III-381　セメントまたは石灰の添加による締固め土の耐水性の改善

金沢大学　正員　鳥　居　和　之
金沢大学　正員　川　村　満　紀
石川工専　正員　枷　場　重　正

１．まえがき

我が国では、集中豪雨時などにおいて鉄道または道路の路盤、盛土の崩壊がしばしば発生しており、大きな問題となっている。このような雨水の路盤または盛土内部への浸透によって発生する崩壊に対する防止策としては、土に少量のセメントまたは石灰を添加して締固めることが経済的な面からも有効であると考えられる。

本研究では、締固めたセメントまたは石灰安定処理土の耐水性を評価することを目的として、セメントまたは石灰の添加による締固め土の土粒子構造の変化を調べるとともに、水中浸せき強度試験および真空飽水強度試験を実施することによって締固めたセメントまたは石灰安定処理土の耐水性に及ぼす安定材の添加量、試料土の種類（砂質土および粘性土）および養生期間の影響について検討した。

２．実験概要

本研究に使用した試料土（砂質土１種および粘性土５種）の物理的性質を表－１に示す。セメントまたは石灰の添加量は試料土の乾燥重量に対して２．５％、５％および１０％である。供試体は直径５ｃｍ、高さ１０ｃｍの円柱体であり、最適含水比および最大乾燥密度となるように静的締固めにより作成した。水中浸せき強度試験は、ＢＳ１９２４に従って１４日間密封養生を行なった標準供試体と７日間密封養生後、水中に７日間浸せきした供試体の強度を比較することによって実施した。また、真空飽水強度試験は、ＡＳＴＭＣ５９３に従って所定材令（７日、２８日および９０日）まで密封養生を行なった供試体を真空脱気後に、大気圧の条件で飽水させることによって実施した。さらに、安定処理土の土粒子間の結合状態を走査型電子顕微鏡によって観察するとともに、水銀圧入式ポロシメータによって細孔径分布の測定を行なった。

表－１　試料土の物理的性質

	砂質土	粘性土Ｉ	粘性土II	粘性土III	粘性土IV
統一土質分類	シルト質砂	粘土ローム	粘土	粘土ローム	粘土ローム
砂分（%）	８５．５	１４．８	０．２	５３．３	４１．８
シルト分（%）	１１．０	５５．３	３８．３	１８．３	４２．８
粘土分（%）	３．５	２９．９	６１．５	２８．４	１５．４
塑性指数	ＮＰ	１２．２	４８．６	６２．４	ＮＰ
$\gamma d\ max$（g/cm³）	１．５２	１．３２	１．２４	１．５６	０．７７
w opt（%）	２１．５	３３．４	４０．５	２３．４	８２．２
粘土鉱物	―――	カオリナイト	カオリナイト	ベントナイト	アロフェン

３．セメント処理土の耐水性

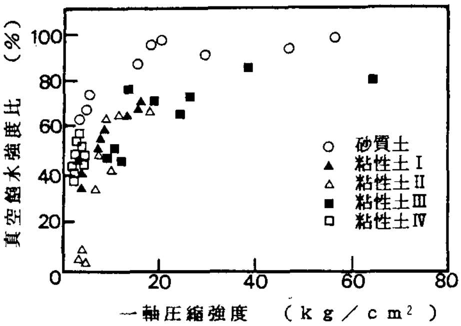
セメント処理土の水中浸せき強度試験の結果を表－２に示す。セメント処理土の水中浸せき強度比はセメント添加量の増加とともに大きくなり、砂質土は粘性土と比較して水浸時の強度低下が小さいことがわかる。また、セメント処理土の水中浸せき強度比は浸せき開始時の強度とも密接に関係しており、良好な耐水性を示すと判断される８０％以上の水中浸せき強度比の確保には砂質土で１０ｋｇ／ｃｍ^2 以上、粘性土で１５ｋｇ／ｃｍ^2 以上の強度が必要とされる。セメント処理土の真空飽水強度試験の結果を図－１に示す。真空飽水強度試験の場合も水中浸せき強度試験と同様な傾向が認められ、真空飽水強度試験は安定処理土の耐水性の早期判定に有効であることがわかる。砂質土ではセメント添加量が５％以上になると材令とは無関係に９０％程度の真空飽水強度比が得られている。一方、粘性土では強度発現

表－２　セメント処理土の水中浸せき強度試験の結果

試料土の種類	セメント２．５％		セメント５％		セメント１０％	
	７日強度	水浸強度	７日強度	水浸強度	７日強度	水浸強度
砂質土	３．２	２．３（72）	１５．５	１６．５（94）	２９．３	３６．１(94)
粘性土Ｉ	３．５	０．９（28）	６．９	３．６（53）	１３．２	１０．３(74)
粘性土II	３．１	水浸時に崩壊	６．４	３．３（47）	８．２	８．０(92)
粘性土III	８．１	６．０（65）	１３．８	１１．６（77）	２５．９	３１．２(90)
粘性土IV	２．３	水浸時に崩壊	２．０	水浸時に崩壊	２．６	水浸時に崩壊

（ ）：水中浸せき強度比，標準養生（１４日）に対する標準養生（７日）＋水中浸せき養生（７日）の強度のパーセント

の良好な粘性土Ⅲを除いて真空飽水強度比は７０％以下と小さい。セメントゲルによる粘性土の団粒間の結合力は砂質土における砂粒子間のものよりも弱く、また親水性を示す粘土鉱物では吸水時に結合力が失われることもあるなどの理由から、同程度の強度の場合でも粘性土は砂質土と比較して水浸による強度の低下が大きくなるものと考えられる。



図－１　セメント処理土の真空飽水強度試験の結果

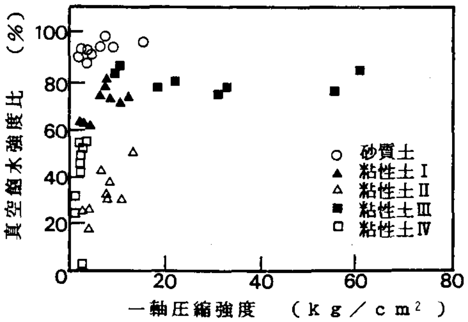
４．石灰処理土の耐水性

石灰処理土の水中浸せき強度試験の結果を表－３に示す。石灰処理土の水中浸せき強度比はポゾラン反応による強度の発現が比較的遅いこともあり、本実験のように初期に浸せきした時にはセメント処理土の場合よりも全体に低下する傾向にある。しかし、砂質土を使用した石灰処理土では、浸せき時の強度が小さくてもスレーキングを示すものはなく、水浸によりポゾラン反応が促進されることから浸せき期間中においても強度の増大が認められる。一方、粘性土を使用した石灰処理土の水中浸せき強度比は、強度発現の顕著な粘性土Ⅲを除いてセメント処理土と比較して低下する傾向にある。

表－３　石灰処理土の水中浸せき強度試験の結果

試料土の種類	石灰　２．５％		石灰　５％		石灰　１０％	
	７日強度	水浸強度	７日強度	水浸強度	７日強度	水浸強度
砂質土	２．１	２．７ (80)	２．４	３．７ (80)	３．２	５．３(85)
粘性土Ⅰ	３．１	１．６ (50)	６．１	４．８ (70)	８．３	６．５(70)
粘性土Ⅱ	４．３	２．３ (43)	４．２	２．５ (46)	４．１	２．７(47)
粘性土Ⅲ	１０．２	１３．２ (81)	９．０	１４．１ (76)	８．６	１５．１(79)
粘性土Ⅳ	２．５	水浸時に崩壊	１．６	水浸時に崩壊	２．２	水浸時に崩壊

石灰処理土の真空飽水強度試験の結果を図－２に示す。砂質土を使用した石灰処理土では、水の侵入時に土粒子構造の破壊が生じないために、強度に無関係に９０％以上の真空飽水強度比を示している。また、ポゾラン反応の過程で間隙の少ない構造が形成されている粘性土Ⅲではセメント処理の場合と同程度の真空飽水強度比が得られているが、それ以外のものでは強度が小さくなると真空飽水強度比が低下する。



図－２　石灰処理土の真空飽水強度試験の結果

５．まとめ

締固めたセメントまたは石灰処理土の耐水性について検討した結果、安定処理土の耐水性は浸せき時の強度とともに試料土の性質とも密接な関係があり、セメントまたは石灰処理土の強度発現性や土粒子間の結合状況の相違より判断すると石灰処理土ではセメント処理土よりも耐水性を確保するための強度基準を多少厳しくする必要があるものと考えられる。

参考文献

1).B.J.Dempsy etal.:Vaccum Saturation Method for Predicting Freeze-thaw Durability of Stabilized Materials, H.R.B.,No.442,pp.44-57,1973.

2). 鳥居和之　他　：締固めた安定処理土の強度と微視的構造の特徴，第２２回土質工学研究発表会，１９８７。