

水分特性の変化が石灰安定処理土の 凍上特性に与える影響

川端伸一郎¹・神谷光彦²

¹正会員 北海道工業大学助手 土木工学科 (〒006-8585 札幌市手稲区前田7条15丁目4-1)

²正会員 博(農) 北海道工業大学教授 土木工学科 (〒006-8585 札幌市手稲区前田7条15丁目4-1)

土に石灰やセメントなどを混合すると、凍上が抑制されることが知られているが、このような凍上抑制の機構については、未だ不明確な点が多い。本論文は、石灰安定処理土の透水性やpF特性の変化を調べ、凍上性に与える影響について述べている。一般に安定処理土の凍上抑制メカニズムは、透水性の減少や土粒子同士の結合力が増加することが理由として考えられている。しかし、透水係数は、短期間で一定値に収束することが確認され、凍上量との関連性は薄いと判断された。さらに、粒子間の結合力を意識的に減少させた供試体についても、凍上抑制効果が得られたことから、従来考えられていた透水性や粒子間結合力が直接的な影響因子ではないことが示された。また、pF試験から得られた毛管水量や吸着水量は、凍上量と良い相関関係にあった。

Key Words: lime stabilization, frost heave, permeability, water retention, adsorbed water

1. まえがき

地盤の凍上を抑制するには熱的環境や水分条件(地下水位など)、土質などの要因のうち一つを改善すれば可能となる。具体的な対策工としては、断熱による凍結深さの抑制¹⁾や凍上に必要な水分の遮断²⁾、薬剤などによる土質の改良や置換などが挙げられるが、現状では数種の対策工法のうち置換工法を採用する頻度が最も多い。これは置換工法が凍上を支配する複数の因子のうち本質的な土質の改善であるため、確実な抑制効果が得られるためである。しかし、置換工法は将来的な置換材料の枯渇や置換対象土の残土処理など、幾つかの問題点を抱えている。このようなことから原位置発生土を有効に利用し、且つ信頼性のある凍上抑制工法を確立することが要求されている。

このような要求に対する手法の一つとして、凍上性の土に石灰やセメントのような固化材を添加する凍上抑制工法があり、室内試験レベルでは良好な凍上抑制効果が確認されている^{3), 4), 5), 6)}。また、従来懸念されていた原位置での再現性についても、安定処理に十分な凍上抑制効果があることが判り、さらに細粒土を利用することによって凍結深が浅くなることが確認されている⁷⁾。しかしながら、

このような手法は積極的な実務利用には至っておらず、長年にわたり研究段階で停滞している。この大きな理由としては、長期安定性に対する研究実績が少ないことや効果的な処理方法の提案などがされていないことに加え、安定処理の凍上抑制機構が明確にされていないことも一因である。

これまで、安定処理による凍上抑制原理はポゾラン反応による粒子間結合力の増大や透水性の低下が主因として説明されてきた⁸⁾。しかし、これらを裏付ける結果は乏しく、生頼ら⁹⁾のセメント安定処理土の研究でも、凍上抑制原理として一般に考えられている透水性の減少は凍上抑制にはあまり寄与せず、セメント混合による吸水能力の低下が影響することが示唆されている。

そこで本論文は、粘性土に有効な石灰安定処理に着目し、安定処理土の透水性やpF特性の変化から凍上抑制効果に与える影響因子を明確にすることを目的とした。

2. 水分特性と凍上性

土中水は土粒子表面からの吸着力、粒子間での表面張力(毛管力)、土粒子に吸着されているイ

オンの影響（浸透圧）等を受けることにより、バルクな水（大気圧下であり、土粒子への吸着などの拘束を受けていないような純水）に比べ化学ポテンシャルが低下している⁹⁾。このため土粒子に吸着された水では、化学ポテンシャルの低下によって 0℃でも凍らない不凍水が存在するようになる。凍土中に温度勾配が存在すると、凍土—未凍土の境界付近では、このような不凍水が勾配に沿って化学ポテンシャルの高い高温側からポテンシャルのより低い低温側に移動し、アイスレンズを成長させる。従って不凍水量の多い土、すなわち粒径が細かく吸着力の大きなものほどアイスレンズの成長が顕著になる。但し、アイスレンズが連続的に成長するためには移動した不凍水が、常に未凍土側から供給される条件になくなくてはならない。このような条件は毛管力に依存するが、毛管力の大きな土は間隙構造が微細であり、著しく透水性が低くなる。透水性が低くなると、未凍土からのスムーズな水分供給が出来なくなり、結果的には凍上量が少なくなる。従って、最も凍上性を示しやすい土とは吸着水（不凍水）や毛管力が大きく、適度な透水性を有するような土であり、一般的にはシルト質土がそれにあたる。このような凍上メカニズムの観点から、土中水の物理化学的性質を定量的に評価することは凍上特性を理解する上で重要となる。

土中水の化学ポテンシャルは、一般に pF で定義されている。pF とは、ある化学ポテンシャルを持つ水分を取り出すのに必要なエネルギーを圧力水頭の常用対数で示したものであり、次式のように示される。

$$pF = \log(-\Delta\mu) \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\mu$ は間隙水の化学ポテンシャルの低下量であり、圧力水頭 (cmH₂O) で表される。

土の pF 特性とは、任意の pF 値に対応するエネルギーを与えたときの含水比と pF 値の関係によって得られる水分特性曲線によって評価される。

図-1 は典型的な砂と粘土の水分特性曲線の例である。大部分の砂質土が非凍上性を示すことは、図のように低 pF 域での水分量が多く、高 pF 域での水分量すなわち吸着力で保持されるような水分（不凍水）が少ないことが大きな理由である。

直接的な不凍水量の測定には、NMR 法¹⁰⁾（核磁気共鳴）など幾つかの手法があるが、pF 特性を利用する利点は、土の間隙構造に影響されるような毛管力なども総合的に評価できることである。ま

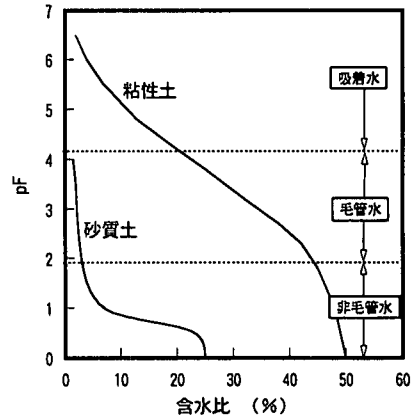


図-1 典型的な水分特性曲線

表-1 試料の物理的性質

	試料A	試料B
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.601	2.710
液性限界 (%)	65.4	NP
塑性限界 (%)	38.3	NP
細粒分含有率 (%)	43	35
日本統一土質分類	SM	SM
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.587	1.708
最適含水比 (%)	26.8	19.1
自然含水比 (%)	-	26.8
締固め試験 A試料 (A-a法), B試料 (C-a法)		

た、pF 値を指標とした簡易分類¹¹⁾として非毛管水 (pF=0~1.8), 毛管水 (pF=1.8~4.2), 吸着 (不凍) 水 (pF>4.2) を利用すると概略的な不凍水量も判定可能となる。

本論文では、透水性を未凍結部分からの水分移動に対する動水抵抗、毛管力や吸着力を水分移動力や不凍水量に関連する指標と定義し、土中水に係わるこれら物理化学的な性状の総称として水分特性という用語を用いる。

3. 試験試料と試験方法

表-1 に試料の物理的性質を表-2 に試験条件の一覧を示す。用いた試料は 2 種類である。試料 A は EMS プラント (残土回収プラント)¹²⁾ で人工的に粒度配合された試料であり、試料 B は原位置から採取した試料である。改良材は生石灰を用い、表-2 に示した添加率は、土の乾燥重量に対する値である。供試体作製は、石灰混合後、試料 A で最適含水比、最大乾燥密度の 95% に対応する密度、試料 B では自然含水比、地盤工学会基準の C 法に

表-2 試験条件一覧

試験条件	試料 A: 試験含水比: 最適含水比		供試体乾燥密度: 1.59 g/cm ³		改良材: 生石灰	
試験項目	試験方法	供試体径	締固め方法	添加率(%)	養生日数	養生方法
pF 試験	砂柱法 (pF0~pF1.0) 加圧板法 (pF1.8~pF4.2)	円筒コアプラー φ 5cm, H 2.5cm	静的締固め	0, 3, 5, 10	0, 7, 14, 28	締固め養生 混合養生
凍上試験	開式凍上試験	φ 8cm, H 7cm	同上	同上	同上	同上
試験条件	試料 B: 試験含水比: 自然含水比		供試体乾燥密度: 1.55 g/cm ³		改良材: 生石灰	
試験項目	試験方法	供試体径	締固め方法	添加率(%)	養生日数	養生方法
透水試験	変水位法	10cm モールド	2.5kg ラマ	0, 3, 5, 7, 10	最大 30 日	締固め養生
pF 試験	砂柱法 (pF0~pF1.0) 加圧板法 (pF1.8~pF4.2)	円筒コアプラー φ 5cm, H 2.5cm	静的締固め	0, 3, 5, 7, 10	0, 5, 7, 14, 28	締固め養生
凍上試験	開式凍上試験	φ 8cm, H 7cm	静的締固め	0, 3, 5, 7, 10	0, 3, 5, 28, 42	締固め養生
				0, 3, 7, 10	0, 7, 14, 28	混合養生

よる締固め曲線の自然含水比に対応する密度とした。

本研究では、ポゾラン反応等による固化効果(粒子間結合力の増加)が凍上抑制に与える影響を明確にするため2種類の養生方法を採用した。図-2は、各養生方法をフローチャートで表したものである。締固め養生と称したものは、一般的な安定処理土であり、石灰混合後(厳密には消化吸水反応の終了を確認した後)、直ちに締固めて供試体を作製し養生する方法である。これに対し、混合養生は石灰混合後に締固めを行わず未固結状態で所定の日数を養生し、各試験時に締固めを行う方法である。強度増加を目的とした安定処理では、改良材添加後、短時間に締固めることが重要であり、その後の強度発現に大きく影響する。従って混合養生は強度の面では不利な条件にある。なお透水試験(水中養生)を除いては、両養生方法ともに養生期間内は水分蒸発や吸水がないよう密封し、20±1℃の恒温室での気中養生とした。

行った試験は、pF 試験と透水試験および凍上試験である。すべての pF 値を連続的に測定できる pF 試験方法は存在せず、本研究では砂柱法 (pF0~pF1.0) と加圧板法 (pF1.8~pF4.2) の2種類の組み合わせで行った¹³⁾。また、pF 試験は土が吸水する過程にあるのか、逆に脱水する過程にあるのかによって、吸水条件と脱水条件で試験をすることができる。両試験結果は同一ではなく、水分特性曲線はヒステリシスを示す¹⁴⁾。凍上現象は、吸水条件を設定するのが妥当であるが、吸水試験は吸水が終了した水分平衡状態の確認が難しいこと、さらに、本研究では改良条件による pF 特性の相対的な比較に主眼を置き影響因子の特定を目的としたため、一般的な脱水条件での試験とした。なお、水分平衡状態に達する時間は予備試験によ

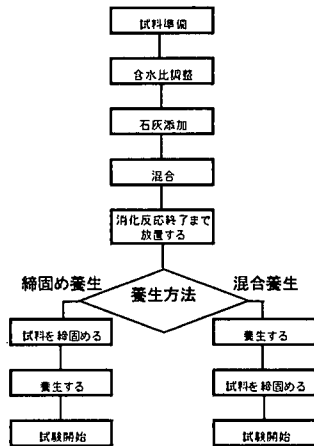


図-2 養生方法のフローチャート

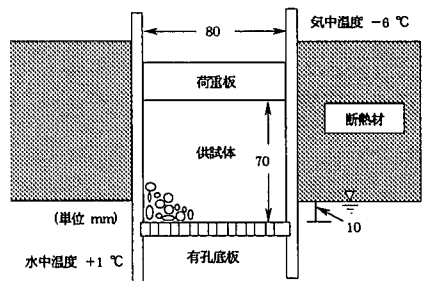


図-3 凍上試験機

って調べ、試験を簡略化するためすべての pF 条件で試験時間を 24 時間とした。通常の脱水試験は、低 pF 域の試験から始まり段階的に pF 値を上昇さ

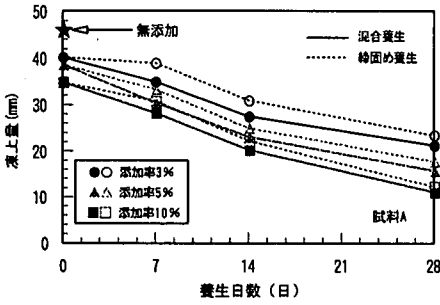


図-4 養生日数と凍上量の関係 (試料A)

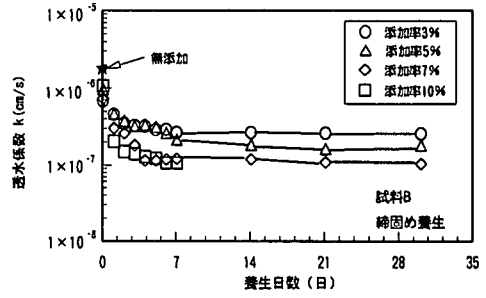


図-6 養生日数と透水係数の関係 (試料B)

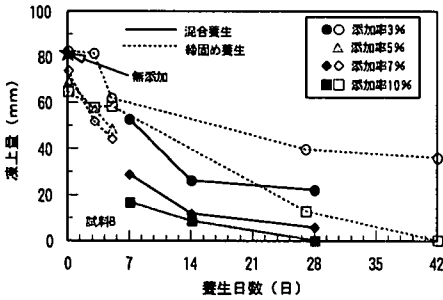


図-5 養生日数と凍上量の関係 (試料B)

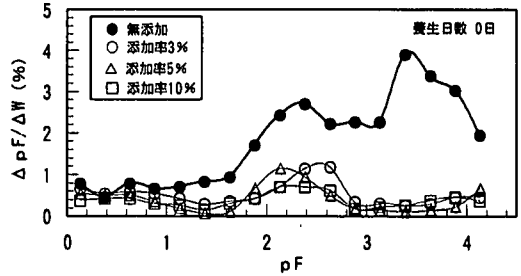


図-7 0日養生の水分分布曲線 (試料A)

せながら同一供試体で計測が行われる。しかし、安定処理土の場合は pF 試験期間中も養生が継続するため、本研究では養生日数の統一を図るために、各 pF 値の試験に対して個別の供試体を作製した。

透水試験は変水位法(JGF T 311)で行い、透水係数の測定は供試体作製直後から 24 時間間隔で最大 30 日まで連続に測定した。凍上試験は図-3 に示したような開式凍上試験とし、アクリル製の二つ割りモールドを用いて行った¹⁵⁾。なお、凍上量は凍上開始後 7 日目の値であり、同一条件で 3 体の供試体の平均値を用いた。

4. 結果と考察

(1) 石灰安定処理の凍上抑制効果

図-4、5 に試料毎の養生日数と凍上量の関係を示す。両試料とも、養生日数の延長及び添加率の増加と共に、凍上量が減少している。また、添加率・養生日数が同一の場合、混合養生が少ない凍上量を示している。本研究では、養生方法の違いによる強度比較は行っていないが、基本的な反応が等しいセメント安定処理土で改良材混合後に締固めに移行する放置時間が強度発現に与える影響

を調べた例¹⁶⁾では、放置時間の延長がその後の強度発現に著しい低下を及ぼすことが報告されている。したがって、養生期間が放置時間である混合養生に凍上抑制の有利性が見られたことは、粒子間結合力の増大(ポゾラン反応による固化)が凍上抑制に直接的に影響する因子ではないことが判る。

(2) 透水係数の経時変化と凍上量の関係

図-6 は試料 B の締固め供試体による養生日数と透水係数の関係である。一般に安定処理土はポゾラン反応による反応生成物が間隙を充填することにより、透水性が減少すると考えられている。しかし、本結果からは透水係数の減少傾向は 5 日程度でほぼ終了し、30 日まで延長した場合でもほとんど変化していない。それゆえ、図-5 の関係から養生日数が凍上抑制に大きく影響していることから、安定処理土の凍上抑制原理として透水性との関連性は薄いことが判る。

(3) pF 特性と凍上性

通常、pF 試験の結果は図-1 に示したような水分特性曲線で表される。しかし、このような表現方法は特定の pF 値に対する水分量の評価には適するが、各 pF 値における水分の分布状態を連続的

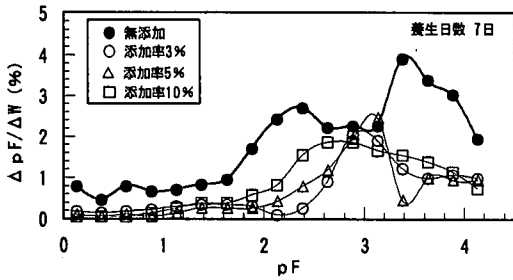


図-8 締固め養生の水分分布曲線 (試料 A)

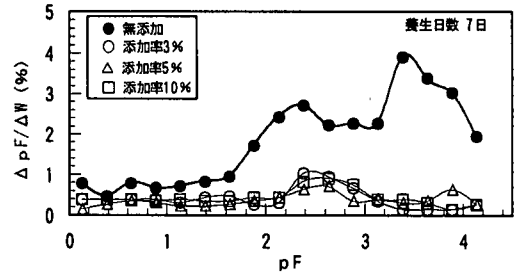


図-11 混合養生の水分分布曲線 (試料 A)

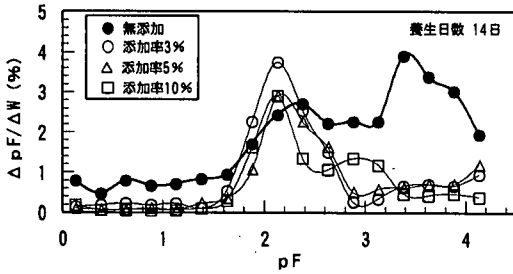


図-9 締固め養生の水分分布曲線 (試料 A)

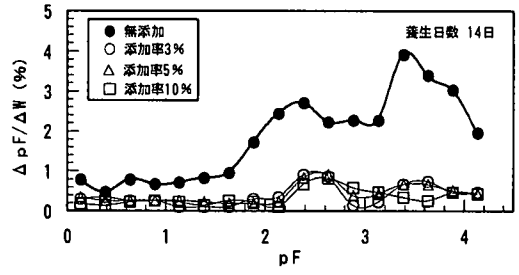


図-12 混合養生の水分分布曲線 (試料 A)

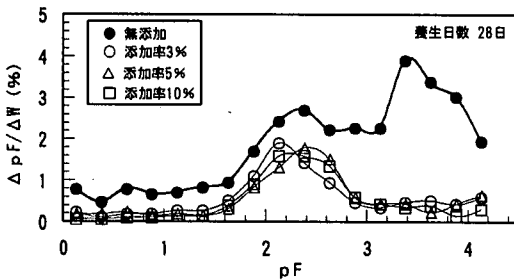


図-10 締固め養生の水分分布曲線 (試料 A)

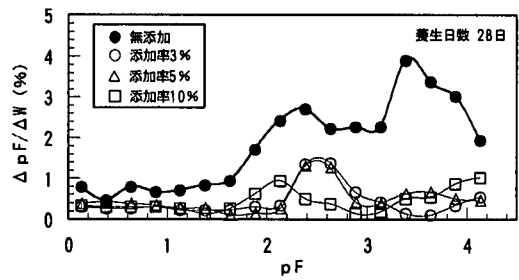


図-13 混合養生の水分分布曲線 (試料 A)

に知るためには水分特性曲線を微分して得られる水分分布曲線を用いるのが有用である¹⁷⁾。そこで、改良条件によって変化する毛管水などの量を凍上性との関係で視覚的に比較しやすい水分分布曲線を以下の説明に用いることとする。

a) 早期段階の反応による pF 特性の変化

図-7 は、養生期間を設けず石灰混合後直ちに試験を行った試料 A の水分分布曲線である。石灰を添加することによって早期段階で毛管水量 (pF1.8 ~ 4.2 の変化率の総和) が大幅に減少している。早期段階における石灰安定処理の反応としては、土粒子表面へのカルシウムイオンの吸着による団粒化やイオン交換反応などであり、生石灰を用いた場合にはさらに消化吸水反応が加わる。試料 A は供試体作製時の密度を規定しており間隙比は同一であるため、無添加土と安定処理土では、団粒化の効果により締固め後の土の骨格構造に変化を

与えたことが、毛管力の減少に繋がったと考えられる。加えて石灰自身にも、多量の吸着水を保持する性質があり、毛管水の一部を拘束したことも一因である。また、団粒化の原因であるカルシウムイオンの吸着は、土粒子表面の電位ポテンシャルを低下させるため、吸着水膜の層厚が減少する効果も併せて生ずる。

凍上量は、養生日数が 0 日でも、若干ではあるがすべての条件で無添加に比べ減少しており、ポゾラン反応が期待できない反応の初期段階でも、毛管力や吸着水量の減少によって凍上抑制効果が現れると考えられる。

b) 養生方法の違いによる影響

図-8~10 は養生日数を変化させた締固め養生供試体の水分分布曲線である (試料 A)。図-7 の 0 日養生からの変化から、日数の延長により石灰混合時に一旦減少した毛管力が再び増加する傾向

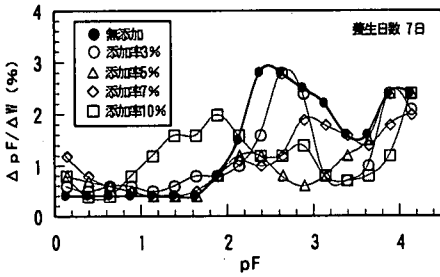


図-14 締固め養生の水分分布曲線(試料 B)

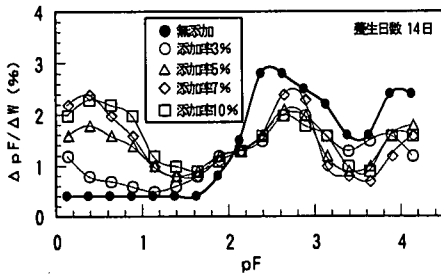


図-15 締固め養生の水分分布曲線(試料 B)

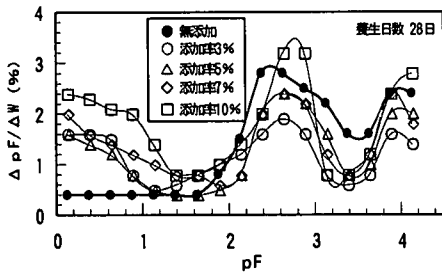


図-16 締固め養生の水分分布曲線(試料 B)

がみられる。また、締固め養生では養生日数によって毛管力の分布(曲線のピークに対応する pF 値と変化率)に違いが生じている。毛管力の分布は、7 日養生で pF=3 程度にピークを持ち、日数の延長に伴ってピークの値が低 pF 域に移動しながら、更には減少する傾向を示している。石灰安定処理土が固化体として形成されていく過程においては、ポゾラン反応生成物が成長しながら粒子同士を結合していく現象が生じる。従って、このような日数による毛管力の変化は、粒子間を結合していくような反応生成物の成長に伴って間隙構造が変化していくことを示している。

つぎに図-11~13 は、混合養生供試体の水分分布曲線である。曲線形状は締固め養生と異なり、日数の違いによらず、0 日養生と類似した形状を示している。石灰混合によって形成された団粒子は、養生期間の延長に伴うポゾラン反応等によ

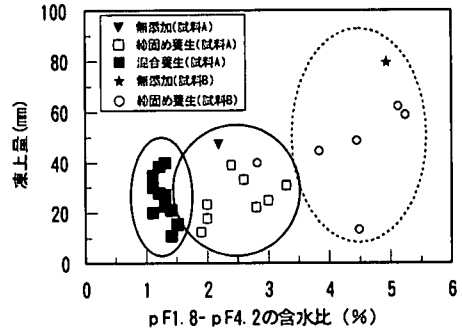


図-17 毛管水量と凍上量の関係

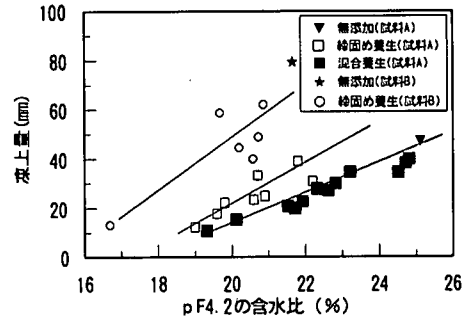


図-18 吸着水量と凍上量の関係

て、団粒子としてより安定な状態に変化し、反応生成物の影響によって粒子性状も変化すると考えられる。締固め養生では粒子間を結合させるような反応生成物によって毛管力が変化していたが、混合養生ではこのような変化はみられず、養生日数の影響をあまり受けない単粒子の集合体と考えることができる。

両養生方法で凍上量を比較すると、混合養生がより凍上抑制効果が顕著であり、毛管力に限って考えると毛管力の大小関係が凍上性に影響していると考えられる。

c) 試料の違いによる影響

図-14~16 は試料 B の水分分布曲線である(締固め養生)。試料 B についても試料 A と同様に、石灰混合によって毛管力の減少がみられ、養生日数によって曲線の形状が変化している。試料 B は、養生日数による毛管力の変化が少ないが、日数の延長に伴い非毛管水量 (pF ≤ 1.8 の変化率の総和) が増加する傾向にある。

以上のように pF=4.2 までの水分量は、養生方法や試料の違いにより異なった傾向を示すことが確認された。

d) 凍上性と水分特性の関連性

pF=4.2 までの水分分布曲線の変化から、毛管

水量までの範囲で各条件の水分特性を述べてきたが、これらは複雑に変化しており凍上性との直接的な比較は難しい。そこで、毛管水量 ($pF=1.8$ の含水比 - $pF=4.2$ の含水比) および吸着水量 ($pF=4.2$ の含水比) を定量化し凍上量との関係を求めた(図-17~18)。

毛管水量と凍上量の関係は、試料や養生方法毎に分布が集中しているが、全体的な傾向は見られない。透水性の変化が短期間で一定値に収束したように、毛管力に大きく影響を与えるような間隙構造の変化は、石灰添加時に生じる団粒化のような即時的な影響であり、反応生成物などによる間隙構造の変化は、凍上性に直接的に影響しないと考えられる。

これに対し、吸着水量と凍上量の関係は、養生方法や試料によって異なった関係になるが、すべての条件で吸着水量の減少に伴って直線的に凍上量が減少している。したがって、安定処理土の凍上抑制機構としては、添加率や養生日数の影響による処理効果の増大が粒子表面の吸着水を減少させることにより生じる現象と考えられる。さらに、同量の吸着水量であっても、粒度分布や改良方法によって毛管力や透水性が異なるため、その影響が凍上量の違いとして現れているものである。

前述したように、カルシウムイオンの吸着は、吸着水膜の層厚を減少させる。しかし、このような反応は即時的なものであり、長期的な吸着水量の減少メカニズムを証明するには至っていない。一般論として吸着水量は粒子の比表面積に比例するが、石灰安定処理土の比表面積は改良効果の進行によって増大すると報告されており¹⁸⁾、土の構造を単粒子の集合と考えると吸着水量の関係と逆になる。本試験の結果のみからこのような問題点を説明することは困難であるが、反応生成物により土粒子表面の活性の変化などが生じているものと推察される。

石灰安定処理による凍上抑制原理は、従来まで強度増加のメカニズムと同様の概念が適用されてきた。そのため、凍上抑制効果の指標として強度増加率が頻繁に使用され、筆者らが過去に行った締固め養生の研究例でも、凍上性を示さない条件として CBR が 100 以上必要であった⁵⁾。このようなことから、実施工を考えた場合でも強度を効果的に上げる現場混合が念頭に置かれていたが、今回の結果より石灰混合から締固めへの移行時間は凍上抑制効果に影響しないことが判り、これにより凍上抑制工法としてはプラント混合方式など新たな工法開発の足掛かりになるものと思われる。

5. まとめ

本論文では、透水性や pF 特性など水分特性の変化から、石灰安定処理土の凍上抑制効果に与える影響を考察し、以下のような結果を得た。

- 1) 凍上量は、石灰添加率の増加や養生日数の延長に伴い減少し、特に養生日数による影響が卓越していた。
- 2) 試験に用いた 2 試料において、意識的に粒子間結合力を減少させた混合養生が一般的な締固め養生よりも顕著に凍上抑制効果が現れた。このことから、従来安定処理土の凍上抑制因子の一つと考えられていた粒子間結合力の増大(固化)は凍上抑制に直接寄与していない。
- 3) 凍上量が養生日数の影響を受けていたのに対し、透水係数の減少傾向は 5 日程度で一定値に収束し、30 日まで延長してもほとんど変化していなかった。粒子間結合力と併せて抑制因子と考えられていた透水性の変化も凍上抑制因子としては関連が薄いことが確認された。
- 4) 凍上量は養生日数を設けなくても無添加に比べ減少しており、 pF 試験の結果から石灰の添加によって毛管力が減少することが確認された。毛管力の減少は団粒化による骨格構造の変化と考えられるが、さらに団粒化の原因であるカルシウムイオンの吸着が土粒子表面の電位ポテンシャルを低下させ吸着水膜を減少させる効果があり、両者が複合的に作用したと考えられた。
- 5) 混合養生では、石灰添加時に減少した毛管力があまり変化しないのに対し、締固め養生では日数の延長に伴い、一旦減少した毛管力が再び増加する傾向にあった。相対的に両養生方法を比較すると混合養生の毛管力が小さく、凍上量の関係と同様であった。
- 6) 毛管水量と凍上量の関係は、各試験条件で分布が集中しているが、一義的な関係を見出すことは難しかった。
- 7) 吸着水量と凍上量は、高い相関関係にあり吸着水量の減少が凍上抑制に寄与していることが示された。また、これらの関係は養生方法や試料によって異なった関係になっており、毛管力や透水性の違いが理由として考えられた。

参考文献

- 1) 伊福部宗夫: 断熱材による道路の凍上防止試験, 北海道大学工学部研究報告, No. 1, 1972.
- 2) 土谷富士夫, 辻修, 三嶋信雄, 横田聖哉: ジオテキスタイルの毛管遮断効果による凍上抑制, 農業土木学会誌, Vol. 60, No. 12, pp. 25-28, 1992.
- 3) 石田宏: 生石灰・スラグによる高含水比火山灰質粘性土の凍害防止, 土と基礎, Vol. 39, No. 8, pp. 5-10, 1991.
- 4) 瓦川善三, 奥田和浩, 了戒公利, 加藤和彦: セメント及び消石灰を添加した細粒土の凍上特性, 第23回土質工学研究発表会発表講演集, pp. 1037-1038, 1988.
- 5) 川端伸一郎, 神谷光彦: 石灰系固化材を用いた安定処理土の強度と凍上性, 農業土木学会論文集, 192号, pp. 105-111, 1997.
- 6) 生頼孝博, 山本英夫, 岡本純, 伊豆田久雄: セメント混合による土の凍上及び解凍沈下抑制に関する実験的研究, 雪氷, Vol. 48, No. 4, pp. 189-197, 1994.
- 7) 川端伸一郎, 神谷光彦, 大沢正人: 試験盛土における石灰安定処理の凍上抑制効果, 土と基礎 Vol. 46, No. 4, pp. 25-28, 1998.
- 8) 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, 1994.
- 9) 福田正巳: 地盤の凍結と凍上メカニズム, 土と基礎, Vol. 38, No. 4, pp. 81-88, 1990.
- 10) Tice, A.R., Burrous, C.M.: Determination of unfrozen water in frozen soil by pulsed nuclear magnetic resonance, *Proc. 3rd International Conf. Permafrost*, 149-155, 1978.
- 11) 土壌物理測定法委員会編: 土壌物理測定法, 養賢堂, pp. 109-110, 1980.
- 12) 神谷光彦, 星昇, 堀江修一, 笠原篤: 札幌市における道路掘削土の再利用法, 土と基礎, Vol. 40, No. 6, pp. 11-15, 1992.
- 13) 土壌肥料学会土壌標準分析・測定法委員会編: 土壌標準分析・測定法, 博友社, pp. 36-54, 1986.
- 14) 東山勇, 石田朋晴: pFの基本的意味(その2), 土と基礎, Vol. 34, No. 12, pp. 71-76, 1986.
- 15) 川端伸一郎, 神谷光彦, 多田哲司: 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, pp. 99-102, 1992.
- 16) セメント系固化材研究会: セメント系固化材による安定処理土の試験方法(案), セメント・コンクリート, No. 511, pp. 126-136, 1989.
- 17) 多田敦, 河野英一, 駒村正治: 農業土木技術者のための土壌知識とその応用(その2), 農業土木学会誌, Vol. 47, No. 3, pp. 208-209, 1979.
- 18) 田中弥寿男, 高橋悟: 比表面積を尺度としたまき土の風化度と水分特性について, 第17回土質工学研究発表会, pp. 73-76, 1982.

(2000. 3. 2 受付)

EFFECT OF WATER RETENTION ON FROST HEAVE CHARACTERISTICS OF LIME-STABILIZED SOILS

Shinichiro KAWABATA and Mitsuhiko KAMIYA

Although it is widely recognized that lime-stabilized and cement-stabilized soil restrict frost heave, little is known about its mechanism. It is generally thought that a decrease of the permeability or an increase of the bonding strength between soil particles contribute to the restriction of frost heave in stabilized soil.

In this paper, changes of the permeability and pF characteristics in lime-stabilized soil were investigated and their effects on frost heave were discussed. As a result, it is found that the permeability and the bonding strength do not affect on the frost heave very much. However, there was a correlation between the amount of adsorbed water obtained by pF test and the frost heave.