

圧密時間の異なる再生砂の液状化強度に関する検討

前橋工科大学大学院 学生会員 ○油井原 綾香 前橋工科大学 正会員 土倉 泰

1. はじめに

コンクリートを破碎してつくられる再生砂は、下水道管路施設の埋戻しに使用されることが多い。未反応セメントが再生砂に含まれているとすれば、それが水と反応して硬化した再生砂は液状化しにくくなり、地震時に発生するマンホールなどの浮き上がり防止に役立つと考えられる。一方、東京都では再生砂の硬化現象の影響で埋戻した下水道管路施設の再掘削が困難になるという事例報告もあり、再生砂の硬化による強度増加は実際に生じることが分かっている。

既往の研究¹⁾では、CBR 試験やハンドスコップを使用した掘削による再生砂の強度検討が行われている。しかし、三軸試験機を用いた液状化強度の研究はまだ行われていない。そこで、非排水条件下で繰返し三軸試験を実施し、再生砂がどのような条件により、どれほど硬化するのかを調べる。

2. 供試体の作成方法および試験条件

試料には、前橋市内の砕石場でつくられた再生砂 RC-10 を使用した。標準型三軸試験機の供試体(直径 50mm・高さ 100mm)の材料として大きな径の土粒子は適さない。このため、最大径が 2mm となるようにふるいで粒度調整した。調整後の粒径加積曲線を図 1 に示す。土質材料の工学的分類体系における小分類では、細粒分まじり砂に分類される。最大密度は 1.33g/cm^3 、最小密度は 1.08g/cm^3 である。

粒度調整した気乾状態の再生砂を三軸供試体用のモールド内に詰め、試料を 10 層に分けて各層突き棒で 15 回叩いた。その後、供試体をモールドごとビニール袋に入れ、重りを載せたあとビニール袋に水を注入する。重りは上載圧が 100kN/m^2 となるようにした。この状態で供試体を 4 日から 133 日間浸水養生する。本研究では、この浸水養生を長期的な圧密状態として位置付ける。なお、浸水養生しない試験を浸水養生 0 日と表記する。

試験の条件を表 1 に示す。浸水日数、最大応力比に相

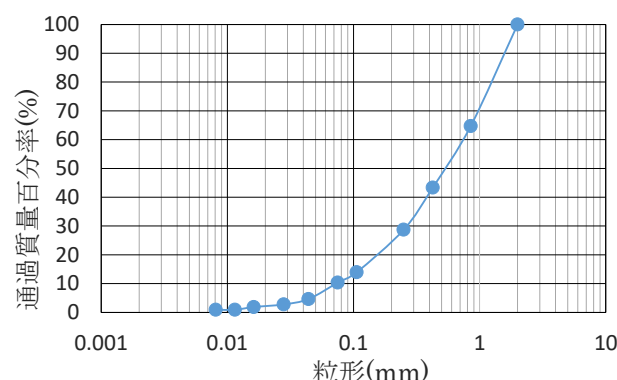


図 1 粒径加積曲線

当する R 値($\sigma_d/2\sigma_0'$)を種々の値に設定した。ここに、 σ_0' は初期拘束圧、 σ_d は繰返し偏差応力の振幅である。なお、表 1 に供試体作成時の相対密度を示す。供試体の作成方法は同一としたが、密度は 68 から 85% に分布した。

試験方法は以下の通りである。まず、供試体を三軸セル内にセットして初期拘束圧 100kN/m^2 で圧密し、二酸化炭素を通したのち、脱気水を通す。背圧は養生日数が 16 日未満の供試体で 100kN/m^2 、16 日以上供試体で 350kN/m^2 とした。そして、 B 値が 0.98 以上であることを確認したのち、各供試体に対して、非排水条件のもとで繰返し荷重を加えた。そのときの載荷波形は正弦波、振動数 0.2Hz とした。両振幅ひずみ(DA)が 10% となるまで試験を継続したが、5% となった時点で供試体が破壊したものにとらえ繰返し載荷回数 N を決定し、試験結果を整理した。

3. 試験結果および考察

浸水養生の日数を 0 日、83 日、96 日、133 日と変化させたときの過剰間隙水圧の上昇の様子を図 2 に示す。これらはすべて R 値を 0.35 としている。浸水 0 日と 83 日では試験開始後すぐに過剰間隙水圧が上昇したが、浸水 96 日、133 日では上昇が緩やかであった。

図 3 は DA=5% をもとに描いた液状化強度曲線である。DA=5% の液状化強度曲線において、繰返し載荷回数 20 回に対応する繰返し応力振幅比である液状化強度 R_{L20}

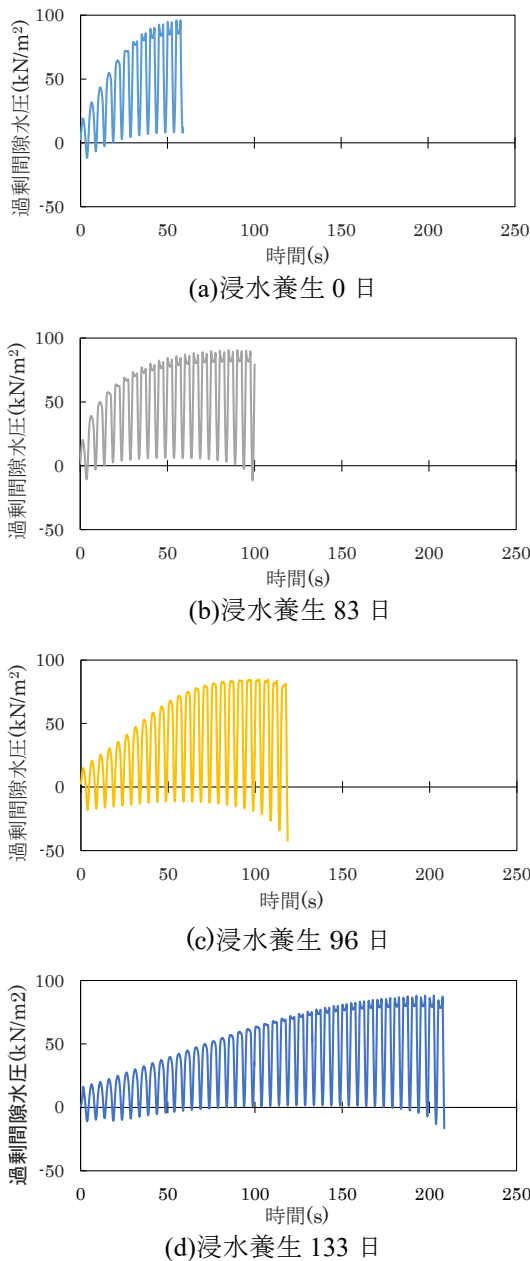


図2 過剰間隙水圧の上昇の様子

と比較すると、浸水養生 0 日で $R_{L20}=0.29$ 、浸水養生 83-86 日で $R_{L20}=0.32$ となっており、養生日数が増えて圧密時間が長くなると強度が増加する傾向がある。

この図において、 $R=0.35$ の浸水 16 日に対応するプロットが R の異なる他の浸水 16 日のプロットからずれているのは、伸張側で応力比の増減が変わる折り返し点においてコラプス現象といえる挙動があったためである。このときに急激な過剰間隙水圧の発生により、 N が小さくなった。したがって、 $R=0.35$ の浸水 16 日に対応するプロットを他のプロットと同等に評価することはできないと考える。

$R=0.35$ の試験結果を比べると、養生日数が増すごと

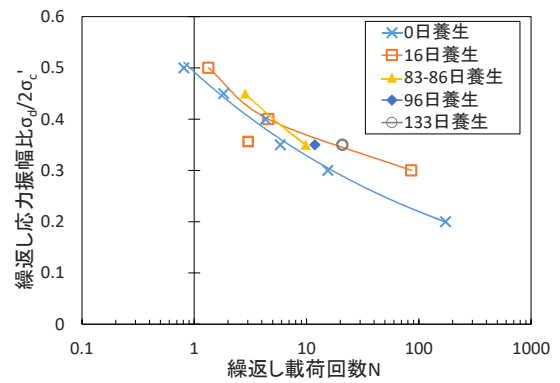


図3 液状化強度曲線

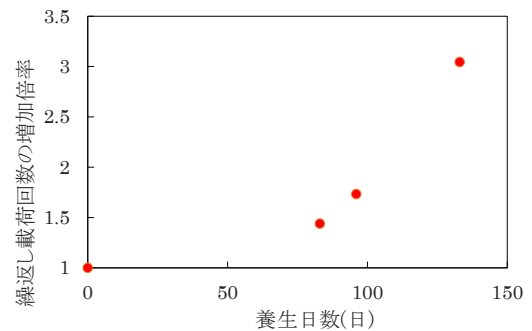


図4 液状化強度増加率

に N 値が大きくなっていることが分かる。そこで浸水養生 0 日を 1 とし、圧密時間による繰返し載荷回数の増加率を図 4 に示す。圧密時間が長いほど繰返し回数の増加の割合が増えている状況が分かる。

4. おわりに

再生砂を浸水養生したうえで繰返し非排水三軸試験を行った。一連の試験の結果、圧密時間が 96 日以上になると過剰間隙水圧の上昇が緩やかになることを把握した。また、浸水養生 0 日と長期圧密を与えた供試体の試験結果を比較した。 $R=0.35$ において、133 日を超えると繰返し載荷回数が 3 倍以上になることが確認できた。しかし、浸水養生 83 日以上データが少ないため、長期圧密を行った際の強度増加について明確に数値で説明することができなかった。

最後になりますが、鶴川興業株式会社上佐鳥リサイクル工場より試料をご提供頂いたことを記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 上野慎一郎，田中輝栄，峰岸順一，小林一雄：“埋戻し後の再生砂(RC-10)の強度増加に関する検討”，平 22.都土木技術支援・人材育成センター年報，pp.91-100，2010