

コンクリート再生骨材の路床排水及び遮断排水への適用について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○三田村 宏二
熊谷 政行
安倍 隆二

セメントコンクリート再生骨材を路床排水および遮断排水に試験的に使用し、実際の適用に際しての問題点について検証した結果について報告するものである。また、寒地土木研究所の施設内にセメントコンクリート再生骨材も用いて構築した路盤および凍上抑制層に着目し、約15年経過した調査結果についても併せて報告する。

キーワード：リサイクル、建設副産物、コンクリート再生骨材、路床排水

1.はじめに

建設副産物の再生利用に関しては、資源の有効利用、環境の保全といった環境問題を視点とした高い社会的要請がある。北海道地方における目標値の設定や行動計画を加えた独自の推進計画として、「北海道地方建設リサイクル推進計画 2008」¹⁾が平成20年4月に策定されている。平成24年度におけるコンクリート塊の再資源化率の達成目標値は98%以上とされているが、平成20年度の実績では、96.8%となっており、目標値の達成に向けてはコンクリート再生骨材のさらなる利用が望まれている。

「北海道開発局 道路設計要領」において、コンクリート再生骨材の道路施設等への適用については、主に下層路盤材、凍上抑制層に使用され、路床排水および遮断排水は適用外となっている。適用外としている理由は、過年度の試験施工の結果、コンクリート再生骨材を路盤・凍上抑制層に使用した場合、コンクリート再生骨材の固結が進行し、透水係数が長期的に確保できない懸念が生じたことから、適用範囲から除外した経緯がある。以上の理由から本調査ではセメントコンクリート再生骨材を路床排水および遮断排水に試験的に使用し、実際の適用に問題がないかを検証した結果について報告する。また、寒地土木研究所の施設内にセメントコンクリート再生骨材を用いて構築した路盤および凍上抑制層に着目し、約15年経過した調査結果についても併せて報告する。

2.1 試験施工（深川留萌自動車道）

(1)試験概要

試験施工は深川留萌自動車道の工事用道路で実施した（写真-1）。路床排水および遮断排水への適用

を検討するために設定した工区を表-1に示す。セメントコンクリート再生骨材および通常骨材に使用した材料は、80m/m級、40m/m級の粒度を用い、試験施工を実施した。縦断勾配は15.1%であり、急勾配となっている。路床排水に流入した水の流末処理は、河川に流している。図-1に路床排水の断面図、写真-2に施工断面を示す。現場透水試験（変水位法）²⁾を行うため、通常の路床排水の断面と比較し、深さを20cm厚くした断面となっている。

表-1 試験施工の工区

工区	1工区	2工区	3工区	4工区
使用骨材	通常骨材	通常骨材	セメント コンクリート 再生骨材	セメント コンクリート 再生骨材
骨材の粒度 (m/m)	80~0	40~0	80~0	40~0
工区延長(m)	5.0	5.0	5.0	5.0



写真-1 試験施工箇所の全景

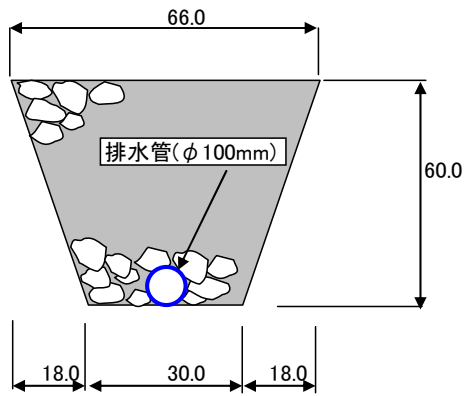


図-1 路床排水の断面図および施工状況



写真-2 路床排水の施工断面



写真-3 現場透水量試験（変水位法）



写真-4 現場透水量試験（舗装用透水試験器）

(2)調査項目

調査内容は主に表-2 に示す調査項目について実施した。調査は主に路床排水の透水能力に着目し実施した。変水位法による調査（写真-3）および現場透水量試験器を用いた現場透水量試験³⁾（写真-4）等を行い、評価した。

(3)調査結果（深川留萌自動車道）

現場透水量試験結果を図-2 に示す。各工区とも施工直後に比べて施工後 10 ヶ月が経過した後は透水係数が少なくなり、透水能力は低下した。地盤工学会が発刊している「地盤材料試験の方法と解説」を抜粋した図-4 によると、通常骨材を使用した 1 工区(80m/m 級)、2 工区(40m/m 級)の施工直後の透水係数は 10^{-1} (cm/s) のオーダーであり、透水性は高い。しかしながら、施工 10 ヶ月後の透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-3}$ (cm/s) のオーダーであり「中位」となっている。

施工直後のセメントコンクリート再生骨材を用いた 3 工区(80m/m 級)、4 工区(40m/m 級)の透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2}$ (cm/s) のオーダーとなっており透水性は「高い」～「中位」の範囲であった。施工 10 ヶ月後のセメントコンクリート再生骨材については、3 工区(80m/m 級)において地下水位が高く、測定が出来なかった。一方、4 工区(40m/m 級)では 10^{-3} (cm/s) のオーダーであり、中位の透水性を示した。

表-2 調査項目

調査項目		調査時期	備考
締め固めた地盤の透水試験	JIS A 1218	施工直後、	
現場透水試験（変水位法）		施工 10 ヶ月後	
現場透水量試験 （舗装用透水試験器）	（社）日本道路協会 舗装調査・試験法便覧	施工直後、 施工 10 ヶ月後	排水性舗装の現場 透水量試験法
ふるい分け試験	JIS A 1102 準拠	施工直後、 施工 10 ヶ月後	

路床排水の流末の状況を写真-5 に示す。セメントコンクリート再生骨材を使用した流末および通常骨材を利用した流末は、水が流れており、透水能力を有していた。また、流末の法面は排水の影響で、どちらの工区も洗掘されていた。

排水性舗装の現場透水量を測定する試験装置を用い、路床排水の上面部において現場透水量試験を実施した。試験結果を図-3 に示す。通常骨材を使用した 1 工区および 2 工区では施工直後と施工後 10 ヶ月が経過した後も透水量にはあまり変化がなく同等の値を示していた。セメントコンクリート再生骨材を使用した 3 工区および 4 工区では、施工直後は比較的良好な結果を得られた。しかしながら、施工後 10 ヶ月の現場透水量試験は、現場透水量試験器の横から水が溢れ、試験を行えなかった。試験は実施できなかったが、路床排水の上面に溜まった水は、時間の経過に伴い浸透し、透水能力を有していた。相対的な比較となるが、セメントコンクリート再生骨材の透水係数は通常骨材より低いことが確認できた。



写真-5 流末状況 (左:再生骨材 右:通常骨材)

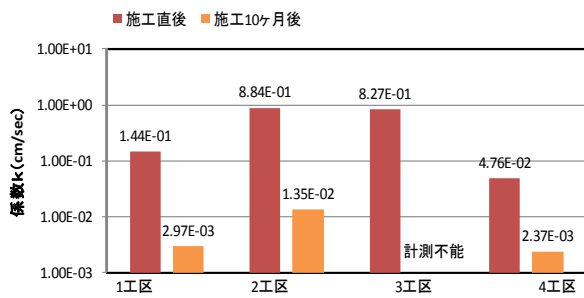


図-2 変水位法による透水係数

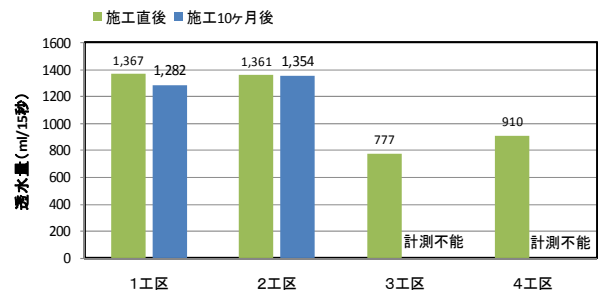


図-3 舗装用透水試験器による現場透水量

		透水係数 k (cm/s)											
		10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²
透水性		実質上不透水		非常に低い	低い		中位		高い				
対応する土の種類		粘性土 (C)	微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土 (SF) [S-F] (M)			砂および礫 (GW) (GP) (SW) (SP) (G-M)			清浄な礫 (GW) (GP)				
透水係数を直接測定する方法		特殊な変水位透水試験	変水位透水試験			定水位透水試験			特殊な変水位透水試験				
透水係数を間接的に推定する方法		圧密試験結果から計算	なし			清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算							

図-4 透水性と試験方法の適用性²⁾

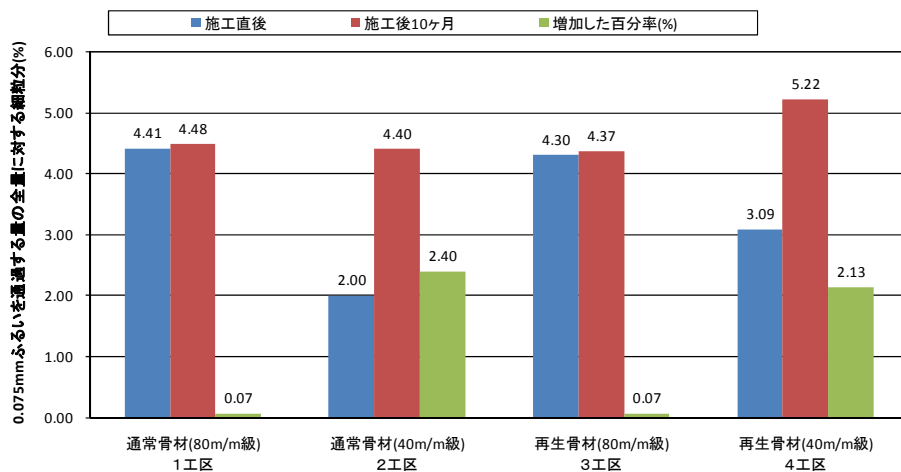


図-5 細粒分 (0.075mmふるい通過量) の経年変化

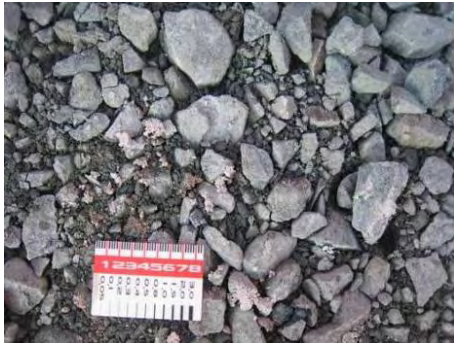


写真-6 1 工区 通常骨材(80m/m 級)



(左：施工直後 右：施工 10 ヶ月後)



写真-7 2 工区 通常骨材(40m/m 級)



(左：施工直後 右：施工 10 ヶ月後)

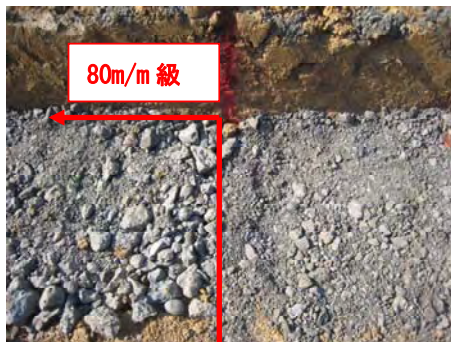


写真-8 3 工区 再生骨材(80m/m 級)



(左：施工直後 右：施工 10 ヶ月後)



写真-9 4 工区 再生骨材(40m/m 級)



(左：施工直後 右：施工 10 ヶ月後)

施工直後と施工後 10 ヶ月が経過した骨材の状況を写真-6～9 に示す。施工直後の通常骨材を使用した 80m/m 級、40m/m 級は骨材が粗く、骨材表面にはあまり細粒分は目立たない。10 ヶ月経過後の通常骨材には細粒分(0.075mm ふり通過量)が付着しているのが分かる(写真-6、写真-7)。施工直後のセメントコンクリート再生骨材を使用した工区では、表面の状況は通常骨材と比較し、40m/m 級の粒度は細

かく、80m/m 級は通常骨材と同程度の粒度に見える(写真-8、写真-9)。施工 10 ヶ月経過後の 80m/m 級のセメントコンクリート再生骨材の表面部は固結が進行している状況であった(写真-8)。ただし、細粒分(0.075mm ふり通過量)の増加量は、通常骨材の 80m/m 級～0.07%、40m/m 級～2.40%であり、再生骨材は 80m/m 級～0.07%、40m/m 級～2.13%となり、同じ最大粒径で比較すると同程度であった(図-5)。

2.2 試験施工（石狩吹雪実験場）

(1) 試験概要

調査試験は、石狩吹雪実験場（寒地土木研究所）の通用路で実施した。表-3 に示すように 2 箇所の試験施工断面に対して行った。施工は平成 7 年度に行っており、約 15 年が経過している。セメントコンクリート再生骨材と通常骨材の最大粒径は 40mm と 80mm を用いており、コンクリート再生骨材の混合率は 50% となっている。また、使用した材料の粒度分布を図-6、図-7 に示す。凍上抑制層に使用した 80mm 級のセメントコンクリート再生骨材は粒度範囲内に入っており、規格値を満足している。下層路盤に使用した 40mm 級についても通常骨材、セメントコンクリート再生骨材ともに粒度範囲内に入っており、規格値を満足している。

(2) 調査内容

調査内容は表-4 に示す調査項目について実施した。調査項目は、現場透水試験（変水位法）と現場透水量試験を実施した。

(3) 調査結果（石狩吹雪実験場）

現場透水試験（変水位法）の試験結果を図-8、現場透水量試験の結果を図-9 に、セメントコンクリート再生骨材の状況を写真-10~13 に示す。下層路盤については、セメントコンクリート再生骨材と通常骨材はそれぞれ 1 箇所実施したが、セメントコンクリート再生骨材は 10^{-1} (cm/s) のオーダーであり、通常骨材の透水性は良く、測定不能となった。地盤工学会が発刊している「地盤材料試験の方法と解説」の判断基準によると、セメントコンクリート再生骨材の透水性は「高い」と評価できる。なお、セメントコンクリート再生骨材の固化状況については、通常骨材と同程度で進行していなかった。セメントコンクリート再生骨材を用いた凍上抑制層の透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2}$ (cm/s) の範囲であり、透水性は「高い」～「中位」となっており、セメントコンクリート再生骨材の透水能力には問題のない結果となった。凍上抑制層に使用したセメントコンクリート再生骨材の固結状況については、固化が進行し、硬くなっていた。バックホウでは再生材を開削しにくい状況であった（写真-12、写真-13）。セメントコンクリート再生骨材の含水比を比較すると、路盤材 6.0%、凍上抑制層 8.5% であり、含水比の高い凍上抑制層は固化しやすい環境であったことによると推察される。また、施工後 2 年経過時の含水比と今回のデータを比較するとほぼ変わらない値を示した。

表-3 試験施工の工区

工区	1工区		2工区		
使用骨材	セメント コンクリート 再生骨材	通常骨材	通常骨材	セメント コンクリート 再生骨材	
骨材粒度	40mm級	砂	40mm級	80mm級	
使用箇所	下層路盤	凍上 抑制層	下層路盤	凍上 抑制層①	凍上 抑制層②

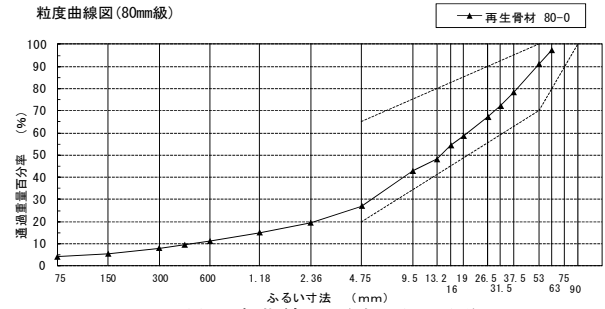


図-6 骨材粒度曲線図（凍上抑制層）

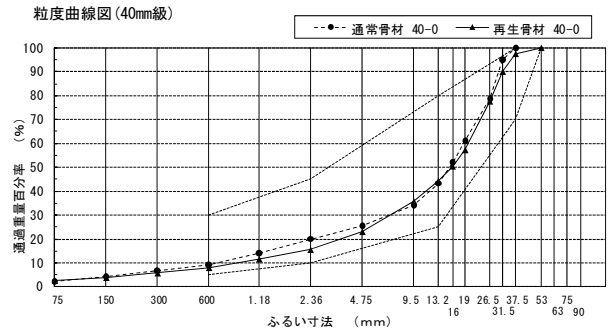


図-7 骨材粒度曲線図（下層路盤）

表-4 調査項目

調査項目		調査時期	備考
締め固めた地盤の透水試験	JIS A 1218	施工15年後	
現場透水試験（変水位法）			
現場透水量試験 （舗装用透水試験器）	（社）日本道路協会 舗装調査・試験法便覧	施工15年後	排水性舗装の 現場透水量試験法

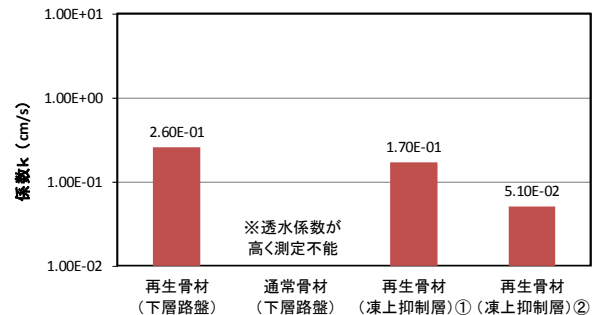


図-8 変水位法による透水係数

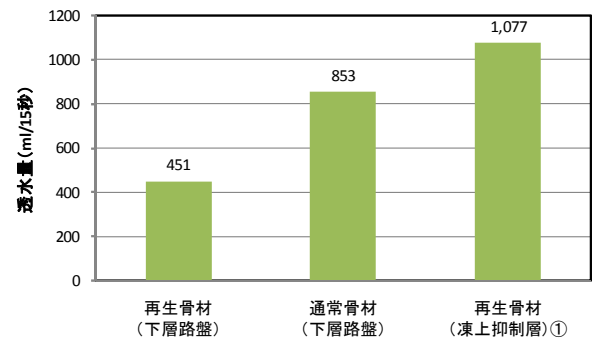


図-9 舗装用透水試験器による現場透水量



写真-10 セメントコンクリート再生骨材(下層路盤)



写真-11 セメントコンクリート再生骨材(下層路盤)



写真-12 セメントコンクリート再生骨材(凍上抑制層)



写真-13 セメントコンクリート再生骨材(凍上抑制層)

3.まとめ

深川留萌自動車道の工事用道路における路床排水および遮断排水への適用に関する試験施工、石狩吹雪実験場での路盤および凍上抑制層に使用したセメントコンクリート再生骨材の試験施工から得られた結果を次に示す。

(1) 深川留萌自動車道

- ①セメントコンクリート再生骨材(40m/m 級)を使用した施工 10 ヶ月後の透水係数は、施工直後と比較し、透水係数は低下しているが、 10^{-3} (cm/s)のオーダーの透水係数を確保している。この透水係数は中位の透水係数の評価であり、砂および礫の透水係数と同等である。また、通常骨材の透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-3}$ (cm/s)のオーダーであるので、セメントコンクリート再生骨材は同レベルの透水性能を有している。
- ②セメントコンクリート再生骨材を使用した路床排水の流末を観察した結果、排水パイプから水が流れていることが確認された。また、通常骨材も同様に透水能力を有していた。
- ③排水性舗装で用いる現場透水量試験器を使用し透水能力を評価した結果、セメントコンクリート再生骨材は通常骨材と比較し、透水能力は低いが、水を浸透する能力は有している。

(2) 石狩吹雪実験場

- ①セメントコンクリート再生骨材を下層路盤および凍上抑制層に使用した箇所において透水係数を調査した結果、良好な透水性を確保することができた。また、凍上抑制層は固化していたが、透水係数には影響を与えなかった。
- ②セメントコンクリート再生骨材を下層路盤および凍上抑制層に使用した箇所において現場透水量試験を実施した結果、施工後15年が経過していても良好な透水量を確保することが出来ていた。

4. 考察

深川留萌自動車道および石狩吹雪試験場(寒地土木研究所)の試験施工区間における現場透水試験(変水位法)結果から判断すると、セメントコンクリート再生骨材は通常骨材と比較し、透水能力は低くなるものの、路床排水および遮断排水への適用は可能と判断できる。また、路盤材、凍上抑制層への使用に際しての問題点もなく、適用に関して問題はないと思われる。今後はフォローアップ調査を行い、透水能力の長期持続性を確認する予定である。なお、本調査結果を基に北海道開発局 道路建設課および道路維持課から、事務連絡「コンクリート再生骨材の路盤材等への利用の運用について」(H22. 10. 20)が示され、セメントコンクリート再生骨材を路床排水および遮断排水等に適用することが可能となった。

参考文献

- 1) 北海道地方建設副産物対策連絡協議会：北海道地方建設リサイクル推進計画2008
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説
- 3) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧