フライアッシュを用いたコンクリートの各種物性試験

北海道電力㈱ 基地土木建築課 正会員 ○関口 雄介
清水建設㈱ 土木技術本部 正会員 佐久間 清文 宮田 佳和
清水建設㈱ 土木東京支店 土木第二部 正会員 佐藤 充史
清水建設㈱ 土木技術本部 フェロー 江渡 正満

1．はじめに

北海道電力㈱は，石狩湾新港中央埠頭において貯蔵容量 23 万 kℓ の地上式 PCLNG 貯槽を構築中であり，その基礎版および防液堤には，フライアッシュをセメント内割で 30%程度置換したフライアッシュ C 種セメントを適用している．地上式 PCLNG 貯槽の防液堤コンクリートの要求性能の一つとして LNG 地上式貯槽指針（社）日本ガス協会により，温度ひび割れ発生確率 5%以下が求められている．しかし，フライアッシュ C 種セメントはダム以外の使用実績は少なく，PC 構造物で用いるような一般的な配合において，温度応力解析で用いる物性値については不明な点も多いことから，各種試験を行って当該配合の物性値を得た．

2．試験概要

本貯槽の暫定配合に対して，断熱温度上昇試験(JCI-SQA3 コンクリートの断熱温度上昇試験方法(案)[1])，自己収縮試験((仮称)高流動コンクリートの自己収縮試験方法[2])を行った．配合の一覧を**表- 1**に示す．使用セメントは普通ポルトランドセメントおよび中庸熱ポルトランドセメントとし，骨材は代表工場のものを使用した．FC(A)-50，FC(B)-50 は，約 10,000m^3 の一括大量打設となる基礎版を想定した配合であり，ここでは 2 つのメーカー(A 社, B 社)のセメントを使用する計画としたため，それぞれのセメントで試験を行った．また，膨張材を使用する配合では A 社のセメントを使用する計画であったため，**表- 1**の FC(B)-50 以外の配合全てに対して拘束膨張試験(JIS A 6202 付属書 2 A 法)を行った．膨張材の添加量は結合材内割で 20kg/m^3 置換とし，MFC-50，MFC-40 に対してのみ 15kg/m^3 置換したケースでも試験を行った．

3．試験結果

練上り温度 20℃における断熱温度上昇試験の結果を**図- 1**，**図- 2**，**表- 2**に示す．**図- 1**より，FC(A)-50，FC-40，FC(B)-50 の発熱特性は，同じ単位結合材量の中庸熱ポルトランドセメントの特性[3]に近いことが確認された．また，MFC-50，MFC-40，MFC-30 の発熱特性は，中庸熱ポルトランドセメントの断熱温度上昇式[3]に適用する単位セメント量を C＋F×0.3 とすることで，実測値とほぼ一致した．C＋F×0.3 の計算方法としては，たとえば MFC-50 であれば，単位結合材量 280kg 中のセメントは 196kg，フライアッシュは 84kg であるため，

表- 1 試験配合

配合名	ｾﾒﾝﾄ種類	ｾﾒﾝﾄﾒｰｶｰ	*FA* 種類	目標 *SL* (%)	目標空気量 (%)	*W/B* (%)	*s/a* (%)	単位量(kg/m³)						
								W	*B(C+FA)*	*FA/B*	*S1*	*S2*	*G1*	*G2*
FC(A)-50	N	A社	Ⅱ種	18	5.0	50	47.7	140	280	0.3	903	－	986	－
FC-40						40	47.5	140	354		866	－	954	－
MFC-50	M					50	47.8	140	280		905	－	986	－
MFC-40						40	47.6	140	354		869	－	954	－
MFC-30				55※		30	42.9	138	460		744	－	986	－
FC(B)-50	N	B社		18		50	44.3	155	310	0.28	564	241	702	307

※目標スランプフロー

キーワード フライアッシュ，断熱温度上昇試験，自己収縮試験，拘束膨張試験
連絡先 〒061-3242 北海道石狩市新港中央 4 丁目 3740 番地 2 ＴＥＬ011-772-8604

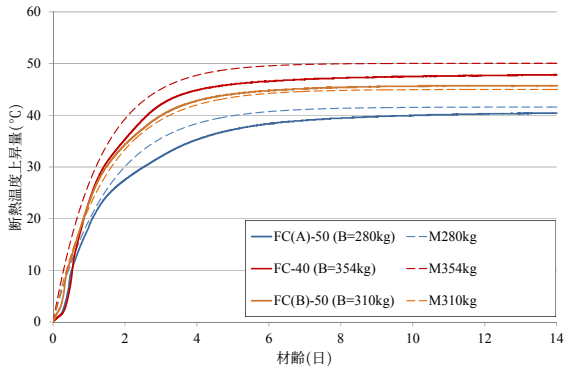

図- 1 断熱温度上昇試験結果(FC)

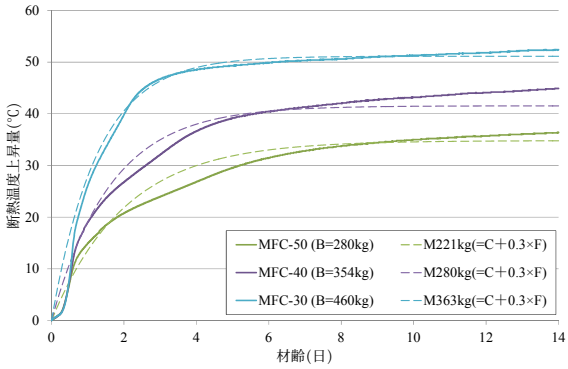

図- 2 断熱温度上昇試験結果(MFC)

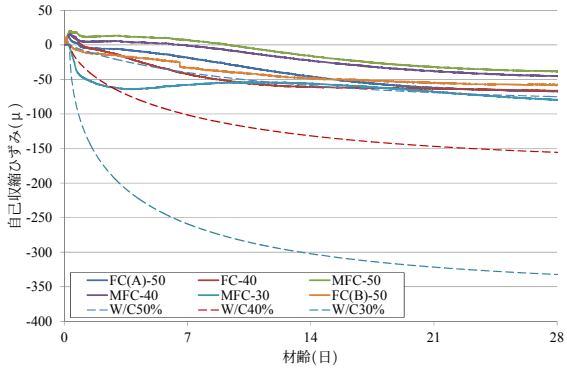

図- 3 自己収縮試験結果

表- 2 断熱温度上昇式の各定数の近似結果

断熱温度上昇式 $Q(t) = Q_\infty \times (1-\exp(-\alpha t^\beta))$ ここに，Q_∞：終局断熱温度上昇量 α，β：断熱温度上昇速度に関する係数			
配合名	Q_∞	α	β
FC(A)-50	40.1	0.6	1.0
FC-40	47.7	0.6	1.2
MFC-50	37.4	0.5	0.8
MFC-40	44.3	0.5	0.9
MFC-30	51.0	0.6	1.2
FC(B)-50	45.6	0.7	1.0

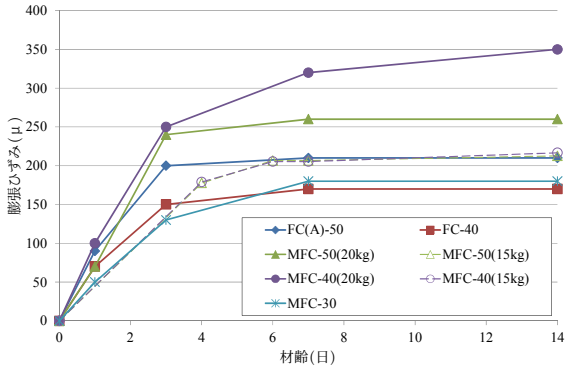

図- 4 拘束膨張試験結果

断熱温度上昇特性に適用する単位セメント量は 196＋84×0.3＝221.2kg となる．このことは，フライアッシュの発熱量はセメントの 1/3 とする既往の文献[4]と一致している．

自己収縮試験の結果を**図- 3**に示す．**図- 3**には温度応力解析で一般的に用いる自己収縮の値[3]も点線で示している．自己収縮には水結合材比が影響するといわれているが，今回の試験においては，自己収縮は同水結合材比の標準的な値に比べて大幅に小さくなった．

拘束膨張試験の結果を**図- 4**に示す．FC(A)-50，FC-40，MFC-30 は添加量 20kg/m^3 で膨張ひずみは収縮補償コンクリートの範囲内（150～250μ）となった．MFC50，MFC-40 は添加量 20kg/m^3 で膨張ひずみは 250～350μ程度と大きくなったが，添加量 15kg/m^3 とすることで膨張ひずみは 200μ前後となった．

4．まとめ

フライアッシュを 30%程度内割置換したコンクリートの物性値を得た．断熱温度上昇特性は中庸熱ポルトランドセメントの発熱特性を適用して近似可能であること，自己収縮は通常のセメントより大幅に小さいこと，膨張材を 15～20kg/m^3 用いることで膨張ひずみは収縮補償コンクリートの範囲内となることが確認された．

参考文献

1）日本コンクリート工学協会：JCI 規準集，pp.373-375，2004 年 4 月
2）日本コンクリート工学協会：超流動コンクリート研究委員会報告書(Ⅱ)，1994 年 5 月
3）土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編]，pp.303～318
4）土木学会：コンクリートライブラリー94 フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針（案），p.159，1999 年 4 月