

(株) 精 研 正 伊豆田 久雄 正 生頼 孝博 正 山本 英夫

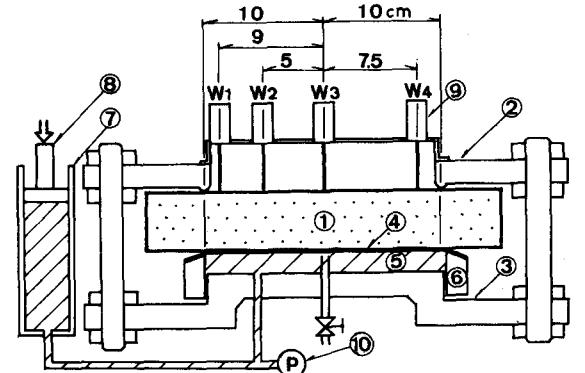
1 緒言 シールドの発進・到達防護の耐力壁を、地盤凍結工法によって造成する場合がある。一軸圧縮・曲げ試験から凍土の強度に関する基本物性は得られているが、構造体凍土の強度についての実測例は少ない。工法の経済性と安全性を更に高めるために、模型実験に着手した。今回は、砂凍土の -10°C における短期強度を対象とし、円板凍土を周辺支持条件下で等分布荷重により載荷する実験を行った。変形及び強度に対する凍土厚の影響に関する結果を報告する。

2 供試体及び実験装置 試料土は豊浦標準砂を用い水飽和させシリンダーに充填した後、一歩元的に急速凍結させた。両端面を平らにし円板形に整形したものを供試体とした。外径は28.6 cm、厚さ T は1, 2, 3, 4, 5 cmの5種類とした。乾燥密度は $1.48 \sim 1.56 \text{ g/cm}^3$ 、水飽和度は97%以上であった。

実験装置を模式的に図-1に示す。円板凍土①の上面は上支持円板②によって $r=10 \text{ cm}$ で支持される。凍土に接する支持部は半円状($r=5 \text{ mm}$)である。凍土の載荷は下面のうち $r=10 \text{ cm}$ 以内の部分であり、ゴム膜④(厚さ1 mm)を介して加圧液⑥に接している。油圧シリンダー⑦のピストン⑧を一定速度で押し込むことによって、凍土の変形・破壊の増加速度(以下変形速度 v と記す)を一定にして、変形及び破壊を生じさせた。載荷中の加圧液圧 P と、凍土上面の変位量($W_1 \sim W_4$)を自動計測した。平均温度が -10°C である低温室内の断熱箱内に装置全体を設置し、凍土の温度変動を $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内にした。

3 結果 載荷による凍土上面中央のたわみ δ_3 (中央部の変位 W_3 から支持部での凍土の凹みにほぼ相当する W_1 を引いた量)と、加圧液圧 P の経時変化を図-2に示す。載荷初期は両者共増加が緩やかであるが、その後直線的になり破壊に至る。初期の停滞は凍土下面とゴム膜間に存在する隙間等によると考えられる。破壊直前の凍土上面のたわみの分布は、図-3に示すようにほぼ円弧状である。但し、 $r=7.5 \text{ cm}$ 付近にはたわみの若干少ない領域が存在し、これは支持部より外側の凍土の影響の可能性がある。

破壊後の割れ目は、すべての場合、中央部付近から放射状に4~6本伸びていたが、 $T=5 \text{ cm}$ ではそ



①円板形凍土供試体 ②上支持円板 ③下支持円板 ④ゴム膜
⑤加圧液(不凍液) ⑥加圧用シリンダー ⑦油圧シリンダー
⑧ピストン ⑨変位計(差動変圧器) ⑩圧力計(圧力変換器)

図-1 円板凍土等分布荷重載荷装置(周辺支持)

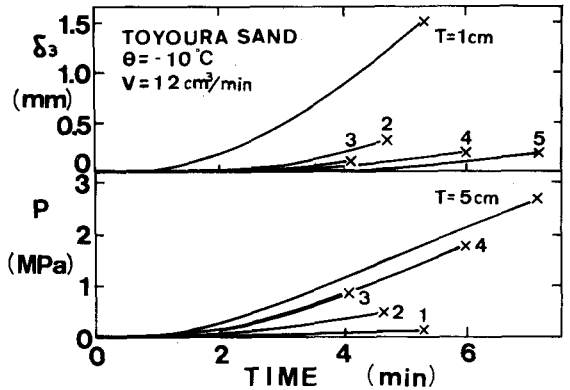


図-2 加圧液圧 P と上面中央のたわみ δ_3 の経時変化

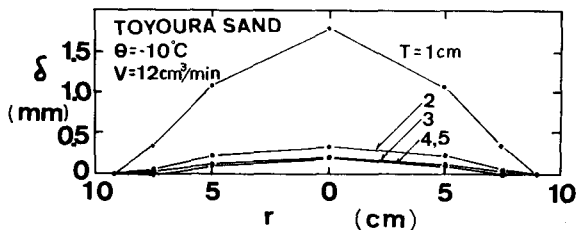


図-3 破壊直前のたわみ δ の分布

の割れ目は凍土下面までは達せず放射状の白い模様のみ下面で見られた。以上より、破壊は凍土上面中央部から発生したものと考えられる。

破壊時の圧力 P_f と T の関係は、図-4 に示すように、 T の増加により P_f は放物線的に増大し、 $T=5\text{cm}$ では 3MPa 近くにもなる。又、破壊直前の中央部のたわみ δ_{zf} は、図-5 に示すように T が減少すると大きくなる。凍土は変形が遅くなると粘弾性的挙動を示すので、変形速度 v の P_f への影響を調べた(図-6)。 v が $5\text{cm}^3/\text{min}$ 以上では、 P_f は殆ど変化がなく、破壊はすべて弾性的であった。

4 考察 変形が弾性的である $v=12\text{cm}^3/\text{min}$ の結果に対する弾性体モデルの適用性を調べる為、実測値と理論値の比較を行う。 P_f 及び δ_{zf} と T の関係は、弾性解析によると(1)、(2)式で与えられる¹⁾

$$P_f = \frac{8\sigma_f}{3(3+\nu)a^2} T^2 \quad (1)$$

$$\delta_{zf} = \frac{(1-\nu)(5+\nu)a^2\sigma_f}{2(3+\nu) \cdot E} \frac{1}{T} \quad (2)$$

σ_f は引張破壊応力、 ν はポアソン比(0.3とする)、 a は載荷半径($=10\text{cm}$)、 E は弾性係数を示す。本実験と同様の土について行った曲げ試験²⁾から得ている σ_f の値(10MPa)を(1)式に代入して得られる P_f を図-4 に実線で示す。すべての実測値は実線より大きく、この傾向は T が大きくなるにつれ強まる。この原因は、凍土上面で僅かの割れが発生しても凍土が厚くなると圧縮部(載荷側)で荷重が支えられること等が考えられる。又、一軸圧縮試験³⁾から得られている E (1000MPa)と先の σ_f を(2)式に代入して得られる δ_{zf} は図-5 の実線のようになり、 $T=2\text{cm}$ 以上で実測値とほぼ合っている。 $T=1\text{cm}$ で実測値が大きく上まわるのは、支持部近傍での剪断クリープの影響等が考えられ、凍土を弾性体モデルとして扱えるのは $T=2\text{cm}$ 以上であることが分る。

5 結言 凍土の厚みが増加すると、破壊強度は放物線的に増加し遂に破壊時のたわみは減少するという結果を得た。本試料土($\theta=-10^\circ\text{C}$)の場合、厚みが 2cm 以上では、円板凍土を弾性体と見なしうることが分った。但し、変形速度が遅くなるにつれ粘弾性体の性質を示すようになるので、今後クリープ性に関する実験が必要である。最後に、有益な示唆を頂いた都立大・山本義教授、(株)精研 榎田幸弘氏に感謝致します。

文献1) 湯浅 (1954): 材料力学, コロナ社

2) 生頼・他(1984): 雪氷学会予稿集, p106 3) 高志・他(1980): 土木学会論文報告集 No.302, p79-88

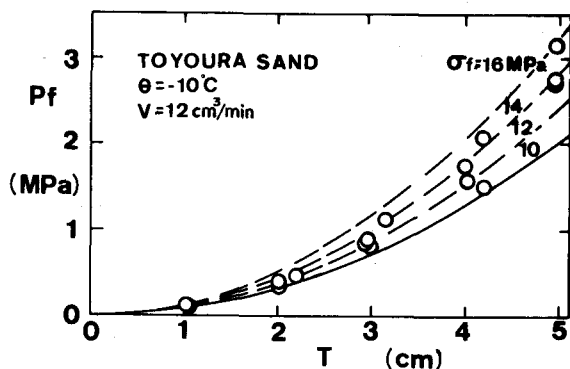


図-4 破壊圧力 P_f と厚み T の関係

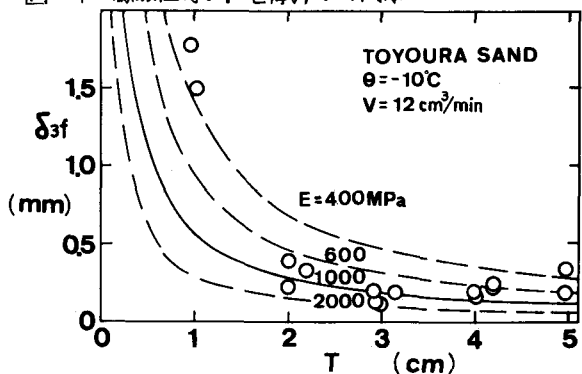


図-5 破壊直前の上面中央のたわみ δ_{zf} と厚み T の関係

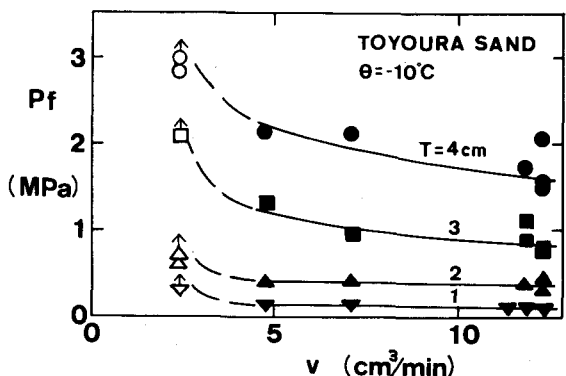


図-6 破壊圧力 P_f と変形速度 v の関係 (黒塗は破壊、白塗は実験中には未破壊で P が増加中に載荷を打ち切ったものを示す)