

セメントを添加した砂礫材料の耐久性および越流抵抗性に関する検討

ダム技術センター 正会員 吉田 満 富山県 酒井 信義

建設省土木研究所 正会員 豊田 光雄 中村 昭

1. はじめに

筆者らは、強度増加および越流に対しても抵抗性をもつ盛立材として砂礫材料にセメントを添加した材料の設計および施工法を開発研究中である。本報文では、この材料の耐久性（乾湿の繰返し、凍結融解）および越流抵抗性について実験的検討を行った結果を述べる。

2. 耐久性に関する検討

2.1 試験概要

セメントを添加した材料の耐久性に関して、ここでは岩石試験で用いられる乾湿の繰返し試験¹⁾と凍結融解試験²⁾を行った。乾湿の繰返し試験に用いた供試体寸法は、直径10cm、高さ20cmであり表-1に示す条件で単位セメント量を変えた供試体を作製した。供試体の粒度を図-1に示す。試験は供試体の乾燥時の飽和度を20%として乾湿の繰返しを行った。なお、乾燥を与えるための温度は40℃とした。一方、凍結融解試験に用いた供試体は、乾湿の繰返し試験に用いたものと同寸法で作製条件も同じである。試験条件を表-2に示す。

2.2 試験結果および考察

乾湿の繰返し試験および凍結融解試験とも主に供試体の重量変化（損失重量百分率）に注目した。乾湿の繰返し回数と損失重量百分率の関係を図-2に示す。図では単位セメント量をパラメータとして示している。図より次のことが言える。

(1) 単位セメント量の多少によらず繰返し回数が多くなれば損失重量が増加の傾向を示す。(2) 単位セメント量が少なくなれば損失重量は大きくなる。特に、単位セメント量20, 40kg/m³のものが相対的に損失重量も大きく、繰返し回数に対する損失重量百分率の変化率も大きくなる。

一方、単位セメント量60kg/m³の凍結融解試験ではサイクル数の増加に伴い損失重量が増え12サイクルを与えた時点では15~50%の重量損失量が生じ、24サイクルで供試体はすべて崩壊した。単位セメント量60kg/m³における12サイクルおよび24サイクル後の供試体の状況を写真-1に示す。よって、本材料を使用する場合には凍結融解をうける環境条件下では表層部において保護材を設ける必要がある。

3. 越流抵抗性に関する検討

3.1 試験概要

越流抵抗性に関しては、1)室内における洗掘抵抗性試験³⁾と、2)現場において高速流における抵抗性試験、ジェット流による洗い試験を行った。室内における試験は、土質材料を対象にして広く行われているものを流用しているのでその方法は参考文献3)を参照されたい。ここでは現場試験法について以下に記述する。

1) 高速流における抵抗性試験

現場にて単位セメント量=20, 40, 60, 80, kg/m³で作製した試験マッドに、噴射ノズル径25mm、流量400ℓ/分（流速13.6m/秒）で通水させたときの単位セメント量の違いによる洗掘面の観察を行った。

表-1 乾湿の繰返し試験に用いた供試体の仕様

単位セメント量	20, 40, 60, 80kg/m ³
含 水 比	最適含水比
締固めエネルギー	1 E C
養 生	7 日

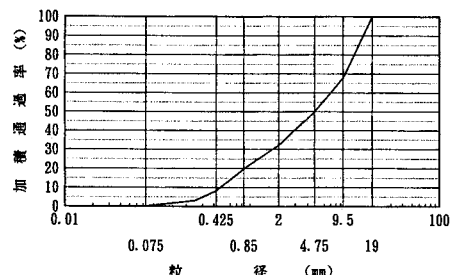


図-1 乾湿のくり返しサイクルと損失重量百分率

表-2 凍結融解の試験条件

槽内温度変化	+20℃～-20℃
温度保持時間	2時間
温度上昇・下降時間速度	40℃/時間
1サイクルの時間	6時間

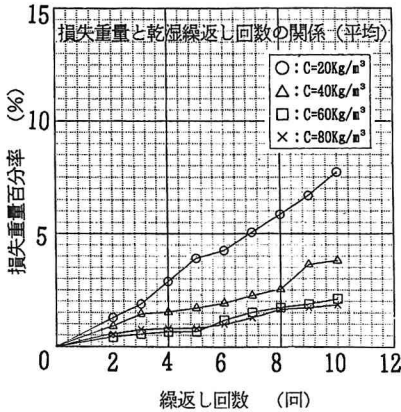


図-2 損失重量百分率と繰返し回数

2) ジェット流における洗い試験

単位セメント量 $60\text{kg}/\text{m}^3$ で作製した試験マットにおいて噴射圧力（1, 2, 3 kgf/cm^2 ）、噴射時間（1, 3, 6, 10, 20, 30分）を組み合わせを行い、噴射圧力の違いによる洗掘面の状況を観察した。

3.2 試験結果および考察

室内洗掘抵抗性試験による結果を表-3に示す。表-3は噴射圧 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ を20分与えて得られた結果であり、洗掘量が生じたのは単位セメント量 $40\text{kg}/\text{m}^3$ において供試体密度が $2.0\text{t}/\text{m}^3$ より小さい状態であった。本試験では噴射圧 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ より小さい条件から洗掘抵抗を検討したが $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 未満では何ら変状はなかった。一方、図-3は現場での5分間の高速流を与えたときの単位セメント量と洗掘深さの関係である。セメント添加量が $40\text{kg}/\text{m}^3$ 以上では洗掘深さは 20mm 以下と比較的小さい結果となった。また、ジェット流による洗い試験における通水時間と洗掘深さとの関係を図-4に示す。噴射圧力 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ から洗掘されており、各噴射圧力とも洗掘の進行は通水時間20分まででありその後は安定している。20分後の洗掘量をみると $3\text{kgf}/\text{cm}^2$ では $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ の洗掘深さの約4倍になる。

4. まとめ

セメントを添加した砂礫材料の耐久性と越流抵抗性の実験より次のことがわかった。1) 耐久性に関しては単位セメント量に関係なく供試体変化はみられるがセメント量が少ないほどその変化は大きい。なお、凍結融解を与えると供試体の形を呈しなくなる。2) 越流抵抗性に関しては洗掘状況は室内と現場の水圧の大きさが必ずしも一致しないが、単位セメント量が $40\text{kg}/\text{m}^3$ では抵抗性が劣る。参考文献 1) 豊田、松本；ロック材料の劣化に関する室内試験、第22回土質工学会研究会講演集1987。 2) 土研資料1552号 凍結融解試験法によるリップラップ材の耐久性判定基準（案）について、1980。 3) 土質工学会；土質試験法

セメント量 $60\text{kg}/\text{m}^3$ の場合

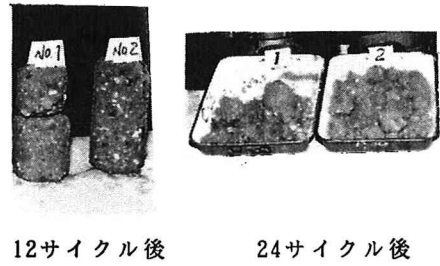


写真-1 凍結融解試験後の供試体状況

表-3 室内洗掘抵抗性試験による結果一覧

セメント量 kg/m^3	含水比条件	含水比 %	乾燥密度 t/m^3	洗掘量 mm
40	dry	1.8	1.975	30.6
	opt	5.6	2.066	0.0
	wet	8.8	1.995	5.5
60	dry	2.5	1.999	0.1
	opt	5.1	2.071	0.0
	wet	7.0	2.039	0.3
80	dry	3.3	2.046	0.0
	opt	4.4	2.083	0.0
	wet	6.0	2.054	0.0

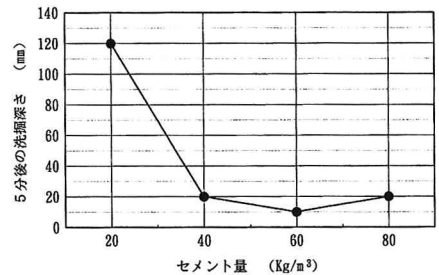


図-3 単位セメント量と洗掘深さ

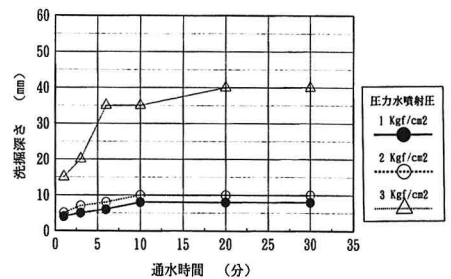


図-4 通水時間と洗掘深さ