

## 砂防ソイルセメントのCO<sub>2</sub>抑制効果について

(財)砂防・地すべり技術センター 中村良光、○筒井智照、小出哲也  
 (独)土木研究所 土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 栗原淳一、武澤永純

### 1. はじめに

砂防ソイルセメントは、砂防事業を推進する中で砂防施設の構築に現地発生土砂を有効利用するため開発されたものであり、近年、直轄砂防事務所をはじめ補助事業においても採用事例が増加している。

砂防ソイルセメントを活用した工法は、従来のコンクリート工法と比べ、資源循環社会への寄与やコスト縮減において有効な工法であり、優位性のひとつに、CO<sub>2</sub>抑制効果が挙げられる。しかしながら、定量的にどの程度の効果があるか十分に評価されていないのが現状であると考えられる。そのため今後の計画・設計の基礎資料とする事を目的とし、従来のコンクリート工法と比較することで砂防ソイルセメントのCO<sub>2</sub>排出量抑制効果について検討を行った。

### 2. CO<sub>2</sub>排出量軽減度による環境負荷軽減度の評価

#### 2.1 CO<sub>2</sub>排出量算定方法

砂防ソイルセメント活用工法におけるCO<sub>2</sub>排出量の抑制を検討するにあたっては、『建設施工における地球温暖化対策の手引き』（(社)日本建設機械化協会、平成15年7月）に基づき、算出した。なお、検討にあたっては、従来一般的に用いられてきたコンクリート工法と砂防ソイルセメント工法を対比した。したがってコンクリートについては近隣の生コン工場を起点と仮定してCO<sub>2</sub>排出量を算定した。

#### 2.2 CO<sub>2</sub>排出量算定の基本条件

##### 2.2.1 建設機械の時間当たりの燃料消費率

『平成17年度版国土交通省土木積算基準』（表-1）に基づき算出した。

表-1 時間当たりの燃料消費率

機械名	規格	燃料消費率 (L/kW-h)	摘要
ブルドーザ		0.175	
バックホウ	ホイール式・クローラ式	0.175	
ダンプトラック		0.050	
トラック		0.050	クレーン付トラックを含む
不整地運搬車	クローラ型	0.158	
振動ローラ	ハンドガイド	0.201	
	搭乗式	0.152	
コンクリートプラント		E0.495kWh/kW	
自走式改良機		0.185	「建設機械等積算表平成17年度版」より転記

※)G:ガソリン, E:電力 印のないものは軽油

##### 2.2.2 燃料の原単位

『温室効果ガス排出量算定に関する検討結果』（平成12年度、環境庁）に基づき表-2により算出した。

表-2 軽油、ガソリン、電力のCO<sub>2</sub>排出原単位

区分	原単位
軽油	2.64 kg-CO <sub>2</sub> /L
ガソリン	2.31 kg-CO <sub>2</sub> /L
電力	0.357 kg-CO <sub>2</sub> /kWh

##### 2.2.3 資材のCO<sub>2</sub>原単位

『建設施工における地球温暖化対策の手引き』（(社)日本建設機械化協会、平成15年7月）に記された資材のCO<sub>2</sub>排出原単位（表-3）によるものとした。

表-3 資材のCO<sub>2</sub>排出原単位

分類項目	原単位
(1) 砂利・採石	0.00565 kg-CO <sub>2</sub> /kg
(2) ポルトランド	0.836 kg-CO <sub>2</sub> /kg
(3) 高炉(高炉スラグ45%混入)	0.495 kg-CO <sub>2</sub> /kg

##### 2.2.4 検討対象施設

CO<sub>2</sub>排出量の検討対象施設を表-4に示す。

表-4 CO<sub>2</sub>排出量の検討対象施設

対象施設	INSEM量 (m <sup>3</sup> )	INSEM適用部位	施工箇所条件	選定理由
事例1	165,000	袖部(薄流堤)	市街地近傍(標高150m)	砂防ソイルセメントの打設量が大い事例
事例2	20,959	本体下部 副堤内部 側壁護岸	山間部 (標高1,200m)	ハイダムの砂防えん堤本体部に砂防ソイルセメントを使用している事例
事例3	1,674	本床地中部 副床地中部 水叩下部	山間部 (標高1,200m)	規模が小さく、基礎部・前庭部に使用している事例
事例4	2,790	本体全体	山間部 (標高400m)	規模が小さい事例
事例5	6,811	左岸側袖部	丘陵部 (標高330m)	砂防ソイルセメントの打設量が中規模(事例2と事例4の中間程度)の事例

##### 2.2.5 配合条件

検討対象施設におけるINSEM工法およびコンクリート工法の目標強度及び配合を表-5、6に示す。

表-5 INSEM工法の単位セメント量等

対象施設	目標強度 (N/mm <sup>2</sup> )	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	現地発生土砂量 (kg/m <sup>3</sup> )
事例1	3.0	80	1,964
事例2	6.0	170	1,977
事例3	6.0	130	2,092
事例4	4.0	160	2,140
事例5	1.5	100	1,810

表-6 コンクリート工法の単位セメント量等

対象施設	区分	配合量(kg/m <sup>3</sup> )					使用セメント	
		セメント C	水 W	砂 S	粗骨材			
事例1	18-5-40BB	237	147	762	599	599	—	高炉セメントB種
事例2	19.5-5-40BB	242	139	715	725	483	—	高炉セメントB種
事例3	19.5-5-40BB	247	142	785	686	458	—	高炉セメントB種
事例4	18-8-40BB	244	161	749	688	445	—	高炉セメントB種
事例5	18-5-80N	224	123	671	575	438	438	普通ポルトランド

### 3. INSEM 工法の各作業工程における CO<sub>2</sub> 排出量

INSEM工法の CO<sub>2</sub> 排出量は、配合及び使用機械に基づき、①ふるい分け・分級、②混合、③運搬、④敷均し及び⑤転圧締固めといった各作業工程における CO<sub>2</sub> 排出量を算定し、集計して求めるものとした。なお、セメントの CO<sub>2</sub> 排出量については②混合に含めるものとした。

事例5における CO<sub>2</sub> 排出量を図-1に、INSEM材混合時の CO<sub>2</sub> 排出量に占める各作業の割合を図-2に示す。また表-7に対象施設5事例における各工程別の CO<sub>2</sub> 排出量の割合を示す。図-1よりINSEM材では、混合作業過程において最も多く CO<sub>2</sub> が排出され、その割合は、表-7よりどの事例においても90%程度を占めることが確認された。さらに図-2より混合時に排出される CO<sub>2</sub> の内訳をみると、セメントによる影響が大きく、その割合は表-7より、86~94%程度になることが確認された。

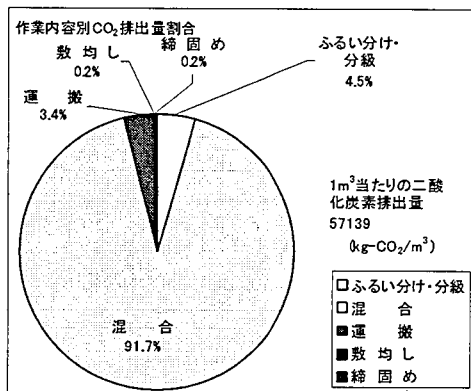


図-1 CO<sub>2</sub> 排出量 (事例5)

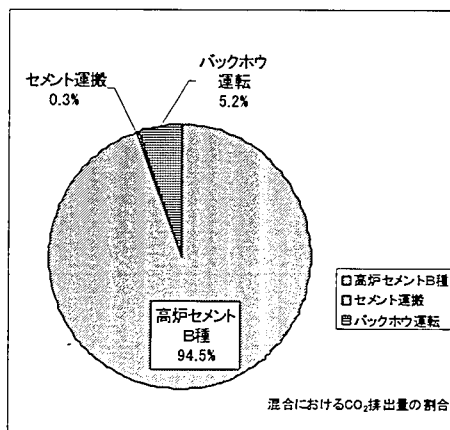


図-2 混合時の CO<sub>2</sub> 排出量に占める各作業の割合

### 4. CO<sub>2</sub> 排出量

表-8、9に各対象施設における INSEM 工法およびコンクリート工法の CO<sub>2</sub> 排出量算定結果を示す。コンクリート工法は、材料(セメント及び骨材)製造時、プラント使用時及び打設現場までの運搬時の CO<sub>2</sub> 排出量の総和とした。前述したように 1m<sup>3</sup> 当たりの CO<sub>2</sub> 排

表-7 対象施設における工程別 CO<sub>2</sub> 排出量の割合

作業過程	単位:(%)					
	事例 1	事例 2	事例 3	事例 4	事例 5	
①ふるい分け・分級	2.9	2.8	6.3	3.1	4.5	
②混合	91.7	94.6	90.2	96.0	91.7	
③運搬	3.6	2.1	2.9	0.4	3.4	
④敷均し	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	
⑤転圧締固め	0.8	0.3	0.4	0.3	0.2	
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
混合時の排出内訳割合						
②混合	②-1建設機械	4.2	1.3	3.7	1.9	5.5
	②-2セメント	95.8	98.7	96.3	98.1	94.5
全体に占めるセメントCO <sub>2</sub> 排出量の割合						
②-2セメント	87.8	93.4	86.9	94.2	86.7	

出量は、セメント量の影響を強くうけるため、単位セメント量が多いほど 1m<sup>3</sup> 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量が大きくなることが確認された。コンクリート工法に比べ、単位セメント量が少ない INSEM 工法は、CO<sub>2</sub> 排出量を抑えることができ、環境負荷軽減効果が期待できると考えられる。

表-8 INSEM 工法における 1m<sup>3</sup> 当たり CO<sub>2</sub> 排出量

対象施設	目標強度 (N/mm <sup>2</sup> )	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	1m <sup>3</sup> 当たりのCO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
事例 1	3.0	80	45.07
事例 2	6.0	170	90.12
事例 3	6.0	130	74.07
事例 4	4.0	160	84.45
事例 5	1.5	100	57.14

表-9 コンクリート工法における 1m<sup>3</sup> 当たり CO<sub>2</sub> 排出量

対象施設	区分	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	単位骨材量 (kg/m <sup>3</sup> )	1m <sup>3</sup> 当たりのCO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
事例 1	18-5-40BB	237	1,960	129.55
事例 2	19.5-5-40BB	242	1,923	135.00
事例 3	19.5-5-40BB	247	1,929	139.55
事例 4	18-8-40BB	244	1,882	134.32
事例 5	18-5-80N	224	2,122	204.32

### 5. まとめ

CO<sub>2</sub> 排出量は、セメント量に大きく影響され、その割合はどの対象施設においても約90%程度を示すことが確認された。本稿で述べなかったが、これは従来のコンクリート工法によるものも同様である。したがって、使用するセメント量がより少ない INSEM 工法は、CO<sub>2</sub> 排出量を抑えることができ、環境負荷軽減効果が期待できると考えられる。

また、一般的に実施される施設規模においては、INSEM 工法を使用することで CO<sub>2</sub> 抑制効果のメリットが生じるものと考えられる。しかし、災害時の緊急対応等における施工の安全性や短期施工といった施工性、残土処理を兼ねる等の要素が優先され計画・施工される場合(安定計算上の最小断面でない場合)、コンクリート工法に比べ、断面形状が大きなものとなり、結果として使用セメントの総量が増えるため、全体としては CO<sub>2</sub> 抑制効果が期待できない場合もある。