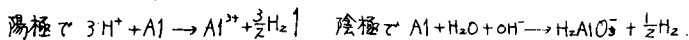


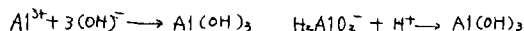
九州大学工学部 正員 山内豊聡
九州大学工学部 正員 ○松田 滋

1. まえがき 活性のある粘土を含まないいわゆるきれいなシラスは、その特異な粒子性状に形状と表面の粗骨度に起因して、繰り返し荷重あるいは振動に対して、むしろ普通砂以上に、液状化を起しやすいことがわかって¹⁾いる。一方、活性のある粘土を含む場合は、シラスでもかなり液状化は起きにくくなり、不完全液状化にとどまることもわかって²⁾いる。このように、砂土にシラスの液状化は、それに含まれる活成成分の存在に大きく左右されると考えた。そこで液状化に対する安定処理として、活性材料の注入ということが考えられる。しかし圧力注入による方法はシラスの透水係数が小さいということから非常に困難である。したがって、直流電流を利用し1)電気泳動により注入する。2)水の電気浸透と同時に注入する。3)イオン化した活性材料を注入する。という3つの方法が対策として新して考えられた。このことはシラスそのものを材料的に変えようとするもので、もし、それが確実に有効であるならば、従来のように構造的に構造物基礎をくふうする場合と違って、確実な液状化防止方法になりうるかも知れない。今回はシラスに、ケイ酸ソーダ、ベントナイト、水酸化アルミニウムを実験槽において注入し、それらの液状化に対する効果の実験結果について報告を行なう。

2. 理論と実験 シラスは他の土と同様に表面は負電荷を帯びており、水との界面においては電気二重層を形成していると考えられる。そのため飽和したシラスに電流を流すと間隙水は電流と同じ方向へ移動する。この電気浸透流を利用して、ケイ酸ソーダを陽極から注入することができる。また表面が負に帯電している粘土粒子は泳動により電流の方向と逆、すなわち陰極から注入することができる。また酸ソーダ、水酸化アルミニウムは各 Na^+ , H_2SiO_3^- , Al^{3+} , H_2AlO_2^- のイオン形態をとるので、電流を流すことにより注入できる。このうち Al^{3+} , HAO_2^- は次の反応で生じるので電極にアルミ棒を用いれば良い事になる。



これらは中央部の中性領域で次のように活性な水酸化アルミニウムを生じる。



実験に用いたシラスは鹿児島市原良町の一次シラスで、ベントナイト、ケイ酸ソーダは化学用を各5%、1%に稀釈して用いた。実験装置の外略を図-1に示す。

実験槽は50cm×20cm×5cmの塩化ビニル製で、電極はφ=2cm, l=20cmの鉄棒を、また注入する方電極にスレーナーを付け、電極との間に注入剤を入れた。なお

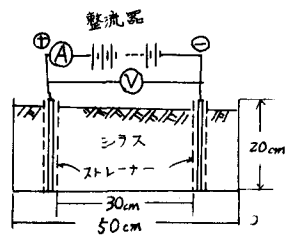


図-1 装置の概略と注入方法
破線は0.2%食塩水で飽和

水酸化アルミニウムの場合にはφ=1cm, l=20cmのアルミ棒を用いた。電源は3相式整流器である。電極間流が30cmになるように電極をセットし、 $\epsilon = 1 \times 10^{-4}$ に突固めたプラスチックのモールドを中央におき、周りをシラスで埋め、水道水または0.2%食塩水で飽和した。水道水を用いたのはベントナイト、ケイ酸ソーダの陽極注入である。ストレーナーの中の水を抜き注入剤と入れかえて、電極間に90Vの電圧をかけ24時間通電する。アルミ棒電極の場合は中性領域を広くする意味でさらに極をかえて

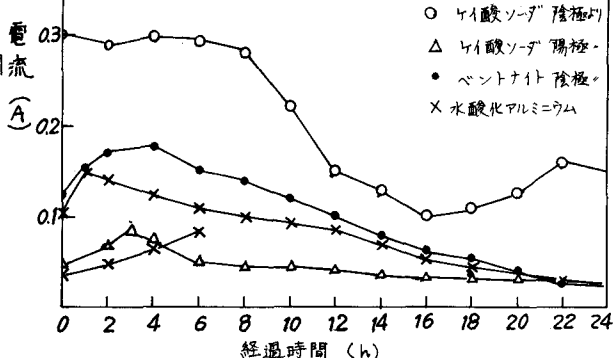
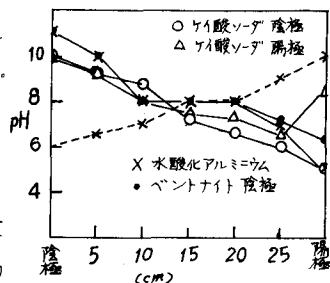


図-2 電流の時間変化

6時間の通電を行なった。通電終了後モールドを取り出して、シラスの繰り返しネジリ三軸試験を側圧1.0 kg/cm²、軸圧1.0 kg/cm²、ネジリ角55°、周期3.5秒で行なった。

3. 結果及び考察 電流の時間変化を図-2、24時間後電後のpHと電極からの距離との関係を図-3に、繰り返しネジリ三軸試験の間がき水圧とくり返し載荷回数との関係を図-4に示す。図-2より、間がきを水道水で飽和した時より0.2%食塩水の場合の方が電流が大きい傾向がある。また、ある時間まで電流は増加し、その後減少する。これは最初は電気分解によりイオン濃度が増加し、その後の電流低下は分極作用と考えられる。ケイ酸ソーダの陰極注入の場合、図-3陰極からの距離とpH



合、電流が途中で増加したのは水を加えたためと思われる。アルミ電極の場合は電流が大きい程Al(OH)₃の生成量が多いと考えられるが、電流の増大はジュール熱による地盤の加熱をもたらし、適当な電流を見つけて食塩水の濃度を決定する必要がある。図-3においてpHは予想される通り、陽極側で低く、陰極側で低くなっている。ケイ酸ソーダの陽極からの注入の場合、ケイ酸ソーダの加水分解により陽極側のpHは高くなっている。なお図-3の破線はアルミ棒電極の電極を交換して6時間後の結果を示す。図-4の繰り返しネジリ三軸試験の結果より、水酸化アルミニウム、および

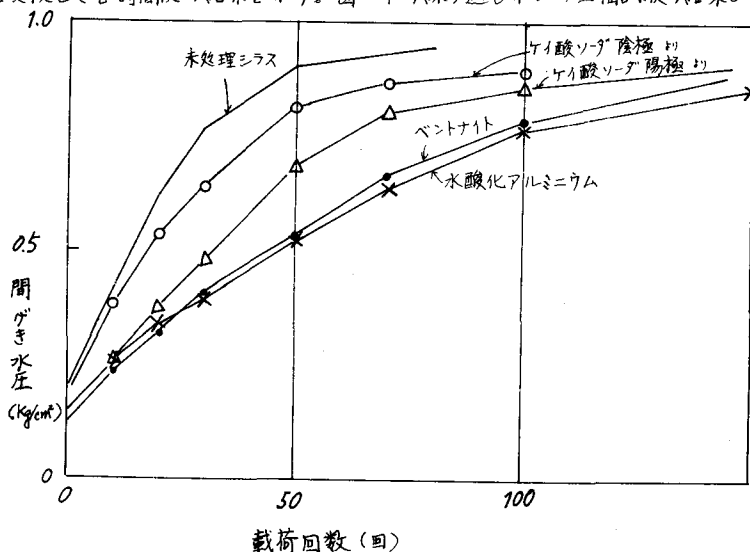


図-3 繰り返しネジリ三軸試験結果

ベントナイトの注入が効果があると考えられる。しかしケイ酸ソーダの注入では良い結果は得られなかった。この原因として、陽極注入の場合はpHの低い部分ができず、陰極注入の場合はpHの低い部分が陽極に近い部分だけであるために液状化に対し効果的であると考えられるケイ酸ゲルが生じなかったためと思われる。ベントナイトの注入で今回は極間を30cmで行なったが、極間が長くなると、陽極側でpHが等電点より低くなる

ことが考えられるが、等電点において粘土粒子は泳動しないため、その対策が必要となる。水酸化アルミニウムの注入では一定時間通電のあと極方向に僅かな時間流すことが安定処理をより効果的にすると思われる。

4. まとめ 今回の模型実験において、シラスの液状化に対して、水酸化アルミニウムの電解による注入、及びベントナイトの電気泳動的注入が効果的であることを明らかにした。今後は注入時間と効果の関係について実験を行なうこと、および電極間を広くして電位傾度を小さくすることが必要と考える。今回はシラスに活性の高いものを注入するということで、ベントナイト、ケイ酸ソーダ、および水酸化アルミニウムについてのみ実験を行なったが、他にも効果的な注入剤があるかも知れない。

参考文献 1) 山内, 砂の静的及び動的性質について
2) 山内, 粘土を含む砂の液状化について

昭.44, 土木学会第24回年次学術講演会講演概要集
昭.46, 土木学会第26回年次学術講演会講演概要集