

3. 課題に対する取組み

3.1 配管内落下時の材料分離防止対策

本工事では、①縦配管の約20mピッチにS字管を配置することで鉛直落下距離を短くし、また、②鉛直配管下端にシャッター式バルブを設置し、配管内が常にコンクリートで充填された状態を保つことでコンクリートの材料分離防止を図った。写-3にS字管とシャッター式バルブを示す。

また、上記対策を講じるものの、打設高さ90mの高落差ポンプ圧送となることから、圧送中の加圧脱水に起因する管内閉塞が危惧されたため、本工事においては、過密配筋対策も兼ねて粉体量の多い高流動コンクリートを採用することで対応した。

なお、本工事では、均しコンクリート（普通コンクリート）と床版コンクリートの試験施工（中流動コンクリート）で材料分離や管内閉塞がないかを確認した。表-1に荷卸し時とGL-91.8mの筒先で採取したコンクリート現場試験の結果を示す。スランプ値、フロー値ともに4.0cm程度の減少が見られたが、材料分離や管内閉塞は認められなかった。実施工ではスランプフローの減少を考慮した配合で管理することで、90mの高落差ポンプ圧送でも問題なく施工できると判断した。

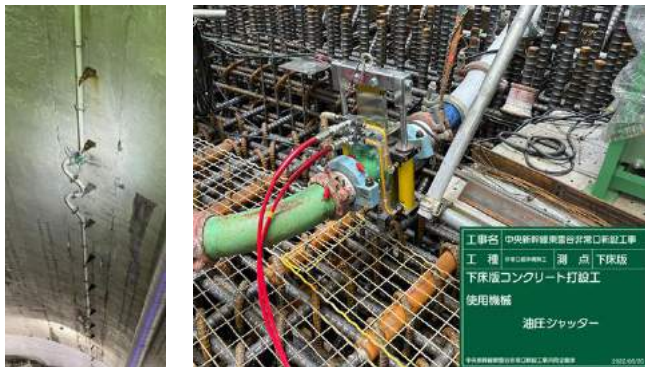


写真-3 S字管およびシャッター式バルブ

表-1 荷卸し時と筒先の試験結果比較表

●均しコンクリート (2022.1.31)			
配合：27-21-20 N		荷卸し	筒先
スランプ	cm	23.0	19.5
空気量	%	4.1	4.6
外気温	°C	6	
●底版コンクリート試験施工 (2022.5.16)			
配合：50-45-20 M		荷卸し	筒先
スランプフロー	cm	42.0×40.0	37.0×37.0
空気量	%	2.6	—
外気温	°C	24	

3.2 狭隘箇所へのコンクリート充填・締固め対策

坑口リング下部や過密配筋箇所はバイブレータによる充填・締固めが困難であるため、高流動コンクリートを採用した。高流動コンクリートには表-2に示すように1~3のランクがあるが、最も自己充填性の高いランク1の配合で設計した。また、本工事は一度の打設数量が約1200m³であり、1つのプラントでは出荷能力が足りないため、7つのプラントで試験練りと充填試験（図-2、写-4）を実施し、打設時は4つのプラントを使用することで、1200m³/日の打設を可能とした。配合の一例を表-3に示す。なお、フロー値はプラントが出せる最大の65cmとし、水セメント比を約36%とすることで、ランク1の配合を満足させた。

表-2 自己充填性性能表¹⁾

自己充填性	性能
ランク1	鋼材の最小あきが35~60mm程度で、複雑な断面形状、断面寸法の小さい部材または箇所に自重のみで均質に充填できるレベル。
ランク2	鋼材の最小あきが60~200mm程度の鉄筋コンクリート構造物又は部材に自重のみで均質に充填できるレベル。
ランク3	鋼材の最小あきが200mm程度以上で、断面寸法が大きく配筋量の少ない部材または箇所、無筋のコンクリート構造物に自重のみで均質に充填できるレベル。

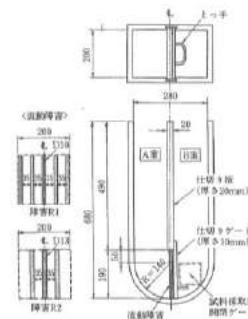


図-2 充填装置¹⁾

充填性試験条件

	自己充填性のランク		
	1	2	3
障害条件	R1	R2	障害なし
充填高さ (mm)	300以上	300以上	300以上



写真-3 充填性試験状況

表-3 高流動コンクリート配合表 (50-65-20 L)

セメント	水	細骨材①	細骨材②	粗骨材	混和剤
473	170	428	428	875	7.332
混和剤種類		高性能AE減水剤 標準型I種			

一般的に、高流動コンクリートは自己充填性を有するため、打設時のバイブレータは基本的に必要ないとされているが、バイブレータの有無による仕上がりの違いなどは文献等に記載はなく、品質に及ぼす影響が未知数であった。そこで、施工性や表面の仕上がり確認のため、事前実験を実施した。また、高流動コンクリートは強度発現が早く、ブリージング水が少ないという特徴があるため、遅延剤散布のタイミングについても実験により確認した。

バイブレータの有無による仕上がりへの影響確認試験については、バイブレータを使用して打設したものと、使用しないで打設した2種類の試験体を用意し、仕上がりを比較した。写真-5に示すように、バイブレータを使用した試験体の方がエアあばたは少なく、また、打ち重ね部の線が目立たなくなり、仕上がりが綺麗になることを確認した。

遅延剤散布試験については、遅延材の散布を打設後15分、30分、60分、90分の4パターンで実施し、打継面の洗い出し結果を比較した。遅延材の散布が打設後60分以降の試験体からレイタンス処理が不十分な部分が多く見られ、90分の試験体ではレイタンスを完全に除去することができなかった(写真-6)。一般的なコンクリートの遅延剤散布タイミングは、配合や温度にもよるが2~4時間後であるのに対し、本工事で使用した高流動コンクリートでは30分以内までに散布する必要があることを確認した。



写真-5 バイブレータ試験供試体



写真-6 遅延剤散布試験供試体

坑口リングは格子状リブ等で各室に区切られており、空気が抜けにくく、骨材が通りにくい構造である。リブ等で囲われた各室まで確実にコンクリートを充填させるため、写真のような空気抜き孔とスカラップ(格子状のリブに空けた骨材の最大粒径以上の孔)を設けた(写真-7)。コンクリート打設時は、特に充填不良が懸念される箇所に充填確認孔とセンサー(ジュウテンミエルカ)を設置した。充填確認孔により充填状況を目視で確認し、充填確認孔だけでは確認しきれない狭隘箇所にはセンサーを配置し、モニターで充填状況の確認をリアルタイムで行うことで、充填に関する課題に対応した(写真-8)。

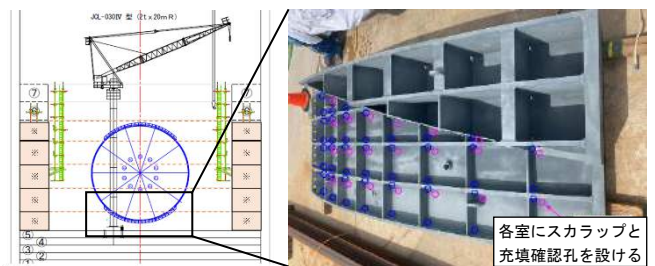


写真-7 格子状のリブ



写真-8 ジュウテンミエルカと充填確認孔

3.3 綿密な打設計画の作成

本工事の施工場所は、鉄道と幹線道路に挟まれた狭隘な場所で、十分な施工ヤードを確保できないため、ポンプ車の配置や生コン車の運行管理について詳細に計画した(図-3)。現場の3つのゲートを入場口1つと退場口2つに分け、また、場内に構台を設けることで、一方通行できる走路と、場内のミキサー車待機場所を確保した。これら対策により、ポンプ

車4台による打設が可能となった(写-9)。さらに、ガードマンを各出入口とポンプ車前、現場近くの交差点に配置することで、場内のミキサー車の配車を円滑に行い、周辺道路の渋滞の緩和や場内での接触事故の防止、ゲート付近での第三者災害の防止に努めた。

打設管理については、筒先が4つに分かれており、地上から直接やり取りすることができないため、各筒先に管理者を配置し、コンクリート打設総括管理者を立坑内に配置することで、地上と無線で全体の管理を円滑に行った。

また、打ち重ね間隔や打設数量を誰でも確認できるように打設管理システム(イーグルプラス)を使用した。打設管理システムは、コンクリートの積込みや荷卸し、打ち重ね時間をweb上で管理するシステムで、図-4に示すように、ミキサー車の配車状況や各筒先の打設状況をスマートフォンやタブレットで入力することで、全体のコンクリート打設状況をシステムで共有して管理した。

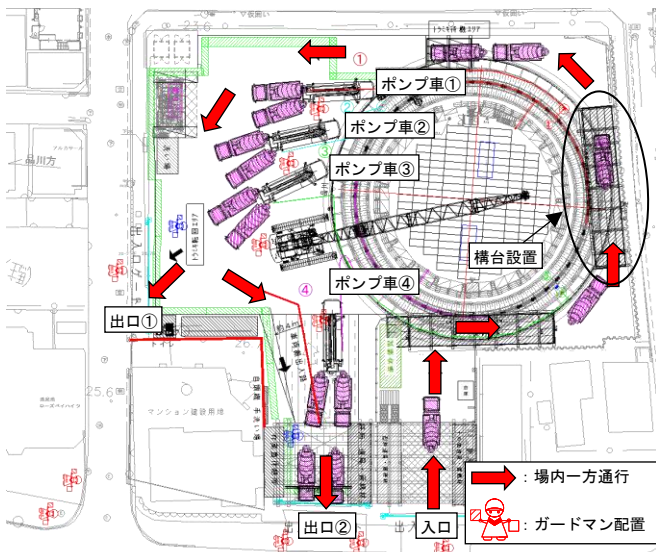


図-3 打設計画平面図



写真-9 ポンプ車・生コン車配置状況

i) 打設数量管理画面



ii) 打ち重ね管理画面

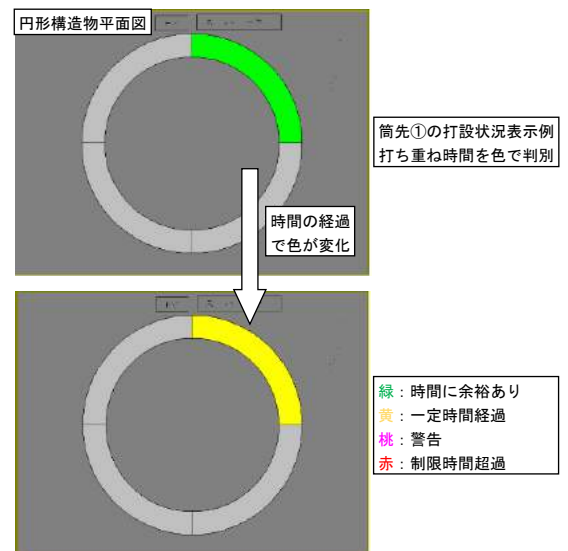


図-4 打設管理システム

4. おわりに

本工事は、事前試験の実施と入念な打設計画を策定し、大深度円形立坑におけるコンクリート打設の対策を行ったことで、高品質のコンクリートを打設することができた。

大深度におけるコンクリートの打設事例はまだ少ないが、今後の同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：2017年制定 コンクリート標準示方書【施工編】