

世界最大級の地下式 LNG タンクの地中連続壁コンクリートの配合選定と施工時の品質試験結果

(株)大林組   ○正会員   多田栄一, 正会員   前田敬一郎, 正会員   桜井邦昭  
東邦ガス(株)   非会員   武居正樹, 非会員   林孝弥

1. はじめに

東邦ガス(株)知多緑浜工場では、容量 22 万 KL の世界最大級の地下式 LNG タンク(No.3 タンク)を建設中である。本稿では、土留め・止水壁のために構築した地中連続壁に用いたコンクリートの配合選定および施工時の品質試験結果について報告する。

2. 地中連続壁の概要

タンクおよび地中連続壁の概要図を図 1 に示す。地中連続壁は厚さ 1.0m、構築長 87.8m で、円周方向に 48 エレメント(先行エレメント：幅 7.5m、後行エレメント：幅 3.2m)に分割して構築した。コンクリートの設計基準強度は、30N/mm<sup>2</sup>(底版以深の 35m と壁体上部の 18.8m)と 60N/mm<sup>2</sup>(壁体下部の 34m)の 2 水準である。

3. コンクリートの配合選定

3.1 コンクリート配合の仕様

地中連続壁に用いたコンクリートの配合仕様を表 1 に示す。既往の施工実績<sup>1)</sup>から、安定液中への打込みに伴う圧縮強度の低減率 10%を見込むとともに、製造時の変動係数を 10%(割り増し係数 1.2)として配合強度を設定した。また、施工に伴う温度ひび割れの発生を抑制するため、事前に温度応力解析を実施し、設計基準強度 60N/mm<sup>2</sup>の部位には低熱ポルトランドセメントを、30N/mm<sup>2</sup>には高炉セメント B 種を用いることとした。また、安定液中において容易に充填できるように、設計基準強度 30N/mm<sup>2</sup>の配合はスランプ 21cm に、さらに 60N/mm<sup>2</sup>の配合はスランプフロー60cm に設定した。

3.2 コンクリートの配合選定

地中連続壁の 1 回の施工数量は、先行エレメントで約 700m<sup>3</sup>、後行エレメントで約 300m<sup>3</sup>となることから、現場近郊のレディーミクストコンクリート工場 4 工場からコンクリートを供給する計画とした。施工に先立ち、工場ごとに室内および実機ミキサによる試験練りを行った。コンクリート配合の選定フローを図 2 に、選定した配合を表 2 に示す。

地中連続壁コンクリートは、トレミー工法により施

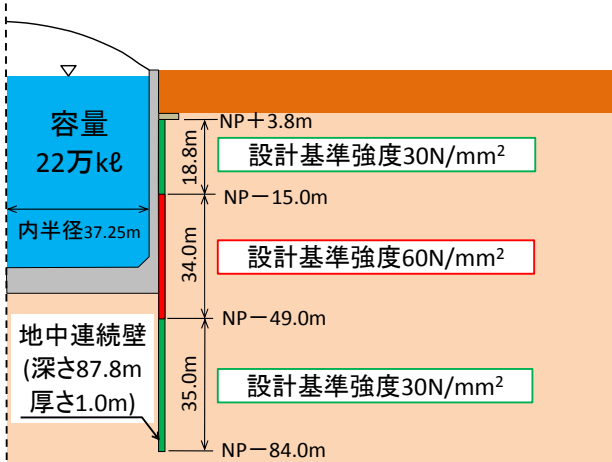


図 1 地下式 LNG タンクおよび地中連続壁の概要図

表 1 地中連続壁コンクリートの配合仕様

| 項目                | 単位                | 配合種類       |              |
|-------------------|-------------------|------------|--------------|
|                   |                   | 33-21-20BB | 67-60-20L    |
| 設計基準強度            | N/mm <sup>2</sup> | 30         | 60           |
| 安定液中への打込みに伴う強度低減率 | %                 | 10         | 10           |
| 呼び強度              | —                 | 33         | 67           |
| 割り増し係数            | —                 | 1.2        | 1.2          |
| 配合強度              | N/mm <sup>2</sup> | 40         | 80           |
| 管理材齢              | 日                 | 28         | 91           |
| セメント種類            | —                 | 高炉セメントB種   | 低熱ポルトランドセメント |
| スランプ(フロー)         | cm                | 21±1.5     | 60±7.5       |
| 空気量               | %                 | 4.5±1.5    | 4.0±1.0      |

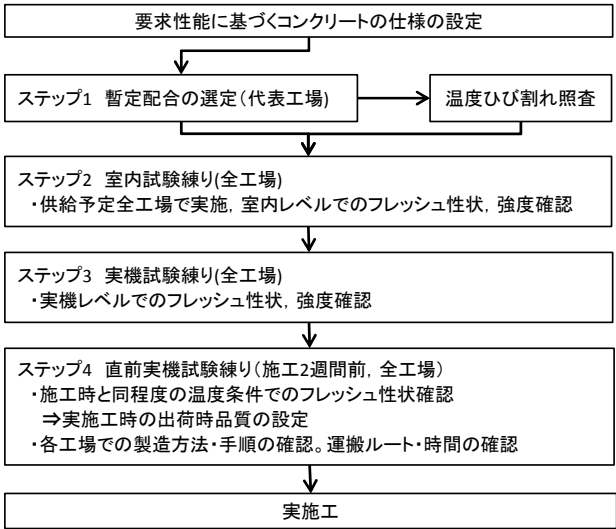


図 2 コンクリート配合の選定フロー

キーワード 地下式 LNG タンク, 地中連続壁コンクリート, 流動性, 漏斗流下時間

連絡先 〒478-0000 愛知県知多市緑浜町 1 番地 (株)大林組 東邦ガス緑浜工事事務所 TEL: 0562-54-0081

表2 選定したコンクリート配合

| 配合種類       | 工場名 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |        |        |     |
|------------|-----|---------|---------|-------------------------|-----|--------|--------|-----|
|            |     |         |         | W                       | C   | S1     | S2     | G   |
| 33-21-20BB | A   | 46.0    | 51.0    | 175                     | 380 | 681(山) | 192(砕) | 953 |
|            | B   |         | 49.0    |                         |     | 660(山) | 175(ス) | 898 |
|            | C   |         | 51.0    |                         |     | 858(山) | -      | 953 |
|            | D   |         | 50.5    |                         |     | 844(山) | -      | 962 |
| 67-60-20L  | A   | 34.0    | 51.3    | 175                     | 515 | 655(山) | 184(砕) | 906 |
|            | B   |         | 48.9    |                         |     | 629(山) | 166(ス) | 861 |
|            | C   |         | 49.4    |                         |     | 794(山) | -      | 941 |
|            | D   |         | 49.4    |                         |     | 788(山) | -      | 941 |

\*細骨材の表記: (山)は山砂, (砕)は砕砂, (ス)は高炉スラグ細骨材  
\*粗骨材は、いずれの工場も砕石2005を使用  
\*混和剤には、ポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を使用

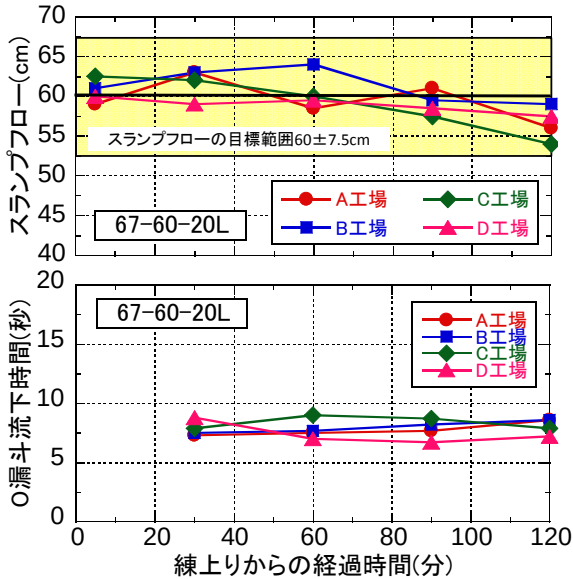


図3 実機試験での品質試験結果の一例(67-60-20L)

工するため、長時間にわたり所要のフレッシュコンクリート品質を満足するとともに、管内をスムーズに流動する性能が要求される。実機試験結果の一例を図3に示す。いずれの工場においても所要の流動性を90～120分間にわたり確保できること、O漏斗流下試験結果から、トレミー管内を容易に流動できるコンクリートであることを確認した。

4. 施工時の品質試験結果

地中連続壁のコンクリート施工は4ヶ月間(2012年10月～2013年1月)にわたり実施した。施工期間中のコンクリート温度は6～28℃の範囲であった。

荷卸し時の品質試験は、工場ごとに50m<sup>3</sup>/回の割合で実施し、安定した品質のコンクリートが供給できていることを継続的に監視した。施工時のコンクリートの品質試験結果の一覧を表3に示す。スランプとスランプフローの標準偏差は、それぞれ、0.3cm, 2cm程度以下と小さく、安定した品質であった。圧縮強度も全て

表3 施工時のコンクリートの品質試験結果

| 配合種類       | 試験項目                    |      |                   | レディーミクストコンクリート工場名 |      |      |      |
|------------|-------------------------|------|-------------------|-------------------|------|------|------|
|            |                         |      |                   | A工場               | B工場  | C工場  | D工場  |
| 33-21-20BB | スランプ<br>21±1.5cm        | 試験回数 | 回                 | 199               | 198  | 96   | 97   |
|            |                         | 平均値  | cm                | 22.1              | 22.1 | 22.1 | 22.0 |
|            |                         | 標準偏差 | cm                | 0.3               | 0.3  | 0.3  | 0.3  |
|            | 空気量<br>4.5±1.5%         | 試験回数 | 回                 | 199               | 198  | 96   | 97   |
|            |                         | 平均値  | %                 | 4.4               | 4.4  | 4.3  | 4.4  |
|            |                         | 標準偏差 | %                 | 0.3               | 0.3  | 0.2  | 0.3  |
|            | 圧縮強度<br>(材齢28日)         | 試験回数 | 回                 | 67                | 66   | 32   | 32   |
|            |                         | 平均値  | N/mm <sup>2</sup> | 48.3              | 56.1 | 45.4 | 47.2 |
|            |                         | 標準偏差 | N/mm <sup>2</sup> | 1.7               | 1.0  | 1.5  | 1.7  |
| 67-60-20L  | スランプ<br>フロー<br>60±7.5cm | 試験回数 | 回                 | 168               | 168  | 80   | 79   |
|            |                         | 平均値  | cm                | 62.9              | 63.8 | 62.6 | 63.8 |
|            |                         | 標準偏差 | cm                | 1.6               | 2.0  | 2.1  | 2.0  |
|            | 空気量<br>4.0±1.0%         | 試験回数 | 回                 | 168               | 168  | 80   | 79   |
|            |                         | 平均値  | %                 | 4.1               | 4.1  | 3.9  | 4.0  |
|            |                         | 標準偏差 | %                 | 0.2               | 0.2  | 0.1  | 0.2  |
|            | 圧縮強度<br>(材齢91日)         | 試験回数 | 回                 | 36                | 36   | 16   | 16   |
|            |                         | 平均値  | N/mm <sup>2</sup> | 81.6              | 86.8 | 83.8 | 83.3 |
|            |                         | 標準偏差 | N/mm <sup>2</sup> | 2.7               | 1.4  | 1.0  | 1.6  |



写真1 構築した地中連続壁の外観

呼び強度を満足していた。また、全48回(総数量23,200m<sup>3</sup>)の施工でトレミー管の閉塞等は生じなかった。

5. おわりに

地中連続壁コンクリートの構築後の外観を写真1に示す。コンクリートの未充填部は認められず、先行エレメントと後行エレメントとの継手部分からの漏水もほとんど認められなかった。また、後行エレメントは、両端の先行エレメントの拘束によるひび割れが生じやすい箇所であるが、ほとんど発生していなかった。

今回の施工を通して、時間経過に伴う品質変化が小さく、かつトレミー管内を容易に流動できるコンクリートを用いることで、高品質な地中連続壁が構築できることが検証できた。

参考文献

1) 小林且典他; 大規模・大深度LNG地下タンクのコンクリートの施工, コンクリート工学, Vol.46, No.3, pp.38-45, 2008.3