

埋め戻し材としての流動フライアッシュの利用に関する研究

琉球大学大学院の上運天一也

琉球大学工学部 具志幸昌

はじめに

近年世界的に環境に対する関心が強まってきているが、産業廃棄物の量は、年々増加の傾向にある。産業廃棄物の一つである石炭灰に関する研究は数多くなされており、いろいろな分野において有効利用されてきている。しかし有効利用率を見てみると全石炭灰量の50%程度である。今後エネルギー源の主力である石油は、限界がくると予想されており、代替エネルギーとして石炭の利用が増加すると、その際産出される石炭灰の大部分が産業廃棄物として出てくると予想される。そこでアメリカで開発されている流動フライアッシュの基本的性状を明らかにし、その実用化に向けての検討を行う。

流動フライアッシュ：フライアッシュに少量のセメントを加え流動性を確保するために必要な水を加えて固化させたものである。また使用する際には、流動性が良好なので締め固めを必要としない。

実験方法

本研究では、沖縄県石川石炭火力発電所産出のフライアッシュの物理的・化学的性質や化学組成を分析し、JIS および ASTM について検討した上で流動フライアッシュの製作を行った。流動フライアッシュの性質として流動性および強度や実際の施工上問題となる乾燥収縮・凝結・透水性・ブリージング・施工性に関する実験を行った。

湿潤養生：室内で塗れた布で覆って養生する。室内養生・屋外養生：1日間は、湿潤養生しその後室内および屋外で大気養生する。水中養生：3日間湿潤養生を行いその後水中で養生する。

結果および考察

表1 石炭灰の化学組成

フライアッシュの品質

石川石炭火力発電所では、オーストラリア炭を主体に中国炭・重油を適宜混焼している。表1に石炭灰の化学組成の例を示す。フライアッシュの品質は、採取の度に多少異なる。

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Fly Ash	59.5	30.8	3.9	1.4	0.6
オーストラリア炭	57.8	25.2	1.5	0.2	0.1
中国炭	42.2	16.6	17.3	3.5	1.2

流動性

4種類のフライアッシュを使用して配合した流動フライアッシュの流動性と単位水量の関係についての検討を行い、結果を図1に示す。結果によるとフライアッシュの種類により流動性と単位水量の関係はグループに分かれているが、各グループ内においては単位水量と流動性の間に比例関係が見られる。また流動性については、スランプ・フロー・スランプフローの測定を行ったが、3種類の測定値について比例関係が見られた。さらにスランプ値23cm・フロー値20cm・スランプフロー値40cm以上であれば締め固めを必要としないことも確認できた。フライアッシュの品質は時期により多少変化するので、流動アップライシュを製造する際には、流動性の確認が必要である。

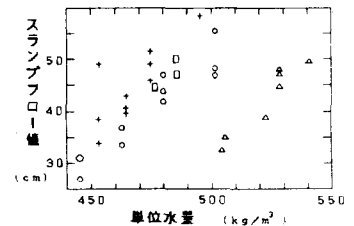


図1 流動性

強度

表2 圧縮強度 (kg/cm²)

流動フライアッシュを任意強度の土として使用するためにフライアッシュの重量に対して① 3%, ② 5%, ③ 10%, ④ 15%のセメントを加えて供試体を製作し、圧縮強度を測定したが、その結果の一例を表2に示す。

結果によると材令28日までは、セメントフライアッシュ比にほぼ比例して強度が増加している。

No	材令(d:days)					
	1d	3d	7d	28d	91d	183d
1	1	3	5	7	14	16
2	2	5	7	11	25	27
3	3	9	12	25	65	67
4	8	14	20	32	122	157

養生方法の異なる供試体による圧縮強度の結果を図2に示す。結果によると湿潤養生および水中養生を行った供試体は、材令28日以降の強度の伸びが大きく、フライアッシュのボゾラン活性による影響だと思われる。また室内および屋外で養生を行った供試体は、材令91日以降強度が減少した。この理由として供試体の乾燥が大きかったためだと思われる。以上のことより流動フライアッシュの埋め戻し材としての利用は、養生の点からいうと、土中は乾燥しにくいので好ましい利用方法である。

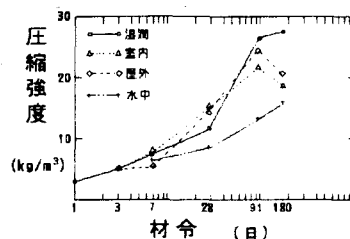


図2 圧縮強度

供試体寸法と圧縮強度の関係

φ10×20円柱供試体とφ5×10円柱供試体を製作し比較を行った。結果は、供試体寸法による影響は見られなかった。その理由として流動フライアッシュには、骨材が入っておらず全体的に均質なものであるからだと思われる。

凝結

凝結に関する実験では、JIS R 5201 による標準軟度における配合方法と実際の配合による方法と両方法での検討を行った。まず JIS R 5201 による方法だとセメントフライアッシュ比5%の試料で始発が6時間、10%、15%の試料で4時間半となっている。しかし実際の配合による試料だと5%、10%の試料で8時間半、15%の試料についても約7時間と始発にかなりの時間がかかることが分かる。

透水性

硬化した流動フライアッシュの材令7日、28日、6ヶ月における透水係数の測定を行った。透水係数は、材令とともに低くなっており約 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ (cm/s) 程度である。その程度の透水係数は、“砂-シルト-粘土混合の土”の範疇に入る。

乾燥収縮

流動フライアッシュの乾燥による長さ変化は、材令28日において約0.1%程度である。この値はモルタル供試体とほぼ同等で、単位水量が多いにも関わらず小さい。

ブリージング

ブリージングに関する実験では、①流動性の良好な供試体、②流動性の多少劣る供試体、③流動性の非常に良好な供試体の3種類の配合により行った。結果より③については、他の供試体にくらべブリージング率が約9%と高くなっており、一方①と②は約4~5%となっている。単位水量の増加は、ブリージング率を高めるため、必要以上の水の添加は好ましくない。

施工性

施工性については、パイプを埋め戻した際のパイプまわりの観察を行い、さらに静水中における流動フライアッシュの打ち込みを行った。水中施工については、打ち込む際にトレミー管を使用した。パイプまわりはきれいに詰まっており、締め固めを行わなくてもよいことが確認できた。次に水中施工については、静水中での供試体を製作することができ、さらにその供試体の圧縮強度を測定することができた。圧縮強度は、湿潤養生を行った供試体の5割程度であった。

むすび

流動フライアッシュは使用するフライアッシュの成分に変化があるので流動性および強度についての確認が必要である。流動フライアッシュを埋め戻し材として使用する際には任意強度をもたせることができ、締め固めを必要としないことや水中での施工が可能なこと等の利点があり、十分実用可能である。また材料の大部分が石炭灰であるので石炭灰の有効利用になる。

本研究の費用は、財団法人 地域産業技術振興協会ならびに(株)トロピカルテクノセンターの援助を受けました。また材料の提供および運搬・化学分析は、琉球セメント株式会社に御協力頂きました。電子顕微鏡写真・X線回折は、沖縄県工業試験場に御協力頂きました。感謝します。