

V-547

LNG地下式貯槽への適用を考慮した低発熱高強度コンクリートの検討

鹿島技術研究所 正会員 瀬戸謙一郎
 東京ガス生産技術部 正会員 川村 佳則
 鹿島技術研究所 正会員 柳井 修司
 鹿島東京支店 正会員 安永 正道

1. はじめに

液化天然ガス（以下LNG）の需要拡大に伴い大規模なLNG地下式貯槽の建設が増加しており、建設コストの低減を目的に地中連続壁や側壁に高強度コンクリートの適用が検討されている。東京ガス（株）扇島工場内に建設中のLNG地下式貯槽（20万kl）工事においても、地中連続壁と側壁に高強度コンクリートの適用が検討され、地中連続壁については既に、設計基準強度 51N/mm^2 （材齢91日）の高強度・自己充填コンクリートが施工されている¹⁾。今回対象とする側壁コンクリートには、高い止水性・耐久性が要求されており、このため、温度応力等によるひび割れが少なく、かつ、ポンプ圧送性を含めた施工性の良いコンクリートであることが必要となる。

本報文では、大規模LNG地下貯槽の側壁に適用する低発熱高強度コンクリートに使用するセメントとして、低熱スラグセメントと低熱ポルトランドセメントを検討対象とし、これらを用いて行ったコンクリートの諸性質に関する実験的検討について報告する。

2. 実験概要

側壁コンクリートに要求される品質を表-1に示す。スランブフロー値は、これまでの検討結果¹⁾から、ポンプ圧送性等の施工性を考慮して $60\pm5\text{cm}$ とした。また、使用材料を表-2に示す。セメントは、普通セメントに粉末度 $6000\text{cm}^3/\text{g}$ の高炉スラグ微粉末を75%混入した低熱スラグセメント（以下LSC）と高ヒート系低熱ポルトランドセメント（以下LPC）を用いた。高性能AE減水剤は各セメントに応じたポリエーテル系のものを用いた。実験に使用したコンクリートの配合を表-3に示す。LSCについては、石灰石微粉末を混入した配合も検討することとした。コンクリートの練混ぜには、水平二軸強制練りミキサー（100l, 60rpm）を用いた。練混ぜ量は60lとした。練混ぜ時間は、モルタル先練り90秒、粗骨材投入後90秒とし、5分間静置した後30秒間攪拌して排出した。

表-1 コンクリートの要求品質

試験項目	目標値
設計基準強度	60.0N/mm^2 （材齢91日）
配合強度	68.3N/mm^2 （材齢91日）
スランブフロー	$60\pm5\text{cm}$
空気量	$4\pm1\%$

表-2 使用材料

材料	記号	摘要
セメント	C	低熱スラグセメント(LSC) 比重2.96, フレーン値 $5570\text{cm}^3/\text{g}$
		低熱ポルトランドセメント(LPC) 比重3.22, フレーン値 $3350\text{cm}^3/\text{g}$ $\text{C}_3\text{S}:\text{C}_2\text{S}=29:56$
石灰石微粉末	SD	秩父産石灰石粉 比重2.70, フレーン値 $3000\text{cm}^3/\text{g}$
細骨材	S	君津産山砂 比重2.61, 吸水率1.78%, FM2.52
粗骨材	G	鳥形山産石灰岩碎石 比重2.70, 吸水率0.46%, FM6.22, 実積率65.1%, $G_{\text{max}}\geq 20\text{mm}$
高性能AE減水剤	SP	ポリエーテル系

表-3 コンクリートの配合

セメント 種類	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単用量 (kg/m^3)					SP (P×%)
				W	C	SD	S	G	
LSC	30.0	40.0	4 ± 1	160	533	—	640	1004	1.3
LPC	39.0	48.0			410	—	843	958	1.7
		45.5			—	60	775	—	

3. 実験結果及び考察

(1) フレッシュコンクリートの性状

各配合のスランブフローの経時変化を図-1に、また練上り直後の50cmフロー時間とVロート流下時間（開口部 $75\times75\text{mm}$ 使用）を図-2に示す。LPCについて、セメントのみの配合（以下LPC単身）と石灰石微粉末を混入した配合（以下LPC+石粉）を比較すると、図-1に示すように、LPC+石粉はほぼ横這いに保持するのに対し、LPC単身では30～60分で約4cmスランブフローが大きくなり、90分以降急激にスランブフローが低下する結果となった。また、図-2から、LPC単身は、LPC+石粉に比べて粘性が低く、粗骨材が分離しやすいために、Vロート流下時間が大きくなる結果となった。したがって、今回検討を行った強度レベルで

キーワード：高強度コンクリート、低熱ポルトランドセメント、低熱スラグセメント、石灰石微粉末、施工性、自己収縮
 〒182 東京都調布市飛田給2-19-1 TEL 0424-89-7071 FAX 0424-89-7073

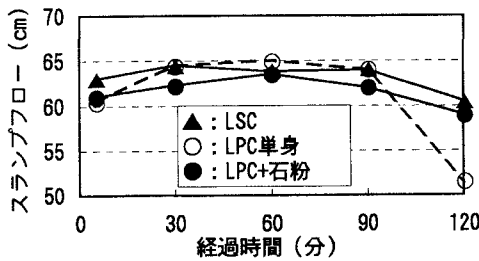


図-1 スランプフローの経時変化

LPCを使用する場合には、粗骨材の分離を抑制してポンプ圧送性を向上させるために、ある程度粉体量を確保することが必要であり、これに石灰石微粉末を利用することは、スランプフローの経時的な変化に対する安定性の向上に対しても有効であると考えられる。次に、LSCとLPC+石粉を比較すると、スランプフロー及びその経時変化については、両者に有意な差は見られないものの、50cmフロー時間、Vロート流下時間ともにLSCの方が大きい。したがって、LPC+石粉の方がポンプ圧送性等の施工性の面で有利であると考えられる。

(2) 圧縮強度発現性

LSCとLPC+石粉の圧縮強度発現性状の比較を図-3に示す。図-3から、両配合とも表-1に示す配合強度を満足する結果となった。LPC+石粉はLSCに比べて、初期材齢の強度発現性に劣るものの、長期強度では有為な差は見られなかった。

(3) 自己収縮量

LSCとLPC+石粉の材齢と自己収縮量との関係を図-4に示す。既往の研究³⁾によると、高ブレインの高炉スラグ微粉末を大量に置換した場合、自己収縮量は増大することが知られており、今回の測定結果もLSCの方が、LPC+石粉の2倍程度大きくなる結果となった。

(4) 断熱温度上昇量

LSCとLPC+石粉の断熱温度上昇曲線を図-5に示す。LSCは終局断熱温度が41℃であり、LPC+石粉に比べ8℃程度小さいものの、初期材齢の発熱速度が大きく、強度発現性状と同様の傾向を示した。

4. おわりに

今回検討したレベルでLPCを使用する場合、石灰石微粉末による粉体量の確保は、高流動化による粗骨材の分離を抑制してポンプ圧送性を高めるばかりでなく、スランプフローの経時的な安定性を高める上でも有効であることが分かった。また、LSCを使用した配合に比べてポンプ圧送性等の施工性や自己収縮の面で優れていることが分かった。現在、LPC+石粉を使用した配合を貯槽側壁に適用しており、施工結果については別の機会に報告したい。

参考文献

- 1) 瀬戸ら：地中連続壁用高強度・高流動コンクリートの品質安定性，第52回土木学会年次講演概要集，1996.9
- 2) 溝淵ら：低発熱高強度コンクリートの諸性質，JCI 年次論文報告書 Vol.15.1993.6
- 3) 田澤ら：水和物の種類がセメントの自己収縮に及ぼす影響，土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集，1993

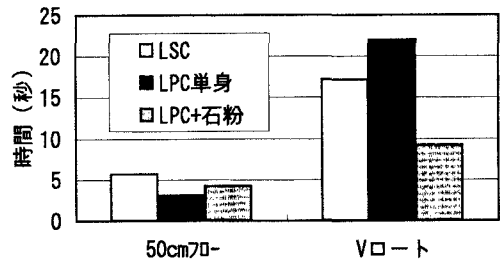


図-2 50cm フロー時間，Vロート流下時間

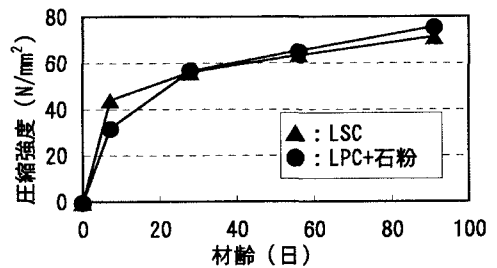


図-3 圧縮強度発現性の比較

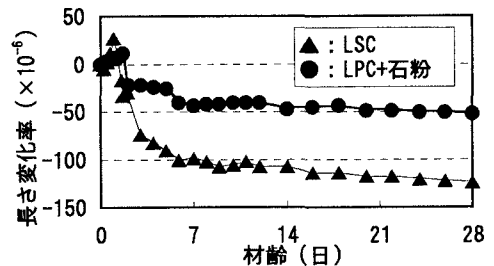


図-4 自己収縮量測定結果

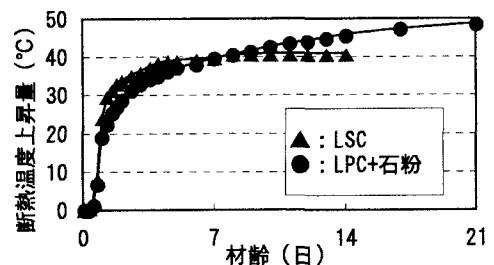


図-5 断熱温度上昇試験結果