

界面活性剤による急速締固め方法に関する研究

佐賀大学 低平地防災研究センター 正員 新納 格
株式会社 光建 正員 正田 要一
株式会社 光建 正員 塚本 隆英

1. まえがき

シルトや粘土等の細粒分を多く含む土は締固めが容易ではない。この種の土の土質工学的特性は、土粒子間に作用する凝集分散作用に起因している。土粒子間の凝集分散作用は、電荷と吸着層によって変化することが知られている。その内の吸着層効果は、界面自由エネルギーを低下させ、Rebinder効果により土粒子表面に親水吸着層を作ることによって変化させられる。本研究は、非イオン性界面活性剤による吸着層の改質を検討し、土の締固め特性及び圧密特性を改善し、土質材料として有用な土の種類の拡大及び締固めを伴う土工事（埋戻し、盛土、埋立工事等）の効率化に有効な方法を開発することを目的としている。

図-1に非イオン性界面活性剤の効果について説明する。最も大きな効果は、図中の「微視的に観た効果」の上段に示した土粒子間に存在する吸着層が薄くなることである。これによって、自由水の増大及び有効間隙の拡大、さらに中段に示した土粒子表面の摩擦エネルギーの低下が生じる。これらによって、図中の「巨視的に観た効果」に示す最大密度状態に成りやすくなることができる。

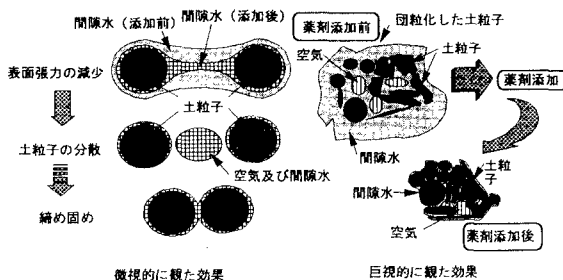


図-1 薬剤の効果

表-1 薬剤の概要

薬剤名	化学組成	HLB	表面張力
A	非イオン性、ポリオキシエチレンソルビタンモノパルミテート	15.6	49.5
B	非イオン性、ポリオキシエチレン高級アルコールエーテル	13.3	30.0
C	非イオン性、ポリエチレングリコールモノラウレート	13.7	44.3
D	非イオン性、ポリオキシエチレンソルビタンモノパルミテート及びポリオキシエチレン高級アルコールエーテル混合物	14.5	39.8
E	非イオン性、ポリオキシエチレンソルビタンモノパルミテート及びポリエチレングリコールモノラウレート混合物	14.7	46.9
F	非イオン性、ポリオキシエチレン高級アルコールエーテル及びポリエチレングリコールモノラウレート混合物	13.5	37.2

注：・表面張力=空気に対する表面張力（水溶液濃度0.01%、温度15℃）、単位：0.00001N/m、
参考値：水=73.48、
・HLB（親水・疎水バランス）=20（MH/M）、MH：親水基部分の分子量、M：活性剤の分子量。

2. 実験の概要

表-1に示す6種類の薬剤を実際の埋設管埋戻し工事において、山砂（愛知県猿投町産、土質分類：シルト混じり砂、 $\rho_s=2.60$ ）に添加し、仮復旧後の地表面の沈下量を測定した。測定期間中の往來の遮断はしていない。薬剤は、代表的な3種類の化学組成から、HLB及び表面張力を変量として独自に合成した。

表-2に実験の種類、図-2に実験の概要を示す。1回の埋め戻し層厚は35cmと70cmの2種類とし、埋め戻し土0.35m³（埋め戻し層厚70cm相当）に0.25重量%水溶液50リットルを散布した。また、比較のために同量の水のみを散布した実験も実施した。作業工程は、トラックに攪拌装置とポンプを有する攪拌混合水層を設置し、所定の濃度の薬剤を作製し、山砂を投入した後、薬剤を散布した。その後にオートランマーにて転圧した。尚、薬剤は土壌汚染に関する基準を満足しており、安全性の高い物質である。

表-2 実験の種類

実験の名称	一回の埋め戻し層厚	薬剤の添加	締め固め層数
実験方法1	35cm	未添加	2層
実験方法2	35cm	添加	2層
実験方法3	70cm	添加	1層

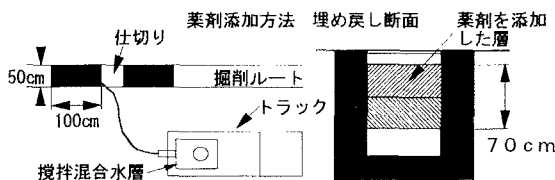


図-2 実験の概要

3. 実験結果及び考察

図-3に薬剤のHLBと表面張力の関係を示す。両者の関係は正比例関係にある。

図-4に現場より採取した、薬剤が添加された試料による突固めによる締固め試験（A-a法）の結果を示す。図より、薬剤を添加した土は、間隙比が小さく、締固まっていることがわかる。

図-5に薬剤(D)を添加した場合の仮復旧後の経過時間と地表面の沈下量の関係を示す。図より、安定化所要時間(仮復旧後から沈下が始まるまでの時間)の短縮及び沈下量の低下が表れている。

図-6に最終沈下量と安定化所要時間の関係を示す。図より、実験方法2は実験方法3に比べ、最終沈下量が小さい傾向にある。実験方法2の方が締固め層厚が薄い影響が表れている。

図-7にHLB及び表面張力と締固め効果の関係を示す。締固め効果を式-1に定義する。

$$\text{締固め効果} = 1 - \frac{\text{実験方法2または3の最終沈下量}}{\text{実験方法1の最終沈下量}} \quad (\text{式-1})$$

図より、締固め効果はHLB及び表面張力に対して最大となるピークがあり、締固め層厚が薬剤未添加の実験方法1と等しい実験方法2では、沈下量が最大80%(締固め効果=0.8)程度低減することがわかる。

図-8にHLB及び表面張力と時間効果の関係を示す。時間効果を式-2に定義する。

$$\text{時間効果} = 1 - \frac{\text{実験方法2または3の安定化所要時間}}{\text{実験方法1の安定化所要時間}} \quad (\text{式-2})$$

図より、実験方法3はHLB及び表面張力に対して時間効果が最大となるピークが表れている。締固め層厚が薬剤未添加の実験方法1と等しい実験方法2は、HLB及び表面張力の値に関わらず時間効果は一定で、安定化所要時間が50%(時間効果=0.5)程度短くなることがわかる。実験方法2の締固め層厚が実験方法3の半分であること及び薬剤の効果が圧密現象に表れやすいためと考える。

4. 結論

- ・非イオン性界面活性剤を山砂に添加した場合、締固めの効率向上及び圧密の促進が期待できる。
- ・最も効果の高い薬剤は、HLBが1.4から1.5、薬剤の表面張力(空気に対する表面張力:濃度0.01%、温度15℃)が3.5から4.5 $\times 10^{-5} \text{ N/m}$ である。

5. あとがき

本研究は、平成5年度民間等との共同研究(佐賀大学 科学技術共同開発センター)によって得られた成果の一部である。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1). 有泉 昌他:有機物処理による粘土の性質の改変に関する研究, 土木研究所報告, 第116号, pp.53-77, 昭和38年11月。
- 2). R. E. Zartman et al: Using Surfactants to Enhance Drainage from a Dewatered Column, Jour. Soil-Science, Vol.149, No.1, pp.52-55, 1990.

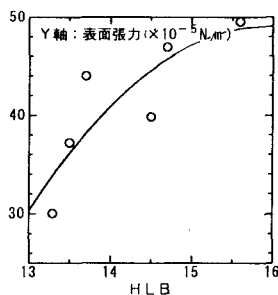


図-3 HLBと表面張力の関係

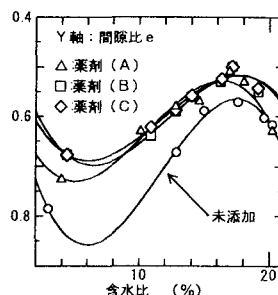


図-4 締固め曲線

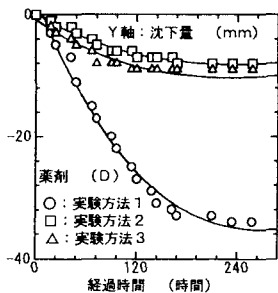


図-5 沈下量と経過時間

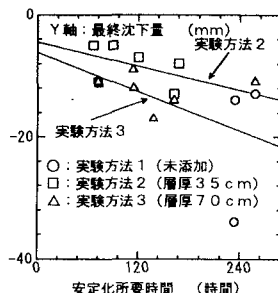


図-6 最終沈下量と安定化所要時間

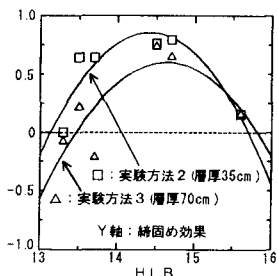


図-7 HLB及び表面張力と締固め効果の関係

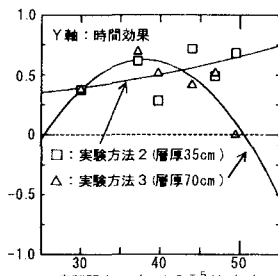
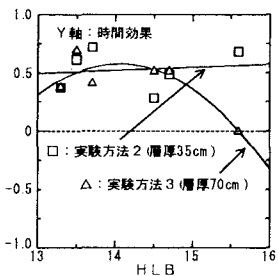
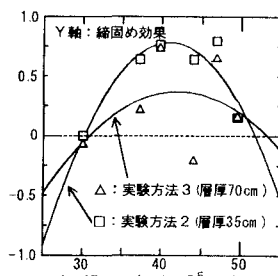


図-8 HLB及び表面張力と時間効果の関係