

砂防 CSG 工法のさらなる活用に向けた現地試験施工について

国土交通省 九州地方整備局
同雲仙復興事務所 砂防課
厳木ダム管理所正会員 稲崎 道男
長木 豊臣

1. 試験施工の目的

九州地方整備局雲仙復興事務所では、雲仙・普賢岳の噴火にともない発生・堆積した現地発生土砂を有効活用すべく、全国に先駆けて砂防 CSG 工法（以下「本工法」という）を採用している。本工法は、現地発生土砂にセメントを攪拌混合したもの（ソイルセメント）を振動ローラで締め固め、構造物を構築する工法であるが、従来のコンクリート工法と比較すると、①建設副産物の発生の軽減、②建設コストの縮減、③工期短縮等の優位性が挙げられ、これまで当事務所では砂防えん堤袖部や導流堤等を対象に多くの実績を積み上げてきた。

今回の試験では、本工法のさらなる合理化を進めるため、骨材として用いる現地発生土の最大骨材寸法φ150mm程度の骨材混入率を高めるとともに、現在使用していないφ300mm以下の骨材を混入させたソイルセメントの実用性を検証した。また、未だ確立されていない本工法における打継ぎ目の処理方法について、処理無し、セメント散布、敷モルタル等の各種処理方法の試験施工を行い、打継ぎ目の処理方法の有効性について比較検討を行った。

2. 最大粒径緩和に関する試験

2. 1 最大粒径緩和に関する試験内容

現在、本工法における母材料の敷均しは、1リフト30～50cm程度の層厚で1層(30～50cm)又2層(15～25cm)で行っている。この場合の現地発生土砂の最大粒径は、敷均し層厚の1/2程度（2層敷均しの場合80mm～150mm）を目安に設定されている。ここで、雲仙復興事務所の現地発生材は本工法にとって優れた材質であるため、使用材料の最大粒径の緩和が図れば、現地発生土砂の有効利用を促進できるとともに、これに伴う作業効率の向上が期待されるものと考えられる。

以上の実状を踏まえ、ソイルセメントの製造に使用する母材（現地発生土砂）の最大粒径を緩和し、より効率的な施工を行うための資料に資することを目的に試験施工を行った。

2. 2 試験施工条件

最大粒径緩和に関する検討を目的として実施する試験施工（以下、単に「試験施工」と称する）における試験施工ケース及び試験施工条件を表-1に示す。ケース1～3は、現状の最大粒径150mmで大礫含有率を増加させた場合である。ケース4～6は、大礫

含有率を増加させるとともに母材の最大粒径を300mmとした場合である。なお、設計強度はすべてのケースで3N/mm²とした。

表-1 試験ケース及び試験施工条件

最大粒径の緩和 敷均し厚の割増し に関する試験	ケース	仕上げ厚 (転圧後)	敷均し厚	対象とする 粗骨材粒径	対象とする粗骨材 粒径の割合
	ケース1	300mm	約300mm×1層	80～150mm	40%
	ケース2				20%
	ケース3				30%
	ケース4	300mm	約300mm×1層	80～300mm	10% (5%)
	ケース5				20% (10%)
	ケース6				30% (15%)
	ケース7	600mm	約300mm×2層	0～150mm	粒度調整無し

2. 3 最大粒径緩和に関する試験施工結果

2. 3. 1 打設面観察

試験施工を実施した各ケースの打設面の観察を行い、ジャンカや大礫の状況等、ケース毎の打設面の品質に関する調査を行った。調査は、各ケースの打設面をメッシュ（1m×1m）区分し、各々の面に対して不良箇所の面積を計測したところ、最大粒径150mmとした場合、80～150mmの含有率が30%以下の場合(ケース2・3)・最大粒径300mmとした場合、80～300mmの含有率が20%以下の場合(ケース4・5)打設面に与える影響は小さいとの結果を得た。

2. 3. 2 施工者へのヒアリング

試験施工を実施した施工者に対して、粗骨材（大礫）を含んだ条件における各種作業について作業性のヒアリングを実施したところ、混合作業、敷均作業においてはケース6（Gmax=300mm以下、大礫含有率40%以下）の条件下でも、作業自体に大きな支障はないとこのことであった。

ただし、締め固め作業では、Gmax=300mmとした場合、振動ローラの鉄輪が浮き上がる状態が確認された。このような作業は、安全上好ましくないとともに、振動ローラ転圧自体の必要性が不明確になるという意見が得られた。また、大礫があれば、振動ローラが乗り越えにくいために転圧に要する時間が長くなるものと考えられ、実際施工する場合には、敷均し時に突出した大礫を除去する必要があるだろうとの意見があった。

2. 3. 3 コア圧縮強度試験

圧縮強度試験に用いるコアは、各ケースの施工性・品質等の特徴を把握することを目的とし、打設面の中で比較的起伏のない平坦な箇所を一般部とし各ケース3本（No.1～3）と凹凸のある巨礫ならびにジャンカの周辺を各ケース3本（No.4～6）のコア

キーワード：砂防 CSG 工法 ソイルセメント コスト縮減

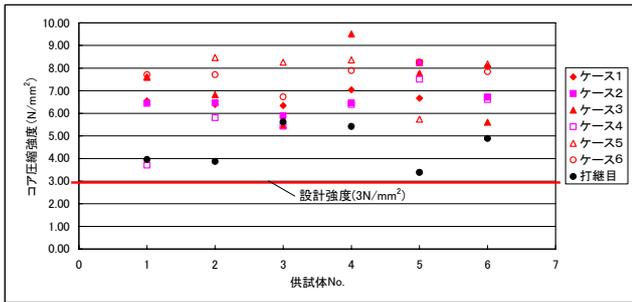
連絡先：〒855-0866 長崎県島原市南下川尻町7-4 国土交通省 雲仙復興事務所 砂防課 TEL0957-64-4171

を採取し、強度試験を行った。

コア圧縮試験結果を図-2に示す。各ケースの圧縮強度は、一般的な粒度分布で実施したケースに比べて大きな結果となった。大礫を使用することにより、細粒分と混合されるセメント量が増加するためと考えられる。ケース4は大礫の割合が10%と一番少ないことから強度も小さくなっている。

コアの密度は一般部(No.1~3)と礫周辺部(No.4~6)の、それぞれ多少のバラツキはみられるものの、概ね同程度(2,080~2,150kg/m³)の値を示した。

図-2 各ケースの圧縮強度試験結果



2. 4 打設面処理標準化のため試験

砂防CSG工法における打継目処理方法は、全国的に未だ検討されていないのが現状である。このため打継目処理方法の違いによるせん断強度の把握を目的とした試験施工を実施した。

2. 4. 1 打継目処理方法の選定

既往の処理方法として、無処理・打設面清掃(散水有)・ポルトランドセメント散布・モルタル敷均し・グリーンカットとモルタル敷均しが挙げられる。

今回の試験では仕上げ厚、最大粒径を考慮し、表-2の条件を設定し、試験を行った。

表-2 試験施工条件

ケース	仕上げ厚	最大粒径	打継ぎ面処理方法	備考
ケース1	300mm×2層	80mm	打設面清掃(散水有)	ソイルセメント
ケース2			高炉セメントB種 散布	
ケース3			モルタル敷均し	
ケース4			レーキング	
ケース5	150mm	40mm	打設面清掃(散水有)	ソイルセメント + コンクリート
ケース6			グリーンカット + 敷モルタル	コンクリート

2. 4. 2 せん断強度試験結果

図-3にせん断破壊した点におけるせん断応力と垂直応力の関係を示す。図-3より打継目処理方法の違いによるせん断強度の大きさは、(モルタル敷均し) > セメント散布 > (レーキング清掃有り) > (清掃・散水)の順となることが確認された。

打継目処理方法を変えた各ケースにおける圧縮強度とせん断強度の関係では、せん断強度と圧縮強度の比が $\tau/\sigma=1/13\sim 1/41$ と圧縮強度に対してせん断強度が非常に小さな値となっている。これは、摩擦係数(回帰線の傾き)が大きいため全体として純せん断強度が小さな値を示す結果となっている。またモルタル敷均しの摩擦係数は、 $f=1.9$ ($\phi=62^\circ$)と、コンクリートの実績が一般に $f=1.0\sim 1.2$ であるとされているのに対し、大きな値を示す結果となった。

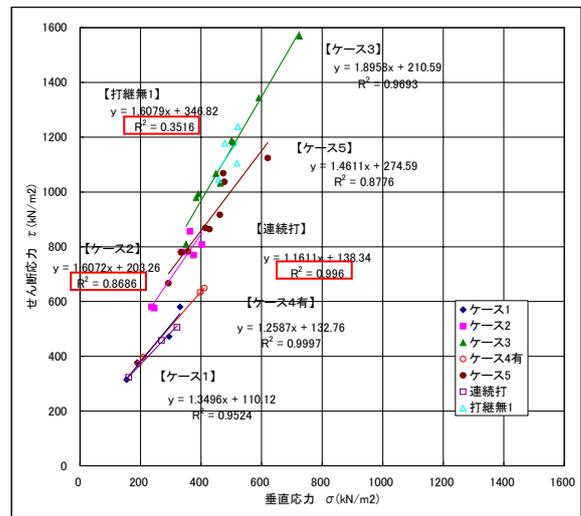


図-3 せん断応力と垂直応力関係図

2. 4. 3 せん断強度試験のまとめ

i) 打継目の接合状況

打継目処理方法の違いにより、採取したコアの分断・接合状況から最適と考えられる打継目処理方法は、「セメント散布」あるいは「モルタル敷き均し」と考えられる。

ii) せん断強度

せん断強度からみた打継目処理方法であるが、コンクリートと比較すると格段にせん断強度が低下していることから、設計上必要となるせん断強度を把握し、適切な打継目処理方法を決定する必要があると考える。

3. まとめ

今回の試験施工は、最大粒径緩和に関する試験においては $\phi 150\text{mm}$ 以上の礫を使用したソイルセメントの品質・施工性が確認できた。また打設面処理標準化の試験においては、打継ぎ目処理とせん断強度の関係が初めて明らかとなった。しかしながら、これらの試験結果の実用にあたっては、データ数が少なすぎることで、砂防CSG工法は、現地発生材の土質により性質・品質が大きく左右されるという特徴があることから、さらなる試験の実施、他地区での事例の収集が必要であると思われる。

また、今回の試験施工は全国的にも実施例の少ないものであり、他地区の事例について今回の結果を検討の一部として加え、砂防CSG工法のさらなる活用に利用されることを願い、本試験のまとめとする。

参考文献

- ・雲仙・普賢岳砂防ソイルセメント調査検討業務報告書(平成17年3月 雲仙復興事務所)
- ・砂防ソイルセメント活用ガイドライン(水山高久監修 砂防ソイルセメント活用研究会編)