

砂防ソイルセメント構造物の発現強度についての一考察

国土交通省河川局砂防部 ; 加藤 仁志  
 独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ火山・土石流チーム ; 笹原 克夫, 武澤 永純  
 財団法人 砂防・地すべり技術センター ; ○井川 忠, 松井 宗広

1. はじめに

砂防ソイルセメント構造物の発現強度は、投入セメント量、地質、粒度分布など物理特性の違いによって変化することは、これまでの施工事例で明らかになりつつある。これらの発現強度の違いは、主として施工前の配合試験や試験供試体での確認結果であり、施工後の発現強度については得られた事例は少ない。

本研究では、砂防ソイルセメント構造物の目標強度や配合条件の検討に資することを目的として、施工後の圧縮強度を把握し、配合試験時の発現強度の違いや材料の違いによる強度変化について分析した。また、砂防ソイルセメント構造物が、どの程度のせん断強度を有しているか把握することを目的として、圧縮強度とせん断強度の関係や打継目の有無の違いによるせん断強度の関係について分析した。

2. 調査対象施設の概要

本研究の実施にあたっては、表1に示す直轄砂防事務所で行われた砂防ソイルセメント構造物 (INSEM 工法および ISM 工法) を対象として圧縮強度試験及びせん断強度試験用のコア採取を行った。また、コア採取した砂防ソイルセメント構造物に対して、施工時の配合条件や目標強度などの施設諸元を収集整理するとともに、施工時に構造物と同材料で作成された試験供試体 (以下、「曝露供試体」という) の圧縮強度を把握するものとした。

表1 調査対象施設の諸元

工法区分	施設種類	打設からの経過年時	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	最大骨材寸法 mm	設計強度 (N/mm <sup>2</sup> )	配合強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曝露供試体圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	コア供試体圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	コア/設計強度	供試体強度/配合強度	コア強度/配合強度	コア/供試体
INSEM	ケース1 床固工本体	4.0	80	150	0.5	0.5	2.145	3.50	7.00	4.29	7.00	1.63
	ケース2 堰堤基礎	4.3	160	80	4	16	18	32.20	8.05	1.13	2.01	1.79
	ケース3 床固工本体	1.0	280	80	4	6	13.1	22.80	5.70	2.18	3.80	1.74
	ケース4 堰堤本体	4.8	160	80	3.9	6	7.52	9.42	2.42	1.25	1.57	1.25
	ケース5 堰堤袖部	7.8	80	150	3	6	8.8	20.23	6.74	1.47	3.37	2.30
	ケース6 背割堤内部	2.0	240	150	18	27	35.5	34.23	1.90	1.31	1.27	0.96
ISM	ケース7 水叩(内部)	1.5	275	300	18	24	26.6	27.17	1.51	1.11	1.13	1.02
	ケース8 谷止工本体天端	1.1	358.2	300	18	23.9	25.2	34.47	1.91	1.05	1.44	1.37
	ケース9 水叩(内部)		18		23.9	25.2	42.23	2.35	1.05	1.77	1.68	
コンクリート	水叩き部	1.9	210	80	18	22.2	28.1	39.80	2.21	1.27	1.79	1.42

また、砂防ソイルセメント構造物に加えて、コンクリートえん堤からもコアを採取し、各試験結果について比較するものとした。

3. 試験結果

3.1 圧縮強度試験結果

各施設のコア採取した供試体による圧縮強度 (以下、「コア圧縮強度」という)、曝露供試体圧縮強度、設計強度、配合強度について表1及び図1に示す。

各施設においてコア圧縮強度及び曝露供試体の圧縮強度が配合強度及び設計強度を上回っていることが確認された。砂防ソイルセメントの圧縮強度は、「砂防ソイルセメントガイドライン」では、次のように想定しており、本試験結果ではコア圧縮強度が大きな値を示していることが伺える。

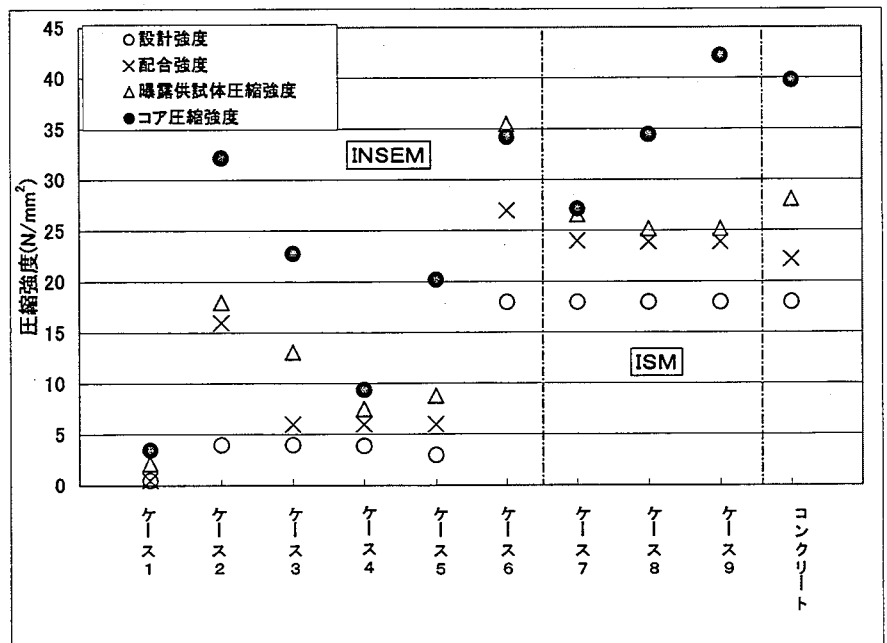


図1 施設毎の圧縮強度の関係

● 設計段階の発現強度の推定：

曝露供試体圧縮強度 = 配合強度 > コア圧縮強度 = 設計強度

● 試験結果：コア圧縮強度 > 曝露供試体圧縮強度 > 配合強度 > 設計強度

図2にコア供試体と曝露供試体の圧縮強度の変化を示す。

ほとんどのケースにおいて、施工直後の $\sigma_{28}$ に比較し、その後の経年変化に伴い、圧縮強度が増加していることが確認された。また、砂防ソイルセメントの圧縮強度の伸び率は、同時に試験試料として採取したコンクリートえん堤の伸び率と同程度以上であるとともに、単位セメント量の少ないケース(80kg/m<sup>3</sup>)においても強度増加することが確認された。

本研究に用いた各施設のコア圧縮強度は、曝露供試体圧縮強度に比べて全体的に大きな値を示す結果となった。この要因として、コア供試体には曝露供試体に含まれていない大きな石礫が混入していることや、施工機械により十分な締固めが行われていることによる影響、加水の影響等が考えられる。

3.2 せん断強度試験結果

本研究では、打継目有の場合および無の場合について、せん断強度試験を実施した。試験の実施にあたり、コア採取を実施したが、1試料を除いて他のコアは全て打継目で分断されていた。このために、打継目のせん断試験は1試料しか実施できなかった。なお、コア採取した施設に対して、打継目処理方法を調査した結果、セメント散布やモルタル敷き均しなどの丁寧な処理を施した施設も含まれていることが確認された。図3にせん断応力と垂直応力の関係を示す。

各々のせん断応力と垂直応力の相関は0.9以上と高いことが確認された。打継目無及び有の場合のせん断応力は、コア採取時に分断していた理由により有のデータは1試料であるが、打継目無に比べて小さいことが窺える。

図4に圧縮強度とせん断強度（打継目無）の関係を示す。

せん断強度は、圧縮強度が大きくなるに従って大きくなり、一般にダムコンクリートの場合1/4~1/6である。本試験によるせん断強度は、1/2~1/12とバラツキが大きいことから、圧縮強度を用いたせん断強度の推定は困難であるため、今後も確認のためのデータ収集が必要である。

4. おわりに

圧縮強度については、設計強度より高い強度を目標とした配合を行っており、本研究結果に示されるように、実際の構造物では施設の経過年にもよるが、高い発現強度が確認された。今後は、設計段階で単位セメント量を減少させるなど、より合理的な設計方法について検討していく必要があると考えられる。せん断強度の評価については、打継目が分断している事例が多く見られたことから、打継目が分断した状態を想定したせん断強度試験を実施し、打継目の摩擦抵抗力を把握することや、打継目の処理方法を変化させた場合のせん断強度を把握することが必要であると考えられる。

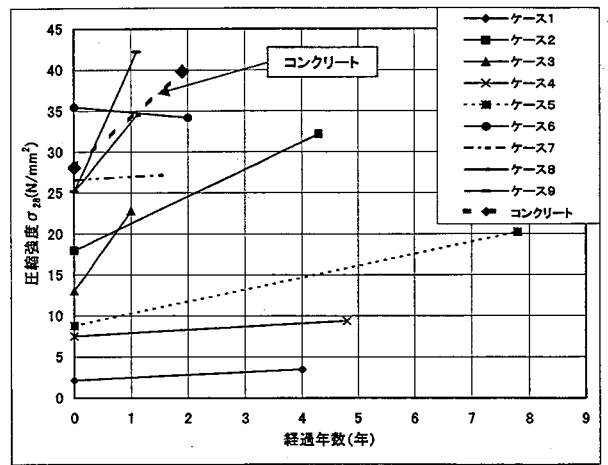


図2 圧縮強度の経年変化

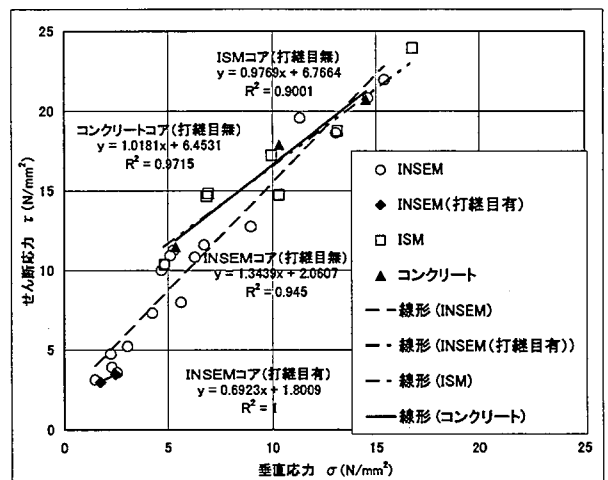


図3 せん断応力と垂直応力の関係

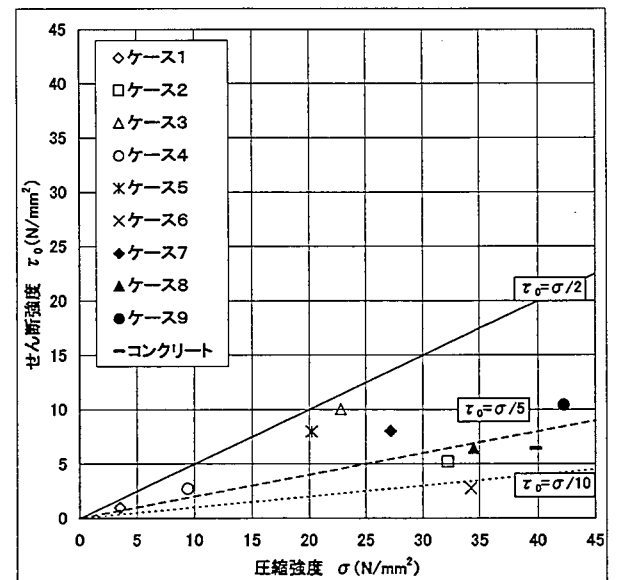


図4 圧縮強度とせん断強度（打継目無）の関係

参考文献) 砂防ソイルセメントガイドライン：砂防ソイルセメント活用研究会編