

粗石 I S Mの研究開発

(株) オリエンタルコンサルタンツ ○井川 忠、志村猛志
I S M工法研究会(大日本土木 (株) 佐藤文雄) , I S M工法研究会 ((株) 大本組 早瀬幸知)
I S M工法研究会 (大豊建設 (株) 東克明) , I S M工法研究会 (小野田ケミコ (株) 久我比呂氏)

1 はじめに

砂防事業では、環境への関心の高まりやコスト削減の観点から、現地発生土砂を有効活用した砂防ソイルセメント工法が積極的に採用されている。砂防ソイルセメント工法は施工方法・活用粒径・土砂の性状の違いから INSEM 工法・ISM 工法に区分されている。INSEM 工法は流動性がないゼロスランプの材料を振動ローラで転圧するため、施工機械の能力から最大粒径 150mm 以下が限界である。一方、ISM 工法は流動性のある有スランプの材料をツインヘッドで攪拌するものであり、最大粒径は 300mm 程度と INSEM 工法に比べて活用粒径の幅は広がる。しかしながら、投入するセメント量が多い、製造プラント設備が必要であるなど INSEM 工法に比べてコストメリットは小さいことが指摘されてきた。このような背景から、ISM 工法の更なる普及と現地発生土砂の有効活用を目指し、現場でこれまで活用がなされていないφ500mm 程度の粗石を活用した「粗石 ISM」の試験施工を試みた。

2 実施方針

2. 1 活用土砂・粗石の条件

本試験は ISM 工法の施工実績のある九頭竜川水系真名川流域の河床砂礫を用いた。図 1 に活用土砂の粒度分布、図 2 に活用土砂の適用性を示す。図 1 より粒度分布は粘土シルト分 (75μm 以下) 6.0%であった。図 2 より設計基準強度は 10~18N/mm² (ISM タイプ II) に分類された。粗石の条件は運搬の容易さ、バケットでの打設を考慮し、φ500mm 前後の礫を用いた。

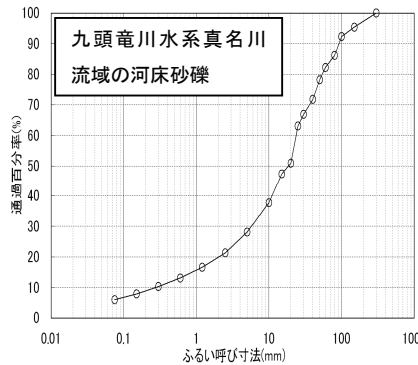


図 1 活用土砂の粒度分布

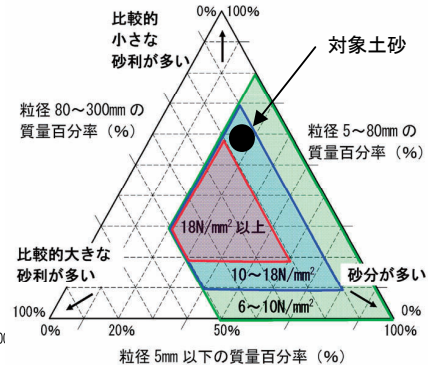


図 2 活用土砂の適用性

2. 2 検討水準

(1) 配合目標強度及び単位セメント量、単位水量

配合目標強度は設計基準強度 6.0N/mm²に割り増し係数 1.70 を乗じた 10.2N/mm²、単位セメント量は C=250kg/m³、単位水量 W=255kg/m³とした。

(2) 検討水準

従来の ISM 工法の製造手順に粗石の活用工程を含め、表 1 に示す 3 ケースの水準について検討を行った。

表 1 検討水準

水準①	供試体底面に粗石を設置した後に ISM 材を打設する
水準②	供試体に ISM 材を打設後、粗石を投入する
水準③	ISM 材が入ったバケット内に粗石を投入し ISM 材と礫を同時打設する

3. 試験施工状況

表 1 に示す製造手順毎の品質・施工性を確認するために試験施工を実施した。図 3 に試験施工フローを示す。試験施工は、実施工に近い条件を再現できるように、供試体のサイズは粗石が収まる大きさの鋼製型枠 (1.2m×1.2m×0.9m) とした。供試体内への材料の投下は水準③の試験施工で ISM 材とφ500mm の粗石を同時打設することから開口部の広い土砂バケットを用いた。また、粗石と ISM 材の密着を高めるために実際 ISM 工法の施工で用いられている高周波パイプレータによる締固めを行った。以下に各水準の試験施工の状況を示す。

(1) 水準①

供試体底面に粗石を設置し、その次の工程で ISM 材を打設した。粗石と供試体底面の空間は空隙が発生しないようにφ100mm 程度の礫によるスペーサーを配置し、ISM 材を充填しやすいように工夫した。

(2) 水準②

供試体に ISM 材を先行して打設し、その次の工程で粗石を投下した。ISM 材は想定以上に硬化が早いことから、先の工程の打設面へ粗石を押し込むことは困難であった。このため、投下した粗石を覆うように更に ISM 材を打設した。

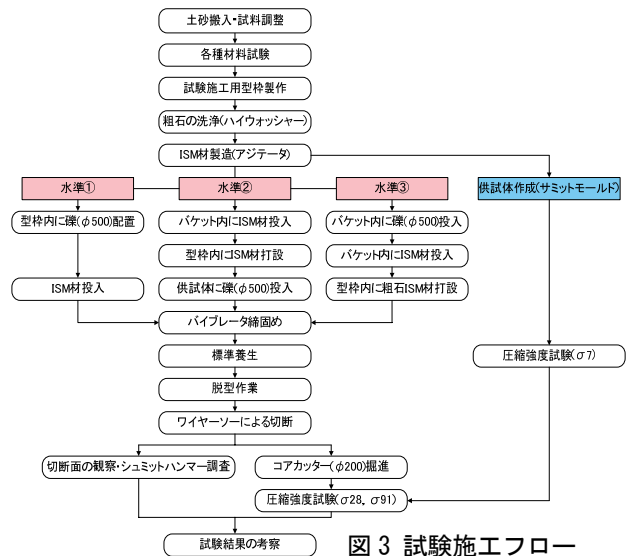


図 3 試験施工フロー

(3) 水準③

ISM 材を積み込んだ土砂バケット内に粗石を投入し、ISM 材と粗石を同時打設した。土砂バケットを開放する際に、粗石の飛び出しが発生し、供試体の一部が変形した。土砂バケットの開放後に粗石の飛び出し方向が予測できないため、土砂バケットを支える作業員の安全性に関わる課題が確認できた。

4. 試験施工結果

製作した供試体の品質確認として、ワイヤーソーで粗石を含む断面を切断し、シュミットハンマーによる反発硬度測定（圧縮強度の確認）、粗石とその周辺の充填性を観察した。

(1) 供試体の切断面の観察

図 4 に各水準の供試体の切断面の状況を示す。水準①の切断面では、粗石と供試体底面の空間に ISM 材が充填できていることが確認できる。これは高周波パイプレータの振動や礫のスペーサー等の供試体作成時の工夫が効果を表したものであると考える。また、水準②及び③においても、供試体側面・底面・粗石周辺で密実な充填が確認できた。この結果から、打設方法の違いはあるものの懸念されていた粗石周辺の密実性・充填性については一定の品質が確保できることが証明された。

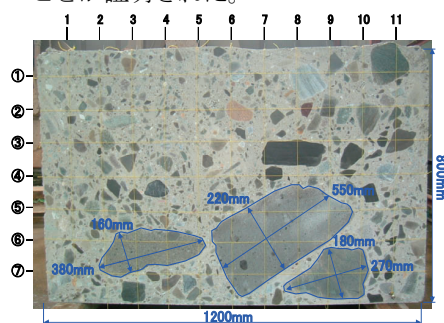


図 4(1) 水準①切断面

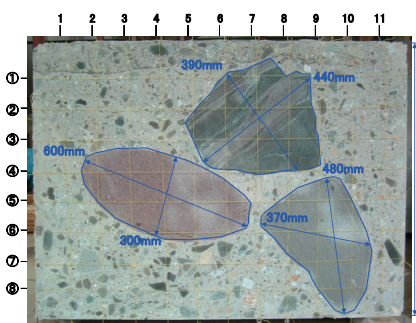


図 4(2) 水準②切断面

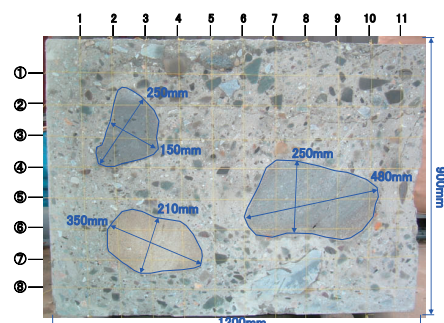


図 4(3) 水準③切断面

(2) シュミットハンマーによる反発硬度測定

図 5 に各水準のシュミットハンマーの反発硬度から土木学会式を用いて供試体切断面の圧縮強度を求めた結果を示す。各水準の格子上の圧縮強度は、配合目標強度 10.2N/mm^2 を超過している結果が得られた。また、充填性が懸念される粗石周辺の圧縮強度は、水準②の 1 点で 7.3N/mm^2 と低い値の箇所が確認されたが設計基準強度 6N/mm^2 は超過しており一定の品質は確保できた。今回試験施工を実施した各水準では品質のバラツキは大きくはないが、水準②のように粗石を後に投入する場合は粗石周辺の強度低下の懸念があることから高周波パイプレータ等による入念な締固めが必要である。

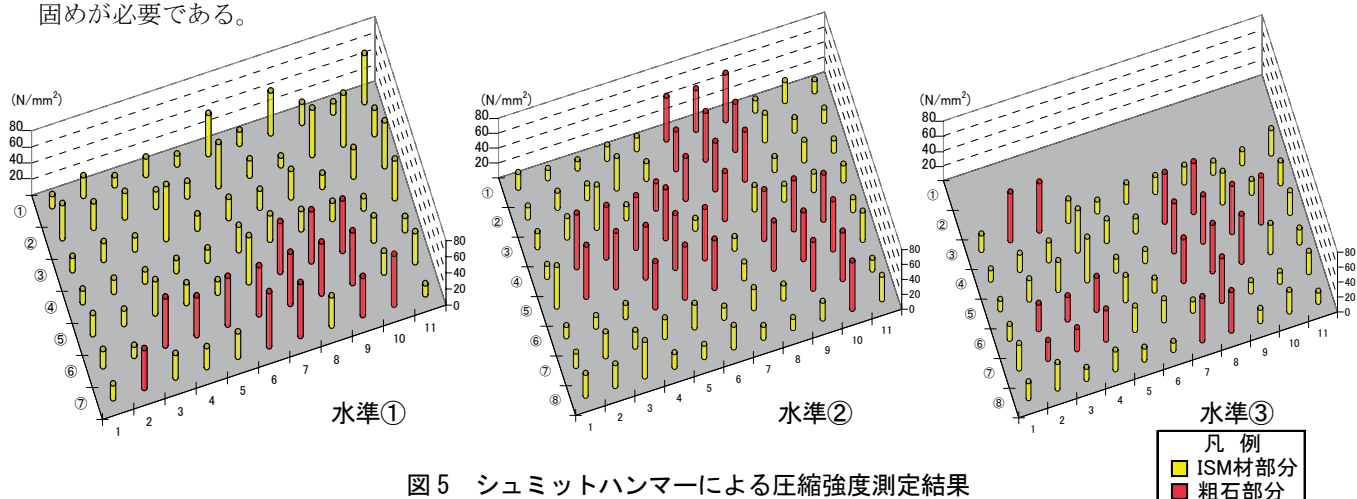


図 5 シュミットハンマーによる圧縮強度測定結果

5. 今後の展望

本研究は、ISM 工法では活用していなかった $\phi 300\text{mm}$ 以上の粗石の積極的活用を期待して実施した。粗石 ISM の試験施工を通じて施工性・品質・経済性の面で有意であることが確認された。一方、現場での安全性や日打設量などの施工管理項目についてはデータが得られていない。よって、今後は実施を行うなど、更なる品質・施工性の向上とともに屋外試験では確認できなかった工程・安全管理に関するデータの蓄積が望まれる。本研究にあたり、現地発生土砂を提供いただいた国土交通省福井河川国道事務所に謝意を表します。

【参考文献】1) 砂防ソイルセメント設計・施工便覧 平成 23 年 10 月、2) 現位置攪拌混合固化工法 (ISM 工法) 設計・施工マニュアル第 1 回改定版 平成 19 年 3 月