSG材料の単位セメント量を求める方法である。試験手順は以下のとおりである。

①母材に 1m^3 当たり 100kg のセメントを混合した混合材料 3kg から 300g の試料 (基準線作成試料) を採取する。なお、試料の粒度で 9.5mm 以上を含むものは、 9.5mm の通過率と残留率の重量比率によって 300g の重量配分を行い試料の粒度を調整する。ただし、最大粒径を 37.5mm にしぼっているためにそれ以上の最大粒径を含んでいたとしても 9.5mm 以上の試料は $9.5\sim 37.5\text{mm}$ までの試料とする。

② 300g の調整試料を入れた容器に、水 250CC およびフェノールフタレイン溶液を滴ビンで約 40 滴加えて、容器の総重量を測定する。(容器内の溶液は赤色となる)

③容器内の赤色が消える (溶液がアルカリから中性となる) まで塩酸 (3N-塩酸) を滴加 (滴定塩酸量と呼ぶ) する。

④中和確認後容器の総重量を測定し、試験前後の重量差 (滴定塩酸量) と既知量のセメント (1m^3 当たり 100kg) の関係より図-1に示すように基準線を作成する。

⑤現場で採取したセメント混合材料を①のとおり粒度調整を行い、②~④の作業により中和に必要なとした滴定塩酸量を求めて基準線から単位セメント量を求める。

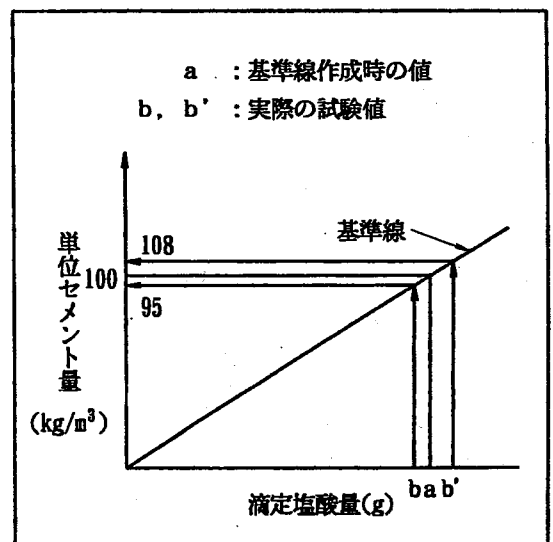


図-1 従来法の基準線

A Study on Method of Test for Cement Content of CSG.

Takefumi YAMASATO, Kuniaki OMIYA; DAIME Engineering Service Co, LTD.

Mitsuo TOYODA, Hitoshi YOSHIDA; Public Works Research Institute Ministry of Construction.

Hiroshi MATSUOKA, Noriyuki HOSHI; Ministry of Construction, Chubu Regional Construction.

Bureau NAGASHIMA DAM Work Office.

2. 2 CSG材料特性から見た従来法の課題

ここでCSGの母材の材料特性を整理すると次の通りである。

- ①CSGは最大粒径が150mm以下の粗粒材料から成っており、セメント系固化材のような地盤改良材の粒度に比べて粗粒側である。
 - ②現地発生材をそのまま母材として用いるために粒度にばらつきがある。
 - ③母材は含水量調整をしないために含水比にばらつきがある。
- すなわち、試験試料の最大粒径が大きく、粒度、含水比にばらつきがあるCSGでは、単位セメント量試験のための試料を作製するときに粒径が37.5mm以上も多く含まれることにより単位セメント量に差が生じ、従来の試験法を適用すれば材料の粒度特性が試験結果に大きな影響を及ぼすことが予想される。

図-2に示す母材(砂礫材料)を用いて従来法によって 1m^3 当たり(母材の単位体積重量 $1,800\text{kg}$) 100kg のセメントを混合したときの基準線について比較してみる。

図-3は、粗粒と細粒の粒度の違いによる試験結果の比較を示す。それぞれの試料は150mm以下の材料に単位セメント量 100kg を混入させ、37.5mmフルイでウェットスクリーニングしたものである。図-3から粗粒と細粒では滴定塩酸量には 10g の差が生じ、粗粒側が多い結果となった。この原因として次のことが考えられる。細粒では37.5mm未満の通過試料は粗粒に比べて多くなる。セメントの方も37.5mm未満に入る量がやや多くなる。しかしながら、通過試料に含まれるセメントの割合(濃度)を考えると37.5mm未満の通過率の少ない粗粒側が濃度が高くなり、中和に必要な滴定塩酸量は粗粒側の方が多くなる。

図-4には母材(中粒)の含水比が変化したときの滴定塩酸量の関係を示す。母材が河床砂礫であるために含水比の範囲が狭いが、含水比のちがいで滴定塩酸量にわずかにちがいが現れるが粒度に比べその影響は少ない。このために各粒度毎に基準線を作成しておき対応することも考えられるが、CSGの母材では粒度を特定できないために単位セメント量の算定には多大な労力を必要とする。

したがって、実施工時における迅速かつ合理的な現場管理を行ううえで、CSGの材料特性にあう単位セメント量試験を確立する必要がある。

3. 新しい試験法の提案

3. 1 新しい試験方法とは

セメント量の測定方法には、従来法以外にコンクリート試験分野におけるコンクリートの洗い試験²⁾があ

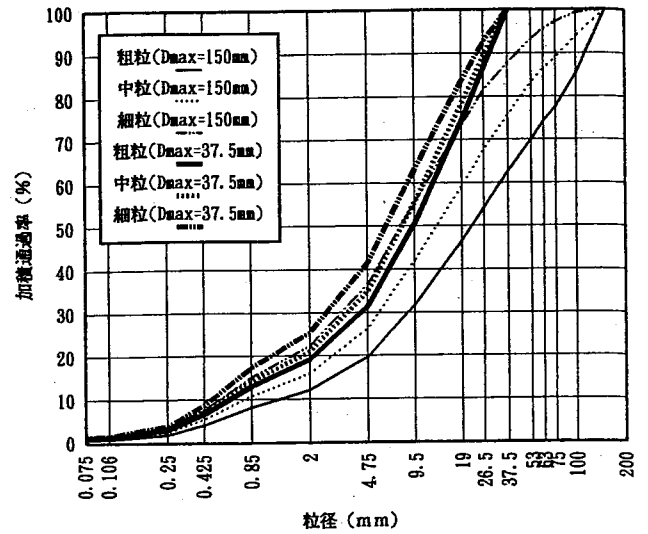


図-2 粒度分布図-1

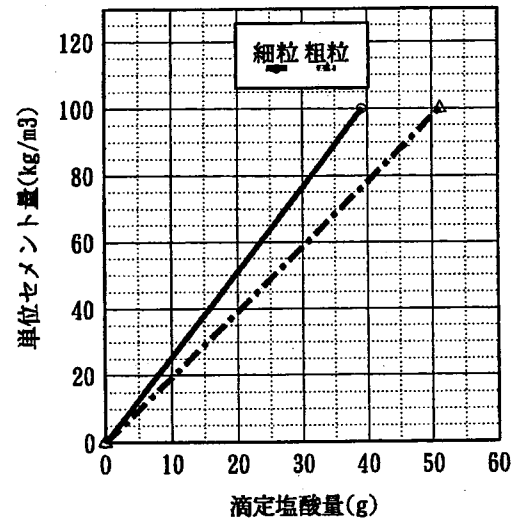


図-3 粒度変化と滴定量

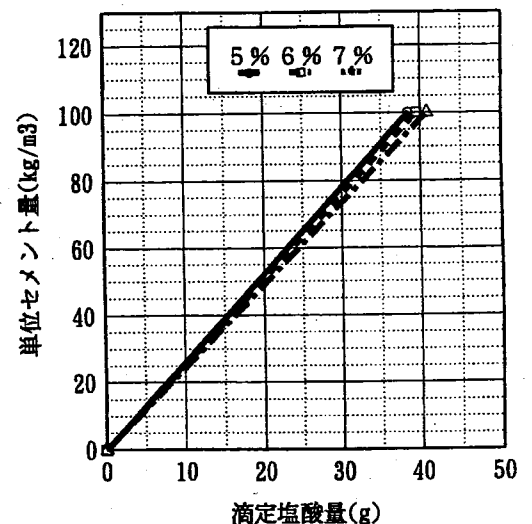


図-4 含水比変化と滴定量

る。この方法によれば、水洗い時に骨材に付着している粒径0.09mm以下の材料をセメント粒子とともに流してしまうために、あらかじめ使用材料の洗い試験を実施し、その含有量を把握しておき、試験結果より得られたセメント量に対して補正する必要がある。しかし、CSGの場合、母材の粒度にばらつきがあるために0.09mm以下の含有量が特定できないことから、洗い試験を用いると試験精度が悪くなることが予想される。

そこで、CSGの単位セメント量試験法（以降、改良法と呼ぶ）は従来法を踏まえた試験法とした。図-5に示した新たに提案する試験フローのように、試験は、セメント1gに対する滴定塩酸量（基準値）を求め基準値算定試験と粒径の大きさによって方法は異なるが、試料を水洗いした溶液および試料を水浸させた溶液に対するセメント量算定試験から成る。

ここで本試験を行う上での留意点は次のとおりである。

- ①使用する水は、中性（pH:7）であることを確認する。
- ②使用する砂礫等の母材を含む水溶液は、中性（pH:7）であることを確認する。
- ③中和判定はpH紙を用い、使用するpH紙は、pH 1.0～11.0 程度の範囲が色別できるものを使用する。
- ④基準値試験は、滴定用塩酸（3N塩酸）を作製した場合は必ず行う。
- ⑤中和滴定試験は中和反応に時間がかかるため、試験時間は概ね3時間程度とする。
- ⑥全体重量約40kgの試料を採取し、37.5mm未満のCSGの試料は粒度の偏りを防ぐため十分練り混ぜた後、四分法により必要量を採取する。

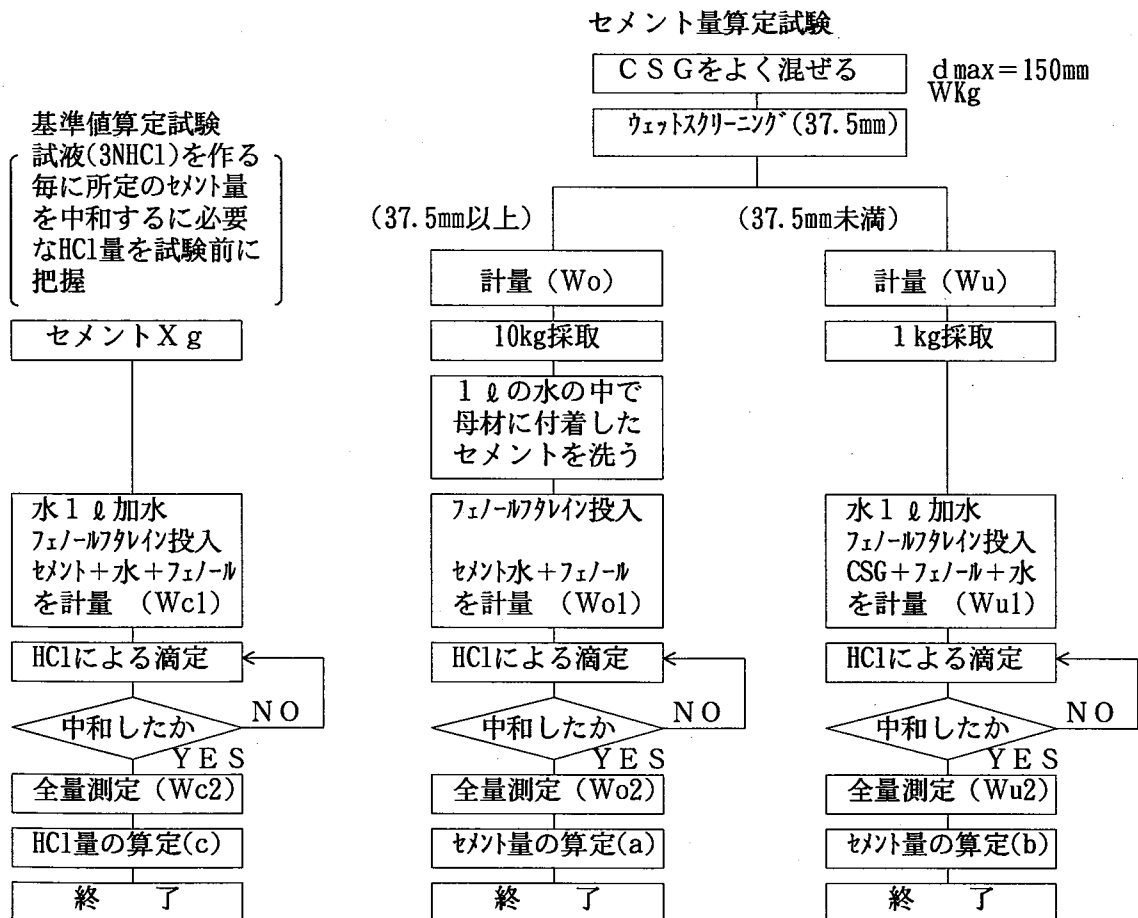


図-5 新しい単位セメント量試験のフロー図

$c = (Wc2 - Wc1) / X$: セメント Xg を中和するのに必要な 3N-HCl 量 (g) より算出したセメント 1g を中和するのに必要な 3N-HCl 量 (g)

$a = (Wo2 - Wo1) / c$: 37.5mm 以上 CSG 10kg に対するセメント付着量 (g)

$b = (Wu2 - Wu1) / c$: 37.5mm 未満 CSG 1kg に対するセメント付着量 (g)

$\frac{a}{10} \times Wo + \frac{b}{1} \times Wu$: フルサイズ Wkg に含まれるセメント量 (g)

$$\left(\frac{a}{10} \times W_o + \frac{b}{1} \times W_u \right) / W \times 2,300 : \text{CSG } 1 \text{ m}^3 \text{を} 2,300 \text{kg} \text{とすると}$$

その中に含まれるセメント量(g)

3. 2. 試験例

砂礫が母材であるCSGで図-6に示す粒度において含水比を5%, 7%と変えた状態で、改良法を適用した。試験は同一粒度で2回繰返した。

表-1に試験結果を示す。このときのセメント(高炉セメントB種)1gに対する滴定塩酸量の基準値は2.34kgであった。

含水比5%の場合では、2回とも滴定塩酸量は同程度であった。CSG1m³当たりの単位セメント量に換算すると、97~99kg/m³で設定値に対してわずかに低い値を示した。

一方、含水比7.0%の場合には37.5mm未満の試料に対する滴定塩酸量は2回とも同じ値を示したが、37.5mm以上の試料では異なる値を示した。すなわち、CSG1m³当たりに換算すると、このちがいが影響して約6kg/m³の差が生じた。2回の試験の差は約6%である。ここで、含水比7%の37.5mm以上の試料で滴定塩酸量の差が生じた要因について検討すると次のことが考えられる。同一条件で試験をしたにも関わらず、同一粒径の個数まで一致させることは不可能である。すなわち、37.5~150mmの試料のうち100~150mmの礫(巨礫)の個数が7%の場合には異なり、礫の表面積に大きな影響を与え、セメント量の差として表れたものと考えられる。巨礫が多いと礫全体の表面積は小さくなり、表面に付着しているセメント量は減少する。また、含水比が7%で単位セメント量が100kg/m³を超えた原因としては次のことがいえる。改良法はセメント分の多くが37.5mm未満の試料に含まれることを考慮し、37.5mm未満の試料の採取量を従来法(300g)の約3倍に当る1kgと増やし、かつ試料の採取に当っては四分法を用いて、試料粒度の片寄りを防ぐ方法を取ったが、それでも採取試料の粒度分布が細粒側になったと考えられる。

4. まとめ

CSGの新しい単位セメント量試験法を提案し、適用性を検討した結果、次のことがわかった。

- 1) 従来法に比べて全粒径を用いた試験が可能であり、あまり粒度のちがいを考慮する必要のない簡便な試験方法である。
- 2) 1粒度、2含水比での試験結果によれば、試験値のばらつきは比較的小さい。今回の試験において含水比のちがいによって単位セメント量の値が異なったが、この原因は巨礫の存在と細粒径の含有率のちがいが反映していると考えられる。

今後は、粒度の異なった材料について試験を実施し、改良法の試験精度について検討する予定である。

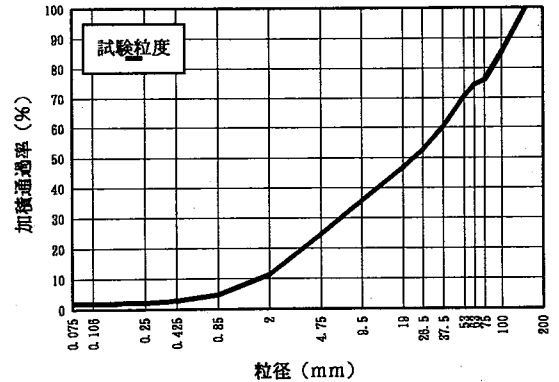


図-6 粒度分布図-2

表-1 セメント量試験結果

試料	5.0%-1	5.0%-2	7.0%-1	7.0%-2	平均	
37.5mm通過率(%)	72.5	69.2	71.2	68.0	70.2	
滴定試験結果	37.5mm以上 Hc1量(g)	120.2	125.5	149.5	113.7	127.2
	37.5mm以下 Hc1量(g)	132.0	140.2	149.6	148.5	142.6
CSG 1m ³ 当り 単位 セメント 量	37.5mm以上 kg/m ³	3.25	3.80	4.23	3.58	3.72
	37.5mm以下 kg/m ³	94.05	95.34	104.64	99.31	98.34
	合計	97.30	99.14	108.87	102.89	102.06

参考文献

- 1) 日本道路公団規格「セメントおよび石灰安定処理混合物のセメントおよび石灰量試験(滴定法によるセメント安定処理混合物のセメント量試験)」
- 2) 「まだ固まらないコンクリートの洗い分析試験方法(JIS-A-1112-1989)」