

ケーソン躯体のひび割れ抑制対策及び打継面の止水対策について

東京土木施工管理技士会
岩田地崎建設株式会社
土木部 土木課

松 本 剛
Takeshi Matsumoto

1. はじめに

本工事は、札幌市北区篠路町拓北から当別町ビトエ（石狩川札幌大橋下流側）地域（写真-1）において、立坑を2ヶ所設け、泥水式シールド工法（セグメント外径 $\phi 2,000\text{mm}$ ）、延長 $L=1,089.5\text{m}$ により、石狩川直下（深度約 18m ）を横断し、 $\phi 800\text{mm}$ 水道送水管を敷設する工事である。

施工場所は漁業権のある一級河川石狩川と隣接し、近くには民家が使用している井戸も存在していた。そのため、立坑の施工は水質汚染や地下水に影響が少ないニューマチックケーソン工法が採用されている。

また、当工事では、シールド工の発進立坑・到達立坑が、供用後に水道管の管理用人孔となるため、美観や耐久性確保の面からケーソン内部に漏水が発生しないよう、特に注意を払う必要があった。

漏水の発生しやすい箇所として、ケーソン側壁コンクリートのひび割れからの漏水と、コンクリート打継部からの漏水が考えられた。そこで上記の箇所に対し、どのような課題・問題点があるかを事前に抽出し、対応策を検討することとした。

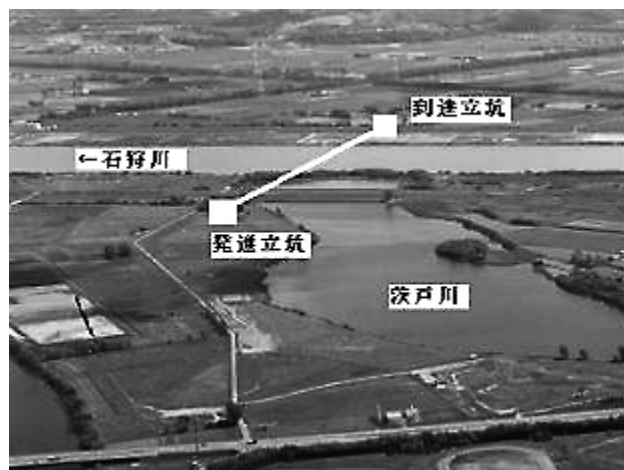


写真-1 施工位置全景

工事概要

- (1)工事名 : 創設事業の内 送水施設
1号送水管新設工事その80
- (2)発注者 : 石狩西部広域水道企業団
- (3)工事場所 : 北海道札幌市北区篠路町拓北
北海道石狩郡当別町ビトエ
- (4)工 期 : 自 平成18年8月4日
至 平成20年3月25日
- (5)工事内容 :
 - ・シールド工（泥水式シールド工法）
セグメント外径 $\phi 2,000\text{mm}$ $L=1,089.5\text{m}$
 - ・立坑工（ニューマチックケーソン工）
発進立坑： $11.4\text{m} \times 8.5\text{m}$ $h=27.415\text{m}$
到達立坑： $8.6\text{m} \times 7.4\text{m}$ $h=27.605\text{m}$
 - ・弁室築造工（発進・到達）

2. 現場における課題・問題点

(1)立坑躯体における温度ひび割れの可能性

立坑躯体のコンクリートは早強ポルトランドセメントで配合条件として設計されていた。また、壁厚が1,500mm～1,700mm と厚く、マスコンクリートと考えられた。これらのことから温度ひび割れの発生確率が非常に高いことが予想された。そこで温度応力解析を行い、温度ひび割れについての検討を行った。検討は、早強ポルトランドセメントを使用した場合（Case 1）と普通ポルトランドセメントを使用した場合（Case 2）の比較を行い、ひび割れ発生の可能性（発生確率）を検討し、どの程度のひび割れが発生するか算定を行った。検討にあたり3次元温度応力解析ソフトを使用した。

解析の結果より、早強ポルトランドセメントと普通ポルトランドセメントの最小ひび割れ指数を（図-1）（図-2）に示す。図において、暖色の部分が濃いほどひび割れ指数が小さく、寒色の部分が濃いほどひび割れ指数が大きい。

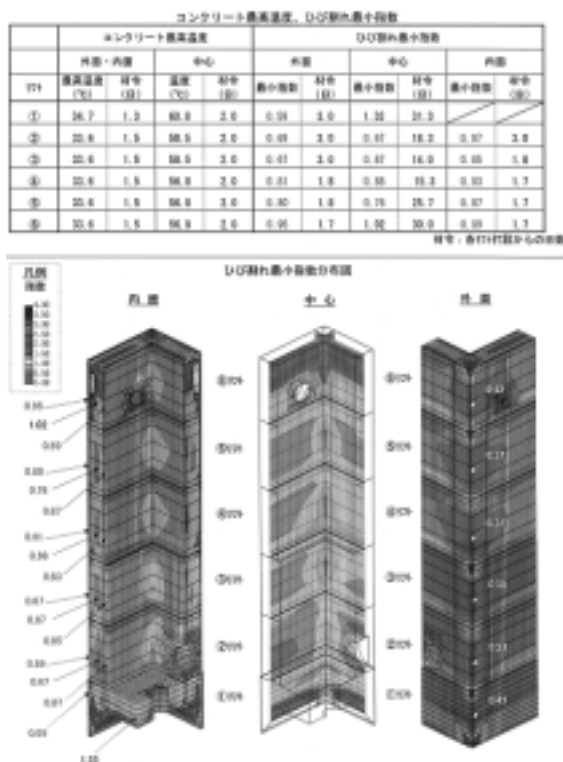


図-1 早強ポルトランドセメント温度応力解析結果

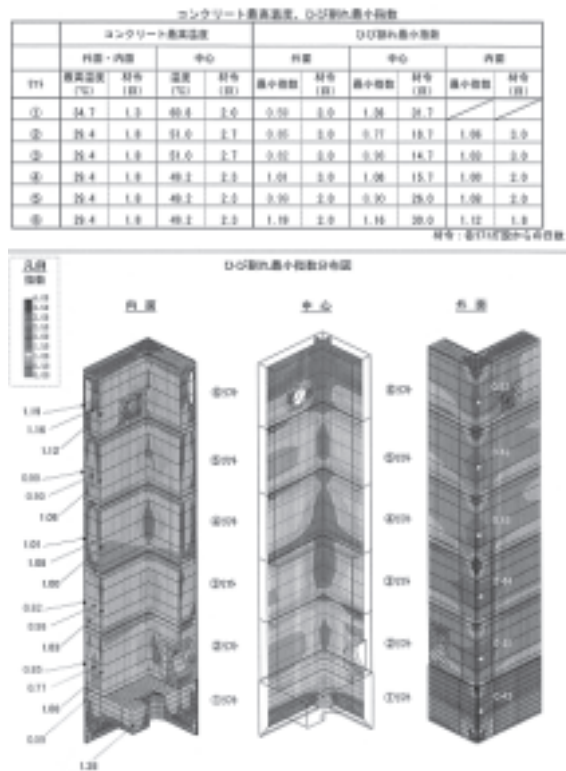


図-2 普通ポルトランドセメント温度応力解析結果

ひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係は、図-3の通りであり、暖色の濃いほど、ひび割れ発生確率が高いことが分かる。

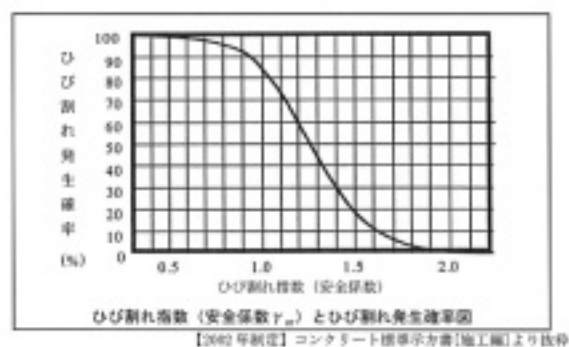


図-3 ひび割れ指数とひび割れ発生確率図

図-1、図-2の解析結果より、早強ポルトランドセメントよりも、普通ポルトランドセメントを使用した時のひび割れ指数が大きく、図-3よりひび割れ発生確率は小さくなるのがわかる。しかし、ひび割れ発生確率は普通ポルトランドセメントを使用しても高く、過大なひび割れの発生が予想されたため、低熱セメントや膨張材の添加、

ひび割れ抑制金網なども検討したが、工程および経済性・施工性の面から採用は難しかった。

(2)コンクリート打継面の止水方法

ケーソン躯体の各打継面の止水対策として、側壁部中心においてゴム止水板の設置で設計されていた。止水板の設置に関しては躯体帯筋への干渉、ゴム止水板内部鉄板の折れによる止水効果の減少、コンクリート打設前におけるゴム部分への水分、ちり等付着による止水効果の減少等が考えられ、何らかの改善策が必要である。また、止水板の外側鉄筋の発錆等も考慮する必要があると考えた。

3. 対応策・工夫・改良点

(1)立坑躯体における温度ひび割れの抑制

当現場ではひび割れ発生の抑制対策として、普通ポルトランドセメントの配合に変更し、温度上昇を抑制し、さらにひび割れ防止の効果があるクラック抑制ファイバーを使用することとした。

クラック抑制ファイバーはポリプロピレン短繊維で（写真-2）、フレッシュコンクリートに添加して攪拌すると、ファイバーが骨材にからまり均等に分散し、コンクリートのひび割れ発生を減らし、硬化前と硬化後のコンクリートの性能を向上させる特性を持っている。



写真-2 クラック抑制ファイバー

ひび割れ抑制の原理は、親水性の高いポリプロピレン繊維は水を表面に吸着することにより、余分なブリーディング水の発生を抑制し、表面部で発生しやすいプラスチックひび割れの発生を抑制する。また、分散された繊維は進行するひび割れを拘束する効果があるため、ひび割れ進行を抑制する効果があるとされている。以上の性質からクラック抑制ファイバーはひび割れに対する効果が非常に高く、当現場で使用する根拠となった。

なお、クラック抑制ファイバーをフレッシュコンクリートに添加するとスランプが若干減少するので、あらかじめファイバーを添加したフレッシュコンクリートで試験練りを行い、所定のスランプになるよう調整を行った。

クラック抑制ファイバーのコンクリート混入方法は、アジテーター車に必要量を袋ごと投入し、強制攪拌をおこなった後、打設を行うものである（写真-3）。



写真-3 クラック抑制ファイバー混入状況

普通ポルトランドセメントへの変更とクラック抑制ファイバーの添加による温度ひび割れ抑制の結果、立坑躯体には有害なひび割れが発生せず、漏水防止に有効な効果があった。

(2)コンクリート打継面の止水対策

ケーソン躯体打継面の防水は、ゴム止水板施工から外面防水施工に変更した。防水面はケーソン沈下時に地山との摩擦力が働くため、耐摩擦性お

よびコンクリート付着力があり、早期強度発現性のある材料を使用した。

図-4 にしめしたようにあらかじめ打継外面に目地を設け、その目地に特殊モルタル材を充填しさらに図-5 のようにその表面部を保護する防水層を設けた仕様としている。

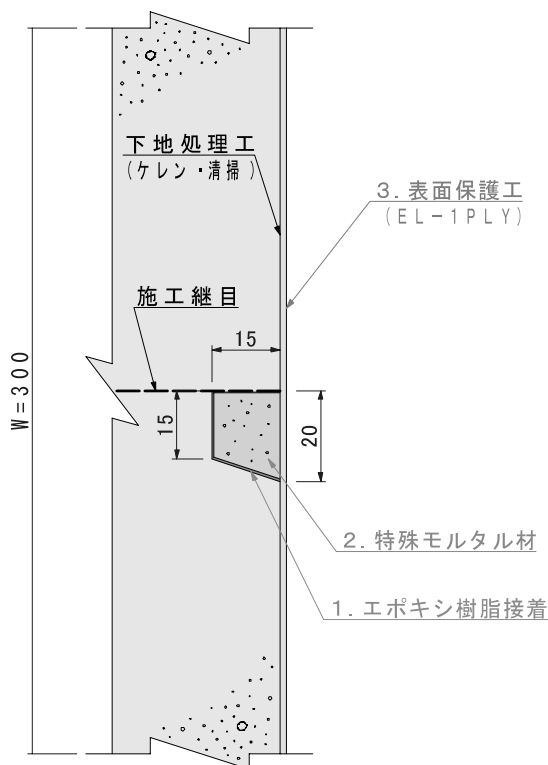


図-4 打継目処理断面詳細図

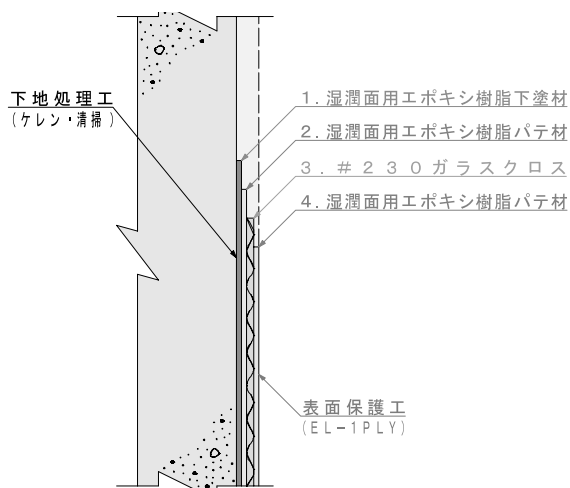


図-5 表面保護防水層詳細図

打継面の外面防水を行った結果、打継面からの漏水は発生せず、極めて高い止水性が確認できた。写真-4 に外面防水状況を示す。



写真-4 外面防水施工状況

4. おわりに

今回の工事では、ケーソン立坑がそのまま管理用人孔として使用されることから、地下水位以下の漏水防止には特に気を使った。設計に準じた施工方法では、止水性の確保が困難であることがあらかじめ予想されたため、事前に発注者と施工協議を行い、止水対策の施工承諾を得た。

地下構造物における漏水は、品質的に問題が発生し、その後の漏水対処にも金銭的損失が大きいことから、コンクリートの配合検討や漏水の対応策が非常に重要であることを改めて感じた。