

III-401 雪や凍結土を混入した土の凍結融解による力学的性質の変化

北海道開発局土木試験所 正会員 ○熊谷 守晃

同 上 正会員 能登 繁幸

同 上 川西 晃

まえがき

北海道などの積雪寒冷地域では、冬期間に厳しい自然条件のために建設生産活動が著しく低下する。このことは、これら地域の経済活動に大きな影響を与えているばかりではなく、失業者の発生や出稼労働による過疎化の誘発など社会問題化しており、建設工事の通年化が強く望まれている。このため建設省では、積雪寒冷地域の関係機関と協力して昭和51年12月に「通年施工化技術協議会」を発足させ、建設工事の通年施工化のための技術開発、調査研究を進めている。その一環として北海道開発局では、土工関係について昭和55年より冬期土工調査（現場試験盛土および室内土質試験）を実施している。

冬期土工の問題点の一つに、施工中に凍結土や雪氷が混入し、春にそれらが融解して盛土内に無数の空隙ができ、盛土が沈下したり法面が崩れたりすることがある。そこで、凍結土や雪の混入した土の凍結融解による力学的性質の変化について調査を行った。今回はその中から室内試験結果の一部を報告する。

1. 試料

試料は、現場試験盛土に用いたものを中心とする礫粒土4、砂粒土5、火山灰7、細粒土5の計21試料である。

2. 試験方法

① 突固めによる土の締固め試験（JIS A 1210）

低温実験室内（室温 -5°C または -15°C ）において、温度を $+1^{\circ}\text{C}$ に調整した試料土に凍結土（同じ試料土を予め凍結させておいたもの）を重量比で5～30%混入して締固め試験を行った。さらに、同じ供試体をモールドごと低温室内に10時間以上放置して完全に凍結させた上で、常温（約 20°C ）で20時間以上かけて融解させ、密度と含水比を測定した。

これと同様の試験を、雪を体積比で5～20%混入した試料についても行った。なお、用いた雪の密度は、圧雪状のものを想定して 0.4 t/m^3 とした。

② 一面せん断試験

低温室内で、凍結土または雪を混入した試料を締固め度が90%になるように供試体を作成し、凍結前と凍結融解後とに一面せん断試験を非圧密非排水条件で行った。ただし、凍結温度は、凍結土混入の場合は -15°C 、雪は -5°C とした。

3. 試験結果および考察

凍結土（雪）の混入比 $m_f(m_s)$ と ρ_{dmax} 比（凍結融解後の混入土の ρ_{dmax} /常温での原土の ρ_{dmax} ） P との関係を図-1に示す。凍結土を混入した場合も雪の場合も、凍結温度の差による影響はほとんどなく、混入比増加に伴ってほぼ直線的に P は減少している。密度が低下するのは、凍結土の場合塊状のものが小割りされて未凍結土の中に混入し、それがそのままの状態では締固めるために凍結土が圧縮しないことによる。それに対して雪の場合は、ある程度は圧縮するものの、密度が 0.4 t/m^3 と小さいため土中に占める雪の体積は水の2.5倍となるので、密度の低下はより大きくなる。低下率（ $\Delta P/\Delta m$ ）で比較すると、凍結土は -0.26 、雪は -0.60 となっており、雪を混入した場合の低下が著しくなっている。これは、凍結土の含水比は未凍結土より2～3割高い程度で混入土全体に与える影響がそれほど大きくないのに対し、雪の場合は融解すると全て水となって混入土の含水比を大幅に増加させるためであろう。 P が95%以下になると、実際の工事において所定の締固め度を確保することは困難になると考えられるから、凍結土は20%、雪は5%が一つの限界

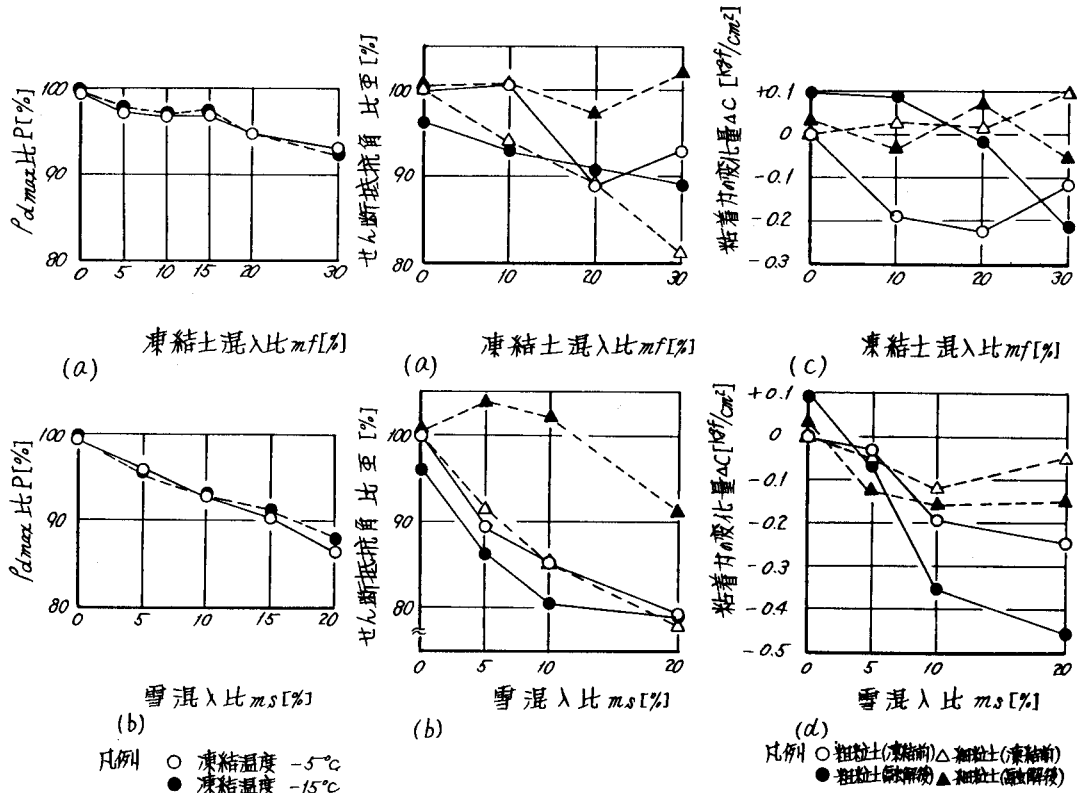


図-1 ρ_{dmax} の変化

図-2 C, ϕ の変化

と言えそうである。

図-2 は、 $C \cdot \phi$ の変化を混入比 m とせん断抵抗角比 (混入土の ϕ / 原土の ϕ) のおよび粘着力の変化量 (混入土の C - 原土の C) ΔC との関係で示したものである。

まず粗粒土についてみると、凍結土・雪ともに凍結前に比べて融解後は 5% ほど ϕ が減少している。全体的傾向としては、雪を混合した場合の減少率が大きく、 $ms = 5\%$ ですでは 90% を割っており、凍結土が $mf = 20\%$ で約 90% であるのと対称的である。また、 ΔC については、凍結前は両者ともほぼ同じ減少傾向を示しているが、融解後は雪の場合さらに減少しているのに対し、凍結土では逆に増加している。

細粒土では、凍結前の ϕ は粗粒土とはほぼ同様に減少しているが、融解後はほぼ 100% すなわち原土の状態にまで増加している。 ΔC をみると、凍結前と融解後との差は平均約 0.1 kgf/cm^2 である。融解後では、両者ともほぼ一定値とみなすことができ、凍結土で約 0.1 kgf/cm^2 、雪で約 -0.15 kgf/cm^2 である。しかし、原土の粘着力に対する減少率で考えると、細粒土の粘着力はもともと小さな値なので、粗粒土に比べはるかに大きな変動を示している。

以上から考えると、せん断強さについても凍結土で 20%、雪で 5% というのが目安になりそうである。

あ と が き

-15°C 程度の低温状態で凍結土が相当量 (20% 程度) 混入しても、締固め直後および凍結融解後において盛土の品質は憂慮すべきほどは低下しないようである。また、砂質土および火山砂の場合では雪が 5% 程度混入しても、一応品質基準を確保できそうである。したがって、良質土を使い除雪をきちんと行って施工を丁寧に行えば、冬期土工は充分に可能である。

参 考 文 献

川西・能登・奥田ほか「土工の冬期施工に関する研究 (第 1 ~ 5 報)」北海道開発局技術研究発表会論文集、昭和 55 ~ 59 年