

沖縄産土質材料を用いた空洞充填材の特性

飛島建設 正会員 ○柳井真則

飛島建設 正会員 杉浦乾郎, 坂本昭夫

飛島建設 石合伸幸, 和田幸二郎

1. はじめに

空洞充填工法（以下、充填工法）はスラリー状の充填材を空洞内に注入・固化させて地盤の安定を図る技術である。充填材は砕石工場などで発生する脱水ケーキを母材とし、固化材と水を混練りして製造するが、母材の性状により充填材の品質が大きく変化する。一方、沖縄地方では戦時中の地下壕や鍾乳洞などの空洞が各地に残存し、陥没などの被害発生が懸念されることから早急な実態調査とともに対策の検討が望まれる。本研究は沖縄地方の土質材料を用いた充填材の配合試験結果をもとに、その適用性について検討したものである。

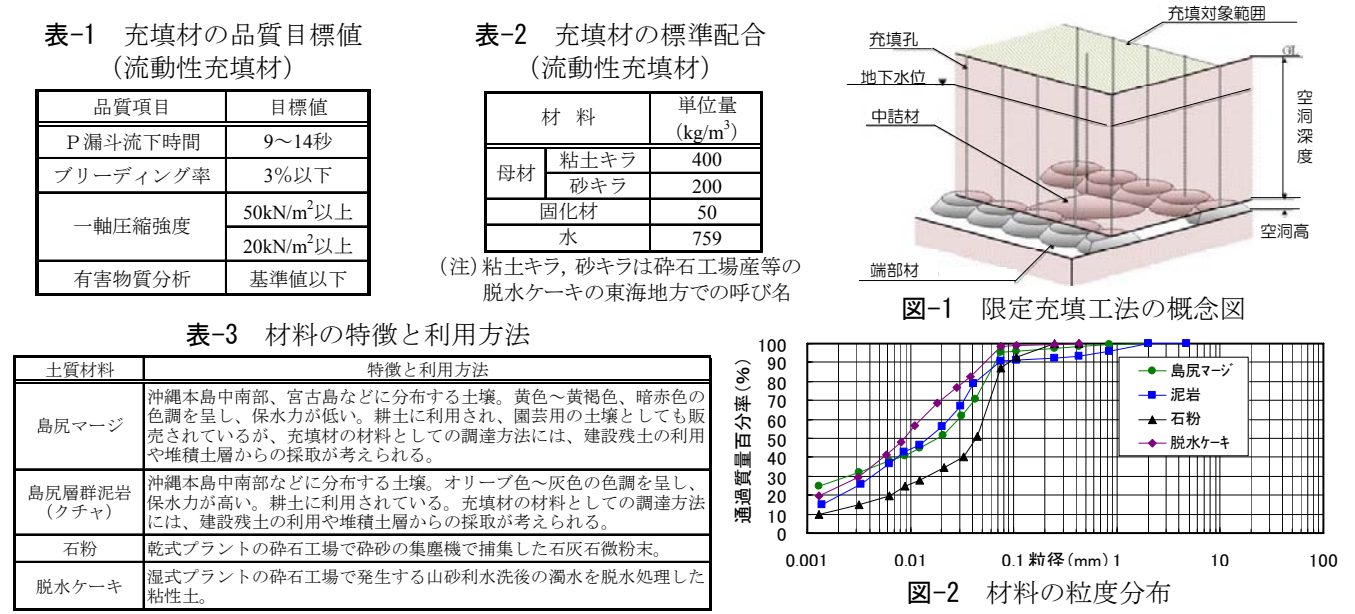
2. 充填材の品質と配合

充填工法には流動性の高い充填材を用いる従来からの工法と地下空洞の一区画を充填する限定充填工法がある。表-1 および表-2 は流動性充填材の品質目標値と標準配合を示したものである。一方、限定充填工法の充填材は、この配合材料に水ガラスなどを添加して流動性を制御する。施工は、図-1 に示すように、最初に流動性を制御した充填材（端部材）で対象範囲の境界線上に壁を形成し、その後、内部に流動性の高い充填材（中詰材）を注入する。

3. 配合試験

沖縄地方で調達可能な母材として、この地方特有の土壌である島尻マーグ、島尻層群泥岩（以下、泥岩）や砕石工場産脱水ケーキを用いて配合試験を行った。表-3 にこれらの材料の特徴と利用方法を、図-2 に粒度試験結果を示す。なお、石粉は島尻マーグまたは泥岩を用いた充填材の流動性を改善するために併用したものである。

最初に流動性充填材の試験結果について述べる。図-3 に島尻マーグを用いた充填材（以下、マーグ充填材）と泥岩を用いた充填材（以下、泥岩充填材）の母材量とP漏斗流下時間の関係を示す。石粉を併用する場合の石粉の量は島尻マーグまたは泥岩の1/3とした。図より、マーグ充填材は泥岩充填材より母材量の変化にともなう流動性の変化が大きく、適度な流動性を得るための配合範囲が狭い。これは、実際の工事においては充填材の性状を不安定にする要因となる。また、マーグ充填材および泥岩充填材とも、一部を石粉に置き換えると流動性が高くなる。特に、マーグ充填材では流動性の変化が緩和されることから有効である。図-4 に母材量と強度の関係を、図-5 にセ



メント量と強度の関係を示すが、同じ母材量または同じセメント量では、マージ充填材は泥岩充填材に比べて強度発現が大きい。以上は練り混ぜ水に水道水を用いたものであるが、海水を用いた配合試験も行った。図-6はP漏斗流下時間について比較したものであるが、それぞれ差異が認められた。特に泥岩充填材では海水練りの方が水道水練りより大きく流動性が低下する傾向であった。図-7は強度について比較したものであるが、5配合のすべてにおいて海水の場合は水道水より強度が大きくなる傾向がみられた。次に限定充填端部材の試験結果を示す。図-8は母材量と充填材のゲル化後の変形性能を表すテーブルフロー値の関係を表したものである。図より、同じ母材量の場合、泥岩充填材はマージ充填材に比べて変形しにくいといえる。表-4に母材として用いた材料の10項目の溶出試験結果を示すが、すべて土壤環境基準に適合した。

以上の配合試験結果から、品質目標値を満足する標準的な配合は表-5のようにまとめられる。実工事への適用にあたっては、材料の採取場所が変わることでその性状も変化するため、事前に実際の材料を用いた試験を行い、品質目標値を満足する範囲のなかから適切な配合を設定する必要がある。

4. おわりに

島尻マージ、泥岩および脱水ケーキは充填材の材料として用いることが可能であり、したがって充填工法はこの地方における地下壕や鍾乳洞などの空洞災害を防止する有効な対策技術になりうると考える。

最後に、名古屋大学名誉教授川本脩先生、東海大学アイダンオメル先生、琉球大学渡嘉敷先生には貴重なご教示をいただきました。また各事業団体様には試験材料とデータを提供いただきました。心より感謝の意を表します。

参考文献 1) 日本充てん協会編：改訂版 空洞充填施工マニュアル、日本充てん協会、2004年

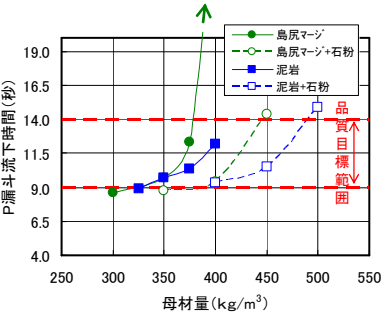


図-3 母材量とP漏斗流下時間 (C=100kg/m³)

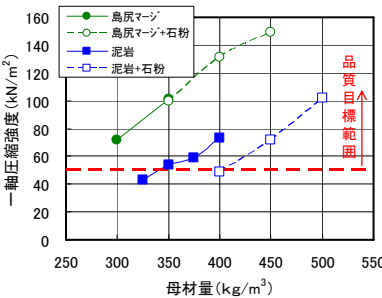


図-4 母材量と強度 (C=100kg/m³)

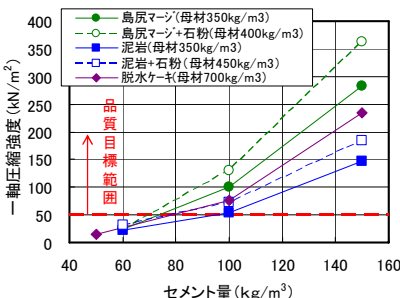


図-5 セメント量と強度

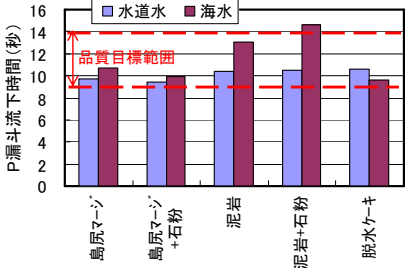


図-6 水道水使用と海水使用による P漏斗流下時間 (C=100kg/m³)

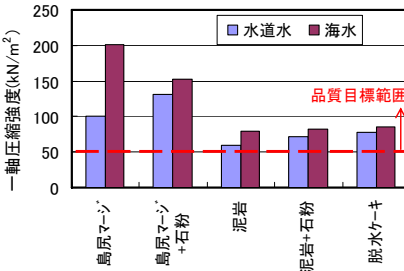


図-7 水道水使用と海水使用による 強度 (C=100kg/m³)

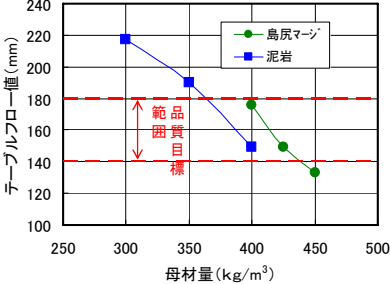


図-8 限定充填端部材のテーブルフロー値 (水ガラス 10kg/m³)

表-4 材料の溶出試験結果 (10項目)

	単位	基準値 ※	島尻マージ	泥岩	石粉	脱水ケーキ
試験結果	カドミウム	mg/L 0.01以下	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	全シアン	mg/L 検出されないこと	不検出	不検出	不検出	不検出
	鉛	mg/L 0.01以下	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	六価クロム	mg/L 0.05以下	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	ヒ素	mg/L 0.01以下	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	総水銀	mg/L 0.0005以下	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	銅	mg/kg 125	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	ホウ素	mg/L 1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	セレン	mg/L 0.01以下	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	フッ素	mg/L 0.8	0.2	0.1	<0.1	<0.1
合否判定			適合	適合	適合	適合

※ 基準値;「土壌の汚染に係る環境基準」(環境庁告示第46号)

表-5 沖縄産土質材料を用いた充填材の標準的配合

	名称 (主材+副材)	練り混ぜ水	単位量 (kg/m³)					
			母材		セメント C	水ガラス S	水 W	海水 SW
			主材 K	副材 R				
流動性充填材	島尻マージ ※	水道水	350	—	100	—	836	—
			300	100	100	—	818	—
			375	—	120	—	832	—
			337.5	112.5	120	—	795	—
			700	—	120	—	704	—
	島尻マージ ※	海水	350	—	100	—	—	857
			300	100	100	—	—	839
			350	—	120	—	—	852
			300	100	120	—	—	834
			700	—	120	—	—	722
限定充填端部材	島尻マージ	水道水	425	—	100	10.0	801	—
			400	—	100	10.0	812	—

※ 島尻マージの単独使用は流動性の変化が大きく、品質の安定が得にくい。