

V—19 凍結融解作用を受けるソイルセメント混合物への特殊乳剤の添加効果

道路建設株式会社 正員 堀端 松美
北海道工業大学 工学部 正員 小山 泥舟
" " " 学正員 平塚 隆男
" " " " 米山 隆

1. 概 説

近年の道路舗装の問題点の 1 つに良質の骨材の入手がきわめて困難なことがあげられる。

道路舗装の構造体としては、路盤の強化のために有用な骨材がないため、アスファルトやセメントを用いた工の安定処理工法、基層、表層の耐荷力の向上をはかる必要がある。

本稿においては、工の安定処理の観点から、いわゆるソイルセメント工法に主眼を置き、添加物の利用によって、従来欠点とされている各種の問題点を実験研究によって検討するものである。

すなわち、従来の工の安定処理工法の欠点とされる、

a. 乾燥収縮による処理層の亀裂、耐荷力の減少、

b. 処理層の応力緩和が遅いことから温度変化によって生ずる熱ひずみ、熱応力による処理層の熱亀裂、耐荷力の減少。

c. 凍結融解作用によって生ずる処理層の強度低下。

d. 少ないセメント量のため脆性破壊を生じ易い、許容ひずみの小さな処理層。

等の問題点を念頭に選育乳剤および添加剤（両者を併せて添加物と言う）の利用によってこれらに対処すべくその効果を検討する。

具体的には、添加物の添加によってたわみ性、許容ひずみの増大をはかり、応力緩和を速くすることによって

a. b. d. の問題に対処し、また添加剤の利用によって c. の問題に対処するものである。

特に本研究においては、凍結融解試験に主眼を置き、凍結融解作用に対する添加物の添加効果について論ずるものである。

2. 本研究で用いた実験材料

本研究で用いた実験材料について簡単に説明する。

1) セメント

安価でかつ膨張、収縮の小さい高炉セメント B 種。

2) アスファルト乳剤

アスファルト乳剤の選定で留意すべきは、セメント（アルカリ性）との相容性、電解質物質への安定性、貯蔵安定性、添加剤との相容性、等があげられる。

本研究においては、添加剤とブレンドしたアスファルト乳剤が最終的に目標とするソイルセメント改良剤であることを念頭に、特に作製した）ニオンタイプアスファルト乳剤を使用した。

3) 添加剤

アスファルト乳剤との相容性、混合のし易さ、経済性、添加効果、施工実績等を考慮して本質系添加剤を使用した。

4) 骨材の粒度配合

本研究に用いた骨材は、通常の砂利と、過酷な土質条件の一つである火山灰の混合である。

施工実績、過去の研究例から配合を検討した結果、

砂利 (Gravel) : 火山灰 (Volcanic-Ash)

= 44.2 : 55.8 by wt.

= 40 : 60 by vol.

とした。

なお、砂利および火山灰の比重はそれぞれ 2.626, 2.212 である。

3. 最適含水比

この種、処理層の研究には、ソイルセメントの締め固め度、密度がきわめて重要である。

本研究においては、土の突き固め試験によって最適含水比を求める方法を採用した。

すなわち、径10 cmのモールドに3層に分けて試料を入れ、重量2.5 kg、径5 cmのランマーで高さ30 cmから各層25回の突き固めとした。

ソイルセメント工法においては、セメント量の選択が重要テーマの1つとなる。

ここでは過去の研究例、実績、経済性の観点から、セメント量4%, 5%, 6%, 7%, 8% by vol. を選択して突き固め試験を行なった結果、6%および7%にその有意性を見い出した。

図1、図2は、セメント量6%, 7% by vol. の混合物の乾燥密度と含水比の関係を示す。

通常、火山灰の場合には、両者の関係は急な凸型ピーク値を示さず、かつ極大値(ピーク値)を1つもつなどらかな乾燥密度~含水比曲線が得られている。

図1および図2の検討結果、得られた最大乾燥密度, γ_{dmax} , および最適含水比, OMC, を表-1にまとめて示す。セメント量6%および7%の混合物の γ_{dmax} は、それぞれ $1.67 (g/cm^3)$, $1.69 (g/cm^3)$ であり、また、O.M.C. はそれぞれ13%および12%を示し、ほぼ類似した物理性状を示すと言える。しかし、含水比と乾燥密度の関係を示す曲線の形状は異なる。すなわち、セメント量6%の混合物(図-1)はセメント量7%の混合物(図-2)に比較して、よりなだらかな曲線を示しており、これはセメント量の多い後者の混合物においてセメント添加の影響がでたものと思われる。

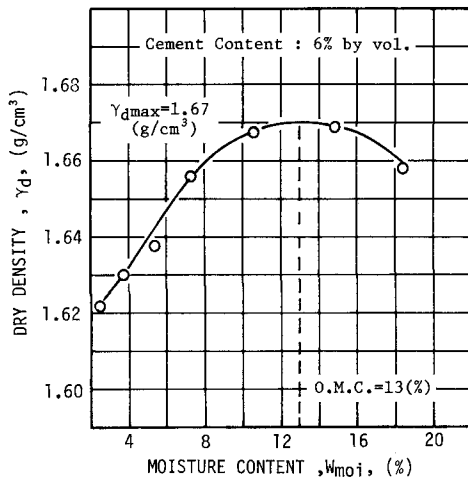


図-1 セメント量6%混合物の含水比と乾燥密度の関係

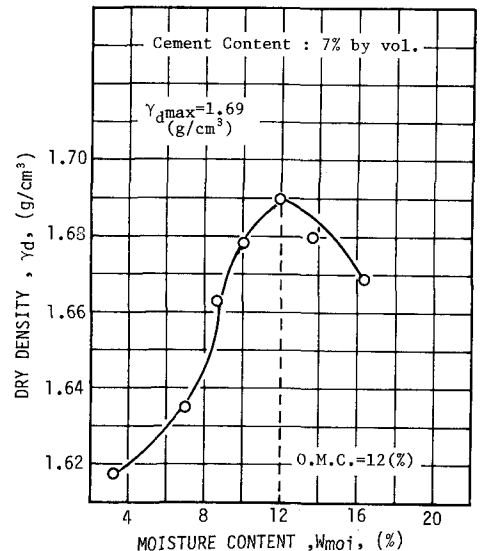


図-2 セメント量7%混合物の含水比と乾燥密度の関係

次にアスファルト乳剤および添加剤からなるソイルセメント改良剤の添加量は、供試体の1週圧縮強度および経年性を考慮して表-2に示すものとした。

表-1 混合物の最大値およびOMC

セメント量 by vol.	6%	7%
最大乾燥密度, ρ_{max}	1.67 g/cm ³	1.69 g/cm ³
最適含水比, OMC	13%	12%

表-2 ソイルセメント改良剤の添加量

供試体のセメント量 (体積%)	骨材100重量部に対するアスファルト乳剤量 (重量%)	アスファルト乳剤100重量部に対する添加剤量 (重量%)
6	0 および 3	0 および 1.5
7	0 および 4	0, 1.5, 2.25

4. 実験法と解析法

本研究で行なった凍結融解試験の実験条件は凍結融解サイクル 8サイクル/日, 融解温度 +4.4℃ (±1.7℃) × 1hr, 凍結温度 -17.8 (±1.7℃) × 2 hrs である。

力学試験の方法は3点荷重方式の曲げ試験であり、供試体寸法 10cm × 10cm × 40cm の角型稀状供試体である。材料の評価は、凍結融解サイクルを50サイクルおよび100サイクルかけた後の曲げ強度, σ , の評価であり、 $\sigma = 3PL / 2bh^2$ で計算を行なった。ここで、P: 荷重 (kg), l: スパン (cm), b: 供試体の幅 (cm), h: 供試体の高さ (cm) である。

5. 実験結果と考察

図-3および図-4はそれぞれ6-0-0混合物, 7-4-1.5混合物の曲げ強度と凍結融解サイクルとの関係を示している。ここで、6-0-0とは骨材94体積部に対するセメント6体積部をもち、アスファルト乳剤量および木質系添加剤量が0部の混合物を示し、7-4-1.5混合物とはセメント量7体積部, 骨材100重量部に対するアスファルト乳剤4重量部, アスファルト乳剤100重量部に対する添加剤1.5重量部の混合物を言う。縦軸に曲げ強度を示し、横軸に凍結融解サイクルを示し、凍結融解サイクルが0における曲げ強度とは、凍結融解試験を行わない90日養生の混合物の曲げ強度を言う。

なお、本研究における供試体は全て90日養生を行なった後に曲げ試験、あるいは凍結融解試験に供している。

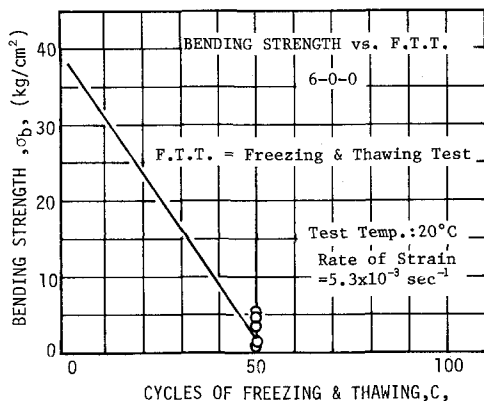


図-3 6-0-0混合物の曲げ強度と凍結融解サイクルの関係

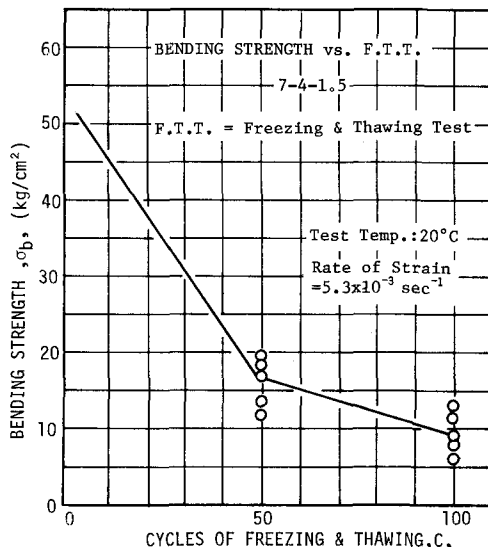


図-4 7-4-1.5混合物の曲げ強度と凍結融解サイクルの関係

セメント量6%の混合物は50回繰返し凍結融解作用で、強度が急激に低下し、約 38 kg/cm^2 の曲げ強さが約 2 kg/cm^2 のそれに減少する。さらにその後の凍結融解サイクルの増加によって供試体が破損してしまう（ボロボロになる）。

セメント量7%、添加物を使用した混合物では強度低下を示すものの、無添加の混合物に比較して凍結融解作用への抵抗が大きい。100サイクルを受けただでも約 9 kg/cm^2 の曲げ強さを保つ。

図-5および図-6は各種混合物の凍結融解試験結果をまとめた図である。曲げ強さを縦軸に、凍結融解サイクルを横軸に示してある。

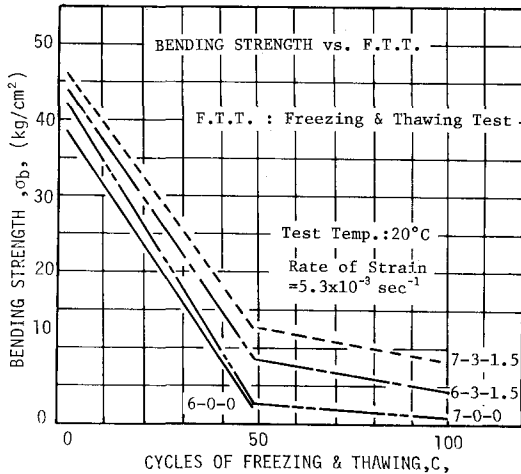


図-5 各種混合物の曲げ強さと凍結融解サイクルの関係

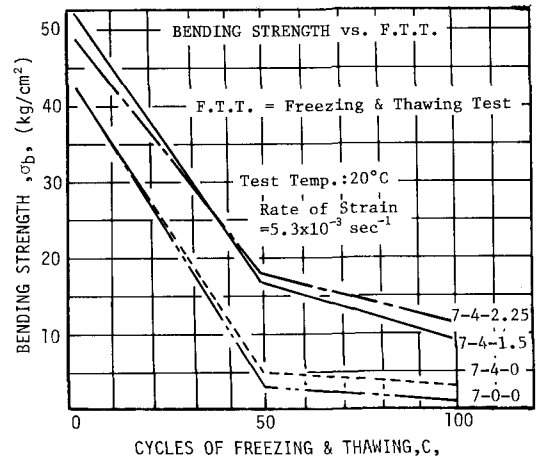


図-6 各種混合物の曲げ強さと凍結融解サイクルの関係

図-5から明らかなように、6-0-0混合物と7-0-0混合物を比較した場合、セメント量の多い7-0-0混合物の方が凍結融解作用への抵抗が大きい。この力学的性状は特殊アスファルト乳剤および木質系添加剤の量がほぼ同じでセメント量のみが異なる6-3-1.5混合物と7-3-1.5混合物の性状の差にも見られる。

図-6はセメント量7%の混合物で添加物無添加の混合物（7-0-0混合物）および特殊アスファルト乳剤の添加量が4%で木質系添加剤を変化させた混合物の曲げ強さと凍結融解サイクルとの関係を示した図である。セメントのみを添加した混合物に比較して特殊アスファルト乳剤を添加した混合物の強度低下は小さいが、木質系添加剤をさらに混入した場合の結果が著しい。

6. 結 論

- 1) 特殊アスファルト乳剤と木質系添加剤との混合によってソイルセメント改質材料を開発した。
- 2) 凍結融解試験を行なって、各種混合物のそれへの抵抗性を曲げ試験によって評価した。
- 3) セメント量が多い程、また特殊アスファルト乳剤を添加した時に凍結融解作用への抵抗が増す。
- 4) 3)の効果は木質系添加剤を混入した時に最も効果があらわれる。すなわち、特殊アスファルト乳剤と木質系添加剤の混合によって得られる添加物がその改質効果を顕著にする。

本研究は北海道工業大学間山研究室で行なわれたものを筆者等がとりまとめたものであり、実験およびまとめに際して同大学の間山先生および間山ゼミ生に多大の御助力を願った。ここに厚く謝意を表したい。