

III-B 233 石灰安定処理土の凍上と水分特性について

北海道工業大学大学院 学生員 中 村 宏 彰

北海道工業大学 正会員 川 端 伸一郎

北海道工業大学 正会員 神 谷 光 彦

1. まえがき

凍上に影響を与える因子のうち土質によるものとしては土の熱的性質と土中の水分特性が考えられる。この場合の水分特性とは凍結面への水分移動に関連する事項としてアイスレンズの成長に大きく影響を与える。すなわち、未凍結部からの水分移動の多くは間隙径に依存する毛細管現象であるとする捉え方から、土の凍上性の判定の多くが細粒分含有率で行われるのもこのためである。

つぎに、凍上性の土に石灰等の固化材を添加すると凍上が抑制されることが知られている。これは、ポゾラン反応による粒子間力の増大や透水性の低下が原因とされているが¹⁾、未だ不明確な点も多い。そこで本報告は土の凍上性と密接に関連する水分特性に着目して、安定処理土の凍上特性に与える影響をpF試験や透水試験から考察をしたものである。

2. 試験試料と試験方法

図-1に試料の粒径加積曲線を、表-1にその物理的性質を示す。なお、本試料の含有粘土鉱物はX線粉末回析試験により、クローライト、雲母、カオリナイトが同定されている。

試験は石灰安定処理土に対して、pF試験、透水試験、凍上試験を行った。試験の含水比は自然含水比とし、改良材は生石灰を用いた。改良材の添加率は土の乾燥重量に対して3～15%の範囲とした。

pF試験は砂柱法（pF0～1.8）、加圧板法（pF1.8～4.2）の2種類の試験法の組合せで各pF値に対する含水比を求めた。供試体は地盤工学会基準のC法でモールド内で突固めたものを50mlの円筒コアサンプラーに切り出して用い、養生期間を設けずに測定を行った。なお、他の試験についても供試体作成条件はC法を基準としている。

透水試験は変水位法で行った。計測は安定処理土の透水係数の経時変化をみるため、供試体作成直後から24時間間隔で7日目まで行った。

凍上試験は、筆者らが考案した二つ割モールドを用いて行い²⁾、供試体は締固め曲線より、自然含水比に対応する密度となるよう静的に締固めて作成した。試験は、0、3、5日間気中養生した各供試体で行った。

3. 結果と考察

含水比が土中水の絶対量を表すのに対して、pFは質的性質を表す指標である。

図-2に本試料の水分特性曲線（脱水過程）を示す。

土の間隙径とpF値の関係はpF1.8を境に非毛管間隙と毛管間隙に大別することができる³⁾。この結果から本試料の自然含水比はpF1.9程度であり、含水比の一部は毛管力で保持されている水である。

つぎに、土に石灰を添加すると比較的早期に期待できる効果としては土粒子へのカルシウムイオンの吸着によ

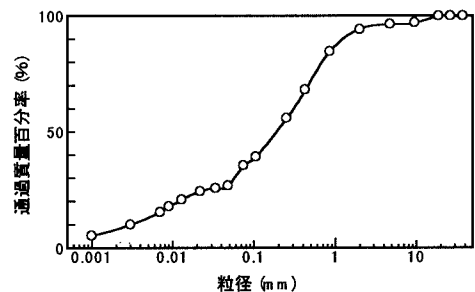


図-1 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理的性質

土粒子の密度 (g/cm ³)	2.710
液性限界 (%)	NP
塑性限界 (%)	NP
塑性指数 (%)	NP
細粒分含有率 (%)	35
日本統一土質分類	SM
ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.708
W_{opt} (%)	19.1
自然含水比 (%)	26.8

る団粒化が挙げられる。これにより粒度組成などが改良されるため間隙分布なども同様に変化すると考えられる。図-3は図-2の水分特性曲線から単位変化量（本例では $\Delta pF = 0.25$ とした）当たりの含水比の変化量（ ΔW ）の比（ $\Delta W / \Delta pF$ ）を、単位変化量で区切られた pF 範囲の中間値に該当する pF との関係で示したもので水分分布曲線と呼ばれ、この関係から間隙の分布量を検討することができる⁴⁾。無添加の試料は $pF1.8$ 以上の高 pF で保持された水分量が多いことから微細間隙に富んでおり、毛管力も大きいと予想される。これに対して安定処理土は傾向的には類似しているが、高 pF 領域で無添加に比べて含水比の変化量が少ない。これは、石灰の添加による微細毛管の閉塞が全体の毛管力を減少させたものと思われる。

図-4は安定処理土の養生日数と透水係数の関係である。安定処理土はポゾラン反応による反応生成物などにより間隙が充填され緻密化が進行することにより、透水性が減少すると考えられている。安定処理土の透水係数は無添加の値と比べるとすべての条件で添加直後（0日目）から小さくなっている。日数の延長による透水係数の変化はすべての試験で減少傾向がみられ、添加率7、10%では4日目まで1オーダー（ $10^{-6} \rightarrow 10^{-7}$ ）近い透水係数の低下が確認された。混合直後の透水性の減少は、生石灰による含水比の低下による不飽和化や、石灰粒子による通水間隙の変化が影響したと考えられ、以降の減少傾向がポゾラン反応に起因するものである。

図-5に養生日数と凍上量の関係を示す。凍上量は添加率の増加や養生日数の延長に伴って減少する傾向にある。本試験は最短でも3日養生の結果のみであるため推論ではあるが、ポゾラン反応は長期的な反応であることを考慮すると短期養生で起こる凍上量の抑制効果は単に透水性の変化のみではなく、石灰混合による間隙構造の変化も影響を与えていると考えられる。

参考文献

- 1) 土質基礎工学ライブラリー-23：土の凍結—その理論と実際—，土質工学会，pp.196～pp197
- 2) 川端伸一郎・神谷光彦他(1992)：「土の凍上試験法と凍上特性について」，凍害対策と寒さの利用に関するシンポジウム発表論文集，土質工学会，pp99～102
- 3) 多田敦・河野英一(1987)：講座「 pF の理論と応用」，土と基礎，Vol.35，No.5，pp77～83
- 4) 多田敦・河野英一他(1979)：農業土木技術者のための土壌知識とその応用（その2），農土誌，Vol.47，No.3，pp.208

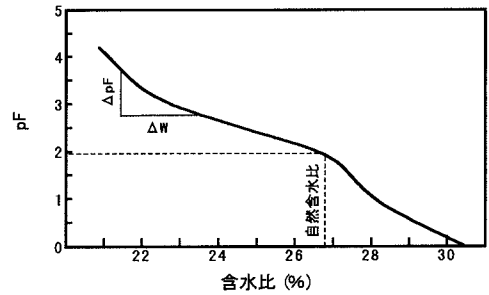


図-2 無添加試料の水分特性曲線

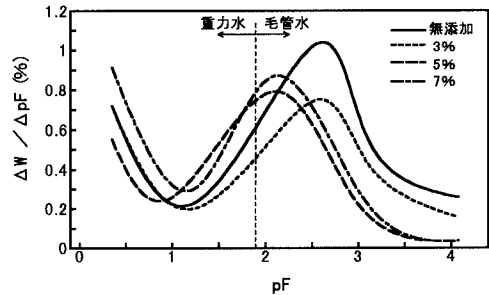


図-3 安定処理土の水分分布曲線

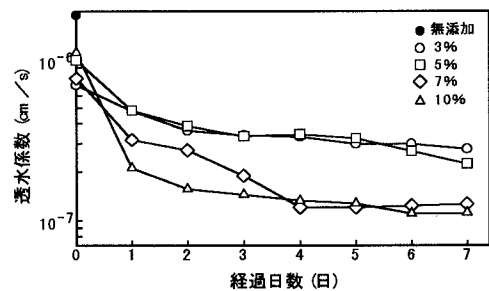


図-4 養生日数と透水係数の関係

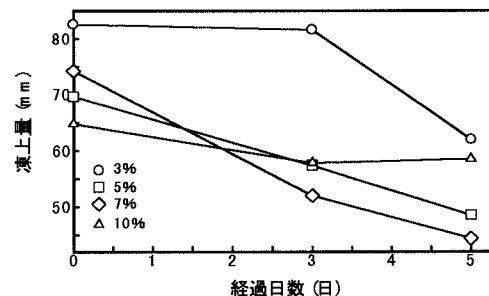


図-5 養生日数と凍上量の関係