

# 高流動コンクリートを用いたセグメントの製作について

（高流動コンクリートにおけるセグメントの補修基準の適用について）

（株）大林組 正会員 三木 慶造

石川島建材工業（株） 正会員 ○若林 正憲

石川島建材工業（株） 正会員 橋本 博英

石川島建材工業（株） 植浦 欽共

## 1. はじめに

近年、シールド工事においては、コスト縮減を目的として、またセグメント製作工場においても環境の改善が作業環境・工場の立地条件からセグメント製作の合理化が望まれており、設計基準強度の低減・水中養生の省略・型枠の転用回数の増加・高流動コンクリートの適用・補修基準の策定などが提案されている。そこで高流動コンクリートによるセグメント製作を採用し、テーブルバイブレータによる振動締め固めを省略することにより発生する型枠面に発生するエアボイドの発生状況およびコンクリートの充てん性を確認することにより、高流動コンクリートの適応によるセグメント製作の合理化を、外径 5.6mφのほぞつきセグメントを 30 リング製作し確認したことについて報告する。

## 2. 概要

### （1）配合

高流動コンクリートによるセグメントの製作にあたって、図 1 に示す試験フローを設定し、配合設計およびコンクリートの打設方法の検討・確認をおこなった。コンクリート打設前のフレッシュ性状は、充てん性ならび材料分離抵抗性を確保できるものとし、『高流動コンクリート施工指針(1999・土木学会編)』自己充てん性のランク 1 を採用した。また、工場におけるコンクリート運搬を考慮し、可使時間を実際の工場での運搬時間の約 3 倍の 20 分とし、表-1 に示す配合を設定した。

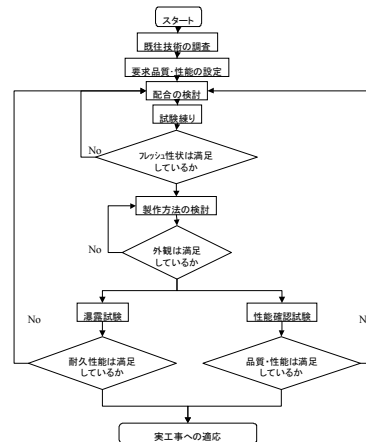


図-1 フロー

表-1 基本配合

| $\sigma_{28}$<br>( $\sigma_{18h}$ )<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | スランプ<br>フロー<br>(mm) | Vロート流<br>下時間<br>(秒) | Gmax | W/B<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |             |                   |                |                |                  |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|------|------------|------------|--------------------------|-------------|-------------------|----------------|----------------|------------------|
|                                                             |                     |                     |      |            |            | W<br>(水)                 | C<br>(セメント) | L<br>(石灰石<br>微粉末) | S<br>(細骨<br>材) | G<br>(粗骨<br>材) | A d<br>(混和<br>剤) |
| 42<br>(15)                                                  | 650<br>±50          | 9~20                | 20   | 30         | 53         | 165                      | 350         | 200               | 874            | 775            | B×<br>0.85%      |

### （2）打設方法

高流動コンクリートによるセグメント製作において、セグメントの寸法精度でトンネル構築時のセグメント組立時に影響の小さい外周面を打設面にするのが一般的であるが、エアボイドの除去が問題となっており、いくつかの方法（フタ型枠・型枠シート）が提案・実施されており、フタ型枠の内側に透水性のシートを配するのが一般的となっている。本研究では、0.24mm の細かいメッシュの上面に 4.26mm の粗いメッシュを鋼製のフタ型枠との間に配した構造とした。細かいメッシュはモルタル分の流出を防ぎエアを通す役割をし、上部の荒いメッシュは外面側に流出したエアを外に排出する役割をする。また、水での清掃により繰り返し使用が可能であり、シート等の廃棄物がでないことを特徴とする。なお、ほぞつきセグメント特有の過密配筋部の充てん性を確実にするため型枠固定式のバイブレータで約 10 秒の振動を作用させた。

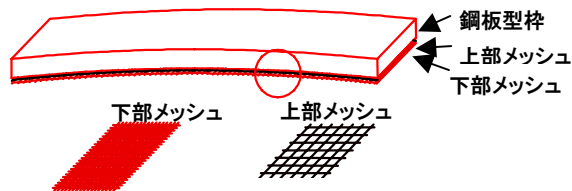


図-2 フタ型枠

key-words: 高流動コンクリート、セグメント、ほぞつきセグメント、フタ型枠

連絡先: 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1

Tel. 03-5221-7367 Fax. 035221-7298

## 4. 結果

### （１）充てん性確認

30 リングのセグメント製作時のフレッシュ性状を図2に示す。フレッシュ性状としてランク1の基準内の要求性能を満足していれば、充てん性は確保でき、この範囲でエアボイドの発生状況に明確な差異が確認されなかったことから、スランプフロー650 $\pm$ 50mm、Vロート9 $\sim$ 20秒の設定で問題ないことを確認した。

### （２）エアボイドの発生状況について

次に、セグメント側面に発生するエアボイドについての調査結果(1m<sup>2</sup>当たりの発生頻度)を示す。(表-2)

この調査は、セグメント補修に対する判定基準を明確にして必要な箇所のみを補修することで、労務費削減を図る目的で策定された補修基準の高流動コンクリートにおける適応性について確認した結果である。

表-2 エアボイド調査結果

| 材料  | 形状        | ほぞつきセグメント |        |       | 従来セグメント |
|-----|-----------|-----------|--------|-------|---------|
|     |           | 垂直面       | ほぞ部    | 全体    |         |
| 高流動 | ほぞつきセグメント | 3.42      | 19.62  | 5.11  | 3.29    |
| 硬練り | 従来型セグメント  | 1.10      | 1.76   | 1.24  | 2.34    |
|     |           | 41.04     | 305.68 | 67.48 | 9.98    |
|     |           | 0.29      | 0.00   | 0.03  | 3.86    |

### 1) セグメント形状に起因するエアボイド

ほぞ部と垂直面と分けて調査した結果、ほぞ部において単位面積当たりのエアボイド発生率が多いことが確認された。特に深さ3mm未満長径8mm以下の微細気泡が非常に多く(305.68個/m<sup>2</sup>)計測された。ほぞ部については、鉄筋までの距離が、垂直面より大きいいため深さ3mm以上8mm以下の19.62個についても最大で5mmであるが防食上必要なかぶりは充分確保できているため問題ないものと判断した。

### 2) 材料に起因するエアボイド

エアボイドの発生は、ほぞの凹凸に起因するものが多い結果となったため、材料に起因するものとしてほぞ部を除いた垂直部について調査した。その結果、表2中に示す様に、深さ3mm以上長径8mm以下については、3.29個/m<sup>2</sup>に対して3.42個/m<sup>2</sup>と近似した値を得た。また、深さ3mm以上長径8mm超については、垂直面・ほぞ部ともに報告書の2.34個/m<sup>2</sup>に対して、1.10個/m<sup>2</sup>・1.76個/m<sup>2</sup>と安全側の結果が得られた。高流動は微細なエアボイドが多く8mm大のエアボイドの発生は少ない結果となった。

## 5. まとめ

今回の計測で、高流動コンクリートでのセグメントは、従来の硬練りコンクリートのセグメントと比較して微細なエアボイドが多くなり、長径8mmを超える大きなエアボイドは少なくなる結果を得た。このことよりセグメントにおいて微細なエアボイドの補修がセグメント内の鉄筋とのかぶりを確保できることを条件に省略できればセグメント製作の合理化が図れる。

本研究では、エアボイドの調査のほかに、セグメント本体強度・表面硬度とも従来コンクリートと差異のない結果も得ており、今後、実施工への適用を実施しそこで得られた所見をもとに、高流動コンクリートによる型枠の軽量化・製造サイクルの見直しを図りさらなる向上を進めていく予定である。

＜参考文献＞国土交通省土木研究所他；『シールド工事の合理化に関する共同研究報告書』，2001.3

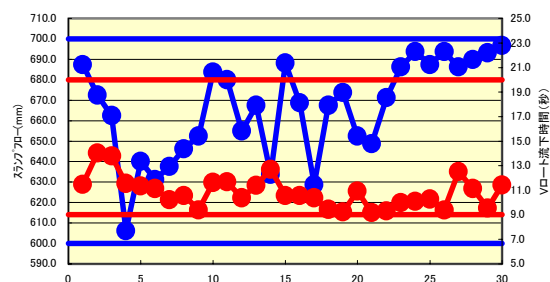


図-3 フレッシュ性状

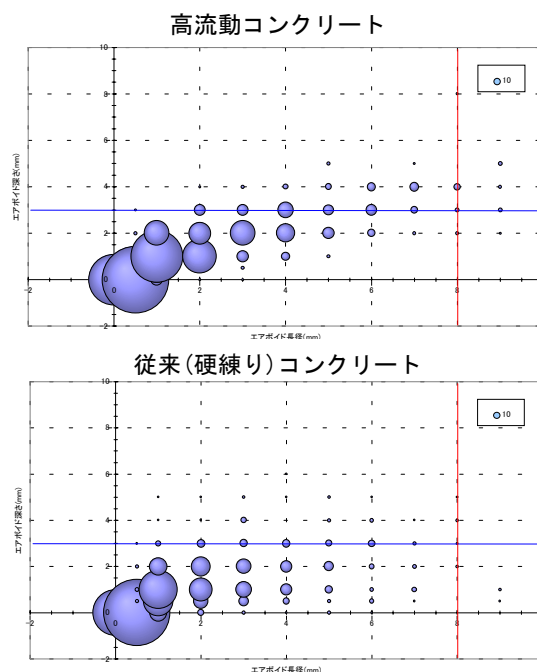


図-4 エアボイド調査結果  
(長径-深さ関係)