

廃バラストマウンド内におけるセメントミルクの充填性に関する検討

福岡大学 学生会員 森 康彦 部谷文香
福岡大学 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣
九州旅客鉄道（株） 正会員 久楽 博 F 津高 守

1.はじめに 著者ら¹⁾は、鉄道廃棄バラスト(以下廃バラストと呼ぶ)を用いた新しい防草対策工法を図-1に示すように開発し、廃バラストの有効利用と鉄道沿線に生える雑草対策の両問題を解決することを目的としている。生物学的なアプローチとして、植物の育ちやすい環境に整えた恒温室内で新しい防草技術による実証実験を行い、新しい防草技術の検討結果を報告¹⁾している。これまでに、廃バラストマウンド上部にセメントミルク(以下、CM)を散布することで、表面保護とバラスト間隙の充填により、飛散種子の付着防止と地下茎からの発芽防止をし得るという知見を得ている¹⁾。そこで本研究では、廃バラストマウンドの安定性や防草効果を得るために重要なCMのマウンド内での充填性と散布量が施工上必要な課題であるため、本報告では、マウンド内でのCMの充填性に着目し、CMの浸潤試験を行った結果と最適なCM散布量について考察する。

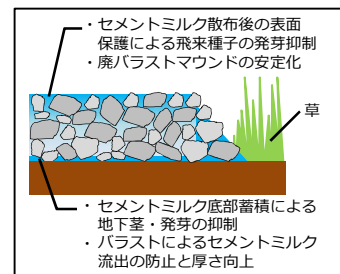


図-1 新しい防草工法

2.実験概要

2-1 実験に用いた試料 廃バラストは、JR九州の道床を交換する際に発生したもの(写真-1に示す)を使用した。図-2に粒径加積曲線を示す。浸潤状況を確認するために、本検討ではφ15cm×高さ30cmのモールドを用いて、53mmふるいを通過した試料のみを用いた。また固化材には、セメントからの六価クロムの溶出特性を考慮して、高炉セメントB種を使用し、水と混合させ、セメントミルク(CM)として用いた。



写真-1 廃バラスト

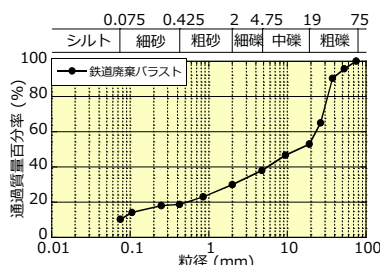


図-2 廃バラストの粒径加積曲線

表-1 実験条件

サンプル名	試料	設定密度 (g/cm ³)	モールド	影響因子	試料 含水比 (%)	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	セメントミルク (kg/m ³)	W/C	
Case1	廃バラスト	1.45	モールド φ15× 30cm	散布量の 違い	3	6	6	12	1	
Case2						12	12	24		
Case3						18	18	36		
Case4						24	24	48		
Case5						8	4	12		
Case6						16	8	24		
Case7		1.35		水セメント 比の違い		密度の 違い	24	12	36	2
Case8							32	16	48	
Case9							6	6	12	
Case10							12	12	24	
Case11							18	18	36	
Case12							6	6	12	
Case13		1.5					12	12	24	1
Case14							24	12	26	

2-2 実験条件 検討では表-1に示すように、CM散布量、水セメント比、供試体密度の違いに着目した。供試体作成時の試料の設定密度は、落下高さ30cmから自然落下させた条件を想定した1.35(g/cm³)、締固めた時の1.45(g/cm³)、現場での締固めを想定した1.5(g/cm³)の3パターンとし、さらに含水比を風乾時の3%に調節後、モールドにて供試体作成を行っている。

2-3 実験装置及び実験方法 浸潤試験とCM充填率の計算方法を図-3、実験方法を図-4に示す。検討には、φ15×30cmモールドを2個連結させ浸潤最大深さ60cmとした。モールドに試料を投入し、設定した密度になるよう供試体をタンピング法により作成後、CMを一定量散布できる装置を用いて、表-1に示す条件で散布した。散布装置との間隔は、CMの跳ね返りと一面散布を考慮して、7cmとしている。養生7日後にモールドを解体し、底部に堆積したCMの厚さ(以下、CM厚さ)を計測、またCM浸潤状況を確認するために、供試体中央断面を切り出し、断面にフェノールフタレイン液を塗布、画像解析用に写真撮影を行った。バラスト間隙内でのCM充填率を計算するために、供試体密度から供試体内の間隙率を算出し、供試体上面から散布したCM量から底部に堆積したCM量を引くことにより、廃バラスト間隙内での充填量を算出し、バラスト間隙における最大充填量に対して充填されたCM量の割合を充填率としている。

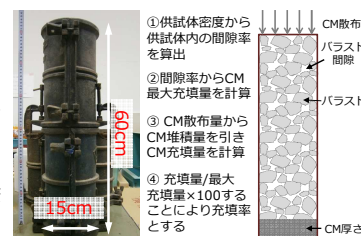


図-3 浸潤試験と充填率の計算方法



図-4 実験手順

3.実験結果及び考察

3-1 セメントミルク散布量の違いによる影響

図-5 に CM を $W/C=1$ 、 $12\text{kg/m}^2 \sim 48\text{kg/m}^2$ 散布した条件(Case1～4)における供試体断面図を、図-6 に $W/C=1$ 及び 2、設定密度 $\rho_t=1.45\text{g/cm}^3$ におけるセメントミルク充填率を示す。図-5 の画像より、散布量が増加するほど、バラスト間隙全体にセメントミルクが浸潤し、残留していることがわかり、供試体下部において CM が堆積する状況も確認できる。いずれの W/C においても CM 散布量の増加に伴い、バラスト間隙中の充填率も比例して上昇していることがわかる。セメントミルクは間隙充填しながら下向に浸潤するため、散布量が多いほど深部までセメントミルクが到達し、浸潤可能であることがわかる。

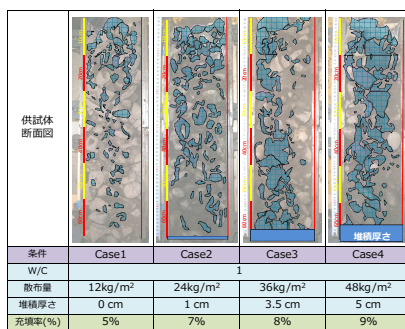


図-5 $W/C=1$ における散布量の違い

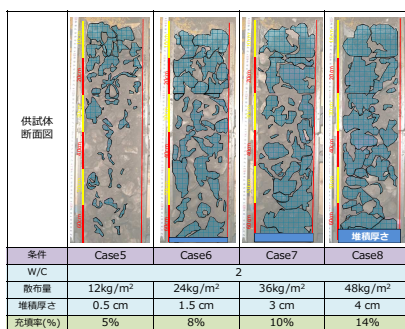


図-7 $W/C=2$ における散布量の違い

3-2 W/C の違いによる影響

図-7 に CM を $W/C=2$ 、設定密度 $\rho_t=1.45\text{g/cm}^3$ で $12\text{kg/m}^2 \sim 48\text{kg/m}^2$ 散布した条件(Case5～8)における供試体断面図を、図-8 に CM の W/C と同一散布量における充填率の関係をまとめたものを示す。 24kg/m^2 以上散布した条件では、 $W/C=1$ よりも $W/C=2$ のほうが、CM 充填率が高い結果を示している。 $W/C=2$ はセメントの量に対して、水の割合が多く流動性良好的ため、小さな間隙や深部まで浸潤し、 $W/C=1$ よりも高い充填率を示したと考えられる。

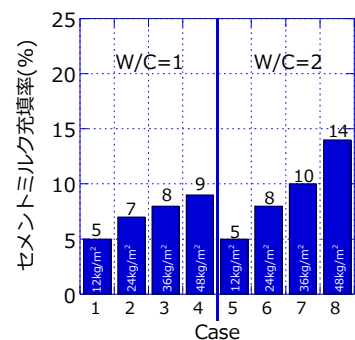


図-6 セメントミルク充填率

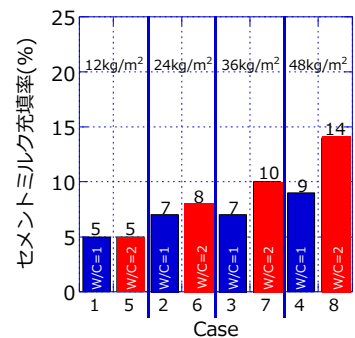


図-8 W/C の違いによる充填率

3-3 密度の違いが充填率に与える影響 図-9 に CM を $W/C=1$ 、 $12\text{kg/m}^2 \sim 36\text{kg/m}^2$ 散布し、設定密度を $\rho_t=1.35, 1.45, 1.5\text{g/cm}^3$ に変化させた条件の実験結果を示す。同一量散布時の密度の変化に対して、僅かではあるが密度を大きくするほど充填率が高くなる結果を得た。密度が大きくなるほど廃バラストの間隙が小さくなるため、廃バラストの間隙内に留まる CM が多く、底部に堆積する量が少なかったことから、間隙中の充填率が上昇したと考えられる。

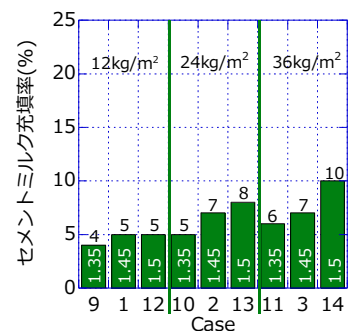


図-9 散布量と密度の関係

3-4 異なるマウンド高さに対応する散布量の検討 表-2 に別途行った防草実験結果を、表-3 にマウンド歩行試験結果を示す。マウンド下に種子

を植えた育成実験、現場防草実験では、 $W/C=1$ 、 12kg/m^2 散布により 90%以上の防草効果を得ている。また歩行試験では、 $W/C=2$ の条件において多少のバラストの破損が見られるものの、沈下などの変位は発生しなかった。マウンド高さ 20cm で CM を 12kg/m^2 散布することにより、充填率が 5%でマウンドの安定性と防草率 90%以上を得ることができる。これらの結果から、マウンド高さが 40cm のとき 24kg/m^2 の CM 散布、60cm のとき 36kg/m^2 の散布により、マウンド底面 1cm 以上の CM 厚さを確保でき、バラスト内に 5%以上の CM 充填率を確保できると推測される。この結果を直線で結ぶと図-10 のように示され、マウンド高さに応じて最低限必要な散布量を求めることが可能である。

4.まとめ 1)CM 浸潤試験より、 W/C 、マウンド密度、散布量の違いが CM の充填性に影響を及ぼすことを明らかにした。2)マウンド高さに応じた CM 散布量を決定する手法を提案した。

表-2 防草実験結果

実験	CM散布量	W/C	現場施工 防草率(%)	恒温室防草率(%) バラスト下 飛来種子
防草実験	6kg/m^2	$W/C=1$	60	90
	12kg/m^2		96	94
	18kg/m^2		-	98

表-3 歩行試験結果

実験	CM散布量	W/C	鉛直変位	外れた 碎石個数
歩行試験 (3人歩行)	12kg/m^2	$W/C=1$	確認されず	0
		$W/C=2$		12
	24kg/m^2	$W/C=1$		0
		$W/C=2$		11

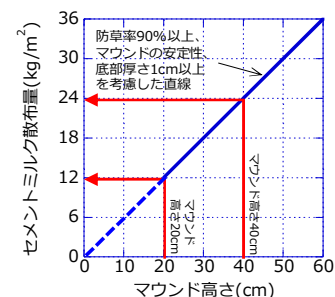


図-10 マウンド高さに対応した CM 散布量