

東海大学海洋学部 正○ 宋 永焜
名城大学理工学部 正 岡田富士夫

I はじめに、泥岩土切土の応力解放による膨張現象は良く知られているが風化泥岩締固め土の膨張はどうであろうかと言うことは、あまり知られていない。風化泥岩締固め土の膨張は一般に良く知られている粘性締固土に特有な膨張の他に泥岩土の特質に起因する膨張もある筈である。たとえば泥岩土に存在するモンモリロナイト粘土鉱物の性質に起因する膨張がその一例である。その上、風化泥岩締固め土の化学安定処理による膨張抑制に至つては、ほとんど知られていないようである。この研究は以上のような背景のもとに風化泥岩締固め土の膨張のメカニズムを明らかにし、更に化学材による膨張抑制の効果を明らかにしようとする試みの一環である。一般粘性土締固め後の膨張に関する過去の研究は 1960 年代前後に Seed⁽¹⁾, Pacher⁽²⁾, Mitchell⁽³⁾, Ladd⁽⁴⁾, Nalezny⁽⁵⁾, あるいは NAYAK と Christensen らに由つて行なわれ、大半の説明は膨張ポテンシャルが土の分類指数 (PI) の Osmotic pressure, Thixotropic hardening, 土の構造, 粘土の弾性回復の関数として説明されるものとしている。なお本研究に用いた風化泥岩土は粘土分 14% シルト分 76%, 砂土 25% である。締固めは一般標準試験器を用い、膨張圧測定における供試体は直径 10cm, 高さ 6.5cm であり、膨張圧測定装置は Fig-1 に示す如くである。膨張抑制処理材としては、3% の NaCl, と CaCl₂, 比重 1.023 の水ガラス溶液 (Na₂O 35.0%) を用いた。なお用いた石灰は消石灰である。

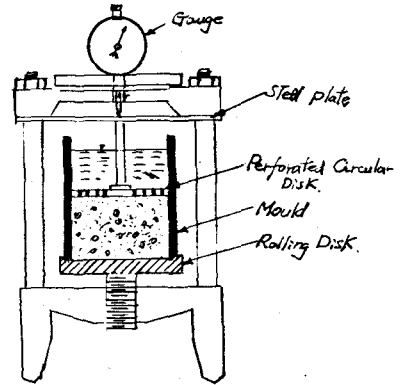


Fig-1 Swelling Pressure Measurement Device

II 風化泥岩土の締固め特性、膨張特性、とせん断特性。安定処理による締固め試験の結果は Fig-2 の通りである。NaCl, CaCl₂ は一般には分散性を有するものであり、その乾燥密度は常に未処理土より高い。これに反し、石灰は一種の凝集材であり、石灰添加の百分比が高ければ高いほどその乾燥密度は低下する。この傾向は特に粘性土において著しい。また泥岩土のすべり破壊は日本つ地すべりの 40% 内外を占めていられると言われている。こつすべりの観点から安定処理土のせん断力と締固め含水比の関係をプロットしたのが Fig-3 である。この図では非飽和状態と飽和状態のせん断強度を

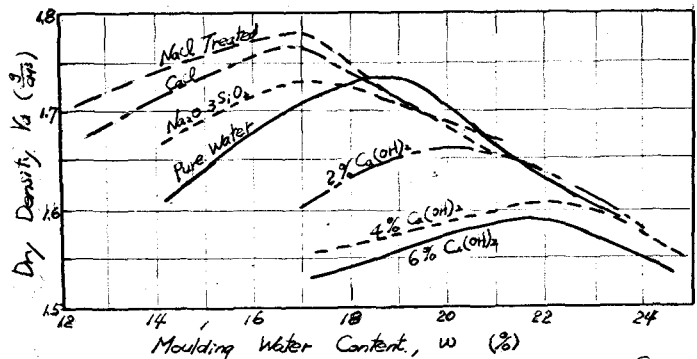


Fig-2 Comparison of Various Chemicals Treated Compaction Curves

より高い。これに反し、石灰は一種の凝集材であり、石灰添加の百分比が高ければ高いほどその乾燥密度は低下する。この傾向は特に粘性土において著しい。また泥岩土のすべり破壊は日本つ地すべりの 40% 内外を占めていられると言われている。こつすべりの観点から安定処理土のせん断力と締固め含水比の関係をプロットしたのが Fig-3 である。この図では非飽和状態と飽和状態のせん断強度を

比較している。非飽和状態のせん断強度は実務問題としてあまり意味がないので飽和状態の場合のせん断強度と比較して見ると、水ガラス処理、4% 石灰処理によるものが最も良いことが分かる。石灰処理の場合、乾燥密度は処理材の百分比増加と共に減少しているがせん断強度は逆に、増加している。この事実は石灰の粘結材としての効用の他に石灰による綿毛構造促進によるせん断抵抗の増加を示しているものである。綿毛構造のせん断強度に及ぼす効果がいかに大であるかは NaCl , CaCl_2 処理飽和土と比較して見るとよく分かる。飽和後の試料は含水比のせん断に及ぼす影響を消去したものであるから、土の綿毛構造や分散構造の差だけが顕著にあらわれてくることは明らかである。次に締固め特性、せん断特性と膨張特性の相互関係を未処理土及び代表的な膨張抑制材である 2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ についてプロットしたのが Fig-4, Fig-5 である。

膨張圧曲線は一般的には Osmotic Pressure の大である乾燥側から湿潤側へと減少する。この傾向は未処理土において特に著しい。この傾向は Nalezy 及 Pancher らによっても研究されているものである。しかし安定処理による膨張圧との関係は未だ発表されたものなく、著者らの実験結果によるものが Fig-6 に示す如くである。この図によると石灰処理による膨張抑制の効果は著しいものがあり、その適量は 2% であることが分かる。未処理土及び CaCl_2 , NaCl 処理の乾燥側における減圧傾向は大体等しく、減

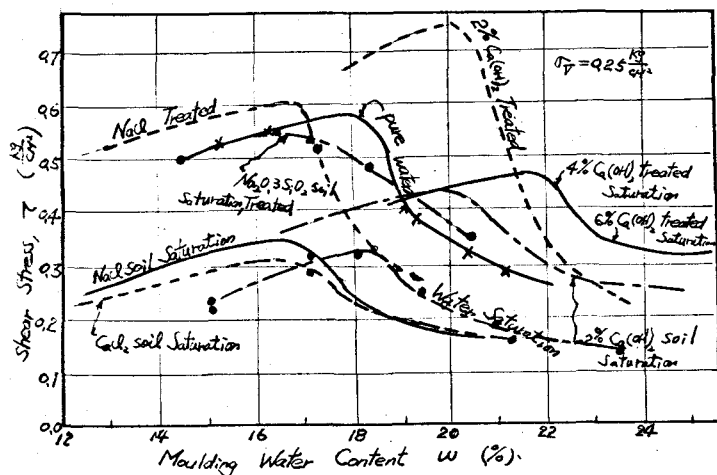


Fig-3 Comparison of Shear Stress for Various Chemicals Treated Compacted Soil

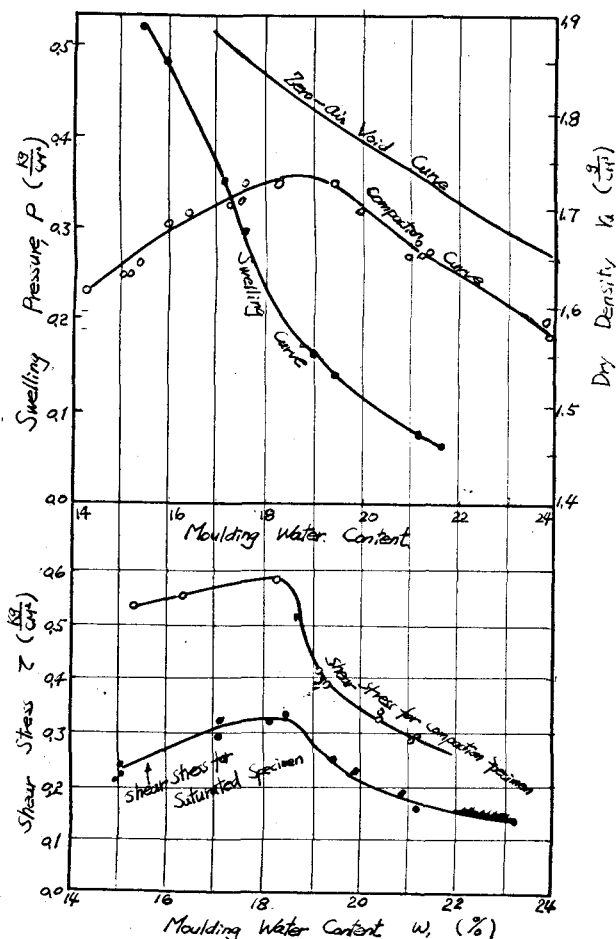


Fig-4 Dry Density, Swelling Pressure and Shear Stress in Terms of Moulding Water Content for Untreated Soil

圧の効果は CaCl_2 , NaCl , 水ガラスの順に大である。ただし湿潤側における減圧抑制効果はもうほとんど変わらない。しかし普通締固めは最適含水比付近において行なうのでその位置での抑制効果について考えると $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 及び石灰による抑制処理効果は大である。よって Fig-3, 5, 6, を通じてまとめられる結論は石灰の少量添加(この場合は2%)による膨張抑制効果は大であり、しかもせん断試験による結果から石灰によるすべり防止の可能性は十分認められることである。事実石灰パイルの形で斜面すべりを防止できたことが報告されている。石灰はまた、現状においてセメントに対抗しうる唯一の経済的安定材である。

Ⅲ 安定処理締固め土の膨張圧と時間の関係 膨張圧と時間の関係は締固め後膨張圧がいくばくかの時間を経て安定してくるかという点において重要である。この立場から各締固め含水比を持つ供試体の膨張圧の経時変化を示したのが Fig-7 である。また各安定処理締固め土の最適含水比付近における供試体の膨張圧～経時を示したのが Fig-8 である。

Fig-8 では丁度最適含水比にある供試体は実験の順序上得られないので最適含水比より少し手前にある乾燥側の供試体をもつて比較した。Fig-7 では未処理土の膨張圧が乾燥湿潤側の如何にかかわらず2日の間に安定してくることを示しているが、この傾向は水ガラスを除いて他の安定処理土についてもほぼ同様である。水ガラスの場合では、湿

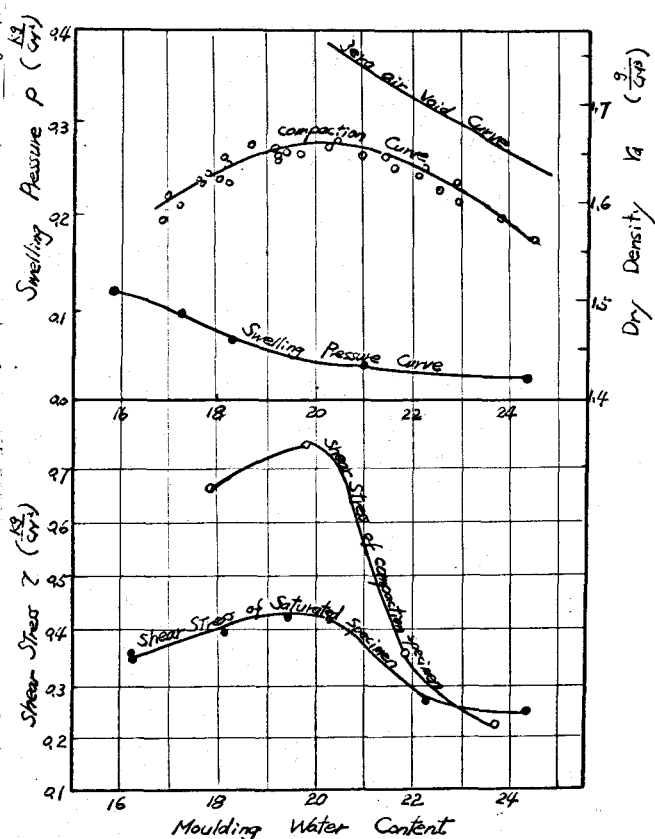


Fig-5 Dry Density Swelling Pressure and Shear Stress in Terms of Moulding Water Content for 2% Ca(OH)_2 Treated Soil.

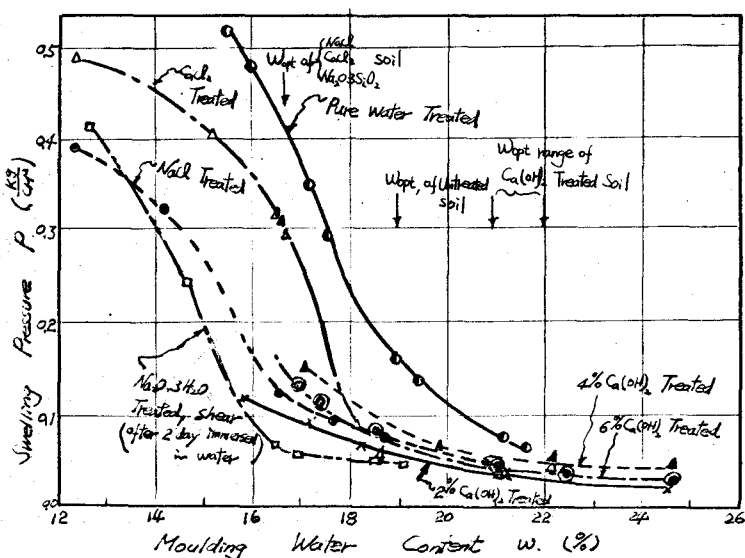


Fig-6 Relation between Swelling Pressure and Moulding Water Content.

液側においては1~2日の
向に安定しているが乾燥側
では、なお急激に膨張し続
けていることが観察された。
これら処理土の乾燥側の傾
向をプロットしたのがFig-
8である。Fig-8で見る
限り、2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び
NaCl 処理土、共に良い安
定傾向を示しているが強度
の向上と安定性の両優越性
を持つ2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 処理が
望ましいことはもちろんで

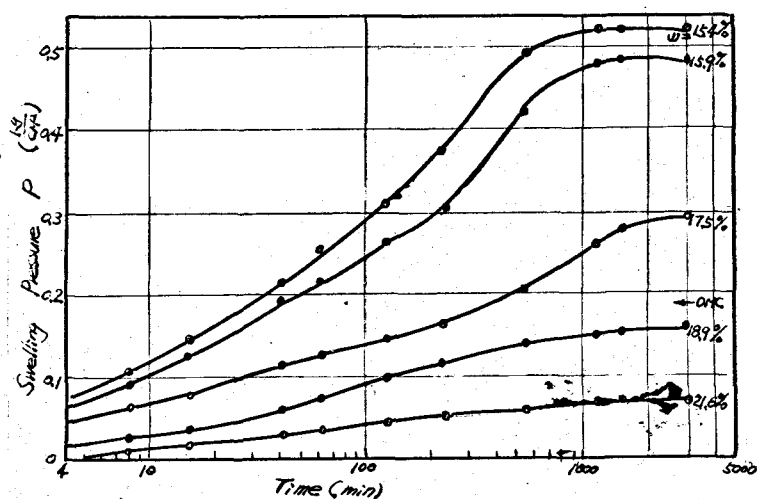


Fig-7 Relation between Swelling Pressure and Elapsed Time for Compacted Specimen

ある。NaCl は外部からの雨水に対して可溶性であり、不安定であるから望ましいものではない。

Ⅲ 結論 泥岩土の問題点

は圧力解放による膨張と斜面
すべりの問題である。風化
泥岩締固め土も大なり、小
なりにこの問題と係りを持
つものと考えられる。2%
消石灰処理は膨張抑制の上
から、また締固め及びせん
断抵抗の点からも効果抜群
である。この石灰はまた経
済的效果の点から見てもセ

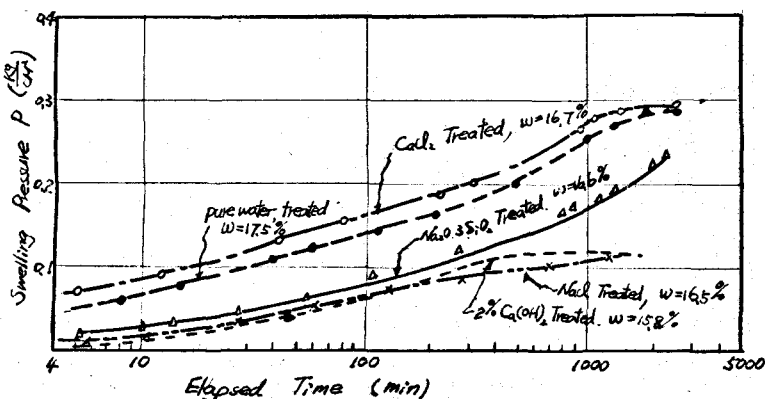


Fig-8 Relation between Swelling Pressure and Elapsed Time for Various Chemicals Treated at dry Side Compacted Specimen

メントに対抗しうる唯一の化学安定材であり、斜面安定及び膨張抑制の観点から石灰の多面的利用が
望ましい。将来の問題点は泥岩土の安定処理における膨張予測の方向に何げないと思っている。

参考文献

1. Seed, H.B.; Woodward, R.J. and Lundgren, R.: Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays, Proc. ASCE, 91(3), 1962, PP13-17
2. Parcker, J. P.; and Liu, P. C.: Some Swelling Characteristics of Compacted Clays, Proc. ASCE 91(3) 1965, PP1-17
3. Mitchell, J. K.: Fundamental Aspects of Thixotropy in Soils, Proc. ASCE 86(SMD) 1960, PP19-32
4. Ladd, C. C.: Mechanisms of Swelling by Compacted Clay, H.R.B. Bull. 245 1969, PP10-26
5. Nalejny, C. L. and Li, M. C.: Effect of Soil Structure and Thixotropic Hardening on the Swelling Behavior of Compacted Clay Soils. H.R.R. 10209 1967, PP1-22