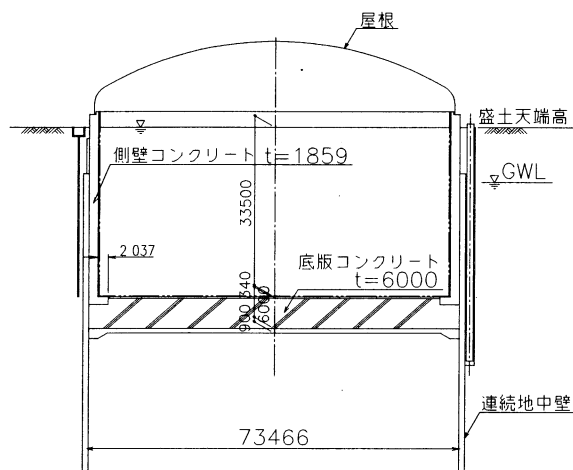


高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートの火力発電所土木設備への適用について（その6）
— L N G 地下タンク底版コンクリートの断熱温度上昇特性について —

東京電力富津火力建設所	正会員	福井	英大
鹿島・清水建設共同企業体	正会員	岡村	謙作
鹿島技術研究所	正会員	平石	剛紀
清水建設土木本部	正会員	根本	浩史

1. はじめに

東京電力(株)富津火力発電所では 10,11 号 L N G 地下タンクを施工中である。地下タンク底版は厚さ 6m、コンクリート量 24,400m³ のマスコンクリートであり、部材中央部と表面部の温度差によって生じる内部拘束応力が主原因で温度ひび割れが発生する恐れがあるため、三成分系低発熱セメントを用いるとともに、保温養生を行うことにより温度ひび割れの発生を制御している。本報文はコストダウンを指向し高炉スラグ粗骨材を 50% 使用したコンクリートの断熱温度上昇特性について報告する。図-1 に L N G 地下タンクの標準断面図を示す。



2. コンクリートの断熱温度上昇特性の把握

1) 高炉スラグ粗骨材の特性

養生計画を決定するための温度応力解析の実施に当たり、高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートの断熱温度上昇特性 ($Q=Q_{\max}(1-\exp(-\alpha t))$; $Q_{\max}$: 終局断熱温度上昇量、 α : 温度上昇速度) を把握する必要がある。そこで、表-1 に示すように高炉スラグ粗骨材を 50% 用いた A 配合、天然粗骨材を 100% 用いた B 配合の 2 種類の配合で断熱温度上昇試験 (空気循環式: 打ち込み温度 20℃) を実施した。試験結果を図-2 に示す。両配合の終局断熱温度上昇量の差は 1.4℃ (A 配合; 32.3℃、B 配合; 30.9℃) と小さく、試験誤差範囲と考えられ、温度上昇速度はほぼ一致した。したがって、高炉スラグ粗骨材を 50% 用いたときの断熱温度上昇特性は天然粗骨材を 100% 用いた場合とほぼ同等であると考えられる。

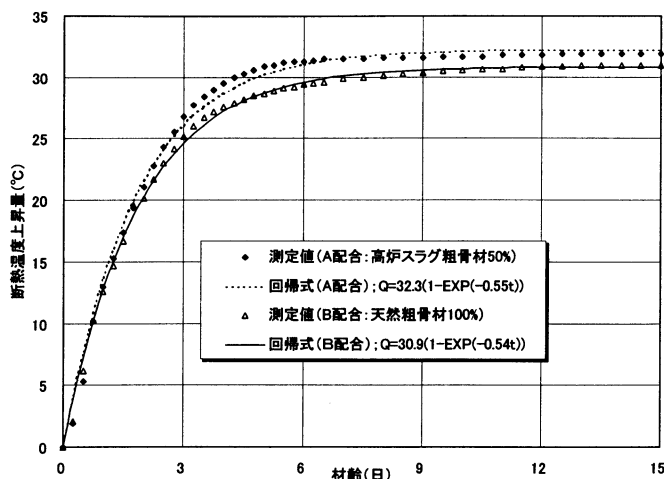
圖一 1 標準断面図

表-1 コンクリート配合

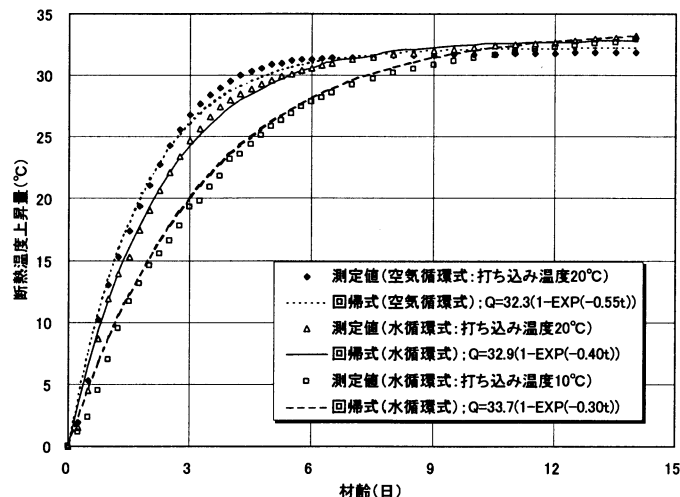
配合	G _{max} (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
						W	C	S	天然 G	高炉 G	A
A	20	15±2.5	55	4.5±1.5	48	158	285	871	491	467	0.712
B						149	270	832	1060	0	0.712

2) 試験方式の違いの影響

既往のLNG地下タンク底版養生管理実績より、底版の温度履歴を再現するには、温度解析において試験値の終局断熱温度上昇量を10～20%割増す必要があるという知見が得られている。その原因の一つとして、終局断熱温度上昇量が小さめに出るといわれる空気循環式の断熱温度上昇試験の特性が挙げられている。そこで、今回は空気循環式に加え、比較的精度がよいとされる水循環式の断熱温度上昇試験を行い、結果を比較した。図-3に試験結果(A配合)を示す。打ち込み温度20℃のときの終局断熱温度上昇量はほぼ同等(空気循環式;32.3℃、水循環式;32.9℃)となったことから、既往の養生管理実績における計測と解析の差は試験方式によるものではないと考えられる。また、水循環式で打ち込み温度が10℃と20℃のケースと比較すると、終局断熱温度上昇量の差は0.8℃(10℃;33.7℃、20℃;32.9℃)と小さく、試験誤差範囲と考えられる。したがって、打ち込み温度が異なっても断熱温度上昇特性に有意な差はないことが確認された。



図－2 断熱温度上昇試験結果（１）



図－3 断熱温度上昇試験結果（２）

3. 計測値と試験値の比較

表－2 に打設温度 20℃（10 号タンク）と打設温度 10℃（11 号タンク）のケースの計測値と断熱温度上昇試験値の比較を示す。なお、表中のピーク温度上昇量は、計測値についてはピーク温度とコンクリートの打設温度の差であり、試験値については終局断熱温度上昇量を示した。計測値は既往の地下タンクの実績より、ほぼ断熱状態と見なせることが分かっている中心部（各計測位置の底版天端より 3m 下の位置）の値を用い、試験値は水循環式断熱温度上昇試験の結果を用いた。ピーク温度上昇量に着目すると、打設温度により若干差はあるものの、計測値と試験値の比（①／②）は 1.07～1.15 と大きな値を示しており、既往の地下タンク実績にて得られている、計測値が試験値より 10～20%増加するという知見に一致する。また、温度上昇速度の計測値と試験値の比（①／②）は計測値の方が大きくなる傾向も見られず、差も小さい。この結果を踏まえ、試験値の終局断熱温度上昇量を 15%（10 号実績）割り増して 2 次元 FEM による温度応力解析を行ったところ、LNG 地下タンクの底版コンクリートの温度履歴を精度よく再現できた。

表－2 試験値と計測値の比較

打設温度	項目	計測位置 (r:タンク センターから の距離)	① 計測値 (中心部)	② 試験値 (水循環式)	①/②
20℃ (10号)	ピーク温度 上昇量	r=0m	36.9	32.9	1.12
		r=10m	36.8		1.12
		r=20m	37.7		1.15
		r=28m	35.5		1.08
	温度上昇 速度	r=0m	0.38	0.4	0.95
		r=10m	0.42		1.05
		r=20m	0.43		1.08
		r=28m	0.41		1.03
10℃ (11号)	ピーク温度 上昇量	r=0m	36.8	33.7	1.09
		r=20m	36.3		1.08
		r=28m	36.1		1.07
	温度上昇 速度	r=0m	0.30	0.3	1.00
		r=20m	0.29		0.97
		r=28m	0.28		0.93

4. まとめ

高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートの断熱温度上昇試験を実施し、断熱温度上昇特性を把握した上で、LNG 地下タンク底版コンクリートの養生管理結果より得られた計測値と試験値の比較を行った。本検討より得られた知見を以下に列挙する。

- ① 高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートと天然粗骨材を用いたコンクリートの断熱温度上昇特性に有意な差異は認められなかった。
- ② 断熱温度上昇試験における終局断熱温度上昇量は空気循環式と水循環式といった試験方式の違いや打ち込み温度の違い（10℃、20℃）による有意な差異は認められなかった。
- ③ 既往の LNG 地下タンク底版養生管理実績から得られている知見通り、底版の温度履歴を精度よく再現するには、断熱温度上昇試験で得られた終局断熱温度上昇量を 10～20%割り増す必要があることが確認された。