

ニューマチックケーソン工法における生産性向上への取組み

オリエンタル白石(株) 正会員 ○東 洋輔, 加藤茂樹
 (株)フローリック 正会員 熊本光弘, 猪瀬 亮
 中日本高速道路(株) 川尻克利

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法は地下構造物の構築方法の一つである。本工法は所定の深度まで構造物底部で掘削推進し、最終的に掘削部である函内に中埋めコンクリート(以下、中埋コン)を充填する。充填方法は振動締めを行わない自己充填で、中埋コンが函内天井に到達すると、ポンプ車の圧送圧力および大気圧と高気圧な函内との圧力差(排気する際に生じる力)を利用して充填している。本工法は近年、大深度、大断面での採用が加速している。大断面の場合、中埋コンは数日に亘り打ち込まれ、函内温度は中埋コンの水和発熱によって上昇し、コンクリートの流動性は時間の経過に伴って低下し易くなり、充填不足が発生するリスクが高くなる。したがって、環境温度の上昇が想定される場合、中埋コンに流動性の保持性を付与することが望ましい。また、本工法は固定された打設孔を用いて中埋コンを打込み、打込まれた中埋コンは横移動しながら充填されるため、安定した充填性を確保するには、流動性に加えて材料分離の抵抗性を付与することが望ましい。

これまでの圧気環境下における無人化施工の取組みとして、掘削機の組立・遠隔操作・解体技術、無人撤去が困難な掘削機走行レールを撤去せず残置する手法¹⁾などを開発してきた。今回は流動保持性や材料分離抵抗性を後添加により付与できる混和剤を用いて、中埋コンの充填性を改善することを試みた。さらに、圧気環境下における安全性、生産性を向上し、安定した品質を提供するため、これらの取組みを現場へ実装評価したので、その内容を報告する。

2. 中埋コンへの流動化剤の適用とその評価

使用材料を表1に、コンクリートの配合を表2に示す。中埋コンの配合は函内における流動性を考慮した既往の検討¹⁾²⁾から、 $W \geq 190\text{kg/m}^3$, $SL21\text{cm}$, 材料分離を考慮して $W/C \leq 50\%$, スランプは大気圧から気圧が上昇することでコンクリート中の空気量が減少し、ボールベアリング効果が小さくなり、スランプの低下が予想されるため、空気量を減少させた。比較として W が 185kg/m^3 や従来の中埋コン配合を想定して

表1 使用材料

記号	名称	備考
BB	高炉セメントB種	$\rho_c: 3.04\text{g/cm}^3$, 比表面積: $3920\text{cm}^2/\text{g}$
S	細骨材	硬質砂岩, 桜川産砕砂, $\rho_s: 2.63\text{g/cm}^3$, 実積率: 55.6%
G	粗骨材	硬質砂岩, 桜川産砕石, $\rho_s: 2.63\text{g/cm}^3$, 実積率: 61.3%
AD-R	AE減水剤	遅延形I種, リグニルスルホン酸塩 ポリカルボン酸系化合物
SP-L	流動化剤	標準形I種, ポリカルボン酸系化合物
V	特殊増粘剤	界面活性剤系特殊増粘剤

表2 コンクリートの配合

SL (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AD-R	SP-L	V
				W	BB	S	G			
21	2.0	50	49	195	390	852	890	0.65	-	-
21	2.0	50	48	185	370	855	930	0.80	-	-
21	2.0	50	48	185	370	855	930	0.65	0.5	1.0
21	2.0	50	47	175	350	857	970	1.10	-	-
21	2.0	50	47	175	350	857	970	0.95	0.6	1.0

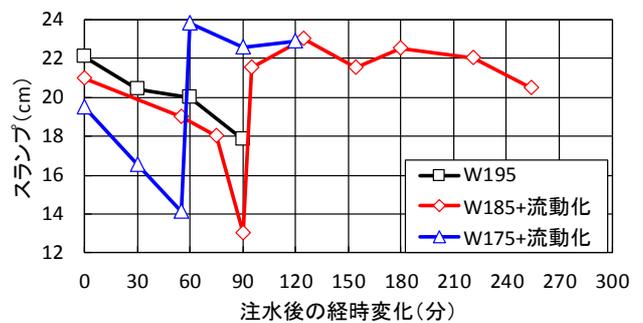


図1 スランプの経時変化 (30°C環境下)

175kg/m^3 となる配合を用意し、両者には流動化剤と新たに開発した増粘剤を併用する配合を設けた。ベースコンクリートは AE 減水剤遅延形を使用し、流動化剤や特殊増粘剤は所定のスランプが低下した時点で後添加した。練混ぜおよび各種試験は気温が高い環境下での施工を想定し、 30°C , $\text{RH}70\%$ 環境下で実施した。試験はスランプ経時、ボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験(以下、加振間隙通過試験)、加圧ブリーディング試験を行った。

図1にスランプの経時変化の結果を示す。各配合のスランプの低下は、流動化前では概ね90分経過するまでに大きくなった。一方で、流動化剤を添加した場合、流動化後(W175は55分以降、W185は90分以降)150分まで流動性が確保され、高温下でも高い保持性を有することを確認した。

加振間隙通過試験結果を図2に示す。間隙通過速度の結果から、流動化剤を添加した方が添加しない配合より流動速度が速くなった。これは、特殊増粘剤の影響で材料分離

キーワード 流動化剤, 増粘剤, 中埋めコンクリート, ニューマチックケーソン

連絡先 〒321-4367 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘5 オリエンタル白石(株)技術研究所 TEL0285-83-7921

が小さくなり、粗骨材等のアーチングの作用を受けずに、流動性が改善されたためと推察される。一方、鉄筋障害を有する2室間を流動させた(A室からB室へ)時の粗骨材の変化率から、流動化剤を添加しない場合より流動化剤を添加した方が粗骨材変化率が100%(材料分離がない)に移行することを確認出来る。そのため、特殊増粘剤によって材料分離の抵抗性が付与されたものと推察できる。

加圧ブリーディング試験結果を図3に示す。図中には圧送性が良好な範囲を標準曲線BおよびCを併記している。結果からW195は脱水量が大きく、W185や従来の中埋コンで用いられるW175は圧送性が良好な範囲内ではあるが、標準曲線Bの付近まで位置している。これに対し、流動化剤を添加した場合、標準曲線BC間の中央付近に位置しており、特殊増粘剤によって圧送性を経過時間内で確保でき、有効であることを確認した。

3. ニューマチックケーソン構造物への適用とその評価

新東名高速道路 柳島高架橋工事の橋脚基礎部へ充填する中埋コンに流動化剤を適用した。地上から函内までの深さは約36.4m(函内気圧0.27MPa)で、函内容積は242m³である。函内中心部に打設管、中心から10.1m位置に排気管を6ヶ所設置した(図4)。また、施工時期は暑中期で外気温度が32℃~34℃であり、流動性の保持性が劣る懸念もあった。充填管理は、監視カメラによる目視観察、排気管からの中埋コンの噴出確認により評価した。本工事の中埋コン配合を表3に示す。

中埋コンの実施状況を写真1に示す。監視カメラの状況から、中埋コンは常時緩やかな流動勾配で打ち込まれていたことを常時確認できた。これは、本流動化剤は外気環境が高い場合でも流動性の保持性が良いため、終始中埋コンの流動性が安定したものと推察される。また、周囲へ広がりながら打込まれたコンクリートのモルタルと粗骨材が共に水平移動することを確認できた。これは、特殊増粘剤により材料分離を抑えた結果と推察される。

以上より、流動保持性や材料分離抵抗性を後添加剤により付与した中埋コンで暑中期施工の場合であっても確実に充填できると判断した。今後は掘削機走行レール残置手法を併用することで、高圧環境下の労働を削減し、安全性、生産性を向上し、安定した品質を提供する無人化施工の一端を確立できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 東 洋輔ほか:ニューマチックケーソン工法の無人化施工への取組み(掘削機走行レール残置手法):土木学会第72

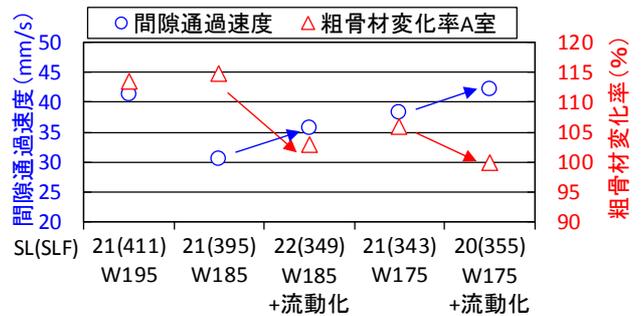


図2 加振間隙通過試験

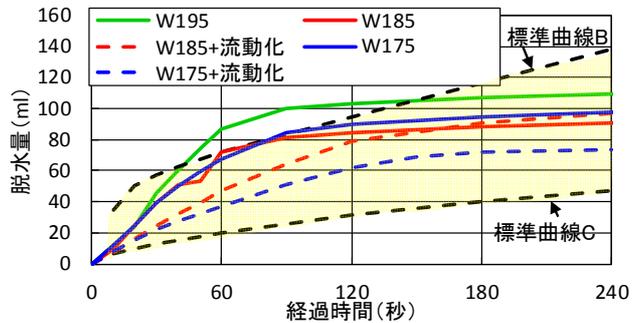


図3 加圧ブリーディング試験

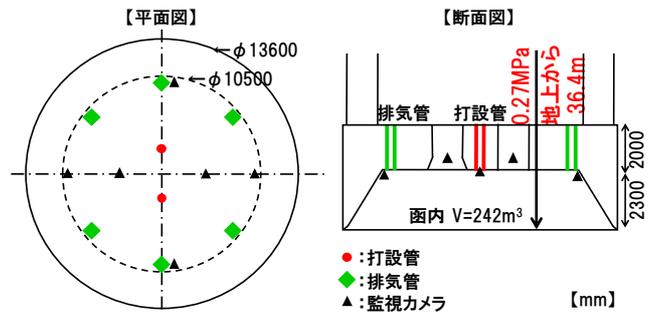


図4 函内概要および充填管理の概要

表3 実構造物へ適用時のコンクリート配合

SL (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AD-R	SP-L	V (C×mass%)
				W	N	S	G			
21	4.5	50	47.9	183	366	823	896	1.2	0.25	0.5

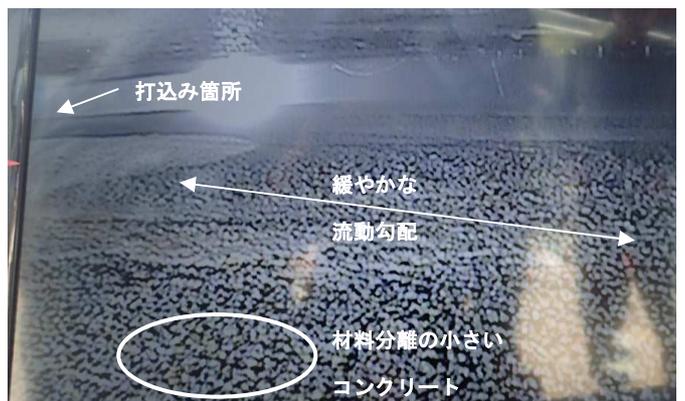


写真1 函内の打込み状況

- 2) 石井智大ほか:掘削機用走行レールに設けた開口の有無が中埋めコンクリートの充填性に与える影響:土木学会第72回年次学術講演会講演概要集, V-123, pp.245-246, 2017