

フライアッシュを混和材として用いたコンクリートのポンプ圧送性について

九州電力(株) 正会員 ○山下 裕司、九州電力(株) 正会員 池田 浩一

1 はじめに

フライアッシュは、コンクリートに混和することで、施工性の向上、長期強度の増進、耐久性の向上、アルカリ骨材反応の抑制効果が期待できる。このうち施工性について一般的に流動性が向上するといわれているが¹⁾、フライアッシュ等の単位粉体量が多い配合では粘性が増えることにより、ポンプ圧送性に影響を与える場合も考えられる。

フライアッシュを混和材として用いたコンクリートのポンプ圧送性に関しては報告例が少なく¹⁾、土木学会や日本建築学会のコンクリートポンプ工法に関する各種の施工指針にもあまり言及されていないのが現状である。今回、フライアッシュコンクリートのポンプ圧送性について明らかにすることを目的として、長大配管における硬練り配合で実機による圧送試験を行った。圧送負荷の要因となる管内圧力損失は、粉体量の増加に伴い大きくなる傾向であるが、土木学会の標準値相当となり、問題ない結果となった。

2 ポンプ圧送性の試験概要

(1)配管および計測方法

図-1 にポンプ圧送の配管と圧力センサーの位置を示す。ポンプ圧送管の曲がりには4箇所設け、水平換算距離は73mまで長大にした。その間でNo.1～No.5の計5点で圧力を測定した。コンクリートポンプ車からの吐出量は、15m³/hである。

(2)使用材料および配合

表-1 に示す使用材料を用いて、生コン工場実機試験により決定した配合を表-2 に示す。配合条件として、粗骨材の最大寸法を40mm、目標スランプを8±2.5cmとし、硬練り配合とした。生コン工場でJIS配合として出荷しているフライアッシュ無混入コンクリート

(高炉セメント使用)の呼び強度21N/mm²での配合をベースとして(以下、普通コンクリートという)、そのときの水結合比57.5%を固定して、フライアッシュをセメントの質量に対して20%置換したセメント置換、細

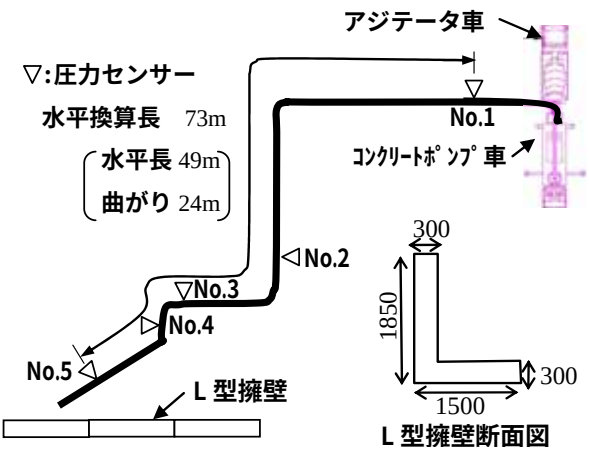


図-1 ポンプ圧送配管図

表-1 使用材料

材 料	性 状 など
セメント	高炉セメントB種、密度：3.02 g/cm ³ 、比表面積：3,780 cm ² /g
細骨材	海砂(粗目)、長崎県壱岐産、表乾密度：2.56g/cm ³ 、粗粒率3.00 海砂(細目)、長崎県神浦産、表乾密度：2.58g/cm ³ 、粗粒率2.00
粗骨材	2005碎石(安山石)、長崎県小長井産、表乾密度：2.62g/cm ³ 、実積率：59.5% 4020碎石(安山石)、長崎県小長井産、表乾密度：2.62g/cm ³ 、実積率：55.0%
フライアッシュ	JISⅡ種、密度：2.28g/cm ³ 、比表面積：3,930 cm ² /g、強熱減量：2.3%
混和剤	AE減水剤：有機酸系誘導体および芳香族高分子化合物 AE剤：アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤 AE剤(FA用)：高級脂肪酸および非イオン系界面活性剤

表-2 コンクリートの配合表

配合名	配 合 条 件								単 位 量 (kg/m ³)							
	セメントの種類	粗骨材最大寸法(mm)	スランプ(cm)	空気量(%)	水セメント比W/C(%)	水結合材比W/B(%)	フライアッシュ置換率(%)	細骨材率S/a(%)	水W	セメントC	フライアッシュFA	細骨材S	粗骨材G	AE減水剤	AE剤(g/m ³)	
															(g)	(g)
普通	高炉セメントB種	40	8.0±1.5	4.5±1.5	57.5	-	-	38.6	154	268	0	704	1146	2.68	27	-
セメント置換				3.5±1.5	-	57.5	20	38.6	153	266	53	710	1156	2.66	27	53
砂置換					57.5	-	10	38.1	156	271	62	632	1076	2.71	27	149

※水結合材比=W/B=W/(C+FA)

キーワード フライアッシュ、ポンプ圧送性

連絡先 〒815-8520 福岡市南区塩原 2-1-47 九州電力(株)総合研究所 土木グループ TEL092-541-2910

骨材(砂)の容積に対して10%置換した砂置換と比較した。なお、セメント置換は単位セメント量を低減できることから水和熱低減による温度ひび割れ抑制効果とセメント製造時のCO₂発生量抑制、砂置換は海砂の天然資源保護といった環境負荷低減のメリットがある。

単位水量は、フライアッシュを混和するとボールベアリング効果により流動性が改善されるため減水効果があるといわれているが¹⁾、セメント置換で1kgのみ減水、砂置換では2kg増加と減水効果が小さかった。これは使用したフライアッシュのフロー値比が小さいことが影響したと考えられる。

3 ポンプ圧送性の試験結果

(1)スランプ、空気量の経時変化

スランプ(JIS A 1101 コンクリートのスランプ試験方法)および空気量(JIS A 1128 フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法)の測定は、①出荷時(生コン工場)、②荷卸し時(現地、生コン工場からの距離約2km、運搬時間約10分)、③ポンプ圧送直後(圧送後に筒先より採取)とした。

図-2にスランプロスの経時変化を示すが、砂置換の場合に普通コンクリートより大きくなるが、セメント置換では同程度となっている。図-3に空気量ロスの経時変化を示すが、フライアッシュコンクリートは未燃カーボンがAE剤を吸着するため、空気量ロスが増大することが既往文献により懸念されていたが¹⁾、普通コンクリートと差がなく問題ない結果となった。

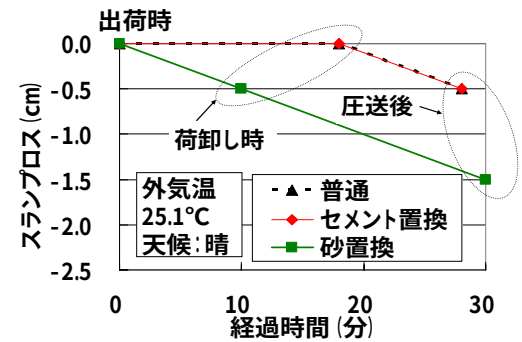


図-2 スランプロスの経時変化

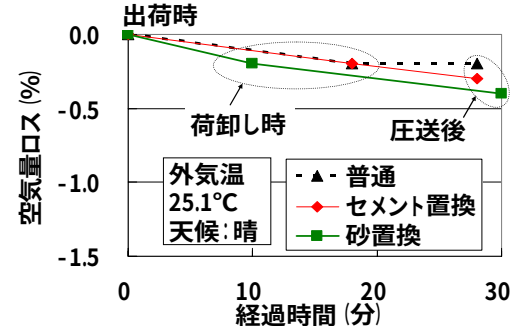


図-3 空気量ロスの経時変化

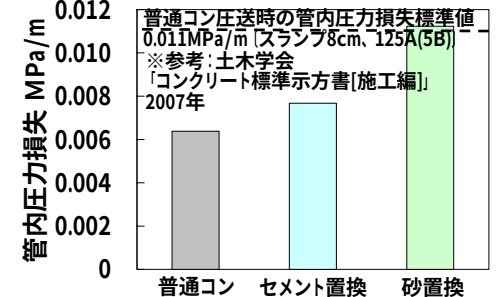


図-4 管内圧力損失

(2)管内圧力損失

図-4に管内圧力損失の結果を示す。セメント置換では普通コンクリートと同等程度であったが、これは粉体量が変わらなかったためと考えられる。一方、砂置換では約1.5倍に増加したが、この要因として粉体量が多くなったため、粘性が増加したことが考えられる。

なお、土木学会「コンクリート標準示方書(施工編)」に記載の標準値相当の管内圧力損失であり、問題ないと考えられる。

(3)脈動時の変動係数

図-5に脈動1波あたりの管内圧力を示す。この脈動の比較的圧力が一定の山の部分について、変動係数を求めた結果を図-6に示す。変動係数は、No.4で普通コンクリートが大きい結果以外は同等程度であり、フライアッシュの影響による脈動時の流れの乱れは認められないと考えられる。

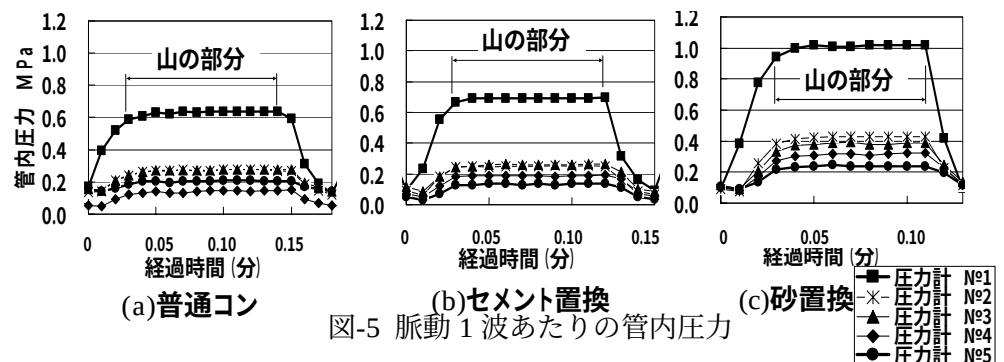


図-5 脈動1波あたりの管内圧力

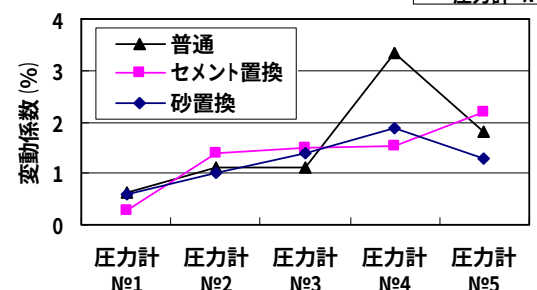


図-6 管内圧力の変動係数

4 おわりに

本研究を踏まえて、産学官の関係者にフライアッシュコンクリートの現場ポンプ打設状況を公開しPRを図った。今後も行政、地元、大学、学会との連携を強化して、フライアッシュの需要を拡大していきたい。

参考文献 1)土木学会：循環型社会に適合したフライアッシュコンクリートの最新利用技術、2009