

石炭灰とEPS破砕片を用いた建設素材の開発とその適用性に関する研究

長崎大学 学 ○伊藤 寛之 長崎大学 正 棚橋 由彦
 同上 正 後藤恵之輔 同上 学 中村 充利

1. はじめに

火力発電所から発生する石炭灰は、産業廃棄物として大量に埋立処分されている。しかし、その処分地の確保、環境問題等の面からも、その建設素材としての有効利用が必要とされている。この石炭灰の軽量性に着目し、石炭灰(フライアッシュ:F.A.)と、処分の困難な生活廃棄物の1つ発泡スチロール(EPS)をセメントと水で固化させた軽量建設素材(以降、EPSアッシュと呼称)を考案した。EPSアッシュを表層改良材として利用するため、その物理・力学特性を把握する必要がある。本報告は、EPSアッシュにEPSビーズ(市販品)と、EPS破砕片(生活廃棄物)を用いた物性試験を行い、表層改良材としての適用性を検討する。

2. 材料、試験方法及び条件

F.A.は、長崎県大村火力発電所より産出されたものである。EPSについては、ビーズは粒径が1cm、破砕片は粒径が1cm以下(有効径: $D_{10}=1.5\text{mm}$, 均等係数: $U_c=3.47$, 曲率係数: $U_c'=1.15$)のものを用いた。

一軸圧縮試験、貫入試験、CBR試験を表-1の条件で行った。なお、貫入試験とは、試験用具の都合により、室内CBR試験で定められたものと異なった寸法のモールド($\phi 10 \times 20\text{cm}$)を用いて行った試験のことである。CBR試験は、貫入試験での貫入抵抗比をCBR値に換算するために行った。

3. 試験結果と考察

3. 1. 試験結果の双曲線近似

$C/F=15\%$, $EPS/F=1.0\%$ の時の、単位体積重量 γ_t 、貫入抵抗比 R 、一軸圧縮強さ q_u それぞれの経時変化を双曲線式(1)で近似し、図-1~3に示す。

$$\gamma_t(x, y, t), R(x, y, t), q_u(x, y, t) = \frac{C}{t-a} + b \cdots (1)$$

ここに、 $C/F=x(\%)$, $EPS/F=y(\%)$, 養生日数 t と置換している。

適合条件より求めた、各物性値の a, b, c を一括して表-2

に示す。

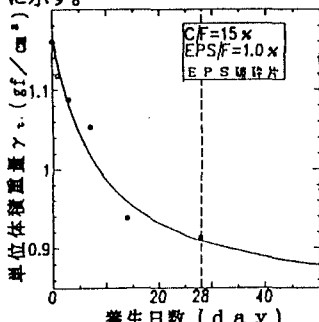


図-1 養生日数と単位体積重量

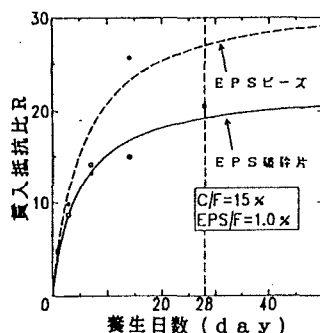


図-2 養生日数と貫入抵抗比

表-1 配合条件

	C/F (%)	EPS/F (%)	養生日数	
			破砕片	ビーズ
一軸及び	15	1.0	1, 3, 7, 14, 28	1, 3, 7, 14
貫入	10, 15, 20	0.5, 1.0, 1.5	3	1
CBR	10, 15, 20	1.0	3	×

(C/F=セメントと石炭灰の質量比、EPS/F=EPSと石炭灰の質量比、ここで、一軸=一軸圧縮試験、貫入=貫入試験、CBR=CBR試験、養生方法=自然乾燥養生)

表-2 式(1)中の a, b, c

	$\gamma_t(x, y, t)$	$R(x, y, t)$	$q_u(x, y, t)$
a	2.931	-4.752	-7.601
	$\gamma_t = \gamma_0$	(-5.897)	(-7.403)
b	γ_t	2.587R	3.538 q_u
		(8.874R)	(8.394 q_u)
c	2.931	-12.293R	-26.892 q_u
		(-40.533R)	(-62.141 q_u)
条件	$\gamma_t(x, y, 0) = \gamma_0$	$R(x, y, 0) = 0$	$R(x, y, t)$ と
	$\lim_{t \rightarrow \infty} \gamma_t(x, y, t) = \gamma_0$	$\lim_{t \rightarrow \infty} R(x, y, t) = R$	同様
		$\lim_{t \rightarrow \infty} \gamma_t(x, y, t) = \gamma_0$	

(ここで、()はビーズの時のもの、 γ_0, γ_∞ はそれぞれ $t=0, t=\infty$ の時の理論上の単位体積重量、 R, q_u は養生初期の実測値、 R', q_u' は $C/F=15\%$, $EPS/F=1.0\%$ の時の養生初期の実測値である。)

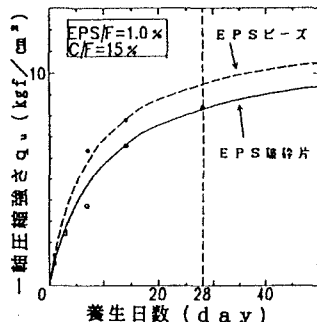


図-3 養生日数と一軸圧縮強さ

3. 2. 考察

式(1)より、28日養生の単位体積重量、貫入抵抗比、一軸圧縮強さをそれぞれ推測し、図-4～6に示し、表層改良材としての適用性を検討する。

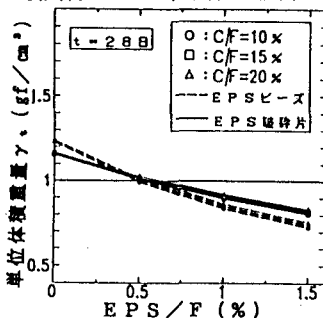


図-4 単位体積重量の推測

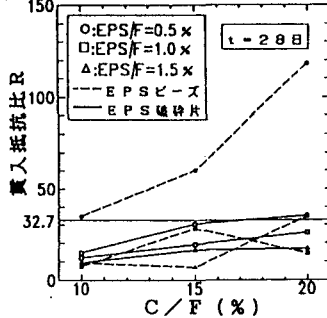


図-5 貫入抵抗比の推測

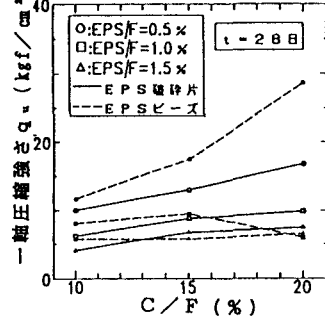


図-6 一軸圧縮強さの推測

(1)単位体積重量(図-4)

浸水時の浮力による不安定性を考慮する必要がある、単位体積重量は $1\text{gf}/\text{cm}^3$ 以上が必要である。これを満たすのは、破砕片では $\text{EPS}/\text{F}=0.5\%$ で $\text{C}/\text{F}=10\sim 20\%$ 、ビーズでは、 $\text{EPS}/\text{F}=0.5\%$ で $\text{C}/\text{F}=15, 20\%$ の時である。

(2)貫入抵抗比(図-5)

貫入試験とCBR試験の結果を、図-7のように比較し、式(2)を導いた。

$$\text{CBR値} = 0.178R + 2.232 \dots (2)$$

また、表-3より、可から良好な路床は、CBR値が8以上である。式(2)より、CBR値が8以上になるためには、貫入抵抗比は32.7以上必要となる。

破砕片については、 $\text{EPS}/\text{F}=0.5\%$ で $\text{C}/\text{F}=20\%$ の時のみ上記の条件を満足している。ビーズについては、 $\text{EPS}/\text{F}=0.5\%$ で $\text{C}/\text{F}=10\sim 20\%$ と、 $\text{EPS}/\text{F}=1.0\%$ で $\text{C}/\text{F}=20\%$ の時条件を満たしている。しかし、ビーズの $\text{EPS}/\text{F}=1.0$ 及び 1.5% は、EPSアッシュ内のEPSが不均一になり、セメント量の増加に伴う強度増が見られず、この場合のデータの信頼性は薄いと考えられる。また、 $\text{EPS}/\text{F}=0.5\%$ において、破砕片とビーズを比較すると、ビーズの方が強度が大きい。

(3)一軸圧縮強さ(図-6)

図-5と、似通った挙動をしている。その原因は、上述のものと同様である。

4. おわりに

以上の結果から、EPSアッシュを表層改良材として適用する際の配合範囲は、破砕片については、 $\text{EPS}/\text{F} \leq 0.5\%$ で $\text{C}/\text{F} \geq 20\%$ であり、その時、一軸圧縮強さは $17\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上見込まれる。ビーズについては、 $\text{EPS}/\text{F} \leq 0.5\%$ で $\text{C}/\text{F} \geq 15\%$ であり、その時、一軸圧縮強さは $12\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上見込まれる。しかし、ビーズを用いた場合のEPSアッシュ中のEPSの不均一性、推測式の精度等の問題点がある。そのため、EPSが均一になるためのEPSアッシュの作製方法の検討、推測式の精度を高めるためのより細かい実測値との比較等が必要である。謝辞：本研究を遂行するにあたり、F.A.を提供頂いた九州電力(株)大村発電所 町田孝之輔氏 に、末筆ながら深謝の意を表する。

<参考文献>宮川・棚橋・後藤・田沢：石炭灰の有効利用に向けての基礎的研究、廃棄物埋立地盤の跡地利用に関するシンポジウム、土質工学会、PP.83～88、1991

表-3 路床とCBR値の関係

極めて不良な 路床	不良な 路床	可～良好な路床	優秀な 路床
2	3	4	5
6	7	8	9
10	15	20	25
30			
CBR値(%)			

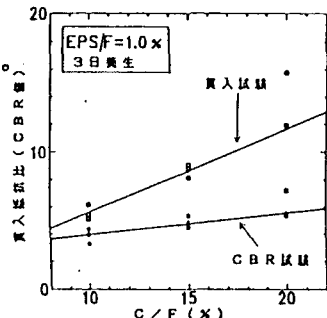


図-7 CBR値と貫入抵抗比