

新粗石コンクリート工法の分析及び検討結果について

北陸地方整備局湯沢砂防事務所 調査課 石塚 清一

1. はじめに

砂防事業では、砂防堰堤や床固工などの砂防構造物を築造する際、必然的に掘削土砂（現場発生土）が発生し困窮している。湯沢砂防事務所では現場発生土の処分量を少なくするための方策として、INSEM 工法による床固工の施工を積極的に進めてきたが、振動ローラ（4 t 級）による転圧締固めでは、粒径 80mm 以下の現場発生土しか利用できないことから、それ以上の発生土を利用してリサイクルの推進及びコスト縮減を図るため、新粗石コンクリート工法の開発に取り組んできた。

新粗石コンクリート工法とは、現場発生土のうち、INSEM 工法で利用できない粗石をバックホウ等で型枠内部に投入し、粗石間に高流動性コンクリートを流して構造物を構築する、締固め不要の工法を言う。

本論文は、新粗石コンクリート工法を汎用性のある工法として確立するため、品質の確認、課題の改善等に対する検討を行った結果について報告するものである。

2. 新粗石コンクリート工法の施工順序

本工法は、以下の順序で施工する。（図 - 1）

床堀で発生した土砂をスケルトンバケット付きバックホウ等で選別する。

抜型枠内部にバックホウ等で選別した粗石を投入する。

高流動コンクリートを充填する。

硬化後型枠を抜き取り、養生を行う。

以上を繰り返しながら構造物を構築していく。

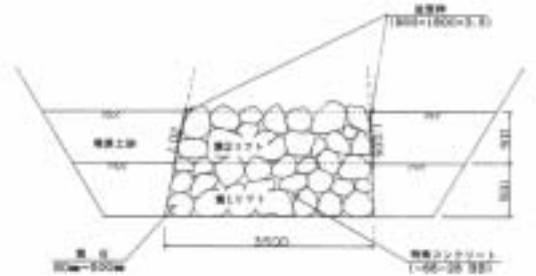


図 - 1. 施工断面図

3. 新粗石コンクリートの充填コンクリート規格

新粗石コンクリートの充填コンクリートの規格を表 - 1 に示す。高性能減水剤を使用して流動性を高めているため、スランプ管理ではなく、フロー値によって管理することとした。

種別	区分	呼び強度	フロー値 (cm)	空気量 (%)	最大骨材寸法 (mm)	W/C (%以下)	単位セメント量 (kg/m ³)	セメントの種類	混和剤
コンクリート	規格外品	-	65	3.0	25	60	430	BB (高炉B)	高性能減水剤

表 - 1. 充填コンクリートの規格

4. 新粗石コンクリート工法の効果

新粗石コンクリート工法による発生残土量の低減とコスト縮減について、試算した結果を表 - 2 に示す。

発生残土量については、新粗石コンクリートにより施工が行われる体積の約半分が粗石であり、この分が低減される。

コスト縮減については、従来工法（コンクリート）の “18,000 円/m³” に対し、新粗石コンクリート工法はコンクリートの使用量が減る関係から、“約 12,000 円/m³（無洗浄）” となり、35%のコストが縮減できる。

従来工法（コンクリートによる施工）	
発生残土の低減	-
施工単価（直工）	約 18,000円/m ³

新粗石コンクリート工法	
発生残土の低減	施工体積の約半分の現場発生土が低減される。
施工単価（直工）	約 12,000円/m ³ （コスト縮減率35%）

表 - 2. 発生土量及びコスト縮減

5. 新粗石コンクリート工法の現時点における課題

本工法は現場発生土を有効に利用でき、コスト縮減が図れるなど、多くのメリットがある一方、確認すべき課題が残っており、その課題について整理する。

- 1) 配合：充填コンクリートの配合（骨材分離や充填性の検証）
- 2) 強度： 無洗浄骨材、洗浄骨材における圧縮強度の確認（コンクリートと粗石の密着性の確認）
骨材投入率を規定する必要性の有無の検証
粗石の岩質や、細粒分の付着度による強度変化の検証

6. 調査試験内容及び結果

これらを確認するにあたり、岩質や細粒分の付着度の異なる2箇所の現場から発生土を採取して、表-3の試験を実施した。

表-3 試験実施数

項目	内容	数量	備考
粒度試験		2試料	姥沢川・横倉沢各1試料
試験体作成	鋼製枠 1.5×1.5×1.2m	2体	姥沢川・横倉沢試料使用
コア採取	150×2000mm	3本	姥沢川(既設堤体・試験体) 横倉沢(試験体)
一軸圧縮試験	150×300mm	9本	姥沢川(既設堤体・試験体) 横倉沢(試験体)
一軸圧縮試験	300×600mm	16本	供試体パターンは表-5

【各発生土の物理特性等】

各発生土の岩質

写真-1は、各発生土中の粗石の状況である。岩質等については以下の通りである。

姥沢川：花崗岩起源の粗石主体。粗石表面の細粒分付着量は少ない。

横倉沢：凝灰岩起源の粗石主体。粗石表面には細粒分が多量に付着。



写真-1 粗石の状況

粒度特性

- ・ 図-2は、現場において室内試験用に採取した80~100mmの発生土を選別したものの粒度分布である。
- ・ 細粒分含有率は姥沢川1.7%、横倉沢2.5%
- ・ 横倉沢試料は脆弱な岩質のため、試験時に細粒化している。
- ・ 姥沢川試料は細粒化は起こっていない。

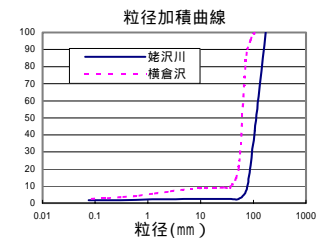


図-2 発生土の粒度分布

物理特性

- ・ 横倉沢は姥沢川に比べて粗石の比重は軽く、吸水率が高い（表-4参照）。これは姥沢川に比べて岩質が脆いことを示す。

表-4 発生土の物理特性

項目	仕様	姥沢	横倉
比重	表乾状態	2.66	2.35
	絶対状態	2.62	2.21
吸水率(%)	-	1.52	6.56
細粒分付着率(%)	無洗浄	1.06	14.2
	洗浄	7.44	-

細粒分付着率(%)=付着細粒分乾燥質量/粗石絶対質量

【充填性と密着度の確認（目視）】

締固めを行わず施工したコンクリートの、充填性や骨材分離の有無の確認、及び骨材との密着性を確認した。

姥沢川既設床固工（施工後1年経過）

既設床固工と同様に作成した試験施工体2点

（姥沢川及び横倉沢の両発生土使用）

からコア（150mm）を採取し、目視で確認した。

コア観察では、既設堤体・現場試験体共に充填状況は良好であり、充填コンクリート骨材（max 25mm）も満遍なく行き渡り、未充填箇所も見られなかった。密着度については、各コアとも概ね良好であったが、一部、コンクリートと骨材間に隙間が見られ、細粒分の付着が多い場合は密着度低下が懸念されることが判明した。



写真-2 採取コアの状況

【圧縮強度試験】

試験としては、前項の現場採取コア（150×300mm 使用粗骨材 80～500mm）と、室内試験での作製供試体（300×600mm 使用粗骨材 80～100mm）を使用して、表 - 5 のとおり圧縮強度試験を実施した。コア径を 150mm と 300mm にしたのは、現場試験体のコアに対して粗石の大きさが大きすぎるため比較の意味で行った。

表 - 5 一軸圧縮試験パターン

	試料採取地	試験区分	最大使用骨材径 (mm)	供試体径 (mm)	骨材充填率 (%)	洗浄度
一軸圧縮試験	姥沢川	既設堤体コア	500	150×300	60	無洗浄
		試験体コア			60	
		作製供試体	100	300×600	40	洗浄
					60	
					40	無洗浄
					60	
	横倉沢	試験体コア	500	150×300	60	無洗浄
		作製供試体	100	300×600	60	洗浄
						無洗浄

洗浄度の違いは、以下のようなものである。

洗浄：粗石を洗浄して使用したもの

無洗浄：現場で採取したままの粗石を使用したもの

どぶ付け：無洗浄粗石に人工的にさらに細粒分を表面に塗布したもの

なお、室内作製供試体（粗骨材 80～100mm を

使用）では、充填コンクリートが入っていかず、充填不能であり、粗骨材をカットした等価モルタルで充填を行った。

圧縮試験結果を図 - 3,4,5 に示し、課題に対する傾向を、以下に整理した。

- 1) 礫容積率の変化に対する圧縮強度の差は見られない。
- 2) 現場での礫容積率は約 56%、室内試験における実績も同程度である。
- 3) 粗石を緩く詰める方が難しく、強度差も見られないことから、粗石充填率を規定する必要性は無いと判断された。
- 4) 洗浄度の違いによる強度は姥沢川試料の強度を比較すると、洗浄試料約 27N/mm²、無洗浄試料約 18N/mm²、どぶ付け試料約 10N/mm² と明らかに大きな差がある。
- 5) 骨材の違いによる差は洗浄試料であっても、姥沢川約 27N/mm² 程度に対し、横倉沢は 18N/mm² 程度と強度差はあるが、岩質の良くない骨材でも、洗浄すれば通常のコンクリートと同程度の強度は期待できる。
- 6) コア径による違いは、作製供試体の充填コンクリートが等価モルタルであるので、一様な比較は出来ないが、作製供試体に比べて試験体コアは 10N/mm² 程度高めの値となっている。これは供試体径に対して、入っている礫径が大きく、高めの値が出ているものと考えられる。
- 7) 材令の違いによる強度は、姥沢川の既設堤体と、現場試験体で比較した。材令 28 日と 1 年を比較した結果、約 1.6 倍の強度増進が見られた。

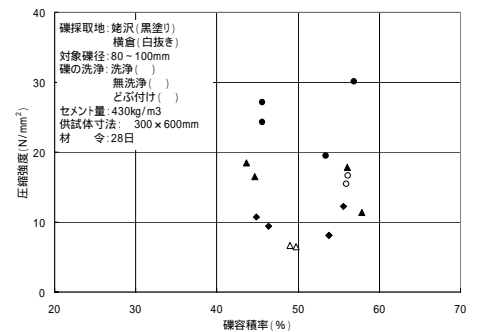


図 - 3 洗浄度別の礫容積率と圧縮強度の関係

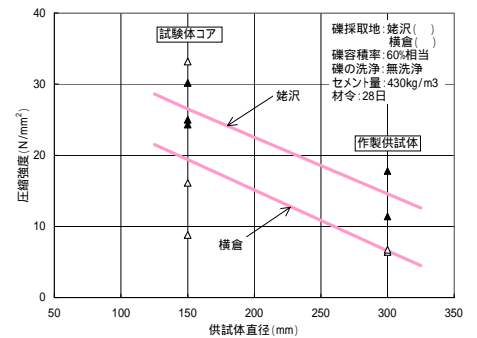


図 - 4 発生土別の供試体直径と圧縮強度の関係

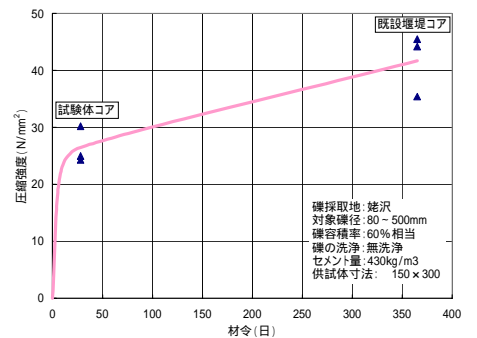


図 - 5 材令と圧縮強度の関係

7. 新粗石コンクリート工法の今後の適用方針（試験結果より）

【充填コンクリートについて】

採取コアの観察より、コンクリート充填状況は良好で骨材分離も見られなかったことや、洗浄粗石で充填性に問題がなければ材令 28 日で圧縮強度は 18～27N/mm² を得られたことから、現行の配合・施工方法で問題ないと判断した。また、現行の使用粗石最小径（≧80mm 以上）についても、室内試験ではそれらの径のみを選別して使用したことから、充填時に目詰まりを起こして充填に失敗したが、砂防工事の現場においては粒度分布がそのように偏る状況の方が希であるため、大きな粗石と小さな粗石が混在する状況であれば、粗石間の空隙は充分確保されることにより、目詰まり無く充填されるため、問題はないと判断した。

【新粗石コンクリート工法の適用方針】

無洗浄粗石使用の発現強度により使用方法は様々に考えられるが、ここでは 2 地点の試験結果より、基本的な本工法の適用方針を整理した（図 - 6）。

まず供試体を作製し発現強度を把握する。次に、

1) 発現強度が施設の要求強度を充分満足する場合や、要求強度がさほど必要ない施設、部位には、無洗浄粗石の使用を前提とする。

2) 洗浄すれば要求強度を満足する強度が得られる場合や、外力が作用する部位等

でコンクリートと粗石の一体性が特に重要になる場合には、洗浄粗石またはコンクリートを使用して対応する。外部のみ洗浄粗石を使用することが困難な構造の場合、内・外部とも洗浄粗石を使用することも考える。

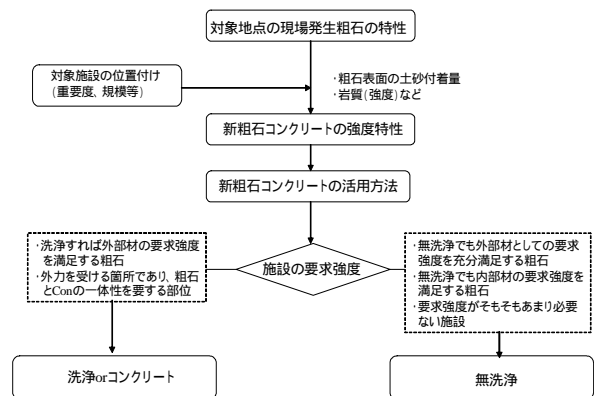


図 - 6. 新粗石コンクリート適用の基本的考え方

8. 今後の課題

無洗浄粗石をそのまま使用できるかは、各現場発生土の岩質や細粒分付着率に影響されるため、対象箇所毎の材料調査を行い、更なるデータの収集、蓄積を行い、洗浄して使用するか判断するための基準的な試験の確立が必要である。但し、これについては、現行の圧縮強度による評価方法で良いのか、付着応力を測定する試験方法を考えて、それらで評価するのか、今後も検討が必要である。埋戻しラインよりも上の部分について、自立式型枠ブロック等を使用すれば新粗石コンクリート工法を採用できる。通常のコンクリートが良いのか新粗石コンクリート工法が良いのか施工手間やコスト面等を踏まえ検討していく必要がある。

掘削残土を可能な限り少なくするため、粗骨材の最大粒径がどの大きさまで使用可能かについて使用する機械の組み合わせとコストの面から検討する必要がある。

9. おわりに

今回の検証により、新粗石コンクリート工法は品質的に問題ないと証明されたと考えている。今後は残された課題について、取り組むこととし、引き続き検討を続けていきたい。

最後に、本報告にあたってご協力頂いた関係者各位に深く御礼申し上げます。