LNG 地下式貯槽のコンクリート工事

—東京電力(株) 東扇島 LNG 基地—

杉 正*¹・山 崎 八 郎*²

概 要 本稿は、東京電力(株)東扇島 LNG 基地に設ける 6 万 kl 7 基の LNG 地下式貯槽工事のうち、総量約 39 万 m³ に及ぶコンクリート工事について報告したものである。とくに LNG 地下式貯槽の側壁および底版はマスコンクリートであるため、セメントの水和熱に起因する温度ひびわれ制御を主たる目的として、計画段階から各種検討を実施した。

キーワード：LNG 地下式貯槽、マスコンクリート、流動化コンクリート、断熱温度上昇試験、連続地中壁、温度応力、温度ひびわれ、品質管理

1. ま え が き

東京電力(株)東扇島 LNG 基地は、マレーシア産の LNG を年間 100 万 t 受け入れ、川崎、横浜地区の大気環境改善のために、近隣の既設川崎、横浜火力の燃料を LNG に転換するもので、東扇島の西北端に位置する(図-1)。

当基地建設工事は昭和 55 年 6 月に着工し、58 年 9 月現在の工事進捗率は約 88% である(表-1)。

本報告は、LNG 基地に設ける 6 万 kl 7 基の LNG 地下式貯槽工事のうち、総量 39 万 m³ に及ぶコンクリート工事について報告するものである。

2. LNG 地下式貯槽の施工

LNG 地下式貯槽は、容量 6 万 kl、内径 50 m、液深 30.7 m で、貯槽本体と屋根からなる完全地下式貯槽で

表-1 主要施設工事工程

主要構造物	55年	56年	57年	58年	59年
LNG地下式貯槽	55/6				
受入れ配管洞道	56/2				
LNG パース	56/5				
ガ ス 導 管	56/6				
付 帯 設 備	56/5

図-1 一般平面図

*1 東京電力(株)東扇島 LNG 基地建設所次長

*2 同左 第一土木課副長

図-2 貯槽構造図

ある(図-2)。

貯槽本体は、内外力を受けもつ外槽と、LNGの液および気密を保つメンブレン内槽、保冷材よりなる。外槽はRC構造で、円筒状の側壁と円盤状の底版とからなる。内槽は側部、底部ともにメンブレン(ステンレス薄板、厚さ2mm)を張り、外槽と内槽の間には保冷材(硬質ポリウレタンフォーム、厚さ15cm)を設ける。上部はドーム状屋根と吊り天井(アルミ)からなり、天井上にはグラスウールの保冷層を設ける。

貯槽の施工は、まず地盤の液状化対策と連壁の施工性のため、貯槽周辺をサンドコンパクションパイル工法で地盤改良を行った。次に、土留め兼止水壁として、厚さ1.2mの連続地中壁を、約90mの深さにある難透水層まで円筒形状に構築した。

側壁(厚さ2.5m)の施工は、連壁の内側にて、1ロット4.5~6.3mごとに掘削と側壁の構築を順次繰り返

し、7~8ロットで側壁を完成する連続逆巻工法で行った。

底版の施工は、内部掘削完了後、砕石層およびヒーター層を設け、厚さ7mの円版状の底版コンクリートを2リフトに分けて打設した。

3. コンクリート材料

東扇島LNG地下式貯槽のコンクリートは、連続地中壁用の水中コンクリート、側壁、底版に用いられるマスコンクリートが主体である。地下タンクは、その機能上高い水密性が要求される。とくに、マシブなRC構造物である側壁、底版のコンクリートには、温度応力制御の観点から材料、配合について慎重な配慮を行った。

表-2 試験材料

材料名	種別
砂	川砂(台湾産、静岡産)
	山砂(千葉産)
砂利	川砂利(台湾産、静岡産)
	砕石(奥多摩産)
セメント	高炉セメント*
	中熱ポルトランドセメント
	普通ポルトランドセメント
AE減水剤 (遅延型)	ヴィンソル 80R
	ボゾリス No. 8
	プラストクリート R
	サンフロー R
流動化剤	NP-10
	NP-20
	マイティ FD
混和材	フライアッシュ

注) * 高炉セメントB種で、スラグ混入率55%のマスコン型

The Concrete Works of LNG Inground Storage Tanks in the Construction of the Higashi-Ogishima LNG Terminal

By Tadashi Sugi and Hachiro Yamazaki

Concrete Journal, Vol. 22, No. 2, pp. 24~31, Feb. 1984

Synopsis This article is concerned with the concrete work involved with pouring a large volume of concrete totalling to about 390 000 m³. This work is only a portion of the overall construction of 7 LNG inground storage tanks (60 000 kiloliter) in the Higashi-Ogishima LNG Terminal projected by The Tokyo Electric Power Co., Inc. Since the side walls and baseplates of the LNG inground storage tanks will be constructed of mass concrete, various types of studies were made from the planning stages to develop an optimum method of controlling thermal cracking caused by heat of hydration of cement.

Keywords : LNG inground storage tank, mass concrete, fluidized concrete, adiabatic temperature rise test, monolithic underground wall, thermal stress, thermal crack, quality control

表—3 骨材試験結果

項 目	細 骨 材				粗 骨 材			
	川 砂 (台 湾)	川 砂 (静 岡)	山 砂 (千 葉)	規 格 値	川砂利 (台 湾)	川砂利 (静 岡)	砕 石 (奥多摩)	規 格 値
比 重	2.63	2.60	2.62	—	2.67	2.63	2.64	標準 (2.5 以上)
吸 水 率 (%)	1.63	1.80	1.86	—	0.74	1.09	0.77	〃 (3.0 以下)
単位容積重量 (kg/m³)	1790	1740	1740	—	1730	1670	1560	—
実 積 率 (%)	69.2	68.1	67.3	—	65.3	64.2	59.5	砕石 JIS 55 以上
洗 い 試 験 (%)	1.74	2.30	1.39	5.0 以下	0.55	0.30	0.72	1.0 以下
有機不純物	薄 い	薄 い	薄 い	標準色より薄 い	—	—	—	—
安 定 性 (%)	3.2	2.5	3.2	10 以下	1.5	6.7	4.9	12 以下
粘 土 塊 量 (%)	0.6	0.5	0.3	1.0 以下	0.2	0.1	0.1	0.25 以下
軟 石 量 (%)	—	—	—	—	0.0	0.0	0.0	5.0 以下
軽 粒 率 (%)	0.0	0.0	0.0	1.0 以下	0.0	0.0	0.0	1.0 以下
塩 化 物 (%)	0.0	—	—	0.1 以下	—	—	—	—
粗 粒 率	3.23	3.37	2.75	—	6.86	7.31	6.36	—

注) 規格値は、土木学会コンクリート標準示方書および同解説による。

図—3 粒度曲線

使用材料の予備調査を行い、品質、経済性、長期的な安定供給について検討の結果、表—2 に示す材料を選定して材料試験を実施した。

(1) 骨 材

表—3、図—3 に試験結果を示す。各材料とも、品質上問題となる点はなかった。試験結果から良質骨材の安定確保、単位水量の減少を考慮して、細骨材は台湾産川砂と千葉産山砂を 5:5、粗骨材は台湾産川砂利と奥多摩産砕石を 7:3 の混合比で用いることとした。静岡産骨材についても配合試験を行い、予備材料とすることにした。

(2) セメントおよび混和材料

試験の結果、セメントは、いずれも規格値を満足していた。強度面では、初期材令において差があるものの、4 週での差は小さく、ことに中庸熱セメントとマスコン型高炉セメント B 種（以下、高炉セメントと称す）では差がなかった。また、水和熱は、中庸熱セメントでは規格値を満足しており、高炉セメントではさらに小さくな

っている。

減水剤、流動化剤については、それぞれ土木学会基準および JASS 5 T 401 の規格による試験を行った結果、いずれも規格を十分に満たしており、銘柄による差は認められなかった。

4. コンクリート配合

配合試験は、強度、流動化性状、発熱特性の各項目について実施した。

(1) マスコンクリート用配合試験

表—4 に、マスコン用コンクリート配合試験の配合を示す。これは、高炉セメントを基本として、各要因別の影響の程度を調べたものである。

表—5 に、高炉セメントにフライアッシュの混入率を変化させて強度発現の程度を調べたものの配合を示す。

表—4 および表—5 に、各々の強度試験結果を示す。骨材の違いによる配合の差はほとんどないが、強度では、静岡産骨材を用いたものの方がやや大きい。水セメント比が大きくなるに従ってその差が小さくなり、水セメント比 65% ではほぼ等しくなる。中庸熱セメント、高炉セメントの比較でも、同じように水セメント比が大きくなるにつれて両者の強度が接近する。また、同一スランプを得るのに要する単位水量は、高炉セメントの方が約 3 kg/m³ 少なくてすむ。

高炉セメントとフライアッシュ混入高炉セメントではフライアッシュの混入率が増すにつれて強度が低下し、混入率 20% では混入しないときの 80% であった。フライアッシュ混入による減水効果は大きく、20% の混入率で 5~10 kg/m³ の減水効果がある。

(2) 流動化コンクリート

表—4 の No. 10~12 の配合を用いてスランプ、空気量の経時変化を調べた。流動化剤添加による強度への影響は、表—6 にも見られるとおりでない。実際の側壁施工

表 4 要因別配合および試し練り結果

比較要因	No.	条 件				細 骨 材 率 (%)	単 位 量 (kg/m³)						圧 縮 強 度 試 験 結 果				関 係 式																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		細骨材の組合せ	粗骨材の組合せ	セメントの種類	スランプ (cm)		空気量 (%)	混 和 剤	減 水 剤	流動化剤	水セメント比 (%)	セ	砂 利			材 令 (日)		3	7	28	91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
													川	山	砂							砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂	砂</

表—5 要因別配合および試し練り結果

No.	セメントの種別	範 囲		FA混入率 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m³)								圧 縮 強 度 試 験 結 果								関 係 式
		スランブ (cm)	空 気 量 (%)				セメント		細 骨 材		粗 骨 材		混和材	圧 縮 強 度 (kgf/cm²)									
														材 令 (日)									
														7		28		91					
MKB	FA	台湾	千葉	台湾	奥多摩	AE減水剤 (No.8)	強度	強度比	強度	強度比	強度	強度比											
1	マスコン型高炉セメントB種	12±1	4±1	0	45	39.5	140	311 311 0		372	372	806	346	0.778	202	100	338	100	433	100	—		
2					55	41.5	140	255 255 0		400	400	802	344	0.638	142	100	271	100	374	100			
3					65	43.5	138	212 212 0		428	428	791	339	0.530	113	100	229	100	310	100			
16					10	45	40.0	138	307 276 31		367	367	801	343	0.768	168	83	298	88	420		97	$\sigma_7 = -111 + 127 \cdot C/W$ $\sigma_{28} = -45 + 156 \cdot C/W$ $\sigma_{91} = -124 + 247 \cdot C/W$
17						55	42.0	134	244 220 24		408	408	801	343	0.610	125	88	249	74	334		89	
18						65	44.0	138	212 191 21		432	432	780	335	0.530	81	72	190	83	251		81	
19				20	45	39.5	135	300 240 60		372	372	808	346	0.750	148	73	293	87	369	85	$\sigma_7 = -98 + 111 \cdot C/W$ $\sigma_{28} = -101 + 177 \cdot C/W$ $\sigma_{91} = -54 + 191 \cdot C/W$		
20					55	41.5	130	236 189 47		406	406	812	348	0.590	106	75	224	83	297	79			
21					65	43.5	133	205 164 41		430	430	793	340	0.513	72	64	172	75	239	77			
22					30	45	39.0	132	293 205 88		368	368	818	350	0.733	131	65	277	82	340		79	$\sigma_7 = -116 + 111 \cdot C/W$ $\sigma_{28} = -175 + 203 \cdot C/W$ $\sigma_{91} = -63 + 181 \cdot C/W$
23						55	41.0	126	229 160 69		404	404	823	353	0.573	84	59	194	72	262		70	
24						65	43.0	128	197 138 59		427	427	806	346	0.493	56	50	139	61	218		70	

時の調査でも、強度への有意な差はなかった。

流動化後の経時変化は、流動化後約 30 分で添加直前のスランブに戻った。空気量は、添加直後から 1 時間で 0.5~1.0% 減少した。これには、いくぶん小容量の室内試験のための影響もあるようで、実車規模ではもう少し緩和される。

(3) 断熱温度上昇試験

断熱温度上昇試験は、高炉セメントと普通ポルトランドセメント、中庸熱セメントを比較したものと、高炉セメントにフライアッシュの混入率を変えて比較したものの 2 群に分けて実施した。

前者においては、打込み温度を 10, 20, 30℃ とし、単位セメント量を 200, 250, 300 kg/m³ としたそれぞれ 11 ケースについて、後者においては、打込み温度を 20℃ とし、フライアッシュ混和率を 10, 20, 30%, 単位セメント量を 250, 300 kg/m³ とした都合 6 ケースについて行った。

打込み温度 20℃、単位セメント量 250 kg/m³ の例を図—4 に示す。

温度上昇の勾配は、普通、中庸熱、高炉、フライアッシュ混入高炉の順にゆるくなり、終局断熱温度上昇量もこの順に小さい。終局温度に達する時間は、セメント量が多いほど、打込み温度が高いほど早い。

図—4 断熱温度上昇試験結果

高炉セメントにフライアッシュを混入した第 2 群においては、フライアッシュの混入率に応じて温度上昇量が低下し、フライアッシュ 10 kg をセメントと置換するこ

表—6 連続地中壁コンクリート配合試験結果

No.	組 骨 材 最大寸法 (mm)	セメント 種 別	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメ ント比 (%)	細骨 材率 (%)	単 位 量 (kg/m³)					圧 縮 強 度 (kg/cm²)		
							水	セメント	細 骨 材	組 骨 材	混和剤	3 日	7 日	28 日
1	25	普通ポルト ランド セメント	20±1	4±1	40	43.5	168	420	(台) 375 (干) 376	(台) 694 (奥) 297	1.05	248	312	394
2					45	44.5	168	373	(台) 393 (干) 393	(台) 696 (奥) 299	0.932	211	292	372
3					50	45.5	168	336	(台) 408 (干) 409	(台) 696 (奥) 298	0.840	182	271	353
関 係 式											$\sigma_3 = -76 + 129.4 \cdot C/W$	$\sigma_7 = 111 + 80.6 \cdot C/W$	$\sigma_{28} = 192 + 80.6 \cdot C/W$	

注) 打込み温度 20℃, (台):台湾産, (干):千葉産, (奥):奥多摩産碎石

とにより, 温度上昇量を 0.6~0.8℃ 小さくすることができる。

(4) 連続地中壁用配合試験

連続地中壁用配合試験結果を 表—6 に示す。

(5) 配合仕様

以上の試験結果に基づき, 配合仕様を 表—7 のとおり
に定めて配合設計を行った。

設計にあたって, 側壁, 底版では, 荷重条件から設計
材令を 91 日として単位セメント量を削減した。

比較的大きな強度を必要とする側壁では高炉セメント
を採用し, 設計基準強度の小さい底版では, 高炉セメン
トにフライアッシュを 20% 混入し, さらに低発熱の配
合とした。

各配合の品質確認試験結果を 表—8 に示す。

表—7 配合仕様

項 目	配合種別	連続地中壁	側 壁	底 版
設計基準強度 (kg/cm ²)		300	300	240
設計材令(日)		28	91	91
水セメント比の制限 (%)		50 以下	60 以下	60 以下
セメント量の指定 (kg/m ³)		370 以上	—	—
セメント種別	普通ポルトランドセメント	高炉セメント	フライアッシュ混入高炉セメント	
組骨材最大寸法 (mm)	25	25	25	
スランブ (cm)	20±1	12±1	12±1, 15±1	
空気量 (%)	4±1	4±1	4±1	

5. コンクリートの施工

(1) 製 造

コンクリートのプラントは, 東扇島に隣接した日本鋼
管(株)京浜製鉄所扇島構内のプラント(能力:時間当
り 300, 105 m³/日の 2 種類)を使用した。

前述のように, 当工事において使用したコンクリート
は連続地中壁用, 側壁用, 底版用の 3 種類であり, 貯槽
1 基当りのコンクリート量は, それぞれ 18 700~20 700
m³, 16 400~18 400 m³, 17 300~19 780 m³ であり, 第
1 号~7 号貯槽を合わせると, 全部で 39 万 1 100 m³ の
量に及んだ。

表—9 に, 各種材料ごとの供給実績を示す。

表—9 材料の供給実績

項 目		供給実績量 (t)
セメント	普通ポルトランドセメント	52 000
	マスコン型高炉セメント B 種	34 000
	フライアッシュ混入マスコン 型高炉セメント B 種 (フライアッシュ)	33 000 (6 500)
砂	粗 目	台湾産 163 000
	細 目	千葉産 160 000
砂利	25 mm 川砂利	台湾産 287 000
	20 mm 碎石	奥多摩産 118 000
混 和 剤		30

表—8 品質確認試験結果

施 工 所	呼 び 強 度 (kg/cm ²)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメ ント比 (%)	細骨 材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)					試 験 結 果					セメント種別
						セメ ント	水	細骨材	組骨材	混和剤	スランブ (cm)	空気量 (%)	7 日強度 (kg/cm ²)	28 日強度 (kg/cm ²)	91 日強度 (kg/cm ²)	
連続地中壁	300	20	4	45.4	44.5	370	168	(台) 395 (干) 387	(台) 701 (奥) 298	ポゾリス No. 8 0.925	20.6	4.2	251	349	—	普通ポルトランド セメント
側 壁	300	12	4	52.5	44.5	272	143	(台) 426 (干) 418	(台) 753 (奥) 320	ポゾリス No. 8 0.680	11.0	4.0	170	279	367	高炉セメント
底 版	240	12	4	55.0	42.5	247	136	(台) 410 (干) 404	(台) 785 (奥) 334	サンフロ ー R 0.618	13.5	4.0	106	216	278	フライアッシュ混 入 (20%) 高炉セ メント

注) 側壁, 底版の呼び強度は, 材令 91 日。(台):台湾産, (干):千葉産, (奥):奥多摩産碎石

図-5 側壁打設に伴う温度変化と連続地中壁鉄筋応力 (No. 2 貯槽, E 断面)

(2) 打 設

1) 連続地中壁コンクリート

連続地中壁は、SSS 工法 (第 1, 4 号貯槽), WH 工法 (第 2, 4, 7 号貯槽), OWS-SOLLETANCHE 工法 (第 3, 6 号貯槽) の 3 通りの工法で施工したが、コンクリートの打設は、各工法とも、泥水を使用して掘削した約 90 m の溝内に $\phi 200 \sim 250$ のトレミーパイプを利用して行った。

コンクリートの強度は、コア抜きおよび標準養生供試体ともに、設計基準強度 ($\sigma_{28} = 300 \text{ kg/cm}^2$) を十分満足している。

連続地中壁内には、施工管理用に熱電対、鉄筋計を埋設してある。

図-5 に、側壁コンクリート打設時の連続地中壁の計測結果の一例を示した。連続地中壁の挙動については、側壁コンクリート打設時の温度上昇に伴い、連続地中壁内側の鉄筋は圧縮応力を生じ、外側の鉄筋は引張応力を示している。

2) 側壁コンクリート

コンクリートの打設量は、1 ロット当り打設高さ 4.5 ～ 6.3 m、打設量 2000 ～ 2800 m^3 であり、コンクリート用下り縦配管、および型わくに沿った円周配管を使用し、ポンプ車 6 台で 10 ～ 16 時間かけて打設した。打設方法としては、1 ロットの下部の打設は作業員が側型わ

く内部に入り行すが、上部 1.5 m 程度は作業員が入れないため、流動化剤を添加した流動化コンクリート (ベーススランプ $12 \pm 2.5 \text{ cm}$, 流動化時スランプ $18 \pm 2.5 \text{ cm}$) を使用し、側型わく上部のホップより打設した。

3) 底版コンクリート

施工は、底版厚 7 m を第 1 リフト 4 ～ 5 m (9100 ～ 12000 m^3), 第 2 リフト 2 ～ 3 m (3600 ～ 5400 m^3) の 2 リフトに分けて行った。第 1 リフトの打設にはコンクリートミキサー車 40 台、ポンプ車 6 ～ 8 台を稼働させ、昼夜連続で約 40 時間を要した。

なお、夏季に施工したときには、コンクリートの打込み温度を下げるために粗骨材への散水、アジテータ車ドラムへの散水、打設箇所の日よけ等の対策を施したほか、遅延型減水剤を増量してコールドジョイントの発生を防止した。

(3) 養生管理

本工事では、底版マスコンクリートの温度ひびわれ対策として、打込み後の温度上昇量を低減するために、前述したように単位セメント量を低減し、低熱性セメントである高炉セメントを採用している。しかしながら、このような配合面だけでは温度ひびわれを制御するのに十分ではないため、リフト割り、養生等についても対策を講じている。

養生は、内部拘束による温度応力を緩和させるために

底版内の温度差を小さくすることを目的として行った。実施した養生方法は3種類あり、Aは底版上面に発泡スチロールを敷き、その上を養生シートで覆ったもの、Bは湛水上面に断熱マットを敷き、その上を養生シートで覆ったものである。さらにCは、養生マットを2層に敷き、その上を養生シートで覆ったものである。養生は、打込みの翌日、ウォータージェット等によりグリーンカッットに引き続いて開始した。

コンクリート打込み後の養生管理は、底版内に埋設した温度計（熱電対）、コンクリート有効応力計による計測を実施し、経時的に得られたデータと計算による予測値とを比較し、応力状態を確認しながら養生撤去時期を判定した。

各貯槽で異なった養生を実施したが、いずれも温度ひびわれの発生はまったく認められず、満足できる結果を得ることができた。なお、養生期間は各貯槽の施工時期によって異なり、2～5週間であった。

6. 品質管理

所要の品質を得るために、品質管理は以下に示すように JIS および 土木学会基準に従い、大きく3つに分けて実施した。

- 1) 基準試験
- 2) 定期管理試験
- 3) 日常管理試験

表—10 に、打設部位別の日常管理試験結果の一部を示す。

コンクリートの圧縮強度試験結果の標準偏差、変動係数を市中の標準プラントのそれと比較すると、市中のプラントの標準偏差が $\sigma = 25 \sim 30 \text{ kgf/cm}^2$ であるのに対し、本工事の結果は最大でも $\sigma_{91} = 16.4 \text{ kgf/cm}^2$ であった。また変動係数は、市中プラントのそれが $V = 8 \sim 12\%$ であるのに対し、本工事の結果は最大でも $V = 4.9\%$ であった。

また、配合強度を定める際、連壁コンクリートについ

表—10 コンクリートの品質管理結果

	管理項目	平均値 ($\bar{x}$)	標準偏差 (σ)	変動係数 (V)
連壁 コンクリート	スランブ	19.8～20.0	—	—
	空気量	3.9～4.1	—	—
	σ_{28}	349～354	11.4～15.0	3.3～4.3
側壁 コンクリート	スランブ	12.6～13.2	—	—
	空気量	3.9～4.0	—	—
	σ_{28}	263～270	12.0～15.8	4.5～5.9
	σ_{91}	346～350	14.4～16.4	4.1～4.7
底版 コンクリート	スランブ	—	—	—
	空気量	4.0～4.3	—	—
	σ_{28}	222～231	9.4～12.8	4.2～5.6
	σ_{91}	292～302	12.6～14.5	4.3～4.9

ては標準偏差 $\sigma = 30 \text{ kgf/cm}^2$ 、変動係数 $V = 10\%$ と設定したが、結果としては $\sigma = 11.4 \sim 15.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $V = 3.3 \sim 4.3\%$ であり、良好な結果を得ることができた。側壁、底版コンクリートについては、セメント量低減のため、実績を考慮して標準偏差 $\sigma = 20 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $V = 7\%$ に設定したが、これについても、実際の結果は $\sigma = 14.4 \sim 16.2 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $V = 4.1 \sim 4.9\%$ と設定条件を十分満足することができた。

7. あとがき

以上、東扇島 LNG 基地建設工事のうち、主に LNG 地下式貯槽のコンクリート施工について述べてきたが、貯槽運開後も、貯槽に設置した各種計器により挙動を計測してゆく予定である。

最後に、今回の報告にあたり多大のご協力をいただいた関係各位に厚く謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 杉・丸山・山崎：東扇島 LNG 地下式貯槽工事の施工、建設の機械化、1982.7
- 2) 杉・星野・桑原：東扇島 LNG 基地の建設工事と LNG 地下式貯槽の施工、土木施工、1983.1

＜図書案内＞

(社) 日本コンクリート工学協会

回収水研究委員会報告書 (昭和 50 年 3 月)

B5判 163 頁 定価 3 000 円 (送料 350 円)

本報告は、“生コンクリート工場における回収水（洗車およびプラントミキサの洗浄排水から骨材分を取り去ったもの）の利用”に関する研究について、昭和 48 年 6 月から約 1 年半にわたって実施した調査研究の経過ならびその結果の集大成である。

●申込先：(社) 日本コンクリート工学協会

〒102 千代田区麹町 5-7 TBR ビル 708 号 電話 東京 (03) 263-1571