予め石灰系固化材を添加させた脱水処理土の強度発現に及ぼす湿潤放置の影響

石川工業高等専門学校　正会員　重松宏明
石川工業高等専門学校　学生会員　○西出和那
関西電力株式会社　井口宗士
株式会社豊蔵組　堀川　敬
オリエンタル白石株式会社　松井彩香
国土交通省北陸地方整備局　小林彩夏

1. 緒言

建設汚泥のような高含水比の土を再生資源として積極的に活用していくためには，脱水と固化を組み合わせた土質改良が必要である．通常，多量の水を含む汚泥に対して，固化材を用いて安定処理を施す場合，先ず前処理として脱水処理が行われる．そして，出来上がった脱水ケーキに所定量の固化材を混ぜ合わせ，盛土材や路盤材などに適用させていく．近年，リテラ工法の普及で撹拌能力は格段に向上したものの，脱水ケーキと固化材の均一な混合は依然として課題が残る．このため，脱水前のスラリー状の汚泥に予め固化材を添加させる工法がしばしば用いられる [1)]．本報告では，予め石灰系固化材を混ぜ合わせた脱水処理土を湿潤状態で所定の期間放置（以後，湿潤放置と呼ぶ）させることにより，その後の強度発現にどのような影響を及ぼすのかを把握することを目的として，一連の室内実験を実施した結果を報告する．

2. 室内実験の概要

2.1 使用材料

実験に用いた石灰系固化材は，消石灰（$Ca(OH)_2$）を母材とし，これに廃石膏ボードから再生した半水石膏（$CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$）と石川ライトと呼ばれるシリカ（S_iO_2）に富んだ珪質土の廃材（パウダー状）を加えたものである．各原料の比率は乾燥質量比で消石灰 2 に対して，半水石膏 1，石川ライト 1 である．処理対処土には，石川県能美市上清水地区より採取した汚泥（0.425mm ふるい通過分）を用いた．以後，上清水土と呼ぶ．表-1 に上清水土の物理・化学特性を示す．

表-1　上清水土の物理・化学特性

最大乾燥密度 ρ_{dmax} （g/cm^3）	1.657
最適含水比 w_{opt} （%）	20.7
pH	7.2
土粒子の密度 ρ_s （g/cm^3）	2.660
砂分　（%）	50.7
シルト分　（%）	27.6
粘土分　（%）	21.7
均等係数 U_c	134.7
曲率係数 U_c'	0.90
液性限界 w_L　（%）	34.8
塑性限界 w_P　（%）	19.4
塑性指数 I_P	15.4
活性度 A	1.00
強熱減量 L_i　（%）	5.06

2.2 試料調整，供試体の作製および試験条件

図-1 に実験フローを示す．上清水土を液性限界の 2 倍の含水比（=69.6%）になるよう加水調整し，その汚泥に乾燥質量比 20%に相当する量の固化材（消石灰 10%，半水石膏 5%，石川ライト 5%）を混ぜ合わせて 1 時間撹拌した．撹拌後，スラリー状の土試料を再構成試料作製用の圧密モールドに入れ，垂直応力 σ_v'=150kN/m^2 まで段階的に載荷させて脱水ケーキを作製した．その後，脱水ケーキを乾燥させないように施し，一定温度（20℃）のもと，所定の期間（3 日，100 日）湿潤放置させた．放置完了後，脱水ケーキを乾燥させて粉砕し，再度加水した後に，土試料を割型モールド（直径 3.5cm，高さ 7cm）に詰め，静的に締め固めて供試体を作製した（以後，Cake-3d，Cake-100d と呼ぶ）．脱型後，所定の期間（7，14，28，56 日）湿潤養生させて一軸圧縮試験を実施した．なお，本報告は脱水ケーキ

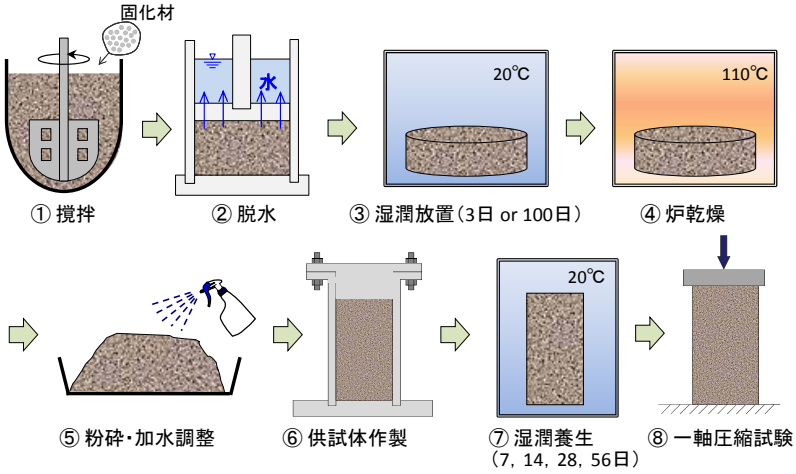
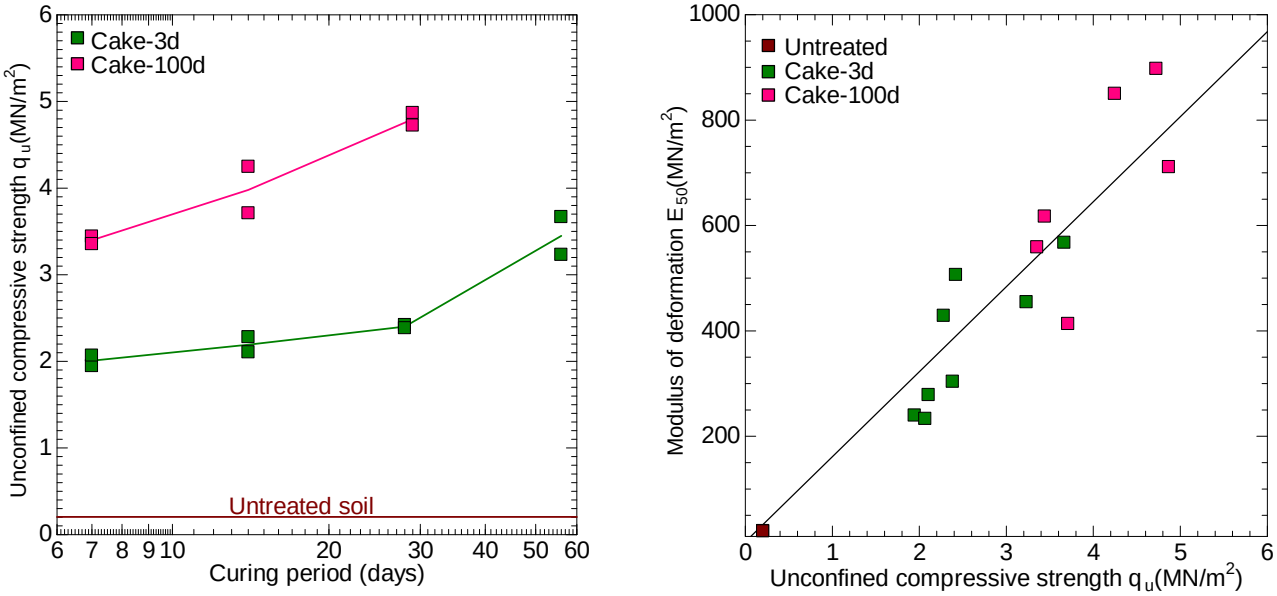


図-1 実験フロー

キーワード　脱水処理土，石灰安定処理，湿潤放置
連絡先　〒929-0392　石川県河北郡津幡町北中条タ 1　石川工業高等専門学校環境都市工学科　TEL 076-288-8168



(a) 一軸圧縮強度と養生日数の関係　　(b) 変形係数と一軸圧縮強度の関係

図-2 一軸圧縮試験の結果

作製後の「湿潤放置」，供試体作製後の「湿潤養生」と，両者を混同しないように呼び名を区別した（図-1③⑦）．

3. 結果および考察

図-2 は一軸圧縮試験の結果で，(a)に一軸圧縮強度 q_u と養生日数の関係，(b)に変形係数 E_{50} と q_u の関係を示す．Cake-100d の 56 日養生は実験中である．なお，図中には安定処理を施していない上清水土（Untreated soil）の q_u（=0.21MN/m^2）も併記した．図より，Cake-3d，100d ともに養生日数の経過に伴い，明瞭な強度増加が見られる．特に Cake-3d の養生 28 日から 56 日にかけての強度増加が著しい．一方，Cake-3d，100d の両者を比べてみると，Cake-100d の方が Cake-3d よりもはるかに高い強度発現が見られ，かつ 7 日，14 日，28 日と，養生期間が長くなるに伴って両者の強度差は徐々に大きくなっている．つまり，予め石灰系固化材を添加させた脱水処理土は，脱水ケーキ作製後の湿潤放置の期間が長い方が，高い強度発現効果が得られる．この点について筆者らは，次のように考察する．

一般に，石灰系固化材を適度な割合で土に混ぜ合わせると，早期（数日中）にエトリンガイト反応が起こり，間隙中に形成された針状結晶のエトリンガイトが多くの土粒子と複雑に絡み合い，土を安定化させる．次いで土中の粘土鉱物とのポゾラン反応によって土の硬化が中長期的（数カ月～数年）に生じ，より強固な材料の性質へと変化していく．Cake-3d は土中にエトリンガイトを形成させた直後に乾燥・粉砕・加水の工程を経て作製した供試体，Cake-100d はポゾラン反応による硬化が始まったころに同じく一連の工程を経て作製した供試体である．図-2(a)の q_u－養生日数関係を見る限りにおいては，脱水ケーキ作製後の湿潤放置の期間を長く設定した方が，つまりポゾラン反応による硬化が始まったころに乾燥・粉砕・加水して作製した供試体の方が強度発現性は高いと言える．

E_{50}－q_u 関係を見てみると，供試体の種類，養生日数の違いによってプロットされる位置は異なるが，E_{50} は q_u の増加に伴ってほぼ比例的に増大している．これは土の圧縮強度が増加するに伴い，その変形が著しく小さくなり，脆性的（brittle）な材料の性質へと変化していくことを意味する．

4. 結言

本報告では，予め石灰系固化材を添加させた脱水処理土を湿潤状態で所定の期間放置させることによって，その後の強度発現にどのような影響を及ぼすのかを検討した．現時点においては，脱水ケーキ作製後の湿潤放置の期間が長い方が強度発現性は高いと言える．今後はこのような現象をより詳細に検証するために，脱水ケーキ作製後の湿潤放置の期間を変えたり，他の異なる性質を有する土に対しても同様の実験を行っていきたい．

参考文献 1) （社）地盤工学会：廃棄物と建設発生土の地盤工学的有効利用，地盤工学・実務シリーズ 7，1998.