

III-333

事前混合処理工法を用いた液状化対策における処理土の強度評価

運輸省港湾技術研究所 ○善 功企
同 上 山崎浩之

1. まえがき

砂質土を用いた埋立地盤が、地震時の液状化に対してきわめて抵抗性の低いことは、過去の港湾施設の被災例をみるまでもなく明らかである。そのため、筆者らは、新たに埋立・裏理を行う砂質土に、事前に少量のセメントを添加・混合して地盤造成を行ういわゆる事前混合処理工法の開発に取り組んできた。従来、深層混合処理工法のように、粘土を対象とした処理土の特性についてはかなり明らかにされているが、ここで対象とする砂質土を母材とする処理土の特性については未解明な点も多い。また、処理地盤全体の安定を問題にする場合には、既存のソイルセメントのような局部的適用の場合とは異った観点からの研究が必要である。このような背景から、本文は、砂質土を母材とする処理土の静的・動的強度特性に関してこれまで実施してきた試験結果をとりまとめ、事前混合処理工法により造成された地盤の設計法について考察を加えるものである。

2. 液状化しない処理地盤

粘土地盤は液状化しないことは良く知られている。これは、粘土のもつ粘着力によると考えられるが、砂質土に一体どの程度の粘着力を付加すれば液状化しない材料に処理されるかについて調べた。そのための方法として、一般に行われている繰返し三軸試験法による液状化強度(厳密には繰返し強度)を調べた。図-1は、日本海中部地震で被災した秋田港外港地区のきれいな砂(秋田外港砂)および六甲産まき土の繰返し応力比と波数の関係¹⁾を示したもので、図-1には、千葉県の浅間山山砂の処理土の結果もあわせて示している。図-1によると、処理土の応力比は著しく増大しており、セメント添加・混合の効果が明確に現れている。

ただ、図-1で留意すべき点は、処理土の応力比は、供試体が必ずしも液状化したときの値ではないということである。すなわち、図-1では、便宜的に未処理土と同様な整理を行っているが、試験における供試体の破壊状況は、残留軸ひずみが引張方向に累積し、写真-1に示すように、供試体の端部周辺のみにおいてネッキングが生じて破壊にいたっている。また、試験後の供試体は、ネッキングや引張破壊が生じた部分以外はなお固結しており、供試体が液体状になる現象は観察されていない。したがって、実用的には、セメント添加率を5%程度以上にすると、十分液状化しない材料に処理可能なものと考えられる。同様な結果は、Saxenaら²⁾が行った緩い砂(Monterey No.0、相対密度25%)の試験でも得られており、セメント添加率が2%以下では液状化が発生するが、5%以上では発生しないことが報告されている。

3. 設計における強度定数

砂質土を母材とする処理土の静的強度特性は、粘土を母材とする処理土とはかなり異なる。図-2は、

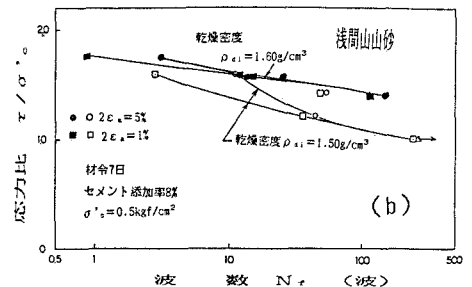
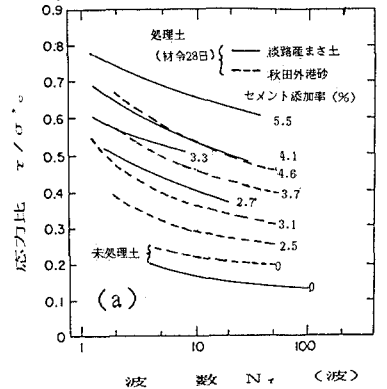


図-1 繰返し応力比と波数

処理土と未処理土のモールの円を示しているが、破壊包絡線は未処理土のそれを縦軸にほぼ平行に移動した形となっており、処理土についてもモール・クーロンの破壊基準が適用されることが明らかである。図-3は、処理土と未処理土のCD試験における強度定数(c_d 、 ϕ_d)を比較したもので、①セメントの添加・混合によっても、母材が本来有しているせん断抵抗角は失われないこと、②処理土の密度の増加にともなって、付加される粘着力成分が増加することがわかる。なお、ここには示されていないが、③粘着力増分はセメント添加率に比例すること、④CD試験の強度定数(c_d 、 ϕ_d)は、 $\overline{CU}$ 試験における強度定数(c' 、 ϕ')に等しいこと、⑤残留強度(軸ひずみ15%)時における c_d は、ピーク強度時に比較し著しく低下するが、 ϕ_d はほぼ等しい値を確保していることなども明らかにされている³⁾。このような強度特性を持った処理土で埋立てられた地

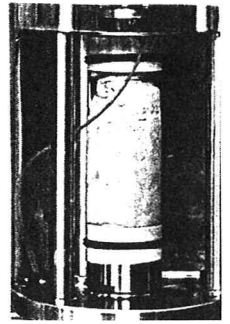


写真-1
供試体の破壊状況
(ネッキング)

盤の静的安定問題

では、地盤の排水特性(排水条件か非排水条件か)によって適用する強度定数が異なる。事実、処理土の透水係数は未処理土の透水係数よりも1オーダー程度低下することから、砂

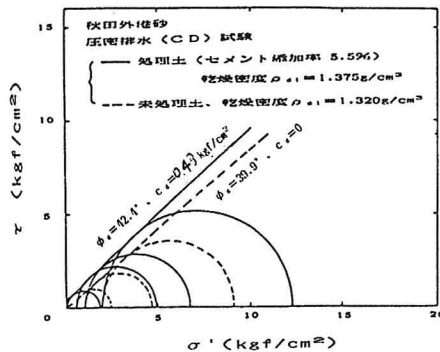


図-2 モールの円と破壊包絡線

質地盤のような排水条件が満足されるか疑問がある。しかしながら、処理土の圧縮性(体積圧縮係数)も1/4~1/5程度減少することから、過剰間隙水圧の排水に支配的な圧密係数としてはそれほど大きく低下せず、処理前の砂と同様に排水条件下での強度定数が適用できるものと考えられる。このことは、本研究で行った処理土の三軸試験における圧密時間が、ほとんどの場合1分以内で終了していることから肯首される。また、現行の設計計算法では、土の強度定数のうち、 c か ϕ のどちらか一方のみを考慮する計算法が一般的であるが、本処理土のような材料では、両者とも無視できない大きさを有していることから、両者を考慮した計算法の適用性を検討する必要がある。なお、地震時の処理地盤の安定問題についても重要であるが、この点については別途報告する予定である。

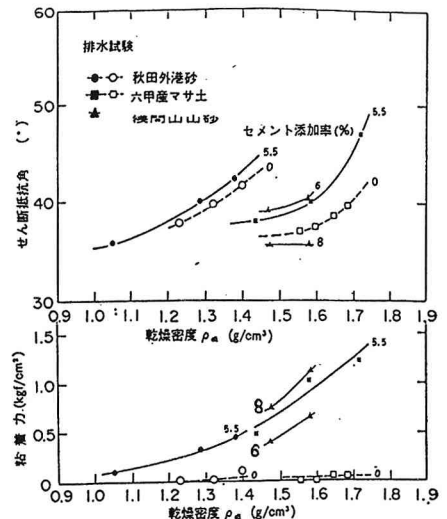


図-3 強度定数の比較
(白印:未処理土、黒印:処理土)

4. あとがき

今回の研究から、(1)事前混合処理工法により耐液化地盤を造成するためには、土の種類にもよるが、5%程度のセメント添加率を考えておけばよいこと、(2)処理地盤の静的安定設計では、CD試験による強度定数が適用されることが明らかとなった。なお、本研究は、事前混合処理工法に関する共同研究(港研、日本国土開発、五洋建設、東亜建設、東洋建設、大林組)の一環として実施したものである。参考文献:1)善 功企、ほか:セメント混合した砂質土の埋立工法に関する研究-改良土の基本的特性と混合・埋立て実験-、港研資料、No.579、1987。2)Saxena, S.K., et al:Liquefaction Resistance of Artificially Cemented Sand, Jour.G.E.,ASCE, Vol.114, No.12, pp.1395-1413, 1988。3)善 功企、ほか:事前混合処理工法における処理土の強度・変形特性、港研報告、第29巻、第1号、1990(投稿中)。