

フライアッシュを用いた気泡混合処理土の利用によるエココスト縮減効果

熊本大学 正会員 ○ 林 泰弘
九州大学 正会員 大嶺 聖
基礎地盤コンサルタンツ 正会員 田上 裕

1. はじめに

気泡混合処理土の製造コストは高価であるものの、軽量性や硬化後の自立性などの特徴を有するために、構造物全体では安価になる場合がある。気泡混合処理土の母材として、砂の代わりに石炭灰を用いるとセメント量が縮減できることから、コストの縮減が図れることを筆者らは示した^{1), 2)}。さらに、産業副産物である石炭灰の利用は環境負荷低減の面でも有効であると考えられる。本報告では、環境負荷の定量的な評価として、二酸化炭素排出量や石炭灰の廃棄回避費用を用いてエココストを算出し、石炭灰を用いた気泡混合処理土の利用が材料費や施工費などの直接コストだけでなく、エココストも縮減できる場合があることを示している。

2. 検討条件²⁾

図1に示すように、幅員3.5m、斜面高さ7m、勾配5分の道路を幅員7.0mまで拡幅する場合を検討した。基礎地盤はN値10程度の土砂であるとし、盛土材として砂質土($\rho_t=2.0\text{t/m}^3$, $c=0\text{kN/m}^2$, $\phi=30^\circ$)を用いた場合と気泡混合処理土($\rho_t=0.9\text{t/m}^3$, $c=500\text{kN/m}^2$, $\phi=0^\circ$)を用いた場合を比較した。

砂質土で盛土をした場合(ケース1)では、擁壁や盛土を支持するために地盤改良が必要となった。浅層改良ではセメント量を 80kg/m^3 、深層改良では改良率50%、セメント量 150kg/m^3 の柱列改良とした。

気泡混合処理土を用いた場合(ケース2)では土圧等が小さいため、重力式擁壁に代わり鋼杭で土留めを行うものとした。処理土の母材として砂質土を用いた場合(ケース2a)と石炭灰を用いた場合(ケース2b)で、同一密度と強度を得るためのセメント量は前者では 226kg/m^3 であるのに対し、後者では 180kg/m^3 とした。

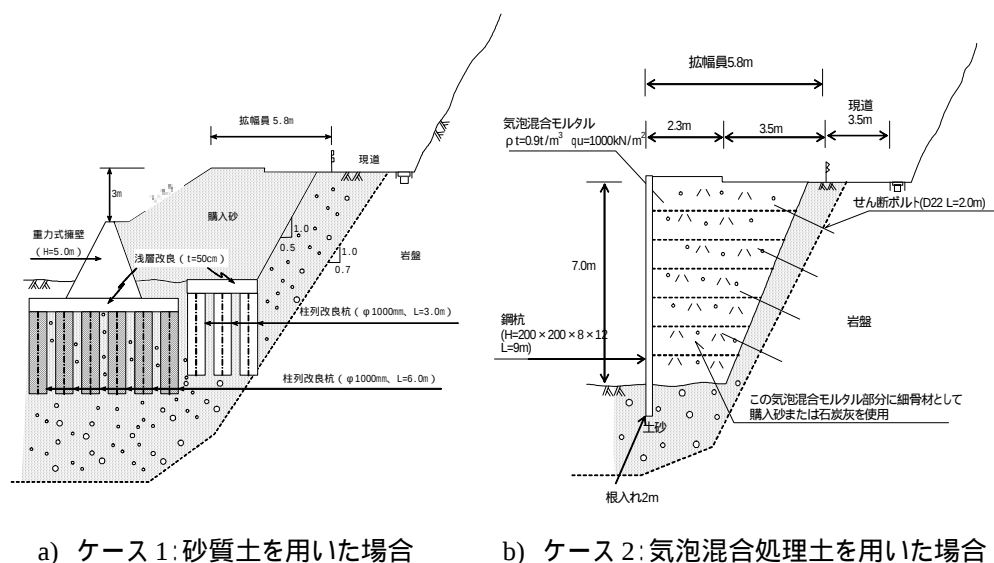


図1 試算断面

3. コストの算定

コストは材料費や施工費など通常支払われるコスト(建設コスト)と材料製造や施工に伴って発生する二酸化炭素の排出量、廃棄処分に関わる費用から算出したコスト(エココスト)によって評価した。

3.1 建設コスト

ケース1の主たる工事項目は重力式擁壁工、盛土工、地盤改良工である。一方、気泡混合処理土を用いたケース2

キーワード 石炭灰, 気泡混合処理, エココスト

連絡先 〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 TEL 096-342-3550

では、主に土留工、盛土工（気泡混合処理土製造を含む）、頭部処理工である。施工延長を 50m 程度とした場合の奥行き 1m あたりの建設コストは、ケース 1>>ケース 2a>ケース 2b となった²⁾。

3.2 エココスト

エココストで対象とする項目は、原材料の製造・採取に関する二酸化炭素排出量、施工における二酸化炭素排出量、石炭灰の廃棄処分回避とした。

項目については、表 1 に示すような工種が主な CO₂ 発生要因である。使用するセメントは、より CO₂ 排出原単位の小さい高炉セメントを用いるものとした。どのケースについても、セメントが CO₂ 排出量の大きな割合を占めている。そのため気泡混合処理土の母材として砂の代わりに石炭灰を用いることで、材料費だけではなく CO₂ の削減にも寄与できる。

CO₂ 排出量をエココストに換算するために 11,000 円/t-C を用いた。この値は欧州に導入されている炭素税をもとに算出したものである。その結果を表 1 に示す。また、表 2 にはエココストの項目 ～ に従ってまとめ

たものを示す。施工におけるエココストに比べて材料のエココストが大きい。また、気泡混合処理土に用いることによるエココスト縮減効果も明白である。さらに、石炭灰の有効利用率が 80%程度である現状では、使用されなければ廃棄されると仮定することが出来る。このような場合には、廃棄処分コストを仮想的なエココスト（負のエココスト）として取り扱われる。石炭灰の廃棄処分コストを 3,200 円/t として算出した結果をケース 2b に導入すると、エココスト合計でも負の値が得られ、石炭灰の利用は環境負荷の低減に大きく寄与していることがわかる。

4. まとめ

裏込材に石炭灰を原料とした気泡混合処理土を用いることで建設コスト、エココストの両方が縮減できることを示した。しかし、基礎地盤が岩盤の場合は、ケース 1 で地盤改良が不要になるため建設コスト（428,630 円/m）、エココスト（6,369 円/m）とも安価になるものの、ケース 2a、2b では基礎地盤が岩盤に変わっても設計断面がほとんど変化しない。従って、ケース 1 の方が有利になるため、適用場面の選定は重要である。

参考文献：1) 林泰弘，田上裕，内田直人：気泡混合モルタルの材料としての石炭灰の活用技術とその有効性，土と基礎，Vol.51，No.6，pp.7～9，2003。6。 2) 地盤工学会九州支部建設発生土と廃棄物の有効利用に関する研究委員会編：環境と経済を考慮した建設発生土と廃棄物の有効利用，pp.3-39～3-50，2003。10。

表 1 原材料の製造・採取及び施工における二酸化炭素排出量

ケース1（建設コスト：708,320円/m）

項目	排出原単位	数量	CO ₂ 排出量
コンクリート擁壁 材料	41.4 kg-C/m ³	11.25 m ³	465.8 kg-C
コンクリート擁壁 施工	8.34 kg-C/m ³	11.25 m ³	93.8 kg-C
盛土 材料(砂質土)	0.00154 kg-C/kg	119.4 kg	0.2 kg-C
盛土 施工	0.3225 kg-C/m ³	59.7 m ³	19.3 kg-C
浅層混合 材料(セメント)	0.135 kg-C/kg	548 kg	74.0 kg-C
浅層混合 施工	0.387 kg-C/m ³	6.85 m ³	2.7 kg-C
深層混合 材料(セメント)	0.135 kg-C/kg	5107.5 kg	689.5 kg-C
深層混合 施工	1.2255 kg-C/m ³	34.05 m ³	41.7 kg-C
奥行き1mあたり			1386.9 kg-C

ケース2a（建設コスト：400,050円/m）

項目		排出原単位	数量	CO ₂ 排出量
気泡混合モルタル 製造・打設	材料(セメント)	0.135 kg-C/kg	6000 kg	810.0 kg-C
	材料(砂)	0.00154 kg-C/kg	12000 kg	18.5 kg-C
	施工	0.129 kg-C/m ³	107.2 m ³	13.8 kg-C
土留工	施工	0.129 kg-C/m ³	15 m ³	1.9 kg-C
頭部処理工	材料	41.4 kg-C/m ³	1 m ³	41.4 kg-C
	施工	8.34 kg-C/m ³	1 m ³	8.3 kg-C
			奥行き1mあたり	894.0 kg-C

ケース2b（建設コスト：368,130円/m）

項目		排出原単位	数量	CO ₂ 排出量
気泡混合モルタル 製造・打設	材料(セメント)	0.135 kg-C/kg	4800 kg	648.0 kg-C
	材料(石炭灰)	0 kg-C/kg	12000 kg	0.0 kg-C
	施工	0.129 kg-C/m ³	107.2 m ³	13.8 kg-C
土留工	施工	0.129 kg-C/m ³	15 m ³	1.9 kg-C
頭部処理工	材料	41.4 kg-C/m ³	1 m ³	41.4 kg-C
	施工	8.34 kg-C/m ³	1 m ³	8.3 kg-C
			奥行き1mあたり	713.5 kg-C

表 2 エココストのまとめ

単位：円/m

	材料の製造・採取	施工	石炭灰の廃棄回避	合計
ケース1	13,523	1,732	0	15,255
ケース2a	9,569	265	0	9,834
ケース2b	7,583	265	0	7,848
	7,583	265	-38,400	-30,552