

中埋めコンクリートの圧気環境におけるフレッシュ性状評価

オリエンタル白石(株) 正会員 ○白石 真由奈, 東 洋輔
(株)フローリック 正会員 熊本 光弘, 飯島 友貴

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建設工法であり、躯体最下部の作業室内で掘削し所定の深度まで沈下させる工法である。作業室内は地下水の侵入を防ぐため圧気環境となっており、掘削作業終了後には作業室内に中埋めコンクリート（以下、中埋めコン）を充填する。よって、本工法の特徴は圧気環境での有人作業が伴うことであるが、圧気環境では減圧症など人体への悪影響が懸念されるため、無人化施工に向けた検討が活発であり、圧気環境での掘削走行レール撤去に要する人工を減ずるためのレール残置手法を提案¹⁾した。さらには、レール残置による中埋めコンの充填不良を考慮し、流動性や充填性に着目した化学混和剤の開発を行い、流動性とその保持性、充填性を付与した中埋めコンを提案²⁾した。しかしながら、中埋めコンの流動性や充填性の評価は大気圧環境での検討にとどまっており、圧気環境での評価を行っていない。そこで本検討では、圧気環境での中埋めコンの性状を把握することを目的に、中埋めコンの化学混和剤添加率と加圧の有無がフレッシュ性状へ及ぼす影響を評価した。

2. 実験概要

使用材料を表1、コンクリートの配合を表2、圧気試験概要を図1に示す。提案する中埋めコン配合では、流動性の保持性能が高い流動化剤と特殊増粘剤を用いる。配合は既往の検討²⁾を参考に単位水量 185kg/m³ の3配合と 195kg/m³ の計4配合を検討配合、比較として既往の文献を参考に中埋め配合（173V0）と高流動配合を用意し、大気圧環境と圧気環境で各試験を行った。圧気試験では、コンプレッサーを用いて耐圧容器へ圧縮空気を送ることで作業室内の圧気環境（0.7MPa）を再現し、容器内に設置したカメラを用いて目視計測を行った。

中埋めコンの性状評価試験として、大気圧環境ではスランプ試験（JIS A 1101）、簡易ブリーディング試験、間隙通過性試験（JSCE-F 701-2018）を実施し、圧送性を評価する加圧ブリーディング試験（JSCE-F 502-2018）

表 1 使用材料

記号	名称	備考
BB	高炉セメントB種	密度：3.04g/cm ³ 、比表面積：3920cm ² /g
S	細骨材	硬質砂岩、桜川産砕砂、密度：2.62g/cm ³ 、実積率：55.4%
G	粗骨材	硬質砂岩、桜川産砕石、密度：2.65g/cm ³ 、実積率：60.7%
AD	AE減水剤	標準形Ⅰ種、リグニンスルホン酸塩、ポリカルボン酸系化合物
SP	高性能AE減水剤（増粘剤一液タイプ）	標準形Ⅰ種、ポリカルボン酸系化合物と界面活性剤系特殊増粘剤の複合体
FBL	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 コンクリート配合

記号	SL・SLF (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				添加率 (C×mass%)				
					W	BB	S	G	AD	SP	FBL	V	
185V0													—
185V0.5	SL 21	2.0	50	49	185	370	864	910	0.7	—	0.3	0.5	1.0
185V1.0													
195V0					195	390	843	888					—
173V0	SL 18	2.0	54	51	173	320	939	910	1.3	—	—	—	—
高流動	SLF 60		45	57	172	382	1019	777	—	1.5	—	—	—

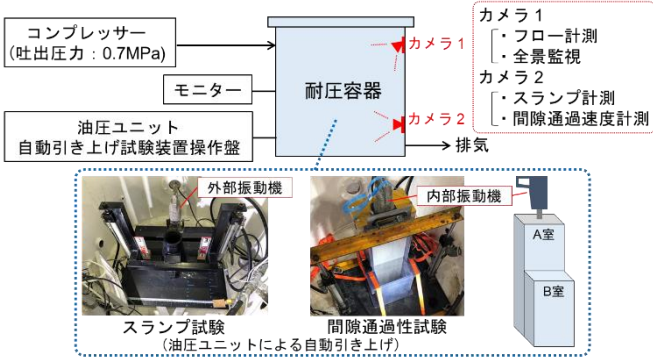


図 1 圧気試験概要

も実施した。一方、圧気環境では、スランプ試験、簡易ブリーディング試験、間隙通過性試験を実施した。なお、間隙通過性試験で使用した内部振動機は、大気圧環境では規格に準拠し呼び径 28mm、圧気環境では耐圧容器内寸法の制限があるため呼び径 22mm とした。また、圧気環境での流動性を評価するため、スランプ計測後、スランプ板に設置した外部振動機により 120 秒まで加振し、スランプフローの計測を行った。簡易ブリーディング試験は、φ15×30cm の円筒型枠に試料を採取し、圧気環境で加圧（3 分）、保持（8 分）、減圧（1 分）を行い、発生したブリーディング量を評価した。大気圧環境における同試験は、これと同等の時間静置した試験体のブリーディング量を評価した。

3. 実験結果

スランプ試験結果を図2に、圧気環境での加振によ

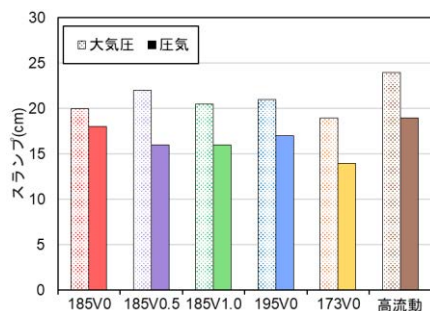


図2 スランプ(大気圧, 圧気)

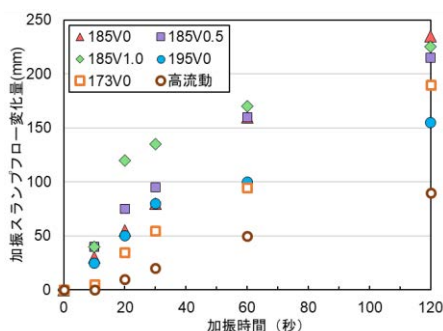


図3 加振によるフロー変化量(圧気)

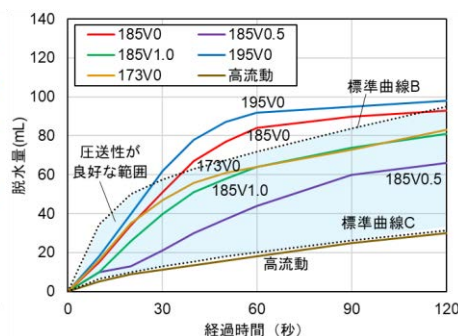


図4 加圧ブリーディング試験結果

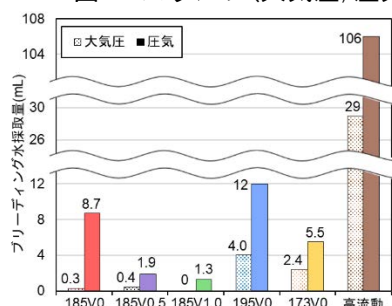


図5 簡易ブリーディング(大気圧, 圧気)

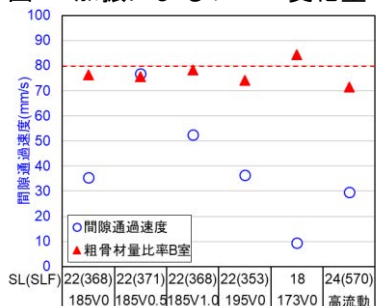


図6 間隙通過性試験結果(大気圧)

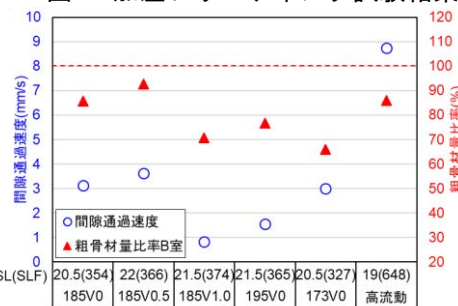


図7 間隙通過性試験結果(圧気)

るスランプフローの変化量を図3に示す。図2より、全配合において加圧によってスランプ値が低下し、配合間の顕著な差はなかった。しかしながら図3では、単位水量 185kg/m^3 の3配合が、図2において圧気環境でのスランプ値が同程度の173V0よりもフローの変化量が大きくなり、検討配合の流動性が圧気環境においても保持されることを確認できた。これは、流動化剤と特殊増粘剤により流動性保持と材料分離抵抗性が付与されたためと考えられる。一方、スランプ時点で流動性が高い高流動配合は最も変化量が小さくなった。

加圧ブリーディング試験結果を図4に、簡易ブリーディング試験結果を図5に示す。図4では、標準曲線B、Cの範囲内であれば圧送性が良好であると判断し、特殊増粘剤使用配合(185V0.5, 185V1.0)が173V0と同様にこの範囲内であった。これらは特殊増粘剤によって材料分離抵抗性を改善したためと考えられる。一方、特殊増粘剤不使用配合(185V0, 195V0)と高流動配合は、図5において他配合と比較してブリーディング量が多く、材料分離抵抗性が低いと判断され、圧送の適正範囲外になったと考えられる。また、図5では、全配合で加圧によりブリーディング量が増加したが、特殊増粘剤使用配合はこの増加量が小さくなった。これは、加圧によりモルタル分が圧縮されるが、水は非圧縮性なため分離し、ブリーディングが発生すると考えられるが、特殊増粘剤の添加により、加圧による圧縮に粘性が付与された水が抵抗し、分離が軽減されたと推察される。

間隙通過性試験における間隙通過速度と、流動障害通過後の粗骨材量比率を図6および図7に示す。なお、図6と図7では内部振動機の締めめ能力が異なるため、間隙通過速度の値に差が生じた。大気圧環境では185V0.5が間隙通過速度、粗骨材量比率ともに他配合と同等以上の結果であった。また、圧気環境でも185V0.5の間隙通過速度は173V0以上であり、粗骨材量比率は90%以上と、圧気環境においても流動性と材料分離抵抗性が保持されていた。一方、特殊増粘剤添加率を増加させた185V1.0は、加圧の有無に関わらず、185V0.5よりも性能が低い結果であった。これは、粘性が過大に付与され流動性が低下したためと考えられる。

以上の大気圧・圧気環境でのフレッシュ性状試験から、185V0.5が中埋めコンに適していると判断した。

4. まとめ

流動化剤と特殊増粘剤の添加率を適切に設定することで、従来の中埋めコン配合や、高流動配合を上回る性能を付与した。さらに、圧気環境においても流動性、充填性、材料分離抵抗性が保持されることを確認した。

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，土木学会全国大会第72回年次学術講演会，V-124，pp.247-248，2017
- 2) 東洋輔ほか：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，土木学会全国大会第74回年次学術講演会，VI-597，2019