

大阪ガス 正会員 中島 一夫  
 大阪ガス 正会員 ○岡井 大八  
 大林組 正会員 鎌田 文男  
 大林組 正会員 十河 茂幸

## 1. まえがき

大阪ガス(株)姫路製造所内に建設を進めているPC製LNG防液堤<sup>1),2)</sup>では、構造物の信頼性の一層の向上を図るため、高品質化を目指して材料および施工技術の開発・改善に努めている。ここでは、この内、鉛直PCグラウトに関して、工事に先立って実施した各種の試験・実験と施工結果を報告する。

## 2. 構造概要

PC製防液堤には、鉛直方向にプレストレスを導入するためにφ32mmのPC鋼棒が壁中間部以下は0.35m、中間部以上は0.70mの間隔で合計832本配置しており、その注入管路長は7.2mと15.4mである。(図-1)

## 3. 鉛直グラウトの注入技術の開発・改善

鉛直方向のPCグラウト注入では、フリージングや沈下収縮などによりダクト内に空隙が残る欠陥が生じやすいことが指摘されている。グラウトの完全な充填を図るために、材料・配合、構造、施工およびその管理方法について、図-2に示すステップで開発・改善を積み重ねていった。以下、ステップに従って概要を紹介する。

3.1 材料・配合試験 : セメントの種類、水セメント比、混和剤の種類と添加量を変えた59配合の試験練りを実施した。その結果、高性能減水剤を使用することにより流動性を損なうことなく水セメント比を34~38%程度まで低減することができ、これに高いセメント分散効果も加わってフリージングを大幅に改善できることを確認した(図-3)。また、流動性の経時変化が少ないタイプの高性能減水剤を用いることにより、グラウトの流動性を練混ぜ後30分程度まで確保できることがわかった(図-4)。膨張剤として表面を特殊処理し初期の反応を抑制したアルミ粉末を用いることにより、その発泡作用を有効に利用できることを確かめた(図-5)。

3.2 現場試験練り : 夏・冬期の2回現場試験練りを行ない、①使用予定ミキサーで練混ぜたグラウトの品質、②ミキサーの能力と練混ぜ順序・時間、③混和剤と実際に使用するセメントとの相性、④外気温などがグラウトの品質に及ぼす影響などを検討し、グラウトの配合と品質管理基準を定めた(表-1、2)。

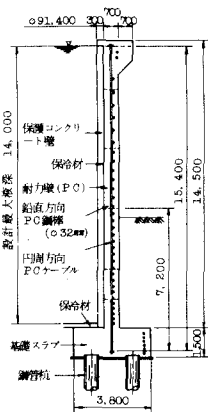


図-1 防液堤構造断面図

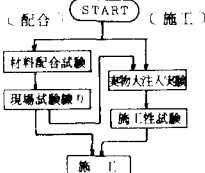


図-2 注入技術の改善ステップ

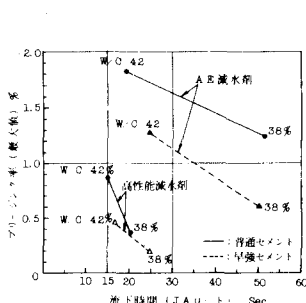


図-3 セメント、混和剤の組合せとフリージングの関係

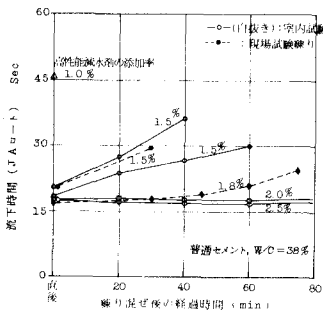


図-4 グラウトのコンシステンシーの経時変化

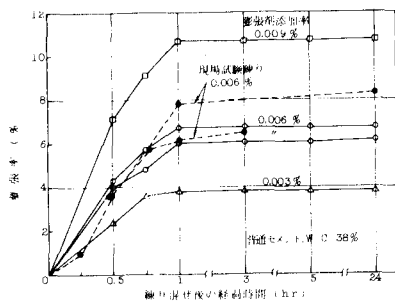


図-5 グラウトの膨張率の経時変化  
—— 初期反応抑制処理アルミ粉末使用

表-1 グラウト配合表

| セメントの種類 | 水セメント比  | 高性能減水剤(添加量)                        | 膨張剤(添加量)                    |
|---------|---------|------------------------------------|-----------------------------|
| 普通セメント  | W/C=38% | ナフタルスルホン酸<br>+変性ポリグリセリン化合物(≤0×2.5) | 初期反応抑制処理<br>アルミ粉末(=0×0.006) |

表-2 グラウトの品質管理基準

| 流下時間              | 膨張率            | フリージング率 | 圧縮強度        | グラウト温度    |
|-------------------|----------------|---------|-------------|-----------|
| 15~30秒<br>(JAロート) | 7%(目標)<br>≤10% | 最大値≤2%  | ≥28 2004試/㎠ | 10℃≤T≤30℃ |

3.3 実物大注入実験：従来の構造と注入方法で高さ15mの鉛直注入実験を行ない、施工性と排出グラウトの品質を把握するとともに注入後切断して充填度を調査した。これらの結果を検討し、構造、施工および管理方法について、それぞれ表-3に示す諸改善を行なうこととした。頂部の排出口から流出するグラウトの品質を測定した結果、比較的初期から一様の品質となることが確かめられた。そこで注入の管理は頂部に貯留容器を設け、排出されるグラウト量を注入管路長の6～8m相当分とする方法を採用した。この貯留容器とグラウトキャップおよび分岐グラウトパイプを接続し、フリージング水の排除、およびヘッド差を利用し未凝結状態での良質グラウトの置換ができる構造（図-6）とした。

表-3 構造、施工および管理に関する改善

| 構 造                   | 施 工 ・ 管 理                   |
|-----------------------|-----------------------------|
| ①鋼管シースを適切に注入空間を確保     | ①連続して安定した注入ができるプラント設備・配置の採用 |
| ②カフラーシースト上部を遮断断面構造とする | ②注入量を頂部に設けた容器の貯留量で管理        |
| ③排出部を図-6の構造とする        | ③する方法を採用                    |
| ④胴体内埋設注入ホースを鋼管とする     |                             |
| ⑤注入口の閉塞用にバルブを設置       |                             |

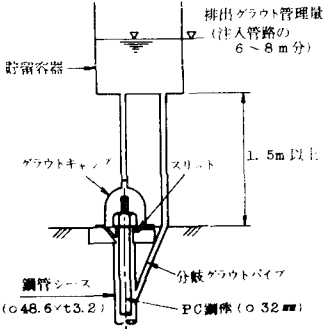


図-6 排出部の構造改善

3.4 施工性試験：上記の諸改善を行なった配合、注入方法で高さ16mの鉛直注入を2本実施し、施工性を確認した。また、切断による充填度調査を行ない、定着部を含む全ての部分にグラウトが完全に充填されているのを確認した。

4. 施工とその結果

施工時のグラウトの品質管理試験は、表-4に示す項目・頻度で行ない、練混ぜ全バッチとも流下時間を確認したのち使用した。注入は4月下旬と7月下旬に行なった。長尺（ $L=15.4m$ ）ダクトは暑中施工となったが、練混ぜ水 $1m^3$ 当りに水を約200kg使用することにより、グラウトの練り上がり温度を $20\sim25^{\circ}C$ の範囲に抑え、グラウトの過早な硬化や膨張剤の過早・過大反応を防止した。注入はポンプ吐出量 $12.2\ell$ /分で徐々に行い、その時のポンプ圧は最大 $5\sim7kgf/cm^2$ であった。ダクト1本当たりの注入所要時間は約3分で、練混ぜたグラウトは $20\sim25$ 分以内にダクト内に注入でき、膨張剤の発泡作用の大半をダクト内で行なわせることができた。フリージングの測定結果は、図-7に示すように室内試験時よりも多少増加してはいるが、ほとんどが1.0%以下の低い値であった。

5. まとめ

鉛直グラウトを完全に充填するために、原点に立ち戻って検討し、改善を積み重ねて施工に臨み、良好な結果を得ることができた。鉛直方向にプレストレスを導入する型式の構造物が増加しており、本報告がそれらの検討に参考になれば幸いである。最後に、本防液堤の研究段階からご指導をいただいている樋口芳朗東京理科大学教授に感謝の意を表します。

表-4 P-Cグラウトの品質管理

| 試験項目            | 試験時期                              | 頻 度                 |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------|
| 流下時間<br>(JAロート) | 練り混ぜ直後                            | 全バッチ                |
|                 | (経時変化)<br>15, 30, 45, 60分後        | 1回/30本<br>(及び配合変更時) |
| 膨張率             | 15, 30, 60分<br>(2), 3, 5, 24時間後   | 同 上                 |
| フリージング率         | (2), 3, 5, 24時間後                  | 同 上                 |
| 圧縮強度            | ( $\sigma_1, \sigma_{2B}$ 供試体各3個) | 同 上                 |

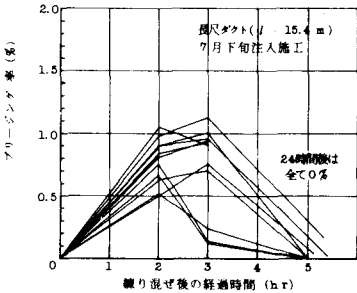


図-7 グラウトのフリージング率測定結果

《参考文献》 1) 浅井邦茂：大阪ガス、「LNG地上タンクのP-C製防液堤」を建設、土木学会誌Vol. 69-8、口説及びPP. 86～89、(1984.8)  
2) 浅井邦茂、岡野哲郎、宇賀賢一：P-C製LNG防液堤の設計と施工、土木学会第39回年次学術講演会概要集V、(1984, 10)