

フライアッシュを使用した吹付けコンクリートの塑性粘度

北海道電力(株) ○正会員 林 透
 北海道電力(株) 正会員 小野寺収
 (株)熊谷組 正会員 石関嘉一
 北電興業(株) 正会員 齋藤敏樹

1. はじめに

近年、石炭火力発電所から発生するフライアッシュを用いた吹付けコンクリートへの適用に関する検討が数多くなされている。吹付けコンクリートの使用材料であるセメントや細骨材の一部をフライアッシュで置換することで、吹付け時の跳返りロスの低減による使用材料の節約や粉塵量の低下が可能となり、フライアッシュ使用による高付加価値が期待される。しかし、フライアッシュを細骨材置換した場合は粘性が増加し圧送性や吐出量の低下が懸念される。そこで、フライアッシュの品質、置換率および置換方法が吹付けコンクリートの塑性粘度に与える影響と塑性粘度の簡易評価法について検討したので、結果を報告する。

2. 試験概要

使用材料を表-1 に、ベースコンクリートの配合を表-2 に示す。試験に用いたフライアッシュは、石炭燃焼ボイラーやブレン比表面積等の品質が異なるものを選定した。配合は、単位結合材量 360kg/m^3 、水結合材比 60%以下、細骨材率 60%の条件において、スランプ $12\pm 1.5\text{cm}$ および空気量 $2\pm 1.5\%$ を満足するものとした。フライアッシュの置換方法は、セメント置換、砂置換およびセメント・砂置換の3方法とし、セメント置換は質量比、砂置換は容積比とした。

ベースコンクリートの塑性粘度は、コンクリートを

表-1 使用材料

材 料	記 号	品 質	密 度 (g/cm^3)
セメント	C	普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	S	陸砂：厚真産 吸水率1.55, F.M 2.45	2.74
		砕砂：手稲産 吸水率2.01, F.M 2.83	2.66
		砕砂：京極産 吸水率2.59, F.M 2.81	
粗骨材	G	砕石：手稲産 吸水率1.59, F.M 6.45	2.68
フライアッシュ	DR/BA	苫東厚真発電所 比表面積：3,030 cm^2/g	2.28
	MS	2号機 原粉 " : 3,050 cm^2/g	2.30
	OB-0	苫東厚真発電所 " : 2,650 cm^2/g	2.17
	MO-0	4号機 原粉 " : 3,200 cm^2/g	2.23
	OB-F	" 細粉 " : 3,700 cm^2/g	2.28

※細粉：分級した細粉

表-2 配合ケース

配 合 ケース	細骨材 種類	フライアッシュ 種類	結合材量 (kg/m ³)	セメント	砂	目標 スランプ (cm)	水結合材比 W/(C+F _c) (%)	細骨材率 (F _{sv} +S _v) / (F _{sv} +S _v +G) (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
				置換率 質量比 F _c /(C+F _c) (%)	置換率 F _{sv} / (F _{sv} +S _v) (%)				水 W	セメント C	フライアッシュ			細骨材 S	粗骨材 G
											F	F _c	F _s		
										(F _c +F _s)					
OPC	陸砂	—	360	0	0	12±1.5	57.2	60	206	360	—	—	—	1,085	708
OB0C10S0		OB-0		10	0		56.1	60	202	324	36	36	—	1,083	706
OB0C20S0				20	0		55.0	60	198	288	72	72	—	1,081	705
OB0C0S10				0	10		53.9	60	194	360	88	—	88	994	720
OB0C0S20				0	20		53.9	60	194	360	175	—	175	884	720
OB0C0S30				0	30		56.1	60	202	360	259	—	259	764	712
OB0C10S10				10	10		53.3	60	191	324	123	36	87	991	718
OBFC10S0		OB-F		10	0		54.4	60	196	324	36	36	—	1,094	714
OBFC20S0				20	0		53.1	60	191	288	72	72	—	1,095	714
OBFC10S10				10	10		51.1	60	184	324	129	36	93	1,003	726
MO0C10S0				10	0		56.4	60	203	324	36	36	—	1,082	706
MO0C10S10		MO-0		10	10		53.6	60	193	324	125	36	89	989	716
DR/BAC10S0		DR/BA		10	0		56.7	60	204	324	36	36	—	1,081	705
DR/BAC0S10				0	10		56.1	60	202	360	91	—	91	983	712
MSC10S0		MS		10	0		56.7	60	204	324	36	36	—	1,081	705
MSC0S10				0	10		55.0	60	198	360	92	—	92	988	716
CTOB0C0S10	砕砂(手稲)	OB-0	0	10	57.8	60	208	360	86	—	86	945	705		
COB0C0S10	砕砂		0	10	57.8	60	208	360	86	—	86	945	705		

キーワード：吹付けコンクリート，フライアッシュ，水粉体容積比，塑性粘度

連絡先：北海道電力(株)総合研究所 〒067-0033 江別市対雁 2-1 Tel 011-343-8007 FAX 011-385-7553

ウェットスクリーニングしたモルタルを用いて、レオメータ（HAAKE RS150）により測定を行った。また、塑性粘度を簡易的に評価する方法として、高流動コンクリートの材料分離抵抗性を評価する円筒貫入計（ ϕ 7mm の孔が 4 方向に 7 個空いた ϕ 30×h275mm の円筒容器）を用いた。測定方法は、ビーカー（容量 5L）にコンクリートを入れ、円筒貫入計を 10 秒間挿入し、内部に流入したモルタル量を計測した。なお、計測値は 3 回の平均値を使用し、モルタル量は円筒貫入計指数（mm）で表した。

3. 試験結果および考察

(1) 配合材料が塑性粘度に及ぼす影響

既往の研究においては、吹付けコンクリート中の粉体量によって塑性粘度が変化し、吹付け時の圧送性や吐出量およびリバウンド等に影響するとの報告¹⁾がなされている。各置換方法における水粉体容積比と塑性粘度の関係を図-1 に示す。塑性粘度は、水粉体容積比の増加に伴い減少する傾向が認められた。また、フライアッシュの種類によらず相関性が良いことから、塑性粘度へのフライアッシュの品質の影響は少ないと考えられる。セメント置換のケースは、フライアッシュ無置換（OPC）に比べ、また、セメント・砂置換 10% のケースは、砂置換 10% のケースに比べ水粉体容積比が減少しているが、塑性粘度は同程度以下となり、フライアッシュの持つボールベアリング効果が発揮されたと考えられる。陸砂を用いた砂置換 10% のケースの塑性粘度は、砕砂を用いた砂置換 10% のケースに比べ大きくなる傾向を示した。これは、陸砂の方が砕砂より単位水量が減少したため、塑性粘度が大きくなったと推察される。

(2) 塑性粘度の簡易評価法

水粉体容積比と円筒貫入計指数の関係を図-2 に、円筒貫入計指数と塑性粘度の関係を図-3 に示す。円筒貫入計指数は、水粉体容積比の増加に伴い大きくなり、塑性粘度は円筒貫入計指数が大きくなるほど減少する傾向を示した。また、図-3 により円筒貫入計指数は、粉体および細骨材の種類の影響が少ないことが認められた。これらのことから、円筒貫入計指数は、コンクリート中のモルタルの塑性粘度を表し、吹付けコンクリートの塑性粘度を簡易に評価できると考えられる。

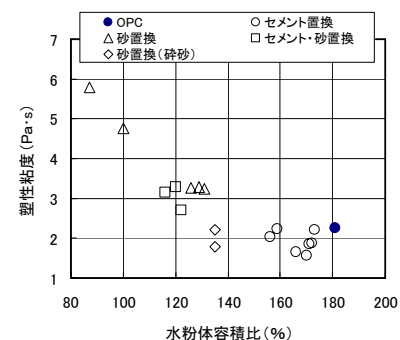


図-1 水粉体容積比と塑性粘度

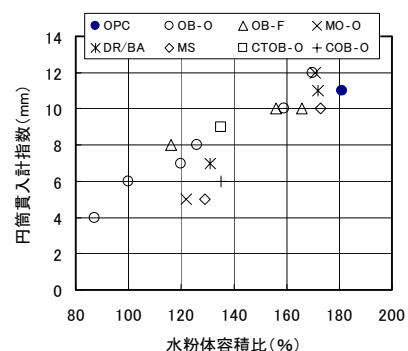


図-2 水粉体容積比と円筒貫入計指数

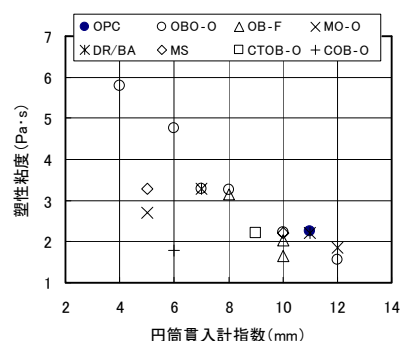


図-3 円筒貫入計指数と塑性粘度

4. おわりに

本報告は、フライアッシュの品質および置換方法が吹付けコンクリートの塑性粘度に与える影響および塑性粘度の簡易評価法について検討を実施した。その結果、塑性粘度は、フライアッシュの品質による影響は小さく、水粉体容積比による影響が大きいと判断された。また、吹付けコンクリートの塑性粘度は、円筒貫入計により簡易に評価できることが示唆された。

今後は、現場試験を実施し吹付け時の圧送性、吐出量、リバウンドおよび粉塵量などから最適な塑性粘度を評価し、フライアッシュの吹付けコンクリートへの利用促進を図る予定である。

【参考文献】

- 1) 石関嘉一，駒田憲司，西村次男，魚本健人；使用材料が吹付けコンクリートの施工性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.22，No.2，pp.109 - 114，2000
- 2) 林透，小野寺収，石関嘉一，齋藤敏樹；フライアッシュ吹付けコンクリートへの適用性に関する基礎的実験，土木学会北海道支部論文報告集，第 59 号，V-36，pp.818 - 821，2003.2.