

液状化防止工法としての超微粒子球状シリカ系注入材の適用性に関する実験(その1)

東北学院大学	学生	○佐藤絵里歌
東北学院大学	非会員	吉田安祐美
東北学院大学	正会員	飛田善雄、山口晶
電気化学工業	正会員	荒木昭俊
日本基礎技術	正会員	岡田和成

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では、千葉県浦安市などで細粒分を含む地盤が液状化し、大きな被害をもたらした。そのため、細粒分を含む地盤に対しても確実に被害を抑制できる改良工法が必要とされている。そこで、本研究では、超微粒子球状シリカ系注入材の細粒分を含む地盤に対する液状化工法への適用性について検討を行うこととした。超微粒子シリカ系注入材は、通常のシリカ系薬液の粒径が $20\mu\text{m}$ に対して、 $0.3\sim 0.8\mu\text{m}$ と粒子が細かいため、細粒分を含む地盤に対しても改良効果を発揮できる薬液である。本研究では、いくつかの薬液濃度の薬剤を浸透・混合させ、液状化対策に適応する際に必要な改良濃度と浸透時の薬液濃度の変化を調べた。

2. 実験条件

本実験では、ケイ砂7号とケイ砂8号を5:5で混合した試料を作製し、この試料を用いて本薬液の改良効果を確認することとした。用いた試料の粒径加積曲線を図-1に示す。

改良供試体の作製は、写真-1に示す改良用浸透装置を用いて行なった。浸透筒は、塩ビ管とアクリル管の

両方を用いた。浸透筒内側には、固結した供試体を取り出しやすくするためのフィルターを貼った。浸透筒(塩ビ管は、高さ99.9cm、直径5.6cm、アクリル管は高さ75.3cm、直径6.0cm)の中に砂を相対密度(D_r)を60%になるように所定の高さ(塩ビ管は87.2cm、アクリル管は70.2cm)になるように側面に打撃を与えながら(塩ビ管は2層25回ずつ、アクリル管は2層15回ずつ)、投入する。その後脱気水を約60分で下から上に浸透させる。脱気水の浸透終了後、所定の濃度に調整したシリカ薬液を水頭差1mで浸透筒の下から上に浸透させる。浸透筒の上面から約1リットル程度シリカ薬液が越流したことを確認し浸透を停止する。その後2週間、 23°C に調整した部屋で乾燥を防ぎながら養生する。2週間後に供試体を取り出し、取り出した直後(14日目)に一軸圧縮試験を行なった。

実験条件を表-1にまとめる。シリカ薬液による改良濃度(水シリカ比=W/S)は、100%、200%、400%、600%、800%、1000%、1500%、2000%とした。また、Test1のシリカ薬液浸透時には浸透前の原液と浸透後浸透筒上部から採取した浸透後薬液の濃度を調べた。また、Test4の一軸供試体下部と上部の供試体について

も薬液の濃度を調べた。なお、供試体は薬液浸透時の上下方向を同一にしているため、一軸供試体においても、供試体下部から上部に薬液が流れたことになる。

3. 実験結果

図-2に各実験の一軸試験結果を示す。なお、Test7とTest8は2週間で固結し

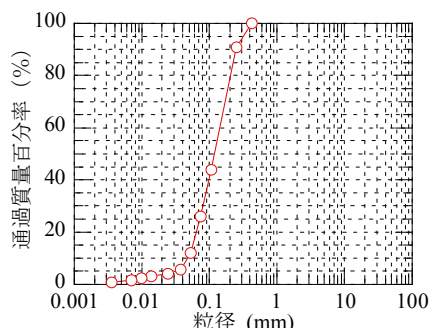


図-1 使用した試料の粒径加積曲線

表-1 実験条件

実験名	Test1	Test5	Test3	Test4	Test5	Test6	Test7	Test8
試料	ケイ砂7号：ケイ砂8号=5：5							
W/S(%)	100	200	400	600	800	1000	1500	2000
相対密度(%)	62.3	63	63	60	64	64	63	66.3



写真-1 改良用浸透装置

なかったため、載せていない。図を見ると、ばらつきがあるものの水シリカ比（W/S）が大きくなると（濃度が薄くなると）一軸圧縮強度が低下していることがわかる。図-3に水シリカ比（W/S）と一軸圧縮強度の関係を示す。ばらつきがあるものの、W/Sの増加に伴って、一軸圧縮強度が直線的に減少している。ただし、この実験では、浸透から14日後で一軸試験を行なったため、原位置の改良地盤（28日強度）より強度が小さめにでていることに注意が必要である。別な実験でおこなった養生28日のW/S=300%の供試体の一軸圧縮強度が1700kPaであることから、養生28日の一軸圧縮強度は養生14日のW/S=300%の一軸圧縮強度（図-3の近似曲線から58.2kPa）のほぼ29倍である。一般に液状化対策として有効な一軸圧縮強度は、100kPa以上とされているので、14日養生の時点で3.4kPaの一軸圧縮強度が必要である。このときのW/Sは、図-3の近似曲線から逆算すると、W/Sは1035%となる。従って、液状化対策工法として検討すべき薬液の濃度はW/S=1035%となる。

図-4には、一軸供試体の破壊時（最大圧縮応力時）の破壊ひずみと水シリカ比の関係を示す。この関係をみると、水シリカ比が大きくなると破壊ひずみが大きくなることがわかる。改良地盤に要求される性能に応じて、破壊ひずみの観点からも改良濃度を検討する必要があると思われる。

表-2に薬液の改良濃度と調べた場所の関係を示す。原液に比較して、塩ビ管上部から採取した薬液の濃度は明らかに低下しており、薬液を注入する前の供試体を飽和させた水と混ざり、薬液の濃度を低下させたと考えられる。また、Test4では、供試体下部に比べて、上部のシリカ濃度が小さい。薬液が供試体内を十分浸透しなかった可能性がある。なお、浸透実験中に、フィルターと浸透筒の隙間を薬液が流れていたことが確認できた。これが薬液の供試体内への浸透に影響を与えた可能性がある。

4. まとめ

表-2 薬液の改良濃度と調べた場所

実験名	Test1		Test4	
採取対象	薬液		供試体	
採取場所	原液（薬液タンク）	塩ビ管上部	上部	下部
固形分含有率（%）	1.14	1.07	3.30	15.60

本研究では、超微粒子球状シリカ系注入材の細粒分を含む地盤に対する液状化工法への適用性について、一軸圧縮試験を行い、液状化対策に用いる際の改良濃度を調べた。その結果、W/S=1035%とすることによって、液状化対策に必要な一軸圧縮強度100kPaとなることが分かった。今後はこの濃度で改良した地盤の液状化抵抗を調べる必要がある。また、薬液の原液と浸透後の濃度、一軸強度試験を行なった供試体の上部と下部の薬液の濃度を調べた。その結果、原液より浸透後の薬液の濃度が薄い薬液がフィルターと浸透筒の隙間を流れ、供試体内を十分浸透していない可能性があることが分かった。フィルターは供試体を取り出しやすいように入れたものである。今後は、薬液が十分供試体内を浸透するように工夫する必要がある。

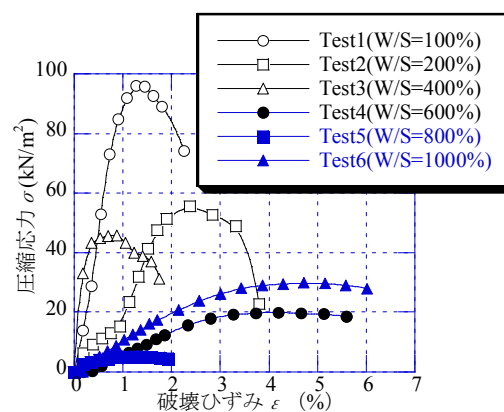


図-2 一軸圧縮試験結果

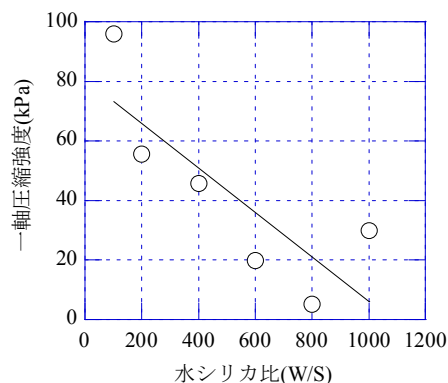


図-3 一軸圧縮強度と水シリカ比の関係

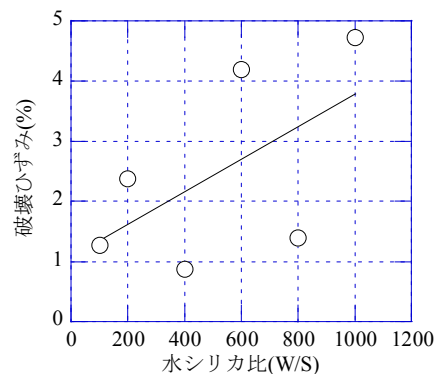


図-4 破壊ひずみと水シリカ比の関係