

低品質材料における耐久性能検討結果の一例

神通川水系砂防事務所 田村 圭司 山崎 忠 石田 哲也
砂防エンジニアリング(株) 中濃耕司 ○細川清隆

1. はじめに

近年、砂防の分野で活用されはじめている砂防ソイルセメントは、コンクリートと比較すれば貧配合・低品質な材料で、特に摩耗抵抗性や凍結融解抵抗性が小さいことが懸念され、この特性が砂防ソイルセメントの積極的活用を阻害する課題のひとつとなっている。しかし、これら摩耗抵抗性や凍結融解抵抗性に対する基本的な研究が実施されている例は少ないことが実状である。

このような背景を踏まえ、神通川水系砂防事務所管内の現地発生土砂を用いて実施した、砂防ソイルセメントの摩耗試験と凍結融解試験の結果を報告する。

2. 試験条件及び試験方法

(1) 試験材料

摩耗試験及び凍結融解試験に使用した現地発生土砂は、神通川水系高原川右支川蒲田川で採取した、細骨材率 $s/a = 30 \sim 40\%$ 、微粒分量 (0.075mm 以下) 1.0%の粒度特性を有する良好な河床砂礫である (図-1)。また、砂防ソイルセメントの摩耗抵抗性や凍結融解抵抗性に影響を及ぼすと考えられる、粗骨材の安定性試験及びすりへり試験結果もコンクリート骨材の規格値を満足するものであった (表-1)。

(2) 試験配合及び供試体条件

摩耗試験及び凍結融解試験を実施した試験配合を表-2の①~④に示す。ここで、①~③は INSEM 工法を、④は ISM 工法を対象とした配合で、発現強度が $3 \sim 18\text{N/mm}^2$ の範囲を4分割するように調整した配合である。

現地発生土砂の最大骨材寸法は 80mm とし、圧縮強度試験、摩耗試験は 40mm ふるいで、凍結融解試験は 25mm ふるいでウェットスクリーニングした材料により供試体を作成した。また、供試体形状は圧縮強度供試体が $\phi 150\text{mm} \times \text{H}300\text{mm}$ 、摩耗試験が $\phi 200\text{mm} \times \text{H}400\text{mm}$ 、凍結融解試験が $\text{H}100\text{mm} \times \text{B}100\text{mm} \times \text{L}400\text{mm}$ である。

なお、摩耗試験は普通コンクリート (配合⑤) 及び構造体から採取したコア供試体 (配合⑥~⑧) においても実施した。

(3) 試験方法

摩耗試験は、ロサンゼルス試験機の方法投入口に $\phi 200\text{mm} \times \text{H}400\text{mm}$ を長尺方向に2等分した供試体を、鋼球 24 個 (総重量約 10kg) 投入後にゴムマットなどで固定し、鋼球による摩耗作用 10,000 回転後の質量損失量 (損傷量) を測定した (図-2)。

耐凍結融解試験は「JIS A 1148 コンクリートの凍結融解試験方法 (水中凍結融解)」に基づき、 5°C から -18°C の凍結融解を 1 サイクル 3~4 時間で行い、相対動弾性係数及び質量減少率を測定した。

3. 検討結果及び考察

(1) 摩耗抵抗性

写真-1 に摩耗試験後の供試体状況の一例を示すとともに、図-3 に摩耗試験結果に基づく、圧縮強度 σ と損傷係数 C_1 の関係を示す。

ここで、損傷係数 C_1 は、礫の衝突力による損傷量が、衝突の際のエネルギー損失に比例するとして石橋¹⁾の提案する下式の比例定数を意味する。すなわち、損傷量を衝突エネルギー ($69.72\text{kgf}\cdot\text{cm}$) で除した値である。

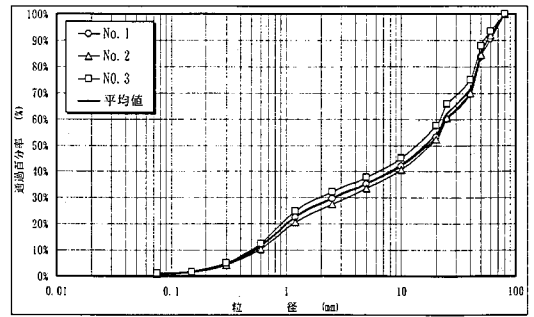


図-1 粒径加積曲線

表-1 現地発生土砂の物理性状

試験名	試験値	コンクリート骨材の規格値	備考
絶乾密度	細骨材	2.53	2.5以下
	粗骨材	2.65	2.5以下
吸水率	細骨材	2.22	3.0%以下
	粗骨材	0.9%	3.0%以下
安定性試験	細骨材	3.7%	10.0%以下
	粗骨材	1.6%	12.0%以下
すりへり試験		6.4%	40.0%以下 E粒度

表-2 試験配合一覧表

配合名	配合量 (kg/m^3)			水セメント比 W/C (%)	圧縮強度 (N/mm^2)	材齢 (日)	骨材最大寸法 (mm)	備考
	セメントC	水W	土砂G					
① C95W125	95	125	2.015	132%	4.57	28	40.25	ゼロランブ; 標準供試体
② C125W125	125	125	1.965	100%	8.15	28	40.25	ゼロランブ; 標準供試体
③ C165W125	165	125	1.940	76%	13.4	28	40.25	ゼロランブ; 標準供試体
④ C250W150	250	150	1.890	60%	17.7	28	40	スランブ15.9cm; 標準供試体
⑤ 21-5-80BB	207	120	2.059	58%	31.7	28	40	コンクリート標準供試体
⑥ RCDコア	120	105	2.244	88%	22.3	3,907	80	コア供試体
⑦ CSGコア	160	125	2.133	78%	19.2	1,253	80	コア供試体
⑧ ISMコア	300	115.8	-	39%	27.7	1,780	300	コア供試体

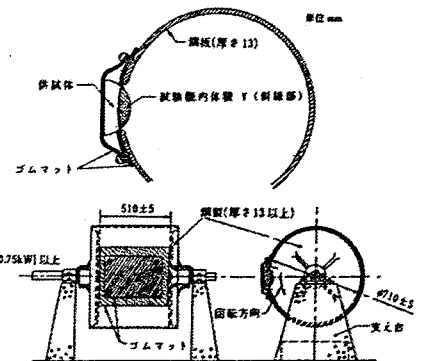


図-2 ロサンゼルス試験機による摩耗試験方法

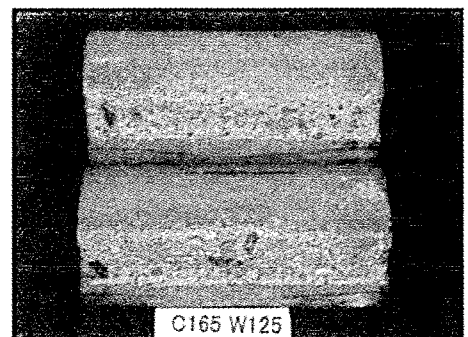


写真-1 摩耗試験後の供試体状況

$$C_1 = W_{C1} / \Sigma (W \times v_1^2 / 2g)$$

ここで、 C_1 ; 10,000回あたりの損傷係数 (cm²/kgf)

W_{C1} ; 10,000回衝撃による損傷量 (cm³)

W ; 鋼球の総質量 (=9.9891kgf)

v_1 ; 鋼球の衝突速度 (=117cm/s)

g ; 重力加速度 (=980.665cm/s²)

図-3より、損傷係数 C_1 は、圧縮強度の増加に伴い、累次関数的に小さくなる傾向を示し、圧縮強度の増加とともに摩擦抵抗性が急激に向上することが認められた。標準供試体及びコア供試体では最大骨材寸法Gmaxがそれぞれ40mmと80mmと差異があるものの、概ね圧縮強度20N/mm²以上でコンクリート損傷係数の70%以上を示すものとなり、相対的に大きい摩擦抵抗性を有すると評価することができる。

(2) 凍結融解抵抗性

凍結融解試験状況の一例を写真-2~3に示すとともに、凍結融解サイクル数と相対動弾性係数及び質量減少率の測定結果を図-4~5に示す。

図-4に示すように相対動弾性係数は、水セメント比W/C=60%としたISM材(C250W150)を含む全ての試験ケースにおいて凍結融解10サイクル以内で凍結融解抵抗性の最小値の目安である60%を下回る結果となった。このように砂防ソイルセメントの凍結融解抵抗性が小さい理由には、エントラップトエアが多くなることや骨材の性状が良質でないことなどが考えられるが、表-1に示したように今回使用した現地発生土砂は良質であることから、前者の理由が高いものと考えられる。ただし、現地発生土砂の表面水率は精度高く測定できないことから、この表面水率の誤差に基づく単位水量の増量も要因のひとつに考えられる。一方、図-5や写真-2~3より明らかなように質量減少率の増加傾向は、相対動弾性係数が60%を下回った後も一定のサイクル数までは小さいことが認められる。特に圧縮強度13N/mm²以上を示した2つの配合で凍結融解80サイクルまで、質量減少率が10%程度を示すことが確認された。

以上のように、相対動弾性係数は少ない凍結融解サイクルで著しい低下傾向を示し、砂防ソイルセメントの凍結融解抵抗性はコンクリートと比較すると非常に小さいことが確認されたが、質量減少率は相対動弾性係数低下後も一定レベルの凍結融解サイクルまで減少率が小さいことが確認された。なお、この質量減少率の特性は圧縮強度が大きいほど顕著であった。

4. 終わりに

本報告では、発現強度の異なる砂防ソイルセメントの4配合を対象に摩擦試験、凍結融解試験を実施した。その結果、以下の知見を得た。

- ① 摩擦抵抗性、凍結融解抵抗性は、圧縮強度を増加させることで一定レベルまでは増強することが可能である。
- ② 現地発生土砂を使用する場合、水セメント比を60%以下としても、コンクリート程の凍結融解抵抗性は確保できない可能性が高い。
- ③ 相対動弾性係数が60%以下となっても構造体の形状は、一定レベルの凍結融解サイクルにおいて維持できる可能性がある。

今回の試験は、あくまでも室内試験レベルの結果であり、実際の自然環境における摩擦抵抗性や凍結融解抵抗性の把握が今後の課題である。なお、耐凍結融解試験を実施した供試体と同じものを現在現場曝露中であり、データ収集後報告する予定である。

【参考文献】

1) 石橋 毅:ダム排砂設備の流下砂礫による摩擦・損傷に関する水理学的研究, 土木学会論文集, 第334号, 土木学会, pp103~112, 1983

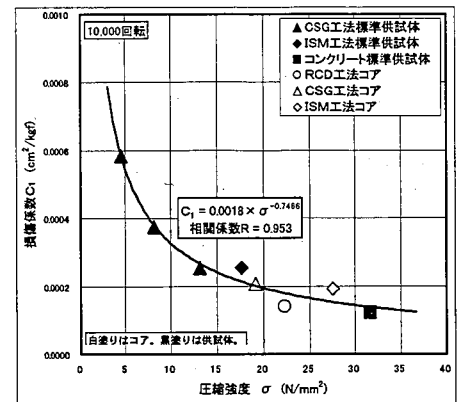


図-3 摩擦試験結果

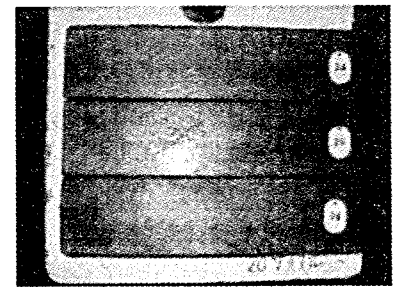


写真-2 C165W125の凍結融解20サイクル後の外観

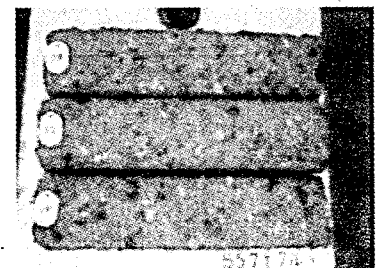


写真-3 C165W125の凍結融解55サイクル後の外観

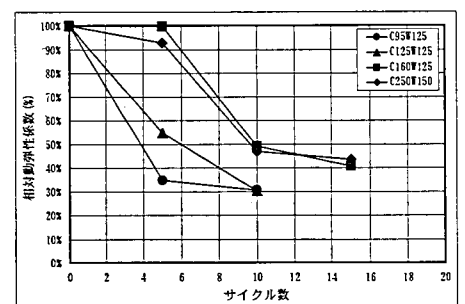


図-4 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係

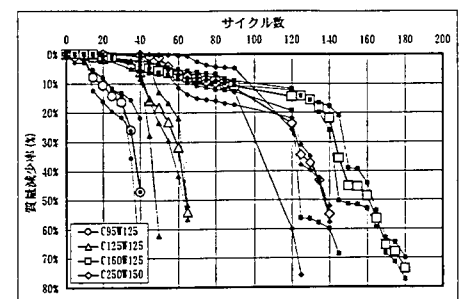


図-5 凍結融解サイクル数と質量減少率の関係