

砂防CSG工法の環境負荷軽減度に関する検討

富士川砂防事務所 網木 亮介 萩原 節
 砂防エンジニアリング(株) ○中濃 耕司 細川 清隆

1. はじめに

近年、砂防の分野で積極的活用が推奨されている砂防ソイルセメントの有利性のひとつに環境負荷の軽減があげられるが、実際に詳細な検討や定量的評価が実施され、報告された事例はない。そこで、砂防ソイルセメントを活用した工法のひとつである砂防CSG工法の環境負荷軽減効果について、環境負荷の指標のひとつであるCO₂排出量に着目して検討するものとした。

CO₂排出量の算定は、『建設施工における地球温暖化対策の手引き』¹⁾に基づいて行うものとし、砂防CSG工法と在来コンクリート打設工法を対象として実施し、両者を比較することで環境負荷軽減度を評価するものとした。これらの検討成果についてここに報告する。

2. CO₂排出量算定方法と算定例

(1) CO₂排出量算定方法

CO₂排出量算定は、以下に示すように燃料消費に係るCO₂排出量と資材自体のCO₂排出量に区分して行うものとする。前者は、掘削・打設等建設機械の作業時に発生するCO₂排出量を算定するものであり、後者はセメント等の材料自体が有するCO₂排出量を算定するものである。CO₂排出量の算定は、実際に使用する資材の種類・量、使用機械の能力と運転時間等に基づいて行うものとするが、不足する情報は『国土交通省土木工事積算基準』²⁾、『建設機械等損料算定表』³⁾、『ダム工事積算の解説』⁴⁾等を参考に設定するものとした。

① 燃料等の消費に係るCO₂排出量

建設機械や運搬車両による燃料消費によるCO₂排出量は次式により算出した。

$$CO_2 \text{ 排出量 (kg-CO}_2) = \text{総稼動時間 (h)} \times \text{定格出力 (kW)} \times \text{燃料消費率}^{*)} \text{ (L/kWh)} \times \text{燃料原単位 (kg-CO}_2/\text{L)}$$

*) 定格出力時間当たりの燃料消費率/1.2

② 使用する資材自体のCO₂排出量

資材使用に伴うCO₂排出量を計上する場合には次式により算出した。

$$CO_2 \text{ 排出量 (kg-CO}_2) = \text{資材の使用量 (kg)} \times \text{資材のCO}_2 \text{ 排出原単位 (kg-CO}_2/\text{kg)}$$

CO₂排出量の算定に使用した燃料及び資材のCO₂排出原単位は表-1～2に示す通りである。

表-1 エネルギーのCO₂排出原単位¹⁾

区分	原単位	出典
軽油	2.64 kg-CO ₂ /L	『温室効果ガス排出量算定に関する検討結果』(環境庁, 平成12年9月)
ガソリン	2.31 kg-CO ₂ /L	
電力	0.357 kg-CO ₂ /kWh	

表-2 土木学会のCO₂排出原単位公表値¹⁾

分類項目	原単位
(1) 砂利・採石	0.00565 kg-CO ₂ /kg
(2) 高炉(高炉スラグ45%混入)	0.495 ^{*)} kg-CO ₂ /kg

※)積み上げ方式により詳細な原単位を算出したもの。※がない場合は(社)日本建築学会の『建物のLCA指針(案)』(1999.11)により発表された原単位値を引用。

(2) CO₂排出量の算定例

砂防CSG工法におけるCO₂排出量の算定は、ふるい分け・分级、混合(砂防CSG材の製造)、運搬、敷均し、転圧締固めの工程毎に実施した。一例として、砂防CSG材の単位セメント量を150kg/m³、自走式混合機の製造能力を60m³/hとした場合の自走式攪拌機による混合1,000m³当たりのCO₂排出量算定結果を表-3及び図-1に示す。ただし、ここでは原料であるバラセメントの搬入には10tのセメントローリー(運搬距離15km)

表-3 自走式攪拌機による混合1,000m³当たりのCO₂排出量算定結果

を使用することを前提とした。

表-3及び図-1より、砂防CSG材の混合時のCO₂排出量は96.6%が原料である高炉セメントB種によるものであることが検証された。

名称	規格	施工量	単位	定格出力(kW) または 単位量(kg/m ³)	運転時間 (総稼働時間) (h)	時間当たりの燃料消費量 (L/kWh)	時間当たりの燃料消費量/1.2 (L/kWh)	燃料原単位 (kg-CO ₂ /L) 材料原単位 (kg-CO ₂ /kg)	二酸化炭素排出量 (t-CO ₂)
高炉セメントB種	高炉スラグ 30~60%以下	1,000	m ³	150	-	-	-	0.495	74.250
セメント運搬	10tセメントローリー	1,000	m ³	235	30.0	0.075	0.063	2.64	1.163
自走式攪拌機運転	最大処理能力 80m ³ /h	1,000	m ³	99	22.8	0.185	0.154	2.64	0.919
バックホウ運転	排ガス対策型・クローラ型 山積0.45m ³	1,000	m ³	60	22.8	0.175	0.146	2.64	0.527
計									76.859

3. CO₂排出量算定結果とその評価

(1) 砂防CSG工法におけるCO₂排出量

砂防CSG工法の作業内容別のCO₂排出量算定結果を表-4及び図-2に示す。砂防CSG工法におけるCO₂排出量は約81.983kg-CO₂/m³を示し、このうち混合作業時のCO₂排出量が最も多く全体の91.4%を占めた。混合作業を除けばふるい分け・分級が5.6%、運搬が2.5%、その他の作業が1%未満であった。

図-1からも明らかなように混合作業のCO₂排出量の大部分は原料である高炉セメントB種によるもので、単位セメント量150kg/m³の砂防CSG工法においてCO₂排出量の約88%が高炉セメントB種によるものであることが確認された。

(2) 砂防CSG工法におけるCO₂排出量削減効果

砂防CSG工法のCO₂排出量削減効果を把握することを目的に在来コンクリート(設計基準強度19.5N/mm²; C=247kg/m³)におけるCO₂排出量を算定した。その結果を配合と合わせて表-5に示した。

在来コンクリートのCO₂排出量は約138kg-CO₂/m³を示し、前述した砂防CSG工法のCO₂排出量の約1.68倍を示した。

これは在来コンクリートが砂防CSG材に比べて単位セメント量が多い影響である。これは、単位セメント量の比(=247/150=1.65)にほぼ一致していることから明らかである。

表-6は、富士川砂防事務所平成14年度までに構築した砂防CSG構造物における適用部位のCO₂排出量及びCO₂排出抑制率を示す。表-6より、砂防CSG工法適用部位では在来コンクリートを使用する場合に比べ、37.5%のCO₂排出抑制が実施されることが検証された。

4. 終わりに

以上、砂防CSG工法における環境負荷軽減度を、CO₂排出量に着目して検討した結果、次の知見が得られた。

- ① 砂防CSG工法のCO₂排出の削減量のほとんどは、単位セメント量を低減することの効果である。
- ② 在来コンクリート(設計基準強度19.5N/mm²; C=247kg/m³)と比較すると概ね40%程度のCO₂の排出が抑制される。

今後も、砂防ソイルセメントのような環境負荷の軽減が期待される工法等がより積極的に活用されるよう、工法の体系化を図るとともに、環境負荷軽減度の定量的な評価を行っていく所存である。

【参考文献】

- 1) 国土交通省:建設施工における地球温暖化対策の手引き(国総施第33号), 2003
- 2) (財)建設物価調査会:国土交通省土木工事積算基準(平成15年度版), 2003
- 3) (社)日本建設機械化協会:建設機械等損料算定表(平成15年度版), 2003
- 4) (財)ダム技術センター:ダム工事積算の解説(平成15年度版), 2003

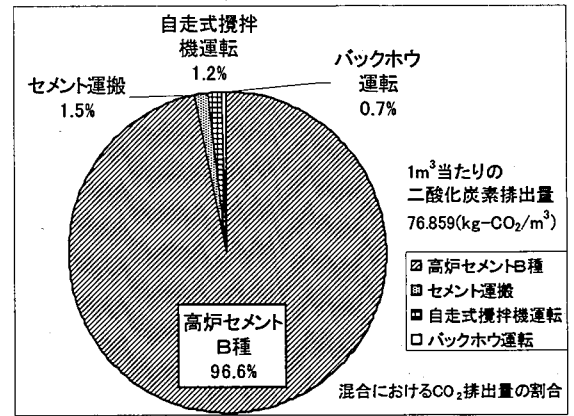


図-1 砂防CSG材混合時のCO₂排出量の割合
表-4 砂防CSG工法のCO₂排出量算定結果

作業内容	1,000m ³ 当たりの二酸化炭素排出量(t-CO ₂)	1m ³ 当たりの二酸化炭素排出量(kg-CO ₂ /m ³)	備考
ふるい分け・分級	4.671	4.671	自走式振動ふるい機使用
混合	76.859	76.859	自走式攪拌機使用。単位セメント量150kg/m ³ 。
運搬	2.062	2.062	10tダンプトラック
数均し	0.145	0.145	3~5t級ブルドーザ
転圧締め	0.308	0.308	3~5t級振動ローラ
計	81.983	81.983	

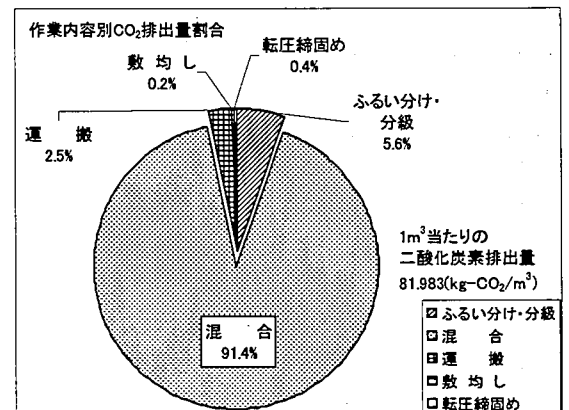


図-2 砂防CSG工法のCO₂排出量の割合
表-5 在来コンクリートの配合及びCO₂排出量

区分	配合量(kg/m ³)				1m ³ 当たりのCO ₂ 排出量(kg-CO ₂ /m ³)	使用セメント
	セメントC	水W	砂S	粗骨材		
19.5BB-5-40	247	142	785	G1(20-05) 686 G2(40-20) 458	138	高炉セメントB種

表-6 既往砂防CSG構造物におけるCO₂排出量

施工年度	単位セメント量(kg/m ³)	1m ³ 当たりのCO ₂ 排出量(kg-CO ₂ /m ³)	打設量(m ³)	CO ₂ 排出量(×10 ³ kg-CO ₂)			CO ₂ 排出抑制率(②-①)/②
				砂防CSG材使用時①	コンクリート使用時②	CO ₂ 排出抑制量②-①	
平成10年度	120	67	960	64	102	38	36.9%
平成11年度	120	67	1,197	80	165	85	51.4%
平成12年度	140	77	16,028	1,234	1,701	467	27.5%
	130	72	1,561	112	215	103	47.8%
平成13年度	130	72	708	51	98	47	47.8%
平成14年度	130	72	3,202	231	442	211	47.8%
	130	72	3,755	270	518	248	47.8%
	120	67	890	60	123	63	51.4%
合		計	28,301	2,103	3,365	1,262	37.5%