

I S M材の長期強度に関する一事例

国土交通省大隅河川国道事務所○古閑政秀、堂上淳司  
砂防エンジニアリング株式会社 井野伸彦、中濃耕司、岡村祐介

1. はじめに

大隅河川国道事務所では、桜島島内で発生する現地発生土砂の有効活用の推進を目的に、平成12年度に桜島島内の5箇所より採取した7種類の現地発生土砂を用いて、野尻川河口部でISM工法の試験施工（以下、「野尻川試験施工」）を実施している。砂防ソイルセメントは、近年活用されはじめた材料であり、特に長期的な品質に関して十分なデータが蓄積されていない状況にあることから、材齢5.3年後の長期強度（コア強度）について報告するものとした。

2. 試験施工内容と桜島島内の現地発生土砂の特性

「野尻川試験施工」の試験施工ヤードを図-1に、使用した7種類の現地発生土砂（最大骨材寸法300mm）の材料特性を表-1に示す。試験施工構造体は長1m×幅1m×深1mとし、試験施工ヤード内に6試料×4単位セメント量（100, 150, 200, 250 kg/m<sup>3</sup>）、1試料（赤水）×1単位セメント量（250 kg/m<sup>3</sup>）の計25の構造体を構築した。

試験施工に使用した試料は、桜島島内の野尻川、黒神川、古河良川、引ノ平川および赤水の5溪流から採取した現地発生土砂とした。この現地発生土砂は、50mm以上の巨礫が少なく細骨材率s/aが50~95%と相対的に細かな粒径分が多い土砂であった。なお、土質区分は目視および物理試験結果に基づき、密度が大きく吸水率が小さい砂礫土砂を「礫質土」、草根類等を多量に含んでいる土砂を「有機質土」、ボラを多く含み密度が小さく吸水率が大きい砂礫土砂を「ボラ」に分類した。

3. 桜島におけるISM材の強度特性

今回測定した材齢5.3年のコア強度を表-2に示す。表-2には材齢28日および2.5年に測定したコア強度も合わせて示した。

コア強度は各試験施工構造体からΦ150mm×約1mのコアを1本ずつ採取し、コアの上部と下部から高さ300mmの供試体を作成して求めた。なお、表-2に示した値は、上部と下部の2本の平均値である。ここで、試料③の単位セメント量100kg/m<sup>3</sup>の試験施工構造体では、材齢2.5年までと同様に、採取コアが土砂状で供試体を作成できなかったことから長期強度は測定していない。また、試料①の単位セメント量200kg/m<sup>3</sup>の試験施工構造体から採取したコアでは、下部に未攪拌の部分が含まれていたことから、上部のみのコア強度を示すものとした。

(1) セメント水比C/Wとコア強度σの関係

図-2に材齢5.3年におけるセメント水比C/Wとコア強度σの関係を示した。材齢5.3年におけるコア強度はばらつきが大きく相関係数が0.552と小さい値であった。これは、C/Wが100%以上範囲における試料①の2つのデータと試料⑦のデータがばらつきを大きくしていると判断されることから、試料①と試料⑦を除いた修正近似曲線を算定し実線で付記した。この修正近似曲線の相関係数は0.824となり、修正近似曲線

野尻川 礫質土 250kg/m <sup>3</sup>	引ノ平川 有機質土 250kg/m <sup>3</sup>	黒神川 礫質土 250kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ+有機質土 250kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ 250kg/m <sup>3</sup>	古河良川 有機質土 250kg/m <sup>3</sup>
野尻川 礫質土 200kg/m <sup>3</sup>	引ノ平川 有機質土 200kg/m <sup>3</sup>	黒神川 礫質土 200kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ+有機質土 200kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ 200kg/m <sup>3</sup>	古河良川 有機質土 200kg/m <sup>3</sup>
野尻川 礫質土 150kg/m <sup>3</sup>	引ノ平川 有機質土 150kg/m <sup>3</sup>	黒神川 礫質土 150kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ+有機質土 150kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ 150kg/m <sup>3</sup>	古河良川 有機質土 150kg/m <sup>3</sup>
野尻川 礫質土 100kg/m <sup>3</sup>	引ノ平川 有機質土 100kg/m <sup>3</sup>	黒神川 礫質土 100kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ+有機質土 100kg/m <sup>3</sup>	古河良川 ボラ 100kg/m <sup>3</sup>	古河良川 有機質土 100kg/m <sup>3</sup>
赤水 礫質土 250kg/m <sup>3</sup>					

図-1 野尻川試験施工ヤード

表-1 現地発生土砂の材料特性

試料	土砂採取位置	土質区分	粒度分布 (%)				細骨材率 s/a (%)	密度及び吸水率 (%)	
			0~0.075 (mm)	0.075~5 (mm)	5~50 (mm)	50~300 (mm)		表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)
試料①	野尻川	礫質土	3.5	50.3	32.5	13.7	51.9	2.41	2.52
試料②	黒神川	礫質土	5.4	70.0	20.6	4.0	73.6	2.41	2.29
試料③	古河良川	有機質土	21.2	75.9	2.5	0.4	95.9	2.43	5.53
試料④	古河良川	ボラ	21.6	49.1	26.9	2.4	62.6	1.78	10.99
試料⑤	古河良川	有機質土	22.2	65.4	11.3	1.1	82.6	2.17	6.93
試料⑥	引ノ平川	礫質土	7.0	69.0	18.6	5.4	73.9	2.50	1.74
試料⑦	赤水	礫質土	4.9	64.8	21.5	8.8	68.0	2.46	1.95

表-2 長期強度測定結果

試料	土砂採取位置	土質	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	セメント水比C/W (%)	コア圧縮強度		
					σ <sub>28d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>2.5y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>5.3y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
試料①	野尻川	礫質土	100	48.1	9.26	11.9	8.80
			150	71.1	16.6	21.5	14.5
			200	101.2	29.3	23.8	13.9
			250	129.9	36.9	44.2	19.9
試料②	黒神川	礫質土	100	39.6	7.31	9.88	8.94
			150	63.2	14.7	17.3	10.9
			200	87.4	24.1	22.5	17.2
			250	113.3	29.2	28.0	29.8
試料③	古河良川	有機質土	150	50.8	—	14.1	20.2
			200	65.4	7.64	15.8	25.3
			250	81.0	13.6	20.8	24.5
試料④	古河良川	ボラ	100	44.1	12.4	11.8	11.9
			150	55.6	10.7	15.2	12.0
			200	77.8	15.0	20.3	19.3
			250	96.7	17.2	20.9	21.9
試料⑤	古河良川	ボラ+有機質土	100	38.2	3.03	10.6	11.3
			150	54.2	8.28	14.1	17.3
			200	72.5	12.9	18.6	17.4
			250	88.7	17.8	24.0	24.8
試料⑥	引ノ平川	有機質土	100	35.8	6.45	7.51	9.21
			150	56.7	11.6	15.5	15.8
			200	77.7	19.7	24.3	25.8
			250	97.8	25.7	25.3	30.3
試料⑦	赤水	礫質土	250	114.9	27.7	25.1	12.1

が定性的な傾向を示しているものと判断した。なお、試料①と試料⑦が小さいコア強度を示した理由には、現地発生土砂のばらつきによる影響や試験施工構造体表面に認められるクラックの影響等が推測されるが、データの絶対数が少ないことから現状では明確に断定できないと考えられる。

図-3には材齢28日および材齢2.5年を含めた各材齢におけるセメント水比C/Wと圧縮強度 $\sigma$ の近似曲線を示した。図-3より、C/Wが小さいほど発現強度は小さいがコア強度の伸びは大きいことが確認された。また、材齢28日から材齢2.5年までは強度の伸びが大きい、それ以降材齢5.3年までの強度の伸びは小さいことが確認された。なお、材齢28日および材齢2.5年におけるデータは相関係数0.93程度と高い相関性が認められた近似曲線をプロットした。

### (2) 初期強度( $\sigma_{28}$ )と強度比の関係

図-4には初期に測定したコア強度(28日強度)と強度比の関係を示した。ここで、強度比は、比較対象の材齢における強度の比であり、強度比 $>1.0$ でコア強度が増加し(伸び)ていると評価できる。図-4より、初期強度が $20\text{N/mm}^2$ 以下では長期強度の増加する傾向が認められるものの、 $20\text{N/mm}^2$ を越える条件では強度比が1.0程度以下となる傾向が認められた。初期強度が大きい場合に、強度が低下するとは判断できないことより、 $20\text{N/mm}^2$ を越える条件では強度発現は、現状ではばらつき範囲、すなわち発現強度が安定している状態にあると考えることが妥当である。

### (3) 長期強度に及ぼす土質の影響

図-5には土質分類別の強度比の傾向を示す。図-5より、長期強度の増加傾向は有機質土で大きく、ボラで若干認められるが、礫質土では長期強度はほとんど増加しない傾向が認められた。ただし、表-2からもわかるように、28日強度は相対的に有機質土 $>$ ボラ $>$ 礫質土であることより、図-5の結果には初期強度の影響も有ることに留意が必要である。

## 4. おわりに

本報告では、桜島島内で継続的に実施しているISM材の長期強度測定結果を報告した。今回の調査では、セメント水比が小さいほど、初期強度が小さいほど長期強度の伸び率が大きいことが確認された。これは、単位水量が多いほど、初期強度は小さくなるものの長期的に水和反応が継続することお影響と考えられる。また、土質的には砂防ソイルセメントへの適用性が高いとはいえない有機質土においても、長期的な強度の伸びが大きいことが確認され、セメントミルクを攪拌するISM工法が低品質な現地発生土砂への適用性が高い可能性あることが確認できた。

今後も施工事例を増やすとともに、長期的な品質の把握に努め、砂防事業の中でより積極的に現地発生土砂の活用推進を図っていきたい。

### 参考文献

永吉修平他5名(2003):種々の土砂を用いたISM工法における強度特性の一例,平成15年度砂防学会研究発表会概要集, pp214-215

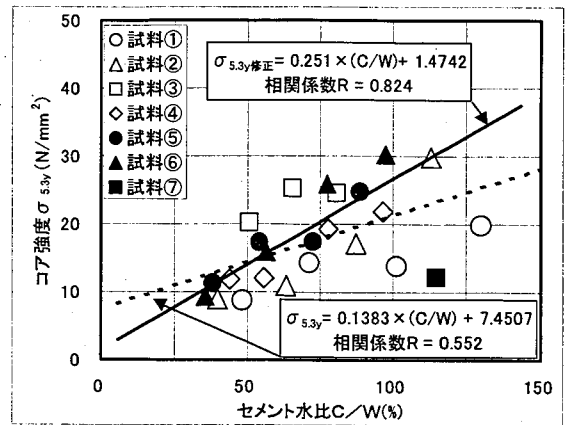


図-2 材齢5.3年におけるC/Wと $\sigma$ の関係

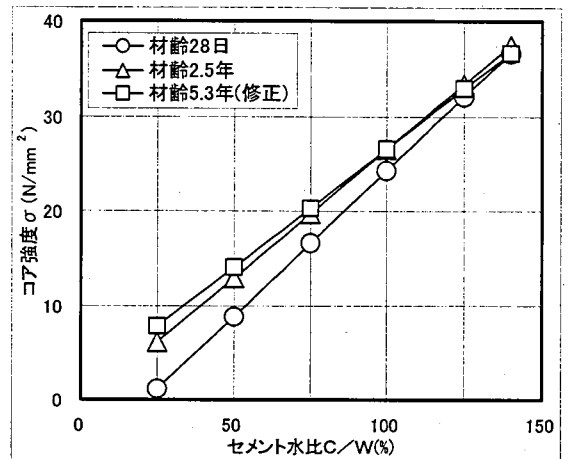


図-3 セメント水比C/Wとコア強度 $\sigma$ の関係

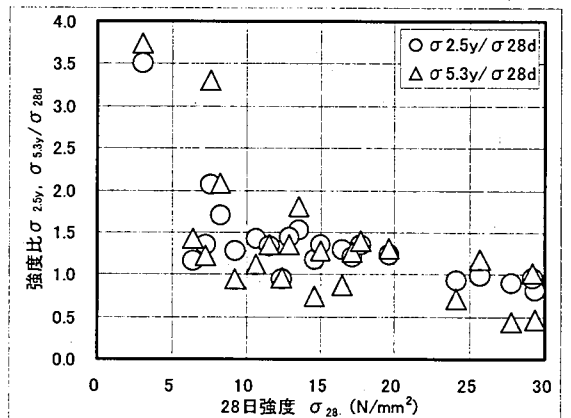


図-4 初期強度( $\sigma_{28}$ )と強度比の関係

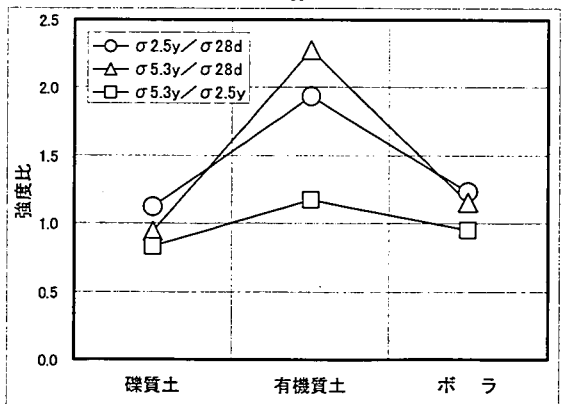


図-5 土質分類別の強度比の傾向