

CCU 材料を用いた環境配慮型地盤改良材の開発
～その 2：加圧脱水量低減に関する基礎的検討～

(株) 鴻池組 正会員○内川裕也 岡田和成 竹中夏子 大山 将
(株) 鴻池組 正会員 加藤 満 小山 孝 後藤 宇
東曹産業 (株) 金高鉄次 利田靖治
京都大学大学院 フェロー会員 勝見 武

1. はじめに

著者らは環境配慮型地盤改良材を用いて「地盤改良をしながら CO₂を地盤中に貯留する技術」の開発に取り組んでいる。著者らが提案する環境配慮型地盤改良材は、産業副産物および未利用資源を母材とし、CCU (Carbon dioxide Capture and Utilization) 材料として排ガス由来 CO₂を副産物由来カルシウム源に固定化した軽質炭酸カルシウム CaCO₃を混合した材料で、固化材は高炉スラグ微粉末と珪酸ソーダからなり、セメント系固化材は使用しない。CO₂は鉱物化して地中に貯留するため、地震等の外力により圧入した CO₂が貯留層外部に漏洩する等の懸念が無い。

種々の地盤改良工法のうち、例えば流動材を地中に圧入する静的締固め工法(以下、流動材圧入静的締固め工法)の施工時において、①圧送距離が長い、②吐出量を増やす、③地盤に圧入して締め固める、などの場合、流動材の吐出圧力が上昇することで凝集や加圧脱水が促進され、その結果、配管が閉塞して圧送不可となることが懸念される。そこで本報告では、環境配慮型地盤改良材を流動材として適用することを想定し、ポンパビリティ向上を目的として実施した、加圧脱水量低減に関する基礎的検討の結果を報告する。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。骨材は最大粒径 5mm 以下のコンクリートスラッジ破碎骨材を用いた。高炉スラグ微粉末は石膏添加品を用いた。数種類の混和剤を用いて予備試験を行った結果、界面活性剤を主成分とする 2 種の混和剤が少量添加で加圧脱水量低減に効果が高いと判明したため、本検討に用いることとした。表-

表-1 使用材料

材料名	記号	密度 g/cm ³	摘要
骨材	S1	2.6～2.9	JIS A 5011-1、高炉スラグ細骨材 (5mm以下)
	S2	2.2～2.8	コンクリートスラッジ破碎骨材 (5mm以下)
高炉スラグ微粉末	P	2.8≒	JIS A 6206、SO ₃ =2～4%、比表面積3500～5000cm ² /g
軽質炭酸カルシウム	F	2.4～2.8	CaCO ₃ 純度90%以上、比表面積2500cm ² /g以上
珪酸ソーダ	WG	1.49～1.53	SiO ₂ /Na ₂ Oモル比=2.0、Na ₂ O=14.1～14.5%
水	W	1.00	上水道水
混和剤	BT1	1.045～1.065	高流動性充填材用特殊増粘剤「ビスコトップ200LS-2」
	BT2	1.02	界面活性剤型液体増粘剤「ビスコトップ500K」

2 に配合および試験項目を示す。混和剤は水に対して外割りで添加した。混練りには、モルタルミキサー (マルイ社製) を用いた。攪拌回転数は、自転 140rpm、公転 62rpm とした。ミキサー内に骨材、高炉スラグ微粉末、軽質炭酸カルシウムを投入して攪拌混合した後、水を投入して 30 秒攪拌した。さらに珪酸ソーダを添加して 30 秒攪拌した

表-2 配合と試験項目

No.	P:F	環境配慮型地盤改良材の配合							試験項目					
		1m ³ 当り添加量 (kg)						BT1 (kg)	BT2 (kg)	加圧ブリーディング試験	ベーンせん断試験	テプー #70-膨張収縮率一軸圧縮強さ	環境安全性評価	
		S1	S2	P	F	WG	W							
1	1:0	1616	0	404	0	12.6	281	0	0	—	—	別報 2)		
2	1:9	1545		39	348	12	298			○				
3	1:0	0	1085	271	0	8.4	526	W×0.1% W×0.25%	0	○	—	別報 1)		
4	1:0		1085	271		8.4	526			W×0.1%			○	
5	1:0		1085	271		8.4	526			W×0.25%			○	
6	1:0		1085	271		8.4	526			W×0.1%			○	
7	1:0		1085	271		8.4	526			W×0.25%			○	
8	1:0		800	580		13	546			W×0.25%			○	
9	1:1		800	290		290	13			537			W×0.25%	○
10	1:2		800	193		387	13			534			W×0.25%	○
11	1:4		800	116		464	13			532			W×0.25%	○

のち、混和剤を添加して 90 秒攪拌した。混練り後にテーブルフロー試験¹⁾、加圧ブリーディング試験、室内ベーンせん断試験を行った。さらに供試体を採取して、恒温恒湿室 (20℃) で養生後 (σ 7 および σ 28) に膨張収縮率測定および一軸圧縮試験¹⁾を行い、破壊後供試体で環境安全性評価²⁾を行った。加圧ブリーディング試験は、土木工

キーワード CCU 材料、CO₂ 地下貯留、地盤改良、環境配慮型地盤改良材、軽質炭酸カルシウム
連絡先 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 (株) 鴻池組 技術企画部 TEL06-6245-6580

学会コンクリート標準示方書 JSCE-F 502 に準じた。モールド上下方向から 3.5MPa で 10 分間加圧して適宜ブリーディング水を採取し、10 分経過後に 5.0MPa に上昇させて、さらにブリーディング水を採取した。測定した水量から 60 秒脱水率と最終脱水率を算出した。室内ベーンせん断試験は、地盤工学会基準 JGS 1411-2012 に準じ、測定最大トルク値より、ベーンせん断強さを算出した。ベーン寸法は、幅 $D=20\text{mm}$ ×高さ $H=40\text{mm}$ とした。ポンパビリティの持続性評価のため、練り上がり直後および 1, 2, 3 時間ごとに再攪拌を行った状態の試料でベーンせん断強さを測定した。

3. 実験結果

加圧ブリーディング試験の結果を図-1 および図-2 に示す。脱水量は、混和剤を添加しない No.3 と比較すると、混和剤の種類および添加量によらず、おおむね半分以下となり、混和剤の添加が加圧時の材料分離抵抗性の向上に有効であることが確認できた。また、混和剤 BT1 を添加した No.4, 5 と BT2 を添加した No.6, 7 を比較すると、BT2 の方が少量でも加圧脱水量の低下に大きく寄与していることがわかる。

室内ベーンせん断試験の結果を図-3 に示す。高炉スラグ微粉末 (P) と軽質炭酸カルシウム (F) の比率において F の添加無し (No.8) は 3 時間後もベーンせん断強さの変化が少なく流動性が維持されており、3 時間程度はポンパビリティが確保できる可能性がある。一方で、F の比率が大きくなるにつれて経過時間に対するベーンせん断強さが大きくなる傾向にあることから、流動性が低下してポンパビリティが維持されない可能性が示唆された。なお、ポンパビリティとベーンせん断強さとの関係については、実機でポンプ圧送試験を行って検証する必要があるため、今後の課題とする。

4. まとめ

環境配慮型地盤改良材のポンパビリティ向上を目的として、加圧脱水量軽減に関する基礎的検討を行った結果、混和剤の添加が加圧時の材料分離抵抗性の向上に有効であることが確認できた。また、軽質炭酸カルシウムの添加量が多くなると、時間の経過とともに流動性が低下してポンパビリティの確保が難しくなる可能性があることが示唆された。

参考文献

- 岡田和成ら：CCU 材料を用いた環境配慮型地盤改良材の開発～その 1：諸物性と CO_2 貯留量～, 土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023. (投稿中)
- 竹中夏子ら：CCU 材料を用いた環境配慮型地盤改良材の開発～その 3：改良後地盤の環境安全性～, 土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023. (投稿中)

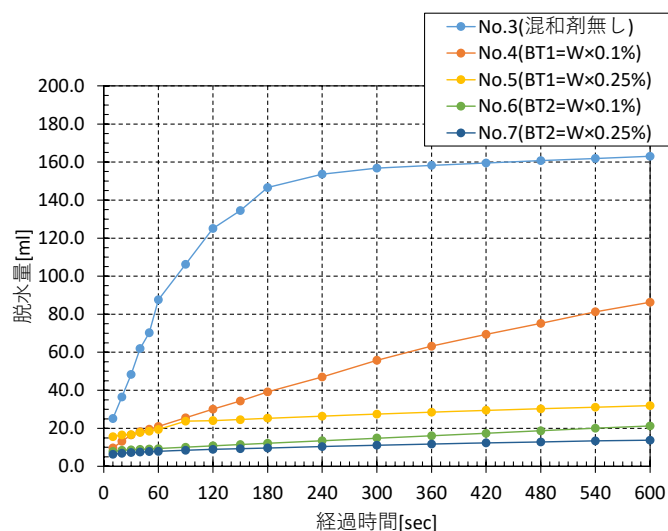


図-1 加圧ブリーディング試験結果

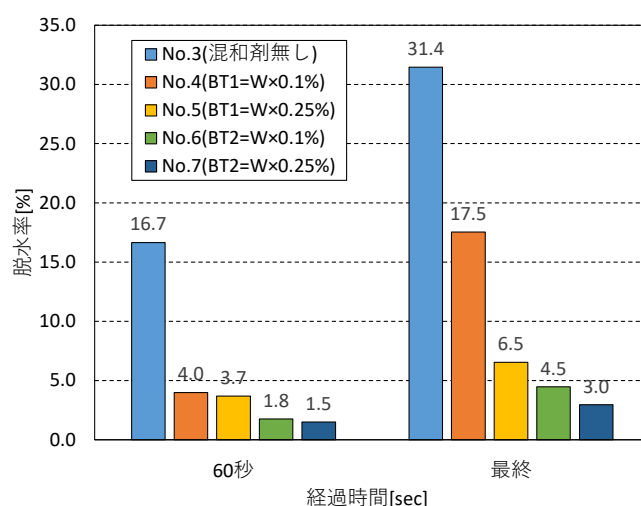


図-2 60 秒および最終脱水率

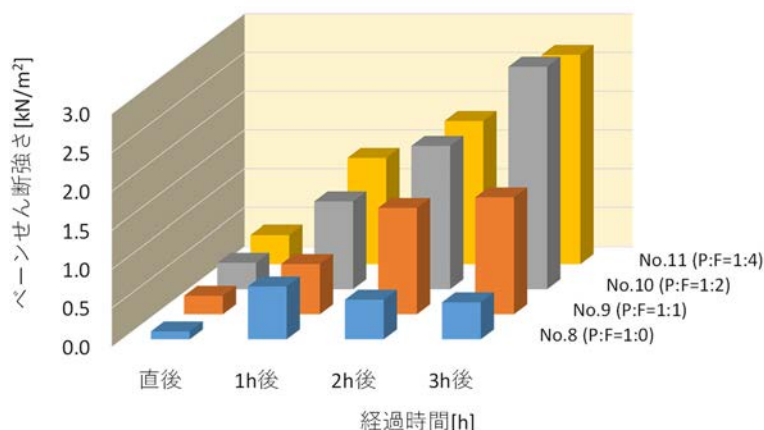


図-3 ベーンせん断強さの経時変化