

# フライアッシュを使用した気泡混合軽量土の基本特性

Characteristics of Formed Mixture Light-weight Soil using Fly Ash

北海道電力(株)総合研究所土木グループ 正員 水口 洋 (Hiroshi Mizuguchi)  
北電興業(株)土木環境部 正員 小野寺 収 (Osamu Onodera)

## 1. はじめに

石炭灰の有効利用技術のひとつとして石炭灰スラリー工法があり、地中構造物の埋戻しや構造物の裏込めなどに便利な材料として使用されている。この工法は、気泡を混合することで、基礎地盤の沈下低減や構造物に作用する土圧低減などに効果がある軽量な材料にすることも可能である。軽量化するために所定の密度と目標強度を得るための配合設計が必要であるが、今までフライアッシュを使用した気泡混合軽量土<sup>1)</sup>(以下、FAエアスラリーと称す)では、基本的な配合設計の指針となる考え方が報告されていなかった。

本稿では配合試験を実施しFAエアスラリーの密度と強度の関係を把握するとともに、灰種による配合への影響試験をして、配合設計する上で必要となる基本的な特性を把握したので、その結果について報告する。

## 2. 使用材料

試験で使用した材料は、セメント、フライアッシュ、水、起泡剤である。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、起泡剤はスミシールドを使用した。フライアッシュは苫東厚真発電所2号機産で、配合試験で1種類(C)、灰種影響試験で5灰種(A、B、C、D、E)を使用した。フライアッシュの品質を表-1に示す。

表-1 フライアッシュの品質

項目	単位	A	B	C	D	E
二酸化ケイ素	%	66.0	63.4	57.1	57.1	51.1
強熱減量	%	2.0	1.9	1.9	2.1	2.2
水分	%	0.07	0.1	0.09	0.02	0.12
密度	g/cm <sup>3</sup>	2.15	2.13	2.24	2.25	2.27
45μふるい残分	%	17	13	20	17	17
ブレン比表面積	cm <sup>2</sup> /g	3070	3810	3510	3510	2760
フロー値比	%	98	102	105	107	111
活性度指数	28日	79	83	78	86	79
	91日	92	94	95	105	95
pH		11.1	11.7	11.9	11.9	5.4
NB吸着量(電発法)	mg/g	0.68	0.65	0.66	0.61	0.29
NB吸着量(セメント協会法)	mg/g	0.56	0.49	0.51	0.48	0.33
密かさ比重(北電総研法)	g/cm <sup>3</sup>	1.191	1.253	1.429	1.434	1.423

## 3. 配合試験

### 3.1 試験ケース

単位セメント量および空気量と強度との関係を把握するため、単位セメント量3水準(80、110、200 kg/m<sup>3</sup>)、空気量3水準(20、40、60%)を組合せた9ケースを設定した(表-2)。

表-2 試験ケース

C (kg/m <sup>3</sup> )	空気量 (%)		
	20	40	60
80	C80A20	C80A40	C80A60
110	C110A20	C110A40	C110A60
200	C200A20	C200A40	C200A60

### 3.2 試験配合

試験配合を表-3に示す。各試験ケースの配合は気泡混合後のフロー値(エア入りフロー値)180mmを目標として、このフロー値が得られる配合を求めた。なお、気泡は起泡剤希釈液(希釈倍率24倍)を発泡ガンで25倍に発泡させたものを混合した。

表-3 試験配合

試験ケース	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				空気量 (%)
	C	FA	混練水W1	希釈液W2	
C80A20	80	913	358	8.3	20
C80A40	80	567	304	16.7	40
C80A60	80	244	240	25	60
C110A20	110	878	364	8.3	20
C110A40	110	546	303	16.7	40
C110A60	110	237	233	25	60
C200A20	200	798	370	8.3	20
C200A40	200	481	303	16.7	40
C200A60	200	133	250	25	60

### 3.3 フレッシュ性状

気泡混合前のフロー値(ベースフロー値)と気泡混合後のエア入りフロー値をそれぞれ測定した結果を図-1に示す。気泡混合によりフロー値は減少し、空気量が多いほどフロー値の減少率は大きくなる。エア入りフロー値を180mmとするために、空気量が20%でベースフロー値は225mm前後、40%でベースフロー値は330mm前後、60%でベースフロー値は530mm前後となり空気量が多いケースほどベースフロー値を高くする必要がある。

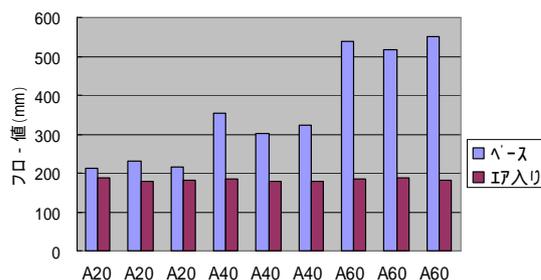


図-1 フロー値の変化

### 3.4 一軸圧縮強さ

FAエアスラリーの28日強度は、図-2に示すとおり単位セメント量と空気量(密度)に依存したことから、任意の密度と強度を満足する単位セメント量が設定可能である。本稿では、空気量40%(密度が1g/cm<sup>3</sup>に相当)、目標強度700kN/m<sup>2</sup>以上を満足する配合として、単位セメント量を130kg/m<sup>3</sup>に設定し、次に灰種による影響を検討した。

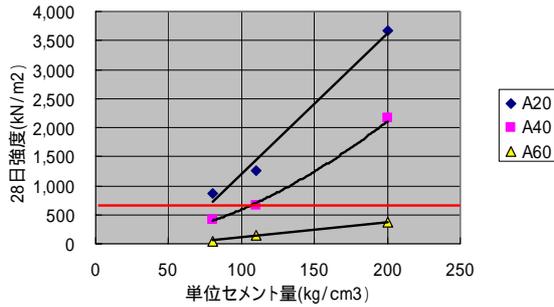


図 - 2 セメント量と強度の関係

#### 4. 灰種影響試験

##### 4.1 試験配合

試験配合は、単位セメント量、混練水量、希釈液量を固定して全 5 灰種を同一配合とし(表 - 4)、灰種によるフレッシュ性状や一軸圧縮強さへの影響を確認した。

表 - 4 試験配合

配合	灰種	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
		C	FA	混練水W1	希釈液W2
C130A40	C	130	524	307	16.7

##### 4.2 フレッシュ性状

空気量 40%の FA エアスラリーのベースフロー値とエア入りフロー値との間には、図 - 3 に示すとおり良い相関が認められ、エア入りフロー値 180 mmを得るためのベースフロー値は 300 mmとなった。しかし同一配合では、ベースフロー値で 208 ~ 380 mm、エア入りフロー値で 133 ~ 230 mmと灰種によるフロー値の変動が大きく、所定のフレッシュ性状を得るためには灰種により配合を修正する必要が認められた。

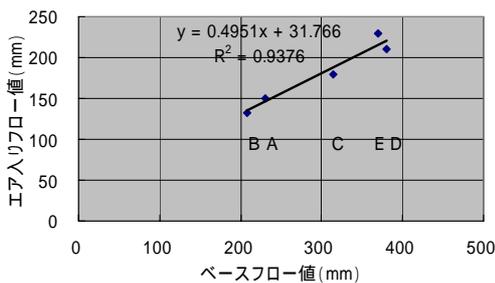


図 - 3 ベースフロー値とエア入りフロー値の関係

フライアッシュのフロー値比<sup>2)</sup>とFAエアスラリーのフロー値との関係を図 - 4 に示す。ベースフロー値、エア入りフロー値とも、フロー値比と正の相関を有することが認められた。以上のことから、灰種による配合修正は、フライアッシュのフロー値比を判断指標とすることで可能と考えられる。

即ち、フロー値比が小さいフライアッシュの場合は単位水量を大きく、また逆にフロー値比が大きい場合は単位水量を小さくしてベースフロー値を 300 mmとすること

で、エア入りフロー値 180 mmのスラリーを得ることができる。この結果は、空気量 40%での試験結果に基づくものであるが、異なる空気量(密度)の場合も適用可能と考えられる。

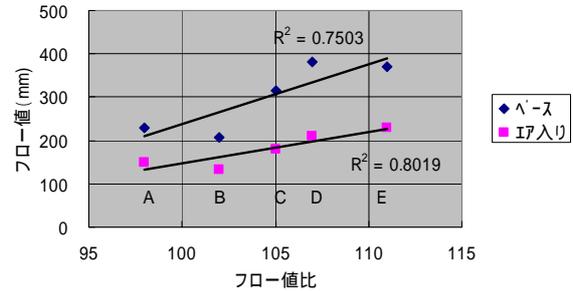


図 - 4 フロー値比とフロー値の関係

##### 4.3 一軸圧縮強さ

5 灰種の強度試験結果を図 - 5 に示す。3、7 日強度では灰種による差異はほとんどなく、28 日強度では B 種が他の灰種と比べて高くなるが、灰種による強度差は顕著ではない。これは、空気量の占める割合が多いため、強度発現に与えるフライアッシュのポゾラン反応によるマトリックス自体の強度の影響が、空気量や単位セメント量による影響に比べ相対的に小さいためと考えられる。

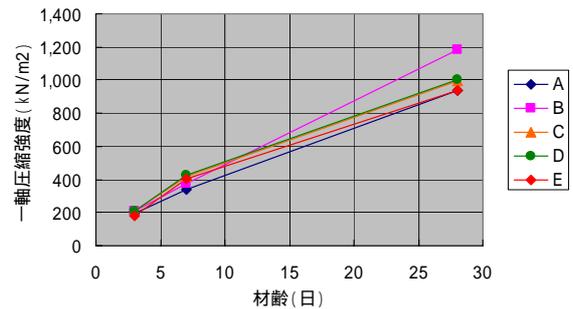


図 - 5 材齢毎の一軸圧縮強さ

#### 5. まとめ

本検討で得られた知見は以下のとおりであり、FA エアスラリーの配合設計に関する基本的な特性を把握することができた。

(1)FA エアスラリーのフロー値は、フライアッシュのフロー値比と相関があり、所定のフレッシュ性状を得るための配合修正は、フロー値比を判断指標とすることで可能である。

(2)FA エアスラリーの強度に及ぼす灰種による影響は、空気量や単位セメント量による影響と比べて、相対的に小さい。

今回の配合設計は簡易的なものであり、実施段階ではこれを基にした詳細な配合設計が必要である。

(参考文献) 1) 小野寺ら：フライアッシュのエアミルクの適用性、電力土木、297、2002.11、pp107~111。

2) 土木学会：フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)1999.11、pp6。