

締固め条件を変化させた試験盛土の凍結融解挙動に関する考察

北見工業大学 大学院 学生員 ○田中悠暉

北見工業大学 工学部 正会員 川尻峻三, 川口貴之, 中村 大, 山下 聡

寒地土木研究所 正会員 橋本 聖

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地での盛土のり面や自然斜面では、融雪期における融雪水によって安定性が低下し、変状・崩壊に至る事例がある¹⁾。しかし、厳冬期から融雪期での盛土内の水分挙動は十分に把握されておらず、のり面の不安定化メカニズムについては不明な点が多い。そこで本研究では、融雪期における盛土のり面の不安定化メカニズムの解明を目的とし、締固め条件を変えた試験盛土に各種計測機器を設置し、凍結および融解時における盛土内の水分挙動と、盛土天端の変位挙動について考察を行った。

2. 試験盛土および計測概要

図1 a), b), c) はそれぞれ本研究で対象とする締固め条件を変えた試験盛土²⁾の平面図、後述する計測機器の設置状況である。試験盛土は北海道東部の美幌町に施工した。試験盛土の仕様は、高さ3.0m、のり面勾配1:1.5、天端幅3.0m、全長39.0mであり、標準的な鉄道単純盛土や道路一般盛土を想定している。盛土中央部(図中の破線)で低密度盛土と高密度盛土に分離している。試験盛土の施工は、仕上がり厚が0.3mとなるように転圧を行った。低密度盛土は試料のまき出し後、バックホウによる1回転圧を行い、高密度盛土は試料のまき出し後、バックホウでの1回転圧と振動ローラーによる4回転圧を行った。計測機器として、土壌水分計、間隙水圧計、凍結深度計が盛土内に設置されている。土壌水分計と間隙水圧計の計測間隔は毎時1回とした。また、凍結深度計による凍結深さの測定、水準測量による盛土天端の変位測定、盛土上の積雪深は、定期的に行った。

3. 計測結果および考察

図2 a), b), c) はそれぞれ試験盛土の外気温と積雪深の変化、低密度盛土における S_r の経時変化、高密度盛土における S_r の経時変化を示している。なお、 S_r は代表的な計測結果として、のり面中腹とのり尻の結果を示している。また、 S_r は土壌水分計から得られる体積含水率 θ とRI計測から得られた乾燥密度 ρ_d の平均値を用いて算出した²⁾。低密度盛土における S_r は12月初めに上昇する傾向にあり、これは外気温が

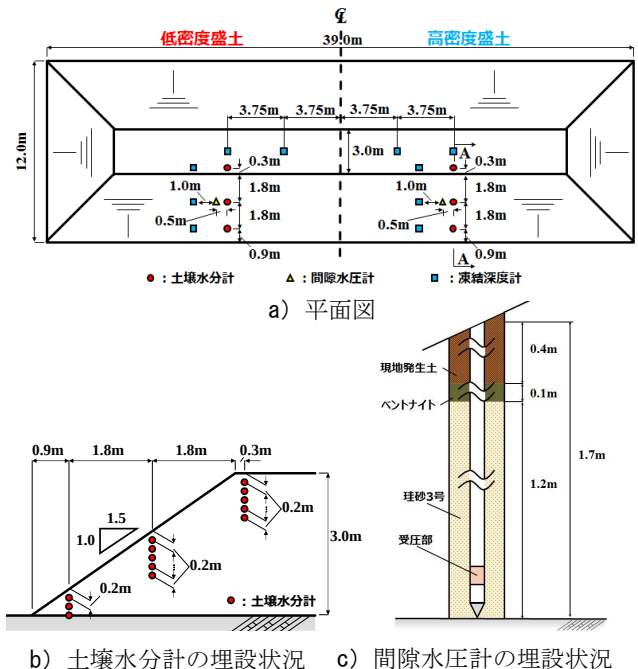


図1 試験盛土概要

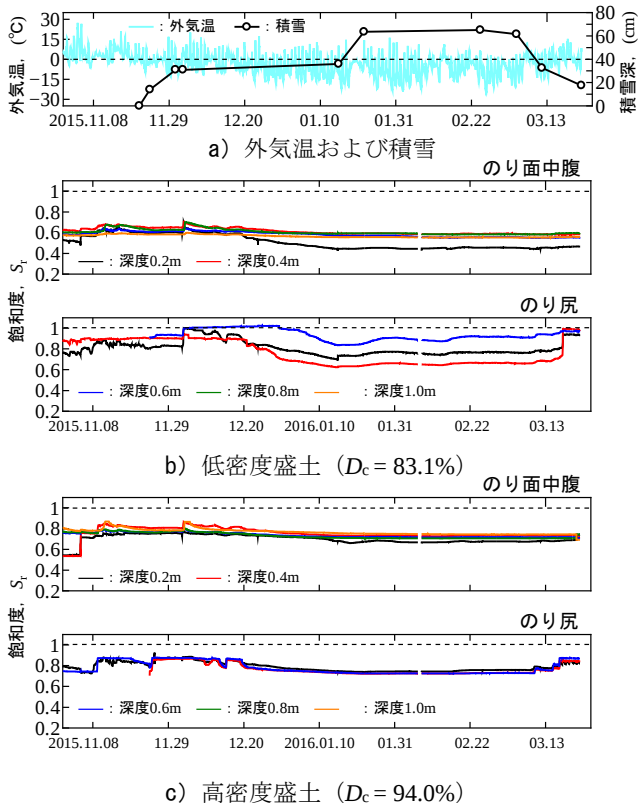


図2 試験盛土の S_r の経時変化

キーワード 盛土, 凍結融解, 水分挙動

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学 TEL:0157-26-9487

0°C を超えたことによる融雪水の影響と考えられる。特にのり尻では、 $S_r = 1.0$ 程度の高飽和度状態となり、水位が形成されていると推察される。しかし、12月初旬以降の外気温が 0°C を下回る日が多くなって融雪水の供給が無い状況では、盛土内の排水が進み、 S_r は低下する傾向にある。また、のり面中腹の深度 0.2m 地点では、盛土内へ寒気が侵入し、 S_r の値が低下する傾向にある。融解期の水分挙動を見ると、のり尻では、積雪が 20cm 程度まで減少した際に、 $S_r = 1.0$ 付近まで上昇していることが確認できる。このことから、のり尻では水位が形成されていると考えられる。

次に、高密度盛土における S_r の変化は、のり面中腹では低密度盛土と同様に 12 月初めの融雪によって S_r が上昇している。しかし、低密度盛土と比較すると、顕著な S_r の上昇傾向は確認できない。これは、高密度盛土は低密度盛土よりも透水係数が低く、土中への融雪水の浸透が困難な状況であったためと考えられる。また、12 月初旬以降には、 S_r は概ね低下傾向にあるが、のり尻では低密度盛土と比較して、 S_r の低下程度は小さい。これは、高密度盛土では密度が大きいことによって保水性が良いためと推察される。融雪期に着目すると、のり尻では、 S_r は上昇しているものの、低密度盛土と比較すると、上昇の程度は低く、 S_r の値も小さい。ここで、図 3 は間隙水圧 u_w の経時変化を示している。凍結期から融解期での u_w の変化は確認できない。このことから、盛土内の水位はのり尻のみで形成されていると判断できる。図 4 a), b) は低密度盛土と高密度盛土の凍結に伴う盛土天端の鉛直変位と凍結深さの変化を示している。なお、本研究で使用した試験盛土に設置している凍結深度計は、北向き方向ののり面に設置している。外気温の低下に伴い凍結深さが盛土内に進行し、最大凍結深さは、盛土天端中央で 30cm 程度、のり肩で 50cm 程度であった。一方で、のり尻では凍結深さの進行がほとんど確認できない。これは、図中の挿絵にあるように、盛土部と積雪の間には空洞があり、この空洞と積雪がより高い断熱効果を発揮したためと考えられる。また、凍結深さの進行に伴い、盛土天端での変位は大きくなり、3 月 22 日時点で低密度盛土では 3~4cm 程度、高密度盛土では 2~3cm 程度となっており、低密度盛土の変位量が大きい結果となっている。この理由は、密度の違いによる透水係数の違いが、凍上・凍結過程に影響を及ぼしていると考えられるが、現在では詳細は不明なため、今後凍上試験を行って変状挙動のメカニズムを検討する予定である。また、のり肩での変位量は北向きほど大きい結果となった。これは北向きのり面ほど凍結深さの進行が顕著となったためと考えられる。

4. まとめ

今回の融雪水の範囲では、のり尻のみで飽和度が上昇し、その傾向は盛土密度の違いによって大きく異なることがわかった。また、凍結期における盛土天端の変位は、高密度盛土と比較して低密度盛土で大きくなり、これは密度の違いによる凍結・凍上挙動を反映している可能性がある。

謝辞：本研究の一部は平成 27 年度道路保全地盤技術向上の調査・研究助成事業助成（公益社団法人 地盤工学会）を受けたものである。試験盛土の施工に際し、美幌貨物自動車 株式会社から多大な協力を得た。また、応用地質株式会社の桃原直也氏、並木久氏、野並賢氏には間隙水圧計を快くご提供頂いた。末筆ながら記して深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 伊東ら：融雪期の道路斜面災害についての考察—国道 230 号を例として—, 日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会平成 25 年度研究発表会講演予稿集, No.33, pp.15-18, 2013.
- 2) 田中ら：締固め条件を変えた試験盛土の降雨前後における S 波速度分布の変化に関する研究, 地盤工学会北海道支部技術報告集, Vol.56, pp.329-338, 2016

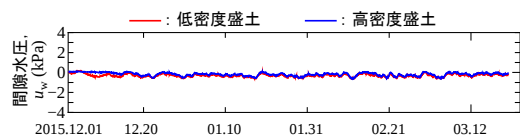
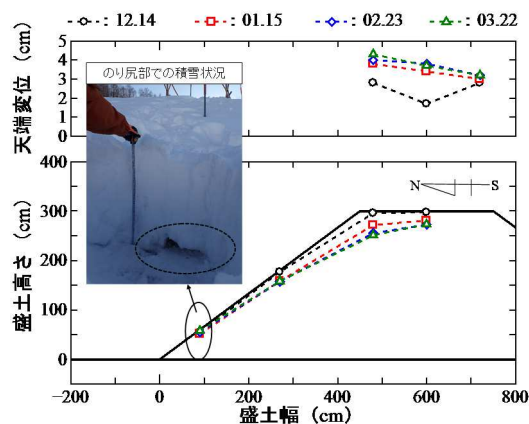
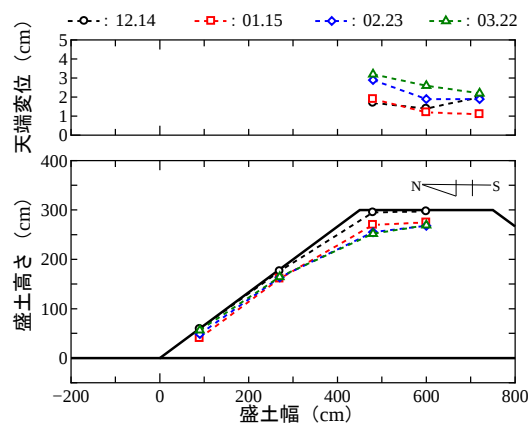


図 3 間隙水圧 u_w の経時変化



a) 低密度盛土 ($D_c = 83.1\%$)



b) 高密度盛土 ($D_c = 94.0\%$)

図 4 天端変位および凍結深さの推移