

寒冷地の暗渠排水溝に施工する粗粒材料の耐久性に関する一考察

Durability of coarse grain soils for backfill materials of underdrainage in cold region

土木研究所 寒地土木研究所 ○正 員 小野寺康浩 (Yasuhiro Onodera)
新津 由紀 (Yuki Niitsu)

1. まえがき

国内最大の農業地帯を有する北海道には、土地改良事業などによって暗渠排水¹⁾の整備が必要な農耕地が多い。暗渠排水の施工では、掘削溝に有孔の排水管を敷設し、排水管の側部および上部に疎水材²⁾と呼ばれている高透水性の材料が埋め戻される。暗渠排水は作物の良好な生育環境のみならず、農作業の環境改善も目的としており、農耕地の区画規模が大きい北海道では、降雨や融雪後の作業機械の地耐力を確保するうえで重要な役割を担っている。

近年、従来よりも排水性の向上を図るため、碎石や火山礫などの粗粒な土質材料を暗渠排水溝に施工する事例が増えている。一方、これらの粗粒材料は地下浅部におかれるものの、凍結融解あるいは乾燥湿潤に対する耐久性を検討した事例は少ない。

そこで本論では、暗渠排水に用いる粗粒材料の耐久性に関する基礎資料を得るため、凍結融解や乾燥湿潤の繰返し後の性状変化を検討した。

2. 試料と試験方法

寒冷地の暗渠排水溝に施工する材料の耐久性の検討では、まず凍結融解に対する評価が重要である。さらに農耕地は耕起などで毎年表層部を掘り起こすため、乾燥することも考慮する必要がある。

凍結融解と乾燥湿潤の繰返しを与える試験をそれぞれ行い、暗渠排水溝に施工する粗粒材料の物理的性質や強度の変化を調べた。

2.1 試料

試験には北海道内の暗渠排水で施工実績が多い碎石と火山礫の2試料を用いた。これらの試料は、北海道中央

表-1 試料の基本的性質

試料	碎石	火山礫
最大粒径 $D_{\max}$ (mm)	26.5	37.5
礫分 (%)	98.8	50.3
砂分 (%)	1.2	45.0
細粒分 (%)	0	4.7
土粒子の密度* ρ_s (g/cm ³)	2.717	2.876
コンシステンシー	NP	NP
自然含水比 w_n (%)	1.0	44.9
地盤材料分類	GP	GVS

* JIS A 1202 による

部の土取場から採取したものである。

試料の基本的な性質を表-1に示す。碎石は、砂岩を母岩とする呼び径 5-25mm に分級調整したもので、その粒度組成の大半は礫分で構成されている。火山礫は、降下テフラの火山噴出物を呼び径 40mm ふるいを通過させ最大粒径を調整したものであり、礫分と砂分の含有率が多く、細粒分の含有率は少ない。

表-2に試料の密度、吸水率などを示す。表の値は、碎石は呼び径 5-25mm、火山礫は呼び径 0-40mm の全粒径を対象として求めたものである。初期状態における吸水率は、碎石は約 1%と小さく、火山礫は約 84%と大きく多孔質である。

表-2 試料の密度、吸水率

試料	碎石	火山礫
表乾密度 (g/cm ³)	2.660	1.360
絶乾密度 (g/cm ³)	2.620	0.740
吸水率 (%)	1.2	83.9
有効間隙率 (%)	3.1	61.9
$E_c=100\%$ での乾燥密度 (g/cm ³)	1.578*	0.876**

* JIS A 1210 のB-c法の締固めエネルギー(E_c)にて w_n の試料で求めた

** JIS A 1210 のB-c法による

2.2 試験方法

(1) 凍結融解の繰返し試験

暗渠排水溝に埋め戻される粗粒材料は、締固めは行わず敷均し程度の状態で施工される。供試体作製では、直径 15cm、高さ 12.7cm の鋼製モールドに試料を3層に分けて敷き均し、とくに締固めは行わないでルーズな状態に仕上げた。供試体上部には CBR 試験に準じて 5kg の有孔板を設置し上載荷重を負荷した。4日間 (96時間) の水浸後、-5℃で24時間の凍結、20℃で24時間の融解を与え、これを1サイクルとして凍結融解を20サイクルまで行った。凍結温度については、農耕地の地温が冬期に-5℃程度まで低下している観測結果³⁾を参考に設定した。

凍結融解 0、10、20 サイクルにおいて、粒度、吸水率、CBR 貫入強さなどを測定した。繰返しサイクルの過程で生じる供試体の軸ひずみを把握するため、0 ~ 20 サイクルの鉛直方向の変位量を有孔板を介して測定した。

(2) 乾燥湿潤の繰返し試験

前項(1)と同じ方法で供試体を作製し、4日間(96時間)の水浸後、60℃で24時間の乾燥、水温20℃で24時間の水浸を繰返し、20サイクルまで行った。

測定内容は、前項(1)と同様とした。

3. 結果と考察

3.1 粒度

凍結融解の繰返し後の粒度分布を図-1に示す。図には、0サイクル時点(凍結融解前)、10サイクル後、20サイクル後の粒度分布を示している。砕石、火山礫ともに、凍結融解の繰返し後も粒度分布に大きな変化はみられず、凍結融解0～20サイクルでは顕著な細粒化は生じていない。また、乾燥湿潤の繰返しのケースでも、0～20サイクルの範囲では粒度分布に大きな変化は生じていなかった。

これらの結果は、実際の農耕地において、施工後3～9年を経過した火山礫が細粒化していなかった調査結果⁴⁾と一致するものであった。

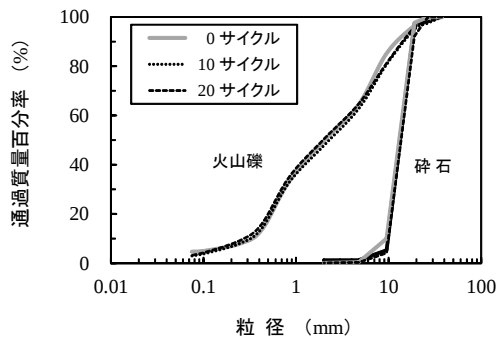


図-1 凍結融解繰返し後の粒度分布

3.2 吸水率

凍結融解の繰返しにともなう吸水率の変化を図-2に示す。吸水率は凍結融解0～20サイクルにおいて、砕石は1.2～1.4%、火山礫は83.9～85.5%の範囲で繰返しサイクルの進行とともに大きくなっている。

乾燥湿潤の繰返しを与えた場合も、凍結融解の繰返しと同様に繰返しサイクルの進行とともに吸水率が大きくなり、図-2と同じ傾向が認められた。

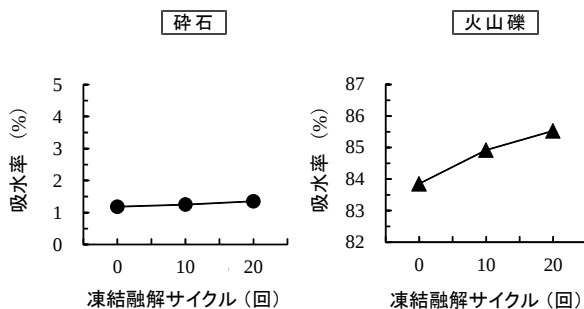


図-2 凍結融解サイクルと吸水率

今回の試験結果から、凍結融解や乾燥湿潤の繰返しにともない、砕石、火山礫ともに徐々に吸水率が大きくなるが、その変化の程度は小さいことがわかった。また、凍結融解と乾燥湿潤の繰返しのそれぞれのケースを比較すると、乾燥湿潤よりも凍結融解の繰返しのほうが、初期状態からの材料物性の変化がやや大きいこともわかった。

3.3 軸ひずみ

図-3に、凍結融解の繰返しにともなう供試体の軸ひずみの推移を示す。砕石、火山礫ともに、凍結融解を与える前の初回の水浸時に大きなひずみが発生し、その後、サイクルが進行するにつれ徐々にひずみが増加している。20サイクル時点における軸ひずみは、砕石は約2%、火山礫は約4%であり、火山礫よりも砕石のほうが小さい。この結果は、砕石を用いた場合のほうが施工後の圧縮や収縮が小さいことを示唆していると考えられる。

図-4は、乾燥湿潤の繰返しによる軸ひずみの推移を示したものである。砕石、火山礫ともに初回の水浸時のひずみが大きく、その後はサイクルの進行とともにひずみが増加している。20サイクル時点の軸ひずみは、砕石は約4%、火山礫は約5%であり、火山礫よりも砕石のほうが小さい。

このような軸ひずみの変化は、施工後における粗粒材料の層厚の変化を予測するうえで参考になるものと考えられる。暗渠排水溝に施工する粗粒材料は盛土工のような締固めは行われないため、施工後の水の侵入の影響や、凍結融解あるいは乾燥湿潤の繰返しなどで、わずかながら少しずつ層厚が減少することが推察される。

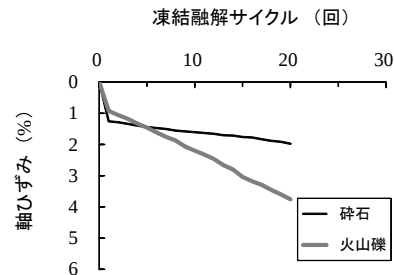


図-3 凍結融解サイクルと軸ひずみ

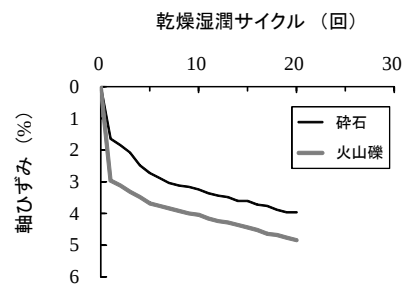
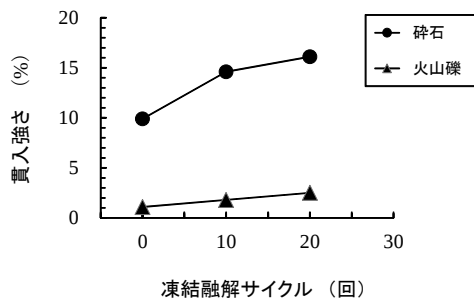


図-4 乾燥湿潤サイクルと軸ひずみ

3.4 貫入強さ

図－5は、凍結融解の繰返し試験を例に、繰返しサイクルにともなう貫入強さの変化を示したものである。碎石、火山礫ともに、凍結融解サイクルの進行にしたがい貫入強さが大きくなることがわかる。このような繰返しサイクルの進行にともなう貫入強さの増加は、乾燥湿潤の繰返し試験のケースも同様であった。

図－5の結果は、前節3.3で示した繰返しサイクルの進行とともに軸ひずみが増加すること、すなわち凍結融解の繰返し履歴などを受けるとしだいに密な状態に移行することと符合している。碎石、火山礫ともに、施工直後よりも層厚が若干減少するものの貫入強さは増加していることから、時間の経過とともに密になり、農作業機械の走行や踏圧に抗する地耐力が向上することを示しているものと考えられる。



図－5 凍結融解サイクルと貫入強さ

4. まとめ

暗渠排水溝に施工する粗粒材料の耐久性に関する基礎検討の一環として、碎石と火山礫を試料に用い凍結融解

や乾燥湿潤の繰返しを与えた室内試験をそれぞれ実施した。試験結果をまとめると以下のようなものである。

- (1) 碎石および火山礫ともに、凍結融解や乾燥湿潤の繰返しを 20 サイクル与えた後の粒度分布に大きな変化はみられなかった。
- (2) 凍結融解や乾燥湿潤の繰返しで生じる軸ひずみは初回の水浸時に顕著に発生し、以降はサイクルの進行とともにわずかに増加した。なお、凍結融解と乾燥湿潤の繰返しのケースともに、軸ひずみの発生は碎石よりも火山礫のほうで大きかった。
- (3) 凍結融解や乾燥湿潤の繰返し後に貫入強さは増加した。これには、凍結融解や乾燥湿潤の繰返しにともないしだいに密な状態になることが影響していると考えられた。

5. あとがき

北海道のような寒冷地では農作業期間が短いため農耕地の排水性の確保がきわめて重要である。今回の試験結果から、碎石、火山礫ともに、凍結融解や乾燥湿潤の繰返し後においても初期の性状をおおむね保持しており、寒冷地の暗渠排水溝に施工する材料として物理的性質や強度の面で良好と判断される。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 計画「暗きょ排水」基準書・技術書，pp.4-7. (2000)
- 2) 同上 1)， p.132.
- 3) 土谷富士夫・松田 豊：畑地の土壌凍結について－寒冷地における凍期の農地工学的研究（Ⅰ）－，農業土木学会論文集，No.110，pp.51-57. (1984)
- 4) 大岸 譲・大深正徳・中谷利勝：火山礫を暗渠疎水材に用いた暗渠の排水機能の持続性，寒地土木研究所月報，No.707，pp.11-17. (2012)