

大阪工業大学 正員 岡 巖

標題の膠結および解膠なる言葉はすでに昨年度の概要集で説明した⁴⁾。しかし再度簡単に述べれば砂岩や泥岩の生成過程と説明するため「膠結作用」²⁾や「膠結材」³⁾なる言葉が使用されている。

当研究ではマサ土のような砂質土を含水状態から乾燥状態へ移行させたとき、含水比の減少とともに固結化するような現象を膠結といい、この固結化したマサ土を再び含水状態にもどすことによって生ずる崩壊または強度低下が解膠であると仮称している。このような砂質土の膠結および解膠作用がそのセリ強度定数 C と ϕ にどのような影響を与えるかについて検討したものである。

上述の実験目的を追究するため昨年度までに行なった実験方法は次のようなものであった。

[1]. C と ϕ におよぼす膠結作用の影響

生駒山系のマサ土を4.76%フルイにかけその通過全試料が初期含水比と乾燥度に従って C と ϕ をどのように変化させるか⁴⁾。

[2]. 解膠作用におよぼす乾燥の影響

前項と同じ試料による供試体の水中崩壊時間が乾燥度とともにどのように変化するか⁵⁾。

[3]. 乾燥によらない膠結作用の有無について

前2項と同じ試料の供試体が含水比の著しい減少なしに長期載荷を受けたとき、膠結作用がおこりうるか⁶⁾。

[4]. 解膠作用を受けた後のセリ強度の測定法の検討

[1]と同じ試料に膠結促進剤としてNaOH(苛性ソーダ)の5%水溶液を初期含水比5, 10, 15%として加えた膠結供試体の解膠破壊時間が応力制御式のセリ試験機方法によって測定できるか⁷⁾。

[5]. 粒径と膠結促進剤の相互作用による C と ϕ への影響

[1]と同じ試料を2.00%~0.84%, 0.84%~0.42%, 0.42%~0.25%の各粒径ごとにフルイ分けこれに市販のカオリンを5, 10, 15%および同じマサ土の0.074%フルイ通過分を5, 15%添加することによる C と ϕ の変化はどうなるか⁸⁾。

上述の実験方法[1]と[5]による不十分な結果によれば、次のような事柄が指摘できるように思われる。

(1). ϕ に対する膠結作用の影響は最適含水比付近で多少の増加とするのみで、他の初期含水比ではほとんど影響しないと判断される。

(2). C に対する膠結作用の影響は[1]の試料に関するかぎり5%前後の極端に低い初期含水比を除いて、かなり大きいと判断された。ただし[5]の粒度調整した試料ではこの点について不明瞭であった。

次に[2]および[4]についての限られた結果によれば次のような事柄が推測される。

(3). 実験試料として使用したマサ土に見るかぎり、この試料の解膠作用は水によって急速にすすめられ、その解膠時間は乾燥度の高いものほど短い。

(4). 膠結した供試体にあらかじめ先行セリ応力(非膠結供試体のセリ強度と同じ)を加えておいて解膠させる応力制御式解膠セリ試験によれば、最適含水比より1~2%湿潤側の初期含水比による供試体ももっとも長い破壊時間を示した。

最後に[5]の実験方法による結果によれば、含水比の著しい減少があっても長期載荷重によって膠結作用があらわれることを観察した。

以上のようなマサ土試料による2,3の実験からこのような砂質土では膠結および解膠作用の存在することとほぼ確認した。しかしマサ土のような砂質土におけると考えられる両作用をさらに詳しく追究するためには粒度分布、粒子形状、粒子表面の粗度および界面化学的性質、膠結物質の種類とその生成過程などの複雑さに加えてかなり未知な点の多いことなどが障害になると考えた。

このような予測される摩耗を軽減するために土粒子の代りにガラスビーズとし、膠結物質にはカオリンを使用することにした。

[A]. 粉体試料(ガラスビーズ)の一面セリ試験

試料としたガラスビーズの粒径は0.2, 0.4, 1.0, 2.0mmの4種類であり、JISA1204によれば砂に相当する粒径範囲のものである。比重は0.2=2.488, 0.4=2.502, 1.0=2.511, 2.0=2.500である。当初はこれら4種類の粒径を単一粒度のまま使用し、実験結果の解析に使用しようとした。この粉体試料のセリ特性は膠結物質と混合した直後の湿潤でも非膠結状態をそれと乾燥(60°C, 24時間)により膠結状態とした両供試体のセリ強度に重要な関係をもつことはもとより、解膠時のセリ強度の解析にも重要な知識を提供するものと考えた。さらに粒径の相違によってもφの変化も併せて検討できるものと考えた。この結果は(図-1)に示した。これによれば粒径0.2と0.4のφはほぼ等しく28°~29°となり、1.0と2.0は34°~37°となり粒径の大きいものがφを増加させる傾向にある。

Cの値は(図-2)のようにやはり粒径の増加とともに大きくなる傾向を示している。

[B]. 非膠結状態(湿潤状態)の一面セリ試験

膠結物質としてのカオリンの添加量は粉体試料重量の15%とし、先ず両試料を空裸りしたのちこの重量の10%に相当する量の塩化マグネシウム(MgCl₂)水溶液が加えられた。この塩化マグネシウム水溶液の濃度は水の重量に対して5%の塩化マグネシウムを溶解させたものである。この湿潤状態の試料は厚さ20mm、直径60mmの鉄製リング中に載荷速度1mm/minで締固め荷重150kgに達するまで静的に締固められた。このリング中の試料はこのあと静かにセリ試験箱中へ挿入し、1mm/minのヒズミ速度でヒズミ制御方式によりセリ断した。この試験結果は(図-1)および(図-2)に併記した。これによればφは粉体試料に比べて0.2と0.4の場合3~4°小さく、1.0と2.0は1.5~2.0°小さくなっている。これとは逆にCの値は0.04~0.05kg/cm²の増加を示す。

[C]. 膠結状態(乾燥状態)の一面セリ試験

この供試体は非膠結状態と同じものを60°Cの一定温度で24時間乾燥したものである。またセリ試験方法は[B]と同じである。これらの結果は(図-1)と(図-2)に示した。これによると0.2および0.4のφは粉体試料に比べて4.0°ほど増加し、1.0と2.0のφは粉体試料のそれよりも1.5~2.0°ほど増加している。Cの値は粉体試料および非膠結状態の場合と全く逆の傾向を示す、すなわち0.2と0.4の場合粉体試料に比べて0.350~0.366kg/cm²の増加であり、1.0と2.0では0.255~0.270kg/cm²の増加となっている。

[D]. 解膠状態の一面セリ試験(湿潤または飽和状態)

昨年までに行なってきた実験方法ではセリ試験箱中にセットした膠結状態の供試体へあらかじめ非膠結状態の供試体より実測した破壊強度と同じセリ断応力を載荷しておき、セリ試験箱中の注水(水頭差による注水あるいは供試体下面への接水による毛管ポテンシャルによる浸透水)による解膠作用でおこるセリ断破壊荷重を測定した。しかしこの方法によると解膠後、供試体に残存しているセリ断抵抗が実測できない。

このことから今回の実験では先ずセリ断応力を加えないまま次のような二つの解膠方法

- (1). 毛管現象のみによる解膠
 - (2). 水頭差にもとづく浸透水現象による解膠
- を与えたのちにヒズミおよび応力制御方式のそれぞれによる残存セリ断抵抗の実測を行なう。

なおこの結果は目下実験中のためあらかじめ会場において発表する。

上述の実験結果は現在実験記録中にえられたものの一部分である。従ってこの程度のもので結論を誘導することはかなり無理なところである。しかしば次のような事項は推論できよう。

a). φに及ぼす粒径の影響

今回の実験で使用する単一粒度試料に関する限りφの値は粒径の増加とともに多少とも増大する傾向にある。

b). φに及ぼす非膠結および膠結物質の影響

ガラスビーズの間隙中に存在する膠結物質が湿潤または乾燥状態のいずれかによってφに多少の増減を与える。

しかしそれにもまして興味深いことは単一粒度によるが、最初粉体試料で与えられた粒径と ϕ の関係がほぼそのまま非膠結(湿潤状態)および膠結(乾燥状態)状態の試料においても示されたことである。

このことは[1]の実験目的のために行った結果(1)に述べた簡単な事実にも関連しているように思われる。

以上のことから概念的に推測すれば ϕ の値は主として密度いおえれば ϕ が γ に左右されるため、最適含水比のもとで生ずる最大密度のもとでこそ膠結作用の影響が顕著にあらわれ、さらに表面積(粒子の)または単位体積当たりの接触点数が著しく増加するような細粒子(ここでは0.2および0.4 μm)においてこそ非膠結および膠結作用の影響が顕著に受けるといえよう。

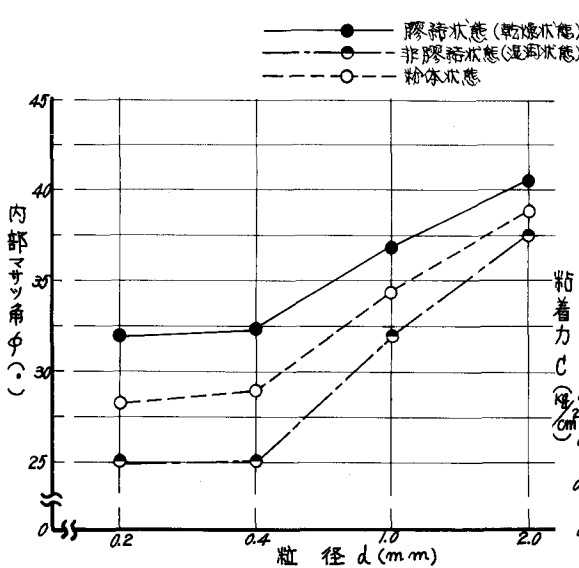
c). C に対する粒径の影響

本来ならは乾燥粉体今回のような粉体試料および非膠結試料などにおいて示されたような微細な C の値は一般に無視するが、または誤差の範疇やうとして消える傾向にある。しかし当研究では応答ガラスビーズのカミ合せ現象のようなものによるとして、この値をとりあげることにした。何故ならば今後とりあげてゆく解膠作用後の残存セン断抵抗にはこのような粒子間のカミ合せによると思われる抵抗を重視せねばならぬと考えたからである。このような意味から ϕ の値が粒径の増加とともに大きくなる傾向を示したものは注目すべき点である。

d). C に対する非膠結および膠結物質の影響

C に対する非膠結物質の影響は一応粒子間の結合を促進する役割にある。しかし C 項に述べたような粒径の増加にもなるカミ合せ現象と思われる要素の影響を打ち消すほど大きなものではない。このことは粉体試料の傾向とほぼ類似した C の増加するおち粒径とともに C の増大することと同じ傾向からも理解できよう。

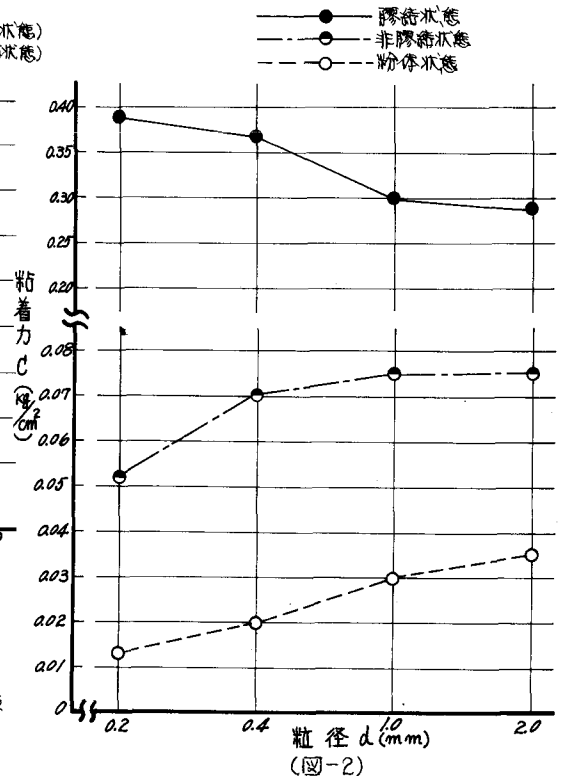
これに反して C に対する膠結物質の影響は全く逆の傾向をつくりだしている。このことは C に対する粒径の影響と全く変えていくほど膠結物質の存在が大きいことを示す。



(図-1)

参考文献

- 1) 5), 6), 7), 8) 岡 巖; 砂土上の膠結作用に関する実験
オマハ回年次学術講演要録集 Ⅱ-183
- 2) 牛来正夫 他4名共著; 岩石
地学教育講座シリーズ40冊 福村出版
- 3) 石井 靖丸 訳 ; チェボタリョフの土質工学上巻
校報堂 出版



(図-2)