

回転式破碎混合工法による脱水ケーキ混合土の製造実験

九州産業大学 学生会員 辻 大樹

九州産業大学 正会員 林 泰弘

鳥栖碎石 非会員 吉田 健治

鳥栖碎石 非会員 吉田 一彦

九州産業大学 学生会員 中島 夏葵

九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

花崗岩の破碎過程で発生する脱水ケーキを盛土や刃金土として利用するための改良方法の研究を行っている。眞鍋ら¹⁾は泥水に固化材を添加し加圧脱水することで脱水固化処理土の作製を試みたが混合が不十分であり、また設備のメンテナンスに時間と手間がかかるという問題が残った。鎌田ら²⁾は脱水ケーキに固化材を散布しツインヘッド攪拌混合機による土質改良を試みたが混合が不十分であり品質にばらつきがあった。本研究では花崗岩の破碎・洗浄によって作製された洗砂を混合した「洗砂混合土³⁾」、洗砂混合土に粉体のベントナイトを混合させた「3種混合土⁽³⁾」、セメント系固化材で改良した「固化材混合土²⁾」の3種を回転式破碎混合機⁴⁾によって作製し、路床材料、遮水性材料としての品質評価を行った。

2. 混合土の作製

洗砂混合土(DA) は脱水ケーキ (D)：洗砂 (A) =6：4 (乾燥質量比) で混合したもの、3 種混合土(DAB)は脱水ケーキ：洗砂：ベントナイト(B)=5：4：1 (乾燥質量比)で混合したもの、固化材混合土は含水比 30%の脱水ケーキにセメント系固化材を 20 kg/m³添加したもの(DC1)と同含水比 40%にセメント系固化材を 40kg/m³添加したもの(DC2)である。これらは実験室で二軸ミキサーを用いて混合した。実際の現場では各試料の含水比が変動し、所定の比率で配合ができない可能性が考えられるため、現場での含水比が脱水ケーキ=25%~45%、洗砂=1%~10%、ベントナイト=0%になった場合を仮定して、表-1 に示すように 2 パターンずつ配合した。

1 ケースあたり 80 kg の試料を回転式破碎混合機を用いて混合した。作製した混合土の粒径加積曲線を図-1 に示す。この結果より実際の配合比を求め、表-1 に示した。どの混合土も脱水ケーキの比率が想定より低い結果となった。

3. 締固め特性

JIS A 1211:2009 に基づいて E-a 法で締固め試験を行った。図-2 に締固め曲線を示す。DA①と DA②には大きな差はないが DA に比べて最大乾燥密度は低く、最適含水比は高くなっていることから DA より低い強度しか得られないことが考えられる。DAB①と DAB②の両者の最適含水比はほぼ同じであるが最大乾燥密度は DAB①の方が少し高い。また、両者は DAB に比べても最大乾燥密度は少し高くなっているが最適含水比に大きな差はなかったことからほぼ同等の強度が得られるとが考えられる。DC①は DC②より最大乾燥密度は高く、最適含水比は

表-1 配合表

混合土	DA①		DA②		DAB①			DAB②			DC①		DC②	
配合試料	D	A	D	A	D	A	B	D	A	B	D	C	D	C
計画含水比(%)	36	5	36	5	36	5	0	36	5	0	36	0	36	0
	23.6		23.6		20.0			20.0			35.5		34.5	
計画乾燥質量比	6:4		6:4		5:4:1			5:4:1			—		—	
計画添加率(%)	—		—		—			—			1.95		4.21	
想定含水比(%)	45	1	25	10	45	1	0	25	10	0	30	0	40	0
	26.1		19.3		21.6			16.8			29.3		38.3	
想定乾燥質量比	5.7:4.3		6.2:3.8		4.7:4.3:1			5.2:3.8:1			—		—	
想定添加率(%)	—		—		—			—			2.03		4.2	
実際の含水比	24.4		24.8		18.5			21.9			34.2		34.1	
乾燥質量比 (推定値)	5.6:4.4		6:4		3.8:5.2:1.0			4.0:5.0:1.0			—		—	

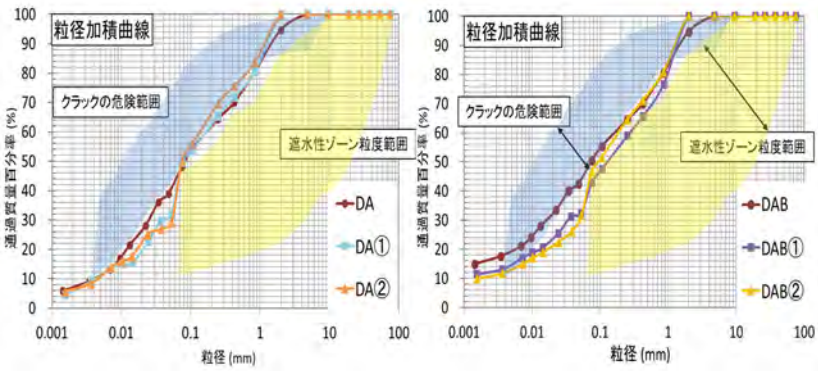


図-1 粒径加積曲線

低いことから添加率が増加するにつれて最適含水比が高くなることが考えられる。DC①はDC1より最大乾燥密度は低く最適含水比が高くなっている。DC②はDC2より最大乾燥密度は低く、最適含水比が高いことがわかる。これはDC1、DC2よりDC①、DC②の方が脱水ケーキの比率が大きいからだと考えられる。

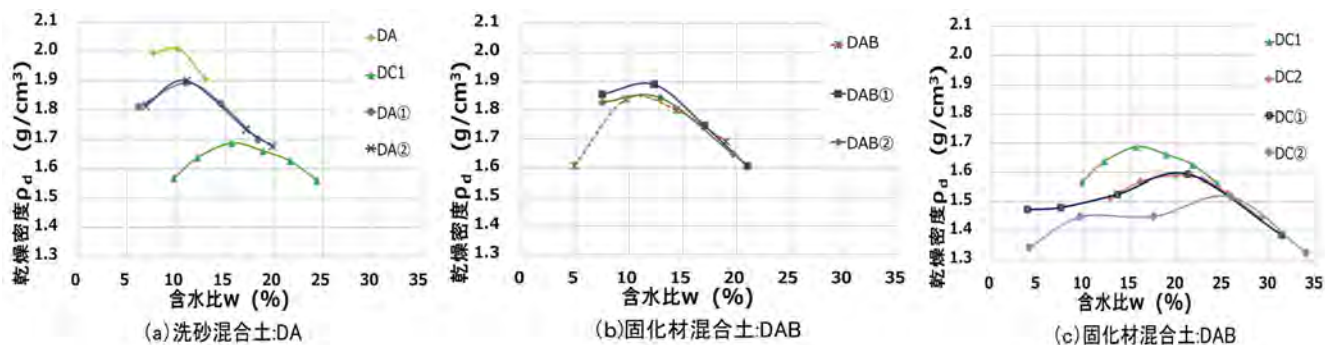


図-2 締固め曲線

4. CBR 特性

路床・路盤材料としての適用性を検討するために、JIS A 1211:2009に基づき、それぞれの混合土の最適含水比を目途にE法で締固め、CBR試験を行った。含水比と膨張比の関係を図-3に、含水比とCBR値の関係を図-4に示す。設計CBRの目標値はCBR値 $\geq 3\%$ 、膨張比 $\leq 3\%$ としたところすべて目標値を満足できた。洗砂混合土は含水比が高くなるにつれてCBR値が下がることからDAとDA①、DA②の結果の違いは含水比によるものであることがわかる。3種混合土はDABとDAB①はほぼ同じCBR値を得ることができた。DAB②はDABよりCBR値が低い値となったが含水比がDABより高いためと考えられる。固化材混合土はDC1とDC①で比べるとDC1の方が高い含水比で同等のCBR値を得ることができていることがわかる。DC2とDC②ではDC②の方が高いCBR値を得ているがDC2のほうが高い含水比で目標のCBR値を得ることができる。

5. 透水係数

遮水性材料としての適用性を検討するために、JIS A 12118:2009に基づき変水位透水試験を行った。堤体盛土材料の目標値である透水係数 $k \leq 5.0 \times 10^{-8}$ (m/s)としたところ、DA、DAB、DCは目標値を満たしている。他の混合土は実験中であり、試験結果は発表会当日に報告する。

6. まとめ

現場で混合土を作製した際に乾燥質量比が所定の比率にならない場合でも最適含水比であれば室内で作製した混合土と同等の設計CBRを得ることができ、路床・路盤材料として活用できることがわかった。また、回転式破碎混合機での混合は品質にばらつきが少なく、これまでの混合が不十分という問題を解決できたのではないかと考えられる。引き続き、遮水性材料としての評価を明らかにしていく。

謝辞: 回転式破碎混合機での混合実験は、日本国土開発株式会社にご協力をいただいた。ここに謝意を表す。

参考文献: 1) 眞鍋ら: 脱水固化処理土の路盤・路床材料としての適用に関する研究、平成28年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.299-300, 2017.3. 2) 鎌田ら: 脱水ケーキ改良土の現地製造実験、平成29年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.259-260, 2018.3. 3) 中島ら: 脱水ケーキを主体とした混合土の力学特性、平成30年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 投稿中, 2019.3. 4) 坂本好文・芳澤秀明: 回転式破碎混合機による脱水ケーキと現地発生土の混合試験, 土木学会第56回年次学術講演会, pp.624-625, 2001.10.

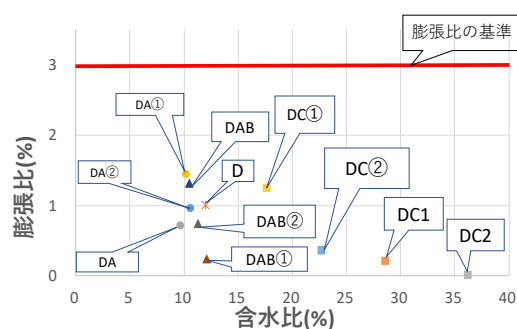


図-3 含水比と膨張比の関係

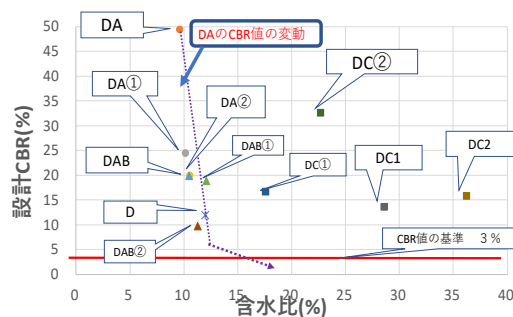


図-4 含水比とCBR値の関係