

ニューマチックケーソンの中埋めコンクリートについて

—高気圧下で採用するコンクリートの適応性の検証—

Concrete Filling the Pneumatic Caisson (Verification of Adaptability of Concrete under High Air Pressure)

細見 孝治^{*1} 中村 哲世士^{*1} 豊田 雅博^{*1}
Takaharu Hosomi Noriyoshi Nakamura Masahiro Toyoda

直 光太郎^{*1} 泉 秀弥^{*2}
Koutarou Sunao Hideya Izumi

【要旨】

ニューマチックケーソン工事の最終工程は、①最終沈下で構造物を所定深度に沈設、②支持地盤の地耐力の確認、③作業室内設備の撤去、④中埋めコンクリートで作業室内充填、⑤養生後に送気停止（圧気作業終了）の流れで進められる。この中で、中埋めコンクリートはその充填性の良否が送気停止後の底版からの漏水などの躯体品質に影響する点で重要な工程と考えられるため、筆者らは、そのコンクリート配合について検討し修正配合を採用した。

本稿は、近年取り組んだ2件のニューマチックケーソン工事における中埋めコンクリートの配合の検討とその改善効果について報告するものである。中埋めコンクリートの材料にJIS配合（空気量=4.5%）に替えて修正配合（空気量=2.0%）を用いることは、充填性、材料分離抵抗性の改善と圧力変化に伴う体積減少量の低減の上で有効であった。充填性の面では、圧送量と作業室内圧力を一定に保持する作業条件で、打設孔位置から水平距離17mの範囲の充填を実施できた。圧送性や止水性の面では、天然骨材比率が高く、かつ細骨材率が高い配合で充填した範囲でより大きい改善効果が得られた。

【キーワード】 ニューマチックケーソン 中埋めコンクリート 空気量 高気圧環境 コンクリートの品質

1. はじめに

地下構造物の建設方法には、法切りオープンカット工法や土留めを用いる開削工法などが採用される場合が多い。しかし、目的構造物が比較的深い位置に計画される場合や近接構造物が存在する場合には、地下水環境を含む周辺地盤への影響や近接構造物への影響、工期・工費の増加が問題となる。これらの問題を解決または低減できるものとしてニューマチックケーソン工法は優位となる場合も多いため、近年、採用数が増加する傾向にある。

ニューマチックケーソン工法は構造物の躯体底版下に外周を刃口でとり囲んだ作業室を設け、そこから地盤を掘削・排土しながら躯体を沈下させるものである。躯体は地上（大気圧環境）で順次構築して継ぎ足され、最終沈下により所定深度に据え付けられる。本工法の最終段階のフローは下記の順序で実施される。

- ① 最終沈下により躯体を所定深度に沈設
- ② 試験により据付地盤の地耐力の確認
- ③ 作業室内の設備撤去
- ④ 作業室内を中埋めコンクリートで充填（図-1）
- ⑤ 中埋めコンクリート養生後送気停止

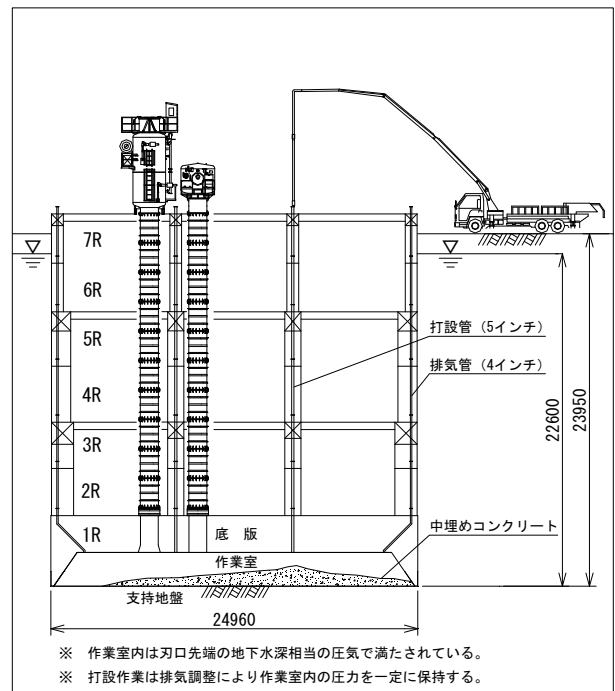


図-1 中埋めコンクリート工の概要図

2. 中埋めコンクリート工に関する現状と問題点

中埋めコンクリート工は地上（大気圧環境）で製造された生コンクリートをコンクリートポンプにより打設管（5インチ）を經由して作業室（高気圧環境）に圧送・充填する作業である。

2.1 構造的役割

中埋めコンクリートは作業室内に充填されることにより完成時の躯体底版反力を据付地盤（支持地盤）に伝達するものである。配合は積算資料¹⁾に示される参考配合（表-1）を基に設計される。ここで、呼び強度はJIS配合の最小強度によるものと思われるが、中詰め材としては十分な強度と考えられる。

$$\begin{aligned} 18 \text{ (N/mm}^2\text{)} &= 18 \text{ (MPa)} \\ &= 18,000 \text{ (kPa)} \\ &= 1,835 \text{ (tf/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

表-1 中埋めコンクリートの参考配合¹⁾

	呼び強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	粗骨材 最大寸法 (mm)
配合	18	18	25

2.2 特異な作業条件

打設作業が大気圧環境で実施される一般的なコンクリートと異なる条件は以下のとおりである。

- ① コンクリート充填箇所となる作業室内は地下水の浸入防止のため、ケーソン刃口先端深度の地下水圧に相当する圧気で満たされている。
- ② 予め地上（大気圧環境）と作業室（圧気環境）間を連絡して躯体中に準備したコンクリート打設管（5インチ）と排気管（4インチ）を使用するため、打設位置および排気調整位置は限定されている。
- ③ コンクリートはコンクリートポンプにより打設管を經由して地上から作業室内に圧送される。
- ④ コンクリートポンプの圧送能力は作業室の圧力に比べて充分大きいですが、作業中に圧送を中断すると再圧送不能となる事例があるため、一旦圧送を開始したら終了するまで連続圧送することが望まれる。
- ⑤ コンクリートは作業室天井から吐出されるため、最大で作業室高さ2.3mの打ち落とし状態となる。
- ⑥ 作業中の作業室内は無人的となるため振動機を用いた流動化や締め固めができない。したがって、作業室内はコンクリートの自己充填性と最終段階での排気調整による吸引効果のみにより充填される。
- ⑦ 作業室内の充填状況は艀装シャフト内に準備したカメラによるモニタリングに頼らざるを得ない。

2.3 現状の問題点

前節に記述したように、中埋めコンクリート打設作業は特異であるため、一般的な大気圧環境下でのコンクリート打設管理要領が適応できない点が多い。また、中埋めコンクリートの充填性の良否は、コンクリート養生完了時に実施する断気（圧縮空気送気停止）後の躯体品質（底版の漏水）に影響すると考えられる。

中埋めコンクリートにおける問題を説明するための主要因として次の2点が考えられる。

(1) 地上と作業室内の圧力環境の差の影響

ボイルの法則（Boyle's law,1661）は「温度が一定のとき、理想気体の体積は圧力に反比例する」ことを示した法則である。温度が同一の2つの状態において次の関係式（式(1)）が成立する。

$$P_a \times V_a = P_b \times V_b \quad (1)$$

ここに、P：気体の絶対圧力、V：気体の体積、添え字aとbは場を表す。ここで、地上（大気圧環境）をa、作業室内（圧気環境）をbとすると圧気環境における空気体積V_bは式(2)に整理される。

$$V_b = (P_a / P_b) \times V_a \quad (2)$$

式(2)より、地上における空気量V_aは、作業室内では、V_aに地上と作業室内との絶対圧力比（P_a/P_b）を乗じた体積V_bに減少することが導かれる。

圧力表示について以下に簡単に解説しておく（表-2）。

表-2 絶対圧とゲージ圧

	絶対圧	ゲージ圧	地上との絶対圧力比
真空	0 気圧	-1 気圧	—
地上	1 気圧	0 気圧	1
水深 10.3m	2 気圧	1 気圧	1/2
水深 20.7m	3 気圧	2 気圧	1/3
水深 31.0m	4 気圧	3 気圧	1/4

- ・絶対圧 : 真空を0基準として表した圧力
- ・ゲージ圧 : 大気圧を0基準として表した圧力
- ・大気圧 = 1.0 (気圧, atm)
- = 101,325 (Pa)
- = 水頭 10.332 (m)

コンクリートは空気を含む材料である。中埋めコンクリートは18-18-25BBなどの配合で設計され、仕様書に準じるとJIS製品（空気量4.5%、許容誤差±1.5%）となる。また、現状のレディーミクストコンクリートはAEコンクリートであり、AE（エントレインドエア）

微細独立気泡)が流動性に寄与すると考えられている。しかし、圧気環境下でこの配合を採用する場合は、地上と作業室内の圧力変化により作業室内での空気量が減少してコンクリート体積の減少、および流動性の阻害が予測される。

(2) 作業条件の制約

中埋めコンクリート打設作業は、一般的な大気中のコンクリート打設作業に比べて細かな筒先移動が不可能な点や振動機による締め込みが不可能な点、高さ2.3mからの打ち落とし作業となる点などにより、材料分離が生じることが予測される。

これらより、中埋めコンクリートに関する主な問題点として次の3点が抽出される。

- ① 空気量の減少→流動性低下→充填性不良に伴う底版からの漏水(品質)
- ② 貧配合材料の打ち落とし施工→材料分離→水みちの発生に伴う底版からの漏水(品質)
- ③ 空気量の減少→設計数量では充填不足(品質)→容積補填のために材料追加(コスト)

3. 中埋めコンクリートの配合に関する改善対策

3.1 改善方針

圧気環境を考慮した中埋めコンクリートの改善について報告された3件の文献²³⁾²⁴⁾を参考にし、設定した中埋めコンクリートの配合方針を以下に示す。

- ① 空気量低減: AE減水剤に頼らないコンクリートとし、空気量は2.0%(自然潜入空気量程度)とする。
- ② 流動性保持: 空気量減少分の容積をモルタルで置き換える。
- ③ 分離抵抗性保持: W/Cを55%程度とする。

上記を検討した結果、修正配合として24-18-25BB(空気量=2.0%)が選定された。また、改善方針①に関連してAE減水剤を用いない配合を検討したが、現状のコンクリート製造工場ではAEでない減水剤を取り扱っていない点、AEでない減水剤を使用する場合には単位水量が著しく増加する点などが懸案事項となった。これにより実現可能な修正配合として、混和剤はAE減水剤のままAE効果の加減により空気量を2.0%に調整した配合を適用することとした。

3.2 施工実績

改善対策による中埋めコンクリートの施工は、下記の2工事において採用した。

(1) 工事A: シールド発進立坑工事⁵⁾

- ① 工事名: 平成20年度 302号緑地共同溝工事
- ② 発注者: 国土交通省 中部地方整備局
- ③ 工事場所: 愛知県名古屋市区大高町
- ④ 工期: H21年3月3日~H24年3月16日
- ⑤ 概要: 外径18.0m, 躯体高44.6m, 掘削面積254.5m², 最大作業気圧0.406MPa, 作業室容積480m³
- ⑥ 実施時期: 平成22年10月

(2) 工事B: 下水処理場ポンプ棟工事

- ① 工事名: 新川東部流域下水道事業ポンプ棟築造工事
- ② 発注者: 愛知県 尾張建設事務所
- ③ 工事場所: 愛知県北名古屋市九之坪
- ④ 工期: H22年12月17日~H24年8月31日
- ⑤ 概要: 矩形31.56×24.96m, 躯体高約24.5m, 掘削面積787.7m², 最大作業気圧0.222MPa, 作業室容積1593m³
- ⑥ 実施時期: 平成24年3月

4. 検討結果

2工事における改善対策の実施結果を以下に示す。

4.1 室内配合試験

工事Bでは、中埋めコンクリート量が約1,600m³で2工場(工場Aと工場B)からの供給になったため、以下のような検討を実施した。各工場において修正配合の室内配合試験を実施した。各工場では修正配合24-18-25BB(空気量=2.0%)は、JIS配合24-18-25BBをベースに修正したものであった。各工場のJIS配合と修正配合を表-3, 4に示す。

表-3 配合表(工場A)

工場A	セメント C	水 W	細骨材		粗骨材		混和剤 Ad
			山砂 S1	砕砂 S2	砂利25 G1	砕石2005 G2	
JIS配合 24-18-25BB	320	176	476	327	383	584	3.200
	W/C= 55.0%		s/a= 46.0%		S1:S2=60:40,G1:G2=40:60		
修正配合 24-18-25BB (Air=2.0%)	324	178	509	348	383	584	3.240
	W/C= 55.0%		s/a= 47.6%		S1:S2=60:40,G1:G2=40:60		

混和剤: フローリックス(AE減水剤)

表-4 配合表(工場B)

工場B	セメント C	水 W	細骨材		粗骨材		混和剤 Ad
			川砂 S1	砕砂 S2	砂利25 G1	砕石2005 G2	
JIS配合 24-18-25BB	317	171	645	223	452	460	3.170
	W/C= 54.0%		s/a= 49.5%		S1:S2=75:25,G1:G2=50:50		
修正配合 24-18-25BB (Air=2.0%)	321	173	689	237	452	460	3.210
	W/C= 54.0%		s/a= 51.1%		S1:S2=75:25,G1:G2=50:50		

混和剤: チューボールEX20(AE減水剤)

表-5 圧気環境下スランブ試験結果

中埋めコンクリート 圧気スランブ試験記録						実施日 平成24年2月6日(月)			
工場A	時刻	経過時間 (h:m)	絶対圧 (MPa)	ゲージ圧 (MPa)	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位水量 (kg/m ³)	コン温度 (°C)	外気温 (°C)
発(製造)	9:20								
現場着	10:00	0:40							
大気圧下	10:11	0:51	0.100	0.000	17.0	2.9	167(-11)	7.0	6.0
圧気下(0.1MPa)	11:45	2:25	0.200	0.100	18.5				
圧気下(0.2MPa)	12:03	2:43	0.300	0.200	19.0				
圧気下(0.3MPa)	12:22	3:02	0.400	0.300	18.5				
工場B	時刻	経過時間 (h:m)	絶対圧 (MPa)	ゲージ圧 (MPa)	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位水量 (kg/m ³)	コン温度 (°C)	外気温 (°C)
発(製造)	9:20								
現場着	9:51	0:31							
大気圧下	11:18	1:58	0.100	0.000	19.5	2.3	174(+1)	7.0	6.0
圧気下(0.1MPa)	11:52	2:32	0.200	0.100	19.0				
圧気下(0.2MPa)	12:09	2:49	0.300	0.200	19.5				
圧気下(0.3MPa)	12:29	3:09	0.400	0.300	13.0				
	12:34	3:14	0.400	0.300	13.5				

室内配合試験時にスランブ、空気量を測定した結果、試験場所(大気圧環境下)でのフレッシュ性状に問題がないことを確認した。また、このとき採取した供試体を標準養生し、強度保証材齢28日で圧縮強度試験を実施した結果の強度発現にも問題がないことを確認した。

ぼ同じ流動性の保持が期待できるものと推察された。

4.2 圧気条件下のスランブ試験

中埋めコンクリートでは圧気環境下において流動性を保持できることが重要であるため、工事Bでは供給する2工場において同時に実機で製造した試料を現場に搬入して圧気環境下でのスランブ試験を実施・確認した。

圧気環境をつくる設備としては、ニューマチックケーソン工事において現場設置が義務付けられている再圧室を使用した。再圧室(ホスピタルロック、写真-1)は減圧症発症時に対応する救護設備として0.5MPaまでの圧力環境をつくるのが可能な設備である。

試験は2工場から搬入した試料を用いて大気圧環境下で通常の現場受入れ試験を実施した後、試験に用いた試料を容器に入れ試験器具とともに再圧室に持ち込んで各圧力段階でそれぞれの試料でのスランブ試験を実施した(写真-2)。工事Bでは中埋めコンクリート施工時の予定気圧が0.222MPaであったため、試験する圧力環境を0.1, 0.2, 0.3MPaの3段階として実施した。

試験結果を表-5に示す。試験結果を環境圧力と経過時間について整理したグラフを図-2, 3に示す。

試験より、修正配合のコンクリートは、施工時の予定圧力0.222MPaでは問題なく適用できるものと推測された。また、長時間に渡る中埋めコンクリート作業において、製造後3時間程度までは、圧気環境下で製造時とほ



写真-1 再圧室の外観



写真-2 再圧室内でのスランブ試験状況

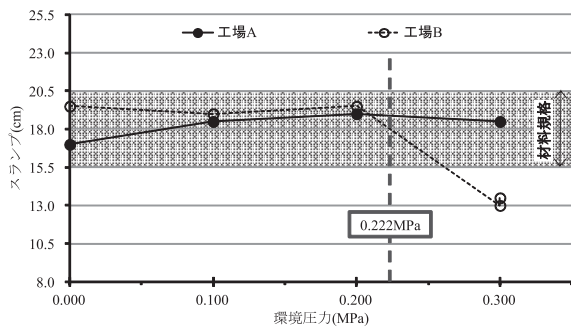


図-2 環境圧力とスランプの関係

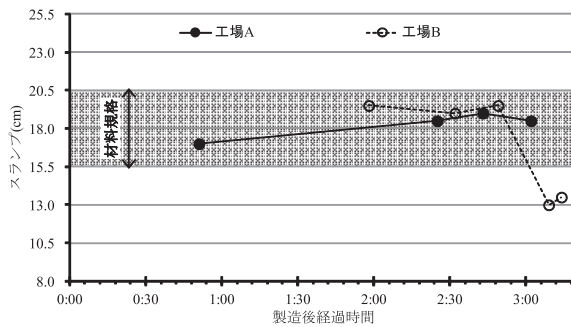


図-3 製造後経過時間とスランプの関係

4.3 圧力変化に伴うコンクリートの体積減少量

工事A, Bの各条件において、環境圧力変化に伴う中埋めコンクリート体積の減少量(材料ロス量)について試算した結果を表-6, 7に示す。

表-6 工事Aでの体積減少量(試算)

工事A	環境圧力		空気量の変化		
	ゲージ圧	絶対圧	JIS配合	修正配合	
地上	0.000 MPa	0.00 気圧	1.00 気圧	4.50%	2.00%
作業室	0.406 MPa	4.00 気圧	5.00 気圧	0.90%	0.40%
作業室容積 480m ³ に対する材料ロス量			17.3 m ³	7.7 m ³	

表-7 工事Bでの体積減少量(試算)

工事B	環境圧力		空気量の変化		
	ゲージ圧	絶対圧	JIS配合	修正配合	
地上	0.000 MPa	0.00 気圧	1.00 気圧	4.50%	2.00%
作業室	0.222 MPa	2.19 気圧	3.19 気圧	1.41%	0.63%
作業室容積 1593m ³ に対する材料ロス量			49.2m ³	21.9m ³	

5. 改善対策による実施工

5.1 工事Aにおける中埋めコンクリートの打設⁵⁾

計画数量は480m³であったため、1工場から修正配合の中埋めコンクリートを供給し、打設管2箇所、排気管6箇所の配管設備を準備して2台のコンクリートポンプ車を使用して作業を実施した(図-4)。

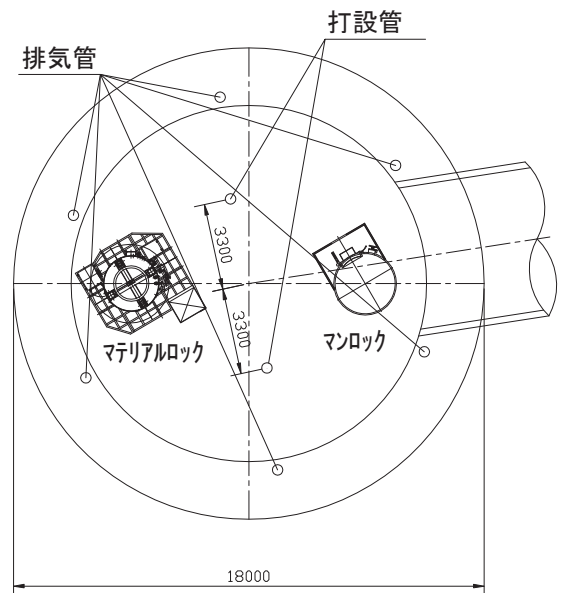


図-4 工事A 中埋めコンクリート用配管配置平面図

作業時の作業室内圧力は、計画0.406MPaに対して0.405MPaであった。艀装シャフト内に設置したカメラで監視する限り、充填中の流動性は良好で材料分離の傾向はなかった(写真-3)。



写真-3 充填管理状況写真⁵⁾

最終段階の排気調整による吸引時にはコンクリートの表面がよく揺れて移動する状況が確認され、圧気環境下の作業室内においてコンクリートの表面付近が十分な流動性を保持できていることが確認された。

作業室容積量のコンクリートを圧送した段階で、全ての排気管からコンクリートが噴出したため充填作業を終了した。

打設後24時間養生した後に断気した結果、艀装シャフトシャフト孔2箇所からの微少な漏水があったものの止水処理で完全に止水することができた。

5.2 工事Bにおける中埋めコンクリートの打設

計画数量は約1600m³であった。2工場から修正配合の

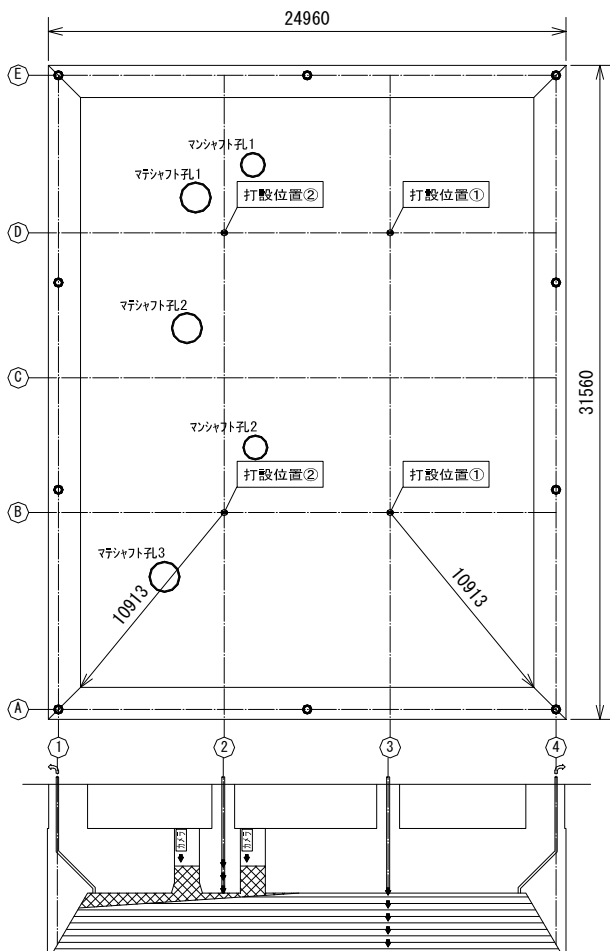


図-5 工事B 中埋めコンクリート充填計画

中埋めコンクリートを供給し、打設管4箇所、排気管10箇所の配管設備を準備した。作業スペースの関係よりコンクリートポンプ車が2台しか配置できない状況であったため、先行して図-5に示す③通りの2箇所の打設管（打設位置①）から打設を行い、最終段階で②通り（艀装シャフト側）の2箇所の打設管（打設箇所②）に切り替えて作業室内を充填する計画とした（図-5参照）。

作業中はコンクリート圧送量をほぼ一定にし、排気微調整により作業室内圧力を常時0.225MPa程度に保持して作業を進めた。作業室内の充填状況は5箇所の艀装シャフト内に設置したカメラで監視したが、充填中の流動性は良好でコンクリート表面はフレッシュな状態を保持している状況が確認され、材料が分離した様子もなかつ



写真-4 シャフト内状況（打設完了時）

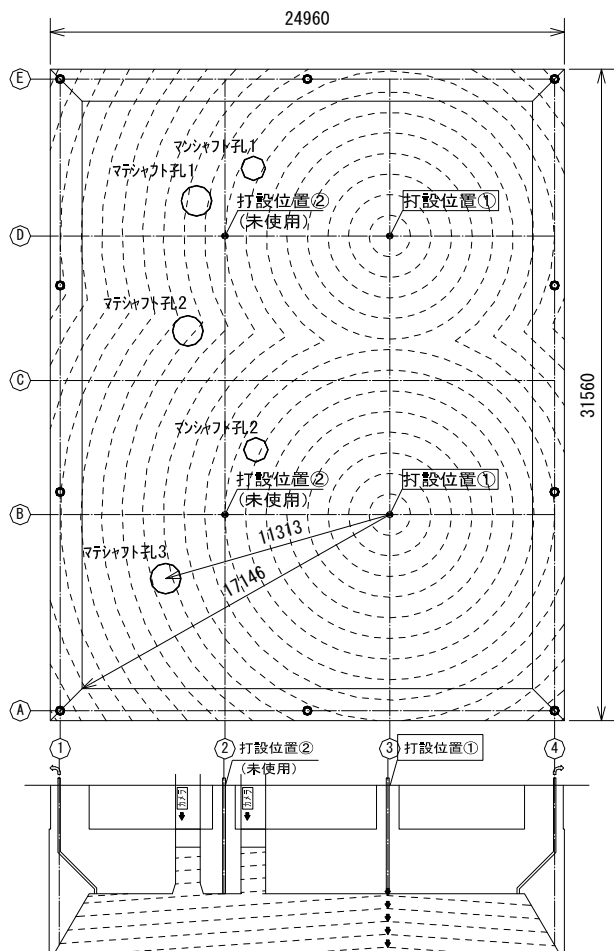


図-6 工事B 中埋め充填実施概念

た（写真-4）。

排気調整による吸引時にはコンクリートの表面が敏感に反応する状況が確認された。排気管が打設位置から近い順序に閉塞されたことより、コンクリートが打設位置から同心円状に充填されたことが推察された（図-6）。

工事Bでは計画段階で打設位置から排気管までの最大距離が11m程度となることが懸案事項であったが、最終的には打設位置①の2箇所から全量の打設充填を実施できたため、最大距離17mの充填が実施できた。これは、打設に伴い上昇する作業室内の圧力を断続的に排気調整するのでなく、排気微調整により圧力を一定に保持したため、作業室内での圧力変化によるコンクリートの流動性変動を防止した効果と推測される。また、コンクリートはD通り、B通りの打設管にそれぞれ工場A、工場Bの材料を分担供給したが、工場Bの材料がより良い圧送性であった。これは、天然骨材比率が高く、かつ細骨材率の高い配合であったことが起因したものと推察される。

上述したように、打設位置から近い順に排気管が充填された。作業室容積量のコンクリートを圧送した段階で最終の排気管がコンクリートで充填されたため、充填作業を終了した。

打設後 65 時間の養生を経て断気し、一部漏水が生じたシャフト孔もあったが止水処理で対処できた。打設管から水平距離 11m の位置で充填された 3 号機マテリアルシャフト孔（マテシャフト孔 3）では漏水が生じなかった（写真-4～7）。これは、工場 B の材料のみで充填された位置であることより、天然骨材比率が高く、かつ細骨材率の高い配合が止水効果に寄与したものと推測される。



写真-5 シャフト内状況（断気時）

断気後 4 日目（艀装解体後）にシャフト孔内部のコンクリート面を観察したところ、表面はほぼ水平に仕上がりがり、シャフト結露水の跡があるものの、材料分離（レイタンス）やクラックは生じていなかった（写真-5, 6）。これより、今回採用した修正配合のコンクリートは十分な分離抵抗性があったと評価できる。

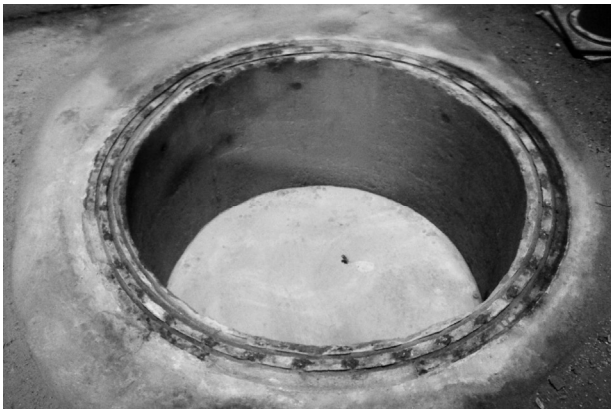


写真-6 シャフト内状況（断気後4日目）



写真-7 コンクリート表面状況

6. 考察

6.1 中埋めコンクリートの配合修正

- ① 高気圧環境下では JIS 配合（AE コンクリート、空気量 4.5%）を採用する場合には流動性低下が生じることが確認されている²³⁾ため、空気量を 2.0% に低減した配合を採用することが得策と考えられる。
- ② AE 減水剤を用いずに空気量を 2.0% とする配合²³⁾⁴⁾が実施できない場合であっても、AE 減水剤を用いて空気量を 2.0% とする配合が実施できれば高気圧環境下での流動性の改善は十分可能である。
- ③ コンクリートの圧送性、流動性は天然骨材の割合がより多い配合や細骨材率がより大きい配合であるほど改善効果が高いと考えられる⁶⁾。
- ④ 今回採用した修正配合は、打設管から半径 17m 程度までの作業室空間を充填できた。更に、少なくとも半径 11m 程度までは材料分離がないことを目視で確認した。

6.2 圧力変化に伴うコンクリートの体積減少量

両工事ともに、作業室容積相当のコンクリートを圧送した段階でシャフト孔と排気管の充填が完了する状況であったことは、最終沈下後の掘削床付面整形の段階で掘り過ぎないように慎重に整形した結果、床付面が刃口深度よりやや浅目に仕上がりがり、これによる充填容積の減少量が修正配合での材料ロス量と相殺したものと推察される。充填容積の減少量＝材料ロス量として掘削面積で除すると両工事ともに 0.03m 程度であった。

$$\text{工事 A : } 7.7\text{m}^3 \div 254.5\text{m}^2 = 0.030\text{m}$$

$$\text{工事 B : } 21.9\text{m}^3 \div 787.7\text{m}^2 = 0.028\text{m}$$

しかし、これは修正配合を採用した結果であるため、配合変更を行わずに JIS 配合で工事を実施した場合には、JIS 配合と修正配合の差分の材料不足が生じていたことも推測できるため、修正配合を採用することは材料のくい込みロスを低減する上で有効であったと考えられる。

7. 結論

今回、連続した時期に異なる工事で中埋めコンクリートの改善の取り組みを実施する機会が得られ、その施工内容を詳細に比較検証することができた。

中埋めコンクリートの材料に JIS 配合（空気量＝4.5%）に替えて修正配合（空気量＝2.0%）を用いることは、充填性、材料分離抵抗性の改善と圧力変化に伴う体積減少量の低減の上で有効であった。充填性の面では、圧送量と作業室内圧力を一定に保持する作業条件により、打設孔位置から水平距離 17m の範囲の充填を実施できた。圧送性や止水性の面では、天然骨材比率が高く、かつ細骨材率が高い配合で充填した範囲でより大きい改善効果が得られた。

わが国にニューマチックケーソン工法が導入されて半

世紀以上が経過しているが、現在もなお本工法の優位性が発揮されるケースが増加傾向にあり、本工法に用いる設備や管理手法は進歩し続けている。

今回の中埋めコンクリートに関する改善の取り組みは、決して過去の施工方法を否定するものではなく、その時点でたどり着いた「より合理的な考え方」に基づいて施工方法の改善とその確認を実施したものである。

今後同種の工事で中埋めコンクリートの工事を実施する際には、今回の取り組み結果を参考にしていれば幸いである。

謝辞：高気圧環境下における中埋めコンクリートの改良に関して検討資料（文献）を公開して下さいました日本圧気技術協会事務局，ならびに現場での相談に対応して下さいました本社技術研究所コンクリート部門の皆さまに紙面を借りてお礼を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 日本圧気技術協会：ニューマチックケーソン積算資料，p.43，2010.
- 2) 井上智裕，大石雅彦，杉山隆文：高気圧下環境がコンクリートのスランプに及ぼす影響，土木学会第61回年次学術講演会，pp.387-388，土木学会，2006.
- 3) 日本圧気技術協会事務局：改良型中埋めコンクリートの実施工への適用性，建設と圧気 No.30，pp.15-16，日本圧気技術協会，2007.
- 4) 大阪建設業協会土木技術委員会：大深度ニューマチックケーソン工法における中埋めコンクリート，土木工事におけるコンクリート構造物の品質確保対策事例集，pp.205-206，大阪建設業協会，2001.
- 5) 天野裕史，林尚孝，中村哲世士，金井大輔，岡田直，岩佐歩：周囲を橋脚に取り囲まれた大深度立坑ケーソンの施工報告，とびしま技報 No.60，pp.42-43，2011.
- 6) 後英太郎：新しいセメントとセメント技術，pp.96-107，誠文堂新光社，1971.

Summary The final steps of pneumatic caisson construction work are (i) installing the structure at the designated depth in the final sinking phase, (ii) confirming the strength of supporting ground, (iii) removing the equipment from the working room, (iv) filling the working room with concrete and (v) discontinuing air supply (terminating the application of air pressure) at the end of curing. Filling the working room with concrete is considered an important step because concrete filling performance affects the quality of the frame in the event of water leakage through the bottom slab at the termination of air supply. We examined the concrete mix proportions and modified the proportions.

We worked on two pneumatic caisson construction projects in recent years. This paper describes the results of examination of concrete mix proportions and the effectiveness for improvement.

Key Words： *Pneumatic Caisson , Filling Concrete , Amount of Air , High Air Pressure , Quality of Concrete*