

Ⅲ - B 311

安定材混合処理した下水道管渠埋戻し材料の液状化強度特性

東京都下水道局 伊東 三夫、足立 健
日本工営(株) 正会員 ○李 黎明、中橋 貞雄

1. はじめに 釧路沖地震(1993、M7.8)や兵庫県南部地震(1995、M7.2)における下水道管渠の被害教訓から、管の周囲地盤、特に埋戻し部の液状化強度の向上が地震に強い管渠整備の要の一つであることが分かった。液状化対策としては、液状化の発生を防止する方策(置換・地盤改良)、過剰間隙水圧を効率的に消散させる方策(ドレーン工法)、地盤変状に抵抗するように埋設管を固定させる方策(杭基礎)等があるが、著者らは、建設残土対策も取り込んだ下水道管渠耐震化方策として、すでに稼動している「建設残土改良プラント」(以下、「改良プラント」)による建設残土の下水道管渠埋戻し材への改良処理利用に取り組んでいる。今回は、下水道管渠周囲地盤の液状化防止方策の策定に伴い、非排水繰返し三軸試験により、液状化強度の視点から安定材混合処理した埋戻し材の特性について検討を行ったので、報告する。

2. 試験条件及び方法 「改良プラント」では、埋戻し材として不適な含水比の高い建設残土に生石灰を添加することにより、その発熱、及び吸水反応による含水比の低減化、ならびにボゾン反応生成物による上粒子間空隙の充填・緻密化を促進し、上材料の安定性向上を図っている。改良処理の手順を図-1に示す。今回は室内試験により、上述した改良処理の手順を念頭に置き、これを再現するように以下の方法で供試体の試料調整を行った。①所定量の混合材をミキサーで練混ぜる(一次攪拌)。

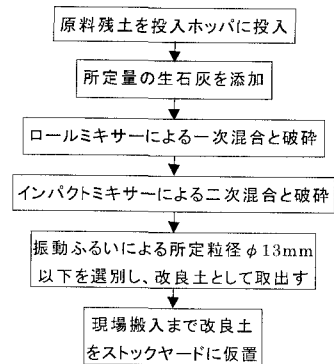


図-1 建設残土の改良手順

②密閉状態で混合試料を一日養生する。③供試体を作成する直前に試料を練混ぜる(二次攪拌)。建設発生土を含めた数種類の上材料を用いた予備試験の結果から、液状化強度が低く、比較的粒径のそろった細粒分質砂(SF)を埋戻し対象土(以下、母材と称する)として用いた。安定材としてベントナイト、生石灰、普通ポルトランドセメント(以下、O.P.C.と略す)を用いた。ベントナイトを用いたのは、砂質土に粘土分を増やし粘性を増した場合の液状化強度を見るためである。処理土の液状化特性は非排水繰返し三軸試験により調べた。図-2に母材の粒度加積曲線及び一次性質を示す。母材の細粒分含有率は約10%で、縮固め特性としては、 $w_{opt}=22.8\%$ 、 $\rho_{d,max}=1.503t/m^3$ である。

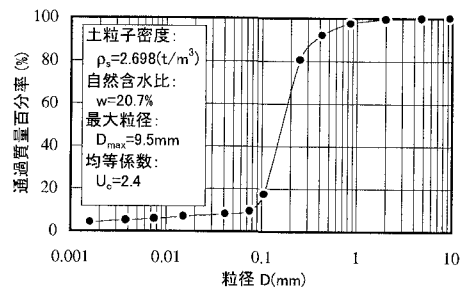


図-2 母材の粒度分布曲線

表-1に試験条件を示す。試験は、母材の試験(Series-A)、安定材及び混合率を変化させた試験(Series-B)、及び養生材令を変えた試験(Series-C)の三種類とし、計22ケースを行った。安定材の配合率 C は乾燥重量比で表す。供試体は、直径5cm、高さ10cmのモールドを用いて、最適含水比で縮固め度 $D_c=90\%$ になるように密度管理による突固め方法で作成した。供試体養生は、ラッピングした状態で恒温恒湿(温度 20°C、湿度 95%以上)の条件で行った。液状化試験は JGS T 541 に準拠し、供試体の飽和は二酸化炭素(CO₂)を通す方法を用いた。有効等方圧密応力 σ'_v は 39.2kPa とした。

試験の種類	安定材	配合率	養生材令	試験数
母材試験(Series-A)	—	C=0%	—	1
混合材試験(Series-B)	ベントナイト	1,2,3,4%	7日	4
	生石灰	1,2,4%	7日	3
	O.P.C.	1,2,4,6%	7日	4
養生材令試験(Series-C)	生石灰	1%	14,28日	2
	生石灰	2%	14,28日	2
	生石灰	3%	14,28日	2
	O.P.C.	2%	14,28日	2
	O.P.C.	4%	14,28日	2

3. 試験結果及び考察 図-3~5に生石灰、O.P.C.、ベントナイトを安定材として用いた場合(Series-B)に、混

キーワード: 地震、液状化、土質安定処理、繰返し載荷、埋戻し材料
連絡先: 〒163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1 東京都下水道局管路建設部 Tel:03-5320-6654、Fax:03-5388-1707
〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4、日本工営(株)地盤構造部 Tel:03-3238-8354、Fax:03-3238-8379

合処理土(材令 7 日)の繰返しせん断応力比と繰返し回数との関係を示す。図から、以下のことが分かる。①生石灰を安定材とした場合の改良効果が最も大きく、C=2%以上であれば液状化強度 $R_l = \sigma_d / 2\sigma'_c$ (DA=5%, $N_c=20$ 回)が0.7以上になる。②O.P.C.の場合はC=6%にしても、 R_l が0.6程度で生石灰の場合に比べて改良効果が低い。③ベントナイトの添加による液状化強度増加はほとんど期待できない。下水道管渠周囲地盤の液状化強度試算結果²⁾から R_l が0.7以上となれば、レベル2地震動でも「液状化しない」と言う目安が得られている。これを今回の結果と照合すると、生石灰の配合率を2~3%にすれば、混合処理土の目標液状化強度が確保できると言えよう。

図-6 に生石灰、O.P.C.を安定材とした場合、養生材令による混合処理土の液状化強度の変化(Series-C)を示す。図から、各混合処理材の液状化強度とも材令を増すに連れて増大するが、前半での増加率は、生石灰を用いた場合よりも O.P.C.の方が大きいものに対して、後半では、生石灰の方が大きくなっている。つまり、安定材としての生石灰と O.P.C.を比較すると、混合処理材のセメンテーション及び強度の発現は生石灰よりも O.P.C.の方が早く、混合処理後の時間経過に連れて、液状化強度の増加は逆に生石灰を用いた場合の方が大きくなる。このような今回の試験結果に対して混合処理工程を考慮して考察すると、次のことが言えよう。①O.P.C.を安定材とした場合は、ポズラン反応が速く、混合後 1 日の養生である程度セメンテーションがされたところで二次攪拌を行うため、形成された構造が破壊される。②生石灰を安定材とした場合は、反応速度が O.P.C.ほど速くないため、二次攪拌による構造破壊は少なく、土粒子間のセメンテーションは供試体作成後徐々に発現されより強固な構造が形成される。③生石灰と O.P.C.を用いた混合処理材の液状化強度の差は上述した土粒子間のセメンテーション及び強度発現メカニズムの違いによるものと考えられる。

4. あとがき 今回は、「建設残土改良プラント」の安定材混合処理手順を踏まえ、3 種類の安定材を用いた室内混合処理試験を行い、それぞれの液状化強度特性を調べた結果、生石灰による改良効果は普通ポルトランドセメントよりも大きいこと、混合処理の手順が処理土の液状化強度特性に大きく関わることが分かった。今後は、建設発生上の材料特性による改良埋戻し土の液状化強度特性のバラツキ、安定材配合率の影響、及び施工時の品質管理方法等について検討し、建設残土対策及び液状化対策が両立できる下水道管渠埋戻し材料に関する技術資料を作成したいと考えている。

参考文献: 1) 例えば、田中修司ら: 釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査、土木研究所資料第 3275 号、1994.4. 2) 東京都下水道局: 下水道管渠施設の耐震設計手法に関する調査設計(その 3)報告書、1997.8.

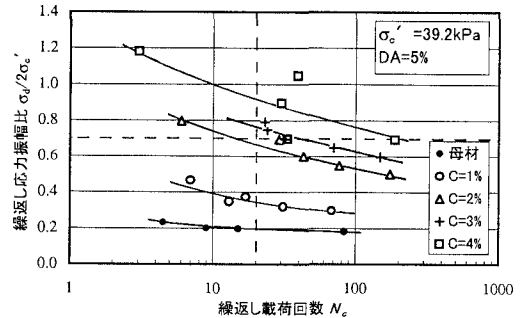


図-3 液状化強度曲線(安定剤:生石灰、材令:7日)

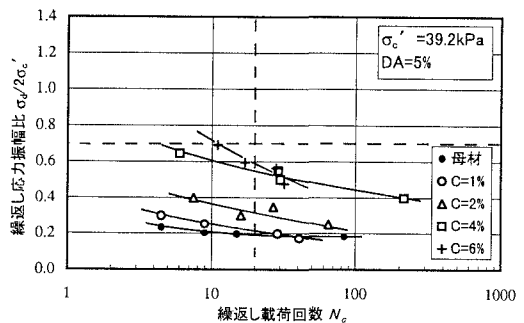


図-4 液状化強度曲線(安定剤:O.P.C.、材令:7日)

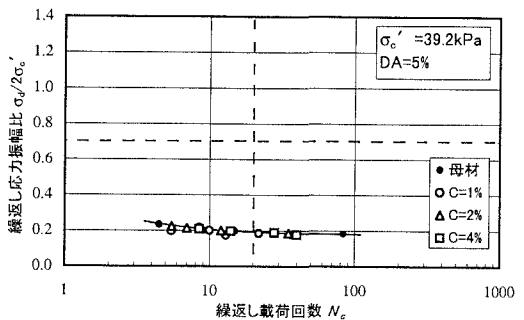


図-5 液状化強度曲線(安定剤:ベントナイト、材令:7日)

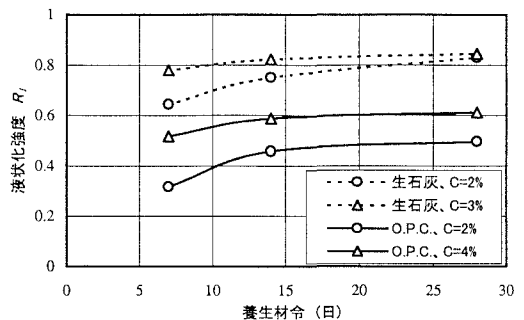


図-6 養生材令と液状化強度の関係