

大阪市立大学大学院 学生員○吉田雄二
大阪市立大学大学院 正会員 西 元央
大阪市立大学大学院 正会員 山田 優

1. 研究背景と目的

碎石や砕砂の製造に伴い、多量の碎石スラッジが発生する。現在そのほとんどが自社内投棄されるか、多大な処分費を費やして埋立処分されている。碎石スラッジなどの泥状物の処理方法には粒状化処理があり、粒状物にすることで建設材料として広い範囲での適用が期待される。しかし、泥土の粒状物は砂やクラッシュランなど一般的な粒状材料と比べると異なる特性をもち、ほとんど利用されていないのが現状である。

粒状化処理としては、固化材と混合し、いったん固化させた後に破碎する方法がある。しかし、工程が多く、時間とコストがかかる。本研究では、碎石スラッジと固化材を直接混合攪拌しながら粒状化する方法を採用した。固化材混合攪拌による粒状化方法は、直接粒状化するので、時間・コストの両面で有利である。そこで、固化材混合攪拌による碎石スラッジの粒状化実験と粒状物の土質特性について考察した。

2. 粒状化実験

(1) 使用材料

泥土は碎石スラッジ、固化材は高炉セメントB種（以下、SC）、普通ポルトランドセメント（以下、OPC）、軟弱土用固化材（以下、G）を用いた。表 1 に碎石スラッジの土質性状を示す。

(2) 粒状化処理

粒状物の配合を表 2 に示す。粒状化処理方法は、泥土と固化材に高分子改良剤を添加し、混合攪拌しながら粒状化する泥土均一粒状化工法を用いた。

表 1 碎石スラッジの土質性状		
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)		2.747
粒 度 分 布	礫分 (%)	0
	砂分 (%)	5.5
	シルト分 (%)	43.5
	粘土分 (%)	51.0
	最大粒径 (mm)	2.0
液性限界 w_L (%)		33.5
塑性限界 w_P (%)		19.0
塑性指数 I_p		14.5
土の分類		粘土

表 2 粒状物の配合

碎石スラッジの含水比 (%)	25	50				60			70				80	100
固化材の種類	SC	SC				SC			SC		G	OPC	SC	SC
固化材の添加量 (kg/m³)	80	80	110	140	90	130	170	100	150	200	150	150	300	300

(3) 実験結果

w=25%、SC=80kg/m³のものは、碎石スラッジと固化材が均一に混合できず、粒状物の表面にだけ固化材が付いた状態であった。w=100%、SC=300kg/m³のものは、均一に混合されたが、ほとんど粒状化されなかった。

3. 粒状物の土質特性

粒状物を 63 日養生した後、土質特性について実験を行った。

(1) 表乾比重と吸水率

表 2 に粒状物の表乾比重と吸水率を示す。表乾比重は配合による違いはあまりなく 1.90~2.00 程度であった。一方、吸水率は固化材添加量の多いものは比較的低い値を示した。粒状物は、一般的な粒状材料であるクラッシュランや砂と比べると、軽量でかなり保水性を有する材料といえる。

(2) 粒度分布

図 1 に粒状物の粒度分布を示す。固化材添加量が増えるにつれて平均粒径が小さくなった。また、他の配合についても同様の傾向を示した。粒度は、固化材添加量が最も影響を及ぼしていると考えられる。

表 2 粒状物の表乾密度と吸水率

粒状物の配合	表乾比重	吸水率 (%)
w=50% SC=80kg/m ³	1.95	27.2
w=50% SC=110kg/m ³	1.94	28.6
w=50% SC=140kg/m ³	1.97	26.4
w=60% SC=170kg/m ³	2.02	23.3
w=70% SC=200kg/m ³	1.94	27.1
w=70% G=150kg/m ³	1.99	23.4
w=70% OPC=150kg/m ³	1.96	25.9
w=80% SC=300kg/m ³	2.02	21.9
クラッシュラン	2.45~2.70	3.0以下
砂	2.50~2.65	1.0~5.0

(3) 締固め特性

図2に $w=50\%$ で作製した粒状物の最大乾燥密度と最適含水比を示す。固化材の少ないものは最大乾燥密度が大きく、密に締固まっていた。これは粒状物の破碎によって生じた細かい粒子が、大きい粒径の粒状物間に充填されることによると考えられる。また、最適含水比は30%前後の値であった。締固めエネルギーが増えるにつれて最適含水比は減少し、最大乾燥密度は増加し一般的な土と同様の傾向を示した。

(4) 透水性

図3に $w=50\%$ で作製した粒状物の透水係数を示す。締固めエネルギーが小さいと、透水係数 $k=3.8 \times 10^{-3} \sim 4.7 \times 10^{-3}$ (cm/s) 程度で、透水性は砂および礫と同等の値を示した。締固めエネルギーが大きくなると、透水性は低く、 $k=2.7 \times 10^{-6} \sim 1.7 \times 10^{-4}$ 程度を示した。処理直後締固めたものは、 $k=1.2 \times 10^{-7} \sim 2.1 \times 10^{-7}$ 程度であり、実質不透水であった。固化材添加量が少ないものは密に締固まるため小さな値を示し、多くなるにつれて密に締固まらず大きな値を示した。

(5) 締固め回数のちがいによる CBR の変化

図4に $w=50\%$ で作製した締固め回数の違いによる CBR の変化を示す。固化材添加量が少ないものは締固め回数の増加に伴い密に締固まるため顕著に増加したと考えられる。固化材添加量が多くなるとその傾向が小さくなり、 $SC=140\text{kg/m}^3$ ではほとんど変化しなかった。

(6) 修正 CBR

図5に $w=50\%$ で作製した粒状物の修正 CBR を示す。修正 CBR はクラッシュランと同等の値を示した。また、修正 CBR だけで見るとほとんどの配合で、水浸の影響もなく下層路盤に適用可能な30%以上を得ることができた。修正 CBR でも固化材添加量が多くなると小さくなる傾向を示した。

4. まとめ

- 粒状物は、一般的な粒状材料と比べると、軽量でかなり保水性を有する。
- 粒度は、固化材添加量増えると平均粒径が小さくなる。
- 締固め特性は、固化材添加量が少ないと粒子の破碎が生じて、密に締固まる。
- CBR は、固化材添加量が少ないものほど密に締固まり、大きくなる。また、修正 CBR は60%以上であり路盤材料として十分な支持力を得ることができる。

最後に粒状化処理の際に御協力いただいたオディクリーン工法協会の関係者各位に感謝の意を表します。

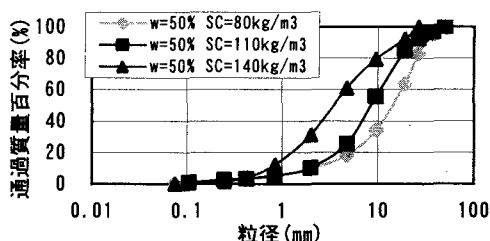


図1 粒状物の粒度分布 ($w=50\%$)

◆E法(4.5kgランマー, 92回/層) ■A法(2.5kgランマー, 25回/層)

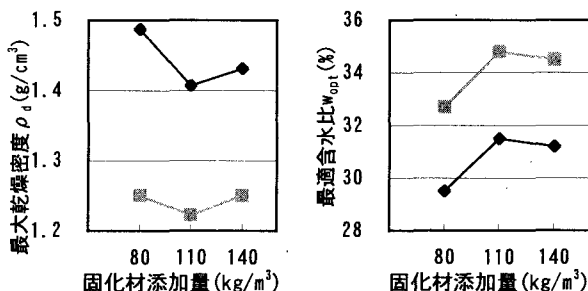


図2 粒状物の最大乾燥密度と最適含水比 ($w=50\%$)

◆E法(4.5kgランマー, 42回/層)
■A法(2.5kgランマー, 25回/層)
—粒状化処理直後締固め(A法)

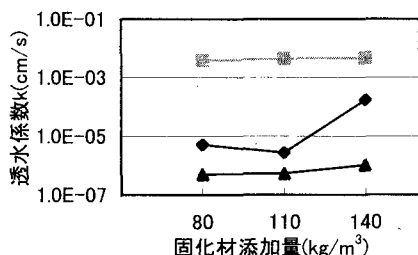


図3 粒状物の透水係数 ($w=50\%$)

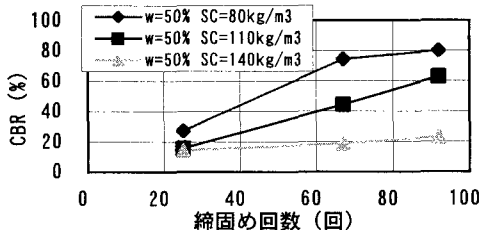


図4 粒状物の締固め回数の違いによる CBR の変化 ($w=50\%$)

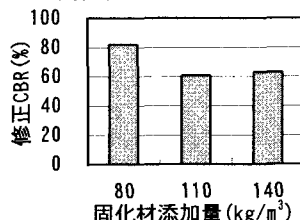


図5 粒状物の修正 CBR ($w=50\%$)