

石灰安定処理土の定圧一面せん断における強度特性

石川工業高等専門学校 正会員 重松宏明
 東洋建設株式会社 山岸恒介
 石川工業高等専門学校 学生会員 ○出村隆能

1. 緒言

石灰安定処理を施した土構造物の安定性は、一軸圧縮強度 q_u で評価されることが多い¹⁾。それは安定解析に必要な強度定数を $c_u=q_u/2$ として粘着力(非排水せん断強度)だけを考慮し、内部摩擦角(せん断抵抗角) Φ を無視しているためである。しかしながら、安定処理を施した後も大きな Φ を有しているのであれば、石灰安定処理土の強度発現を過小評価することになり、合理的とは言えない。この点を明確にするために、石灰系固化材を混ぜ合わせた土試料に対して、異なる締固めエネルギーで供試体を作製し、定圧一面せん断試験を実施した。以下に、これらの結果を詳述する。

2. 室内実験の概要

実験で使用する石灰系固化材は、工業用消石灰(Ca(OH)_2)を母材とし、これに石膏(廃石膏ボードを再生させた半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$))と珪質土(シリカ(SiO_2))を主成分とする廃材)の2種類を添加材としたものである。各原料の比率は乾燥質量比で消石灰2に対して、石膏1、珪質土1である。処理対象土には市販のシルト質粘性土を用いた(以後、藤森土と呼ぶ)。表-1に藤森土(0.425mmふるい通過分)の物理特性を示す。

試料調整から供試体(直径6cm)の作製、試験方法について説明する。まず、固化材混入前の藤森土を最適含水比(=22.9%)になるように加水調整し、固化材を混合率8%(乾燥質量比)の割合で混ぜ合わせ、インキュベーター内にて一定温度(20℃)のもと、3日間湿潤養生させる。この間にエトリンガイト反応が起こる。養生終了後、土試料をせん断箱に入れ、大きさの異なる2種類の静的締固め荷重($\sigma_0=392, 1256\text{kN/m}^2$)をゆっくり载荷(プレス)させて供試体を作製する。なお、静的締固め荷重 σ_0 の高低は、土構造物の施工(巻出し、敷均し)時における締固めエネルギーの大きさを意味し、施工時において、締固めが不十分な場合と十分に締固めを行った場合の両者を想定したものである(本研究では、作製した供試体を実際の土構造物からコアサンプリングされたものとみなして実験を行う)。その後、所定の垂直応力($\sigma_N=98, 196, 294, 392\text{kN/m}^2$)のもと、定圧一面せん断試験を行う。せん断速度は0.2mm/minで、せん断中は σ_N を一定に保つように制御しながら、①せん断力、②せん断変位、③垂直力、④垂直変位の4つを計測する。図-1に定圧一面せん断試験の概要を示す。

表-1 藤森土の物理学特性

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.689
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.601
最適含水比 w_{opt} (%)	22.9
砂分 (%)	12.7
シルト分 (%)	76.9
粘土分 (%)	10.4
液性限界 w_L (%)	43.8
塑性限界 w_P (%)	21.0
塑性指数 I_P	22.8
活性度 A	3.93

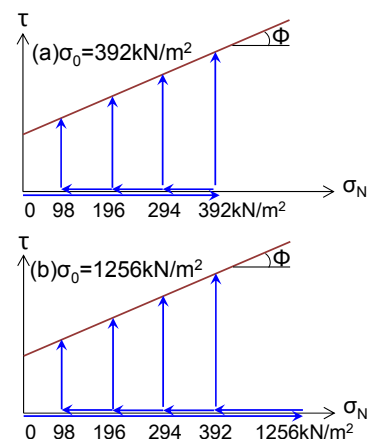


図-1 定圧一面せん断試験の概要

3. 結果および考察

図-2および3は定圧一面せん断試験の結果で、図-2に垂直応力 σ_N ごとにまとめた、せん断応力-せん断変位関係、図-3に静的締固め荷重 σ_0 ごとにまとめた、せん断応力-垂直応力関係を示す。図中には、未処理土(混合率0%)の結果も併記した。図-3を見ても分かるように、すべての試験のせん断過程において定圧状態が維持されている(真の定圧)。まず、締固めが不十分な場合($\sigma_0=392\text{kN/m}^2$)での石灰安定処理土と未処理土のせん断特性を比べてみると、両者ともに明瞭なピーク強度は見られず、せん断の進行とともにせん断応力は増加し、やがて残留強度に至る。また、石灰

キーワード 石灰安定処理、一面せん断、強度定数

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

安定処理土の方が未処理土よりも大きなせん断強度(=残留強度)を有しているものの、両者の強度差は σ_N が増加するにつれて小さくなっていく(図-2(d)). これに対して、十分に締固めが行われた場合($\sigma_0=1256\text{kN/m}^2$)では、石灰安定処理土・未処理土ともに、せん断応力がせん断初期から著しく増大していく様子が見られる。また、すべての σ_N で両者のせん断強度に明瞭な違いが見られる。このことから、石灰安定処理土は混ぜ合わせる固化材の混入量が同じであっても、改良する際の締固めエネルギーの大小によって、得られるせん断強度は大きく異なる。

次に、強度定数(c , Φ)について考察する。内部摩擦角 Φ は石灰安定処理を施したか否か、締固めの程度(σ_0 の高低)に関係なく、 $\Phi=25.2\sim 28.7^\circ$ と、ほぼ同じような値を示す。つまり、 Φ は石灰安定処理の影響をほとんど受けず、土本来が有しているせん断抵抗を維持している。これに対して、粘着力 c は締固めの程度によって大きさは異なるものの、石灰安定処理を施すことにより、著しく増大する。これは土粒子同士が化学的に安定(固結)したこと起因するものと思われる。このことから、石灰安定処理土の強度発現は、 Φ よりも c が支配的であると言える。

4. 結言

本研究で得られた知見をまとめると、①石灰安定処理土のせん断強度は、供試体作製時における静的締固め荷重の高低(締固めエネルギーの大小)に大きく依存する。②石灰安定処理土の強度発現は、内部摩擦角 Φ よりも粘着力 c が支配的である。しかしながら、 $\Phi=25^\circ$ 以上の値が得られていることから、安定解析において、石灰安定処理土の内部摩擦角を無視することは合理的ではない。

参考文献 1) 日本石灰協会: 石灰による地盤改良マニュアル, pp.21-35, 2011.

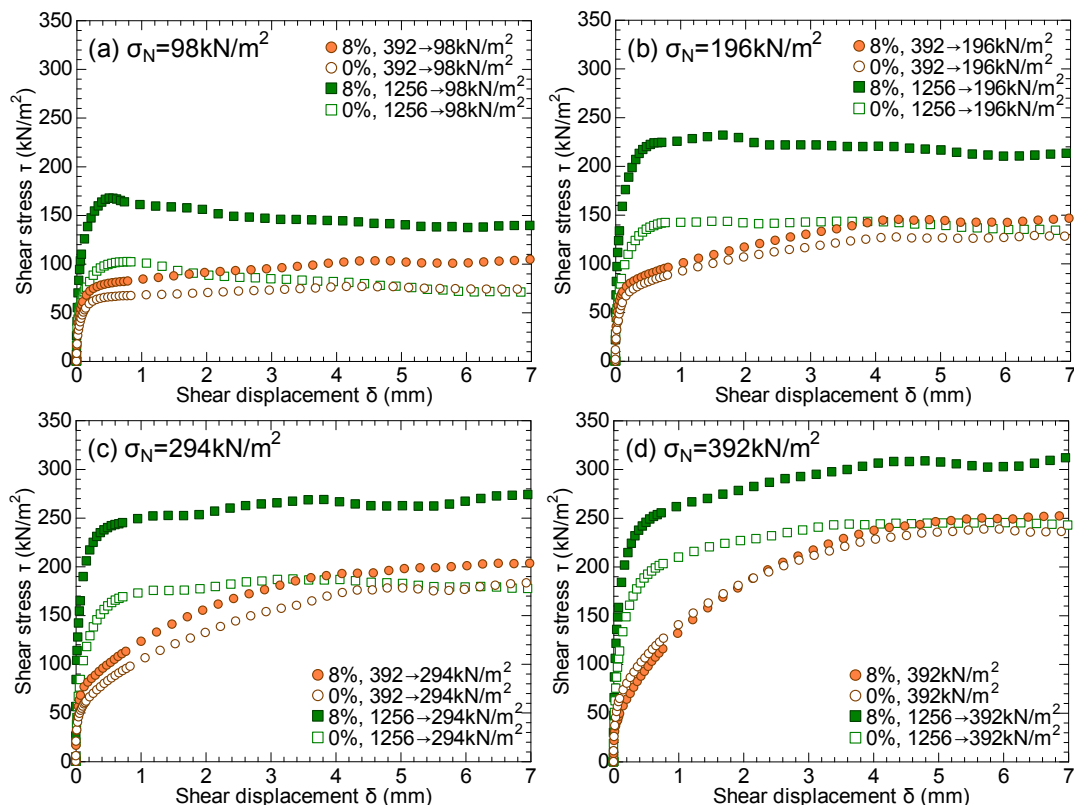


図-2 せん断応力-せん断変位関係

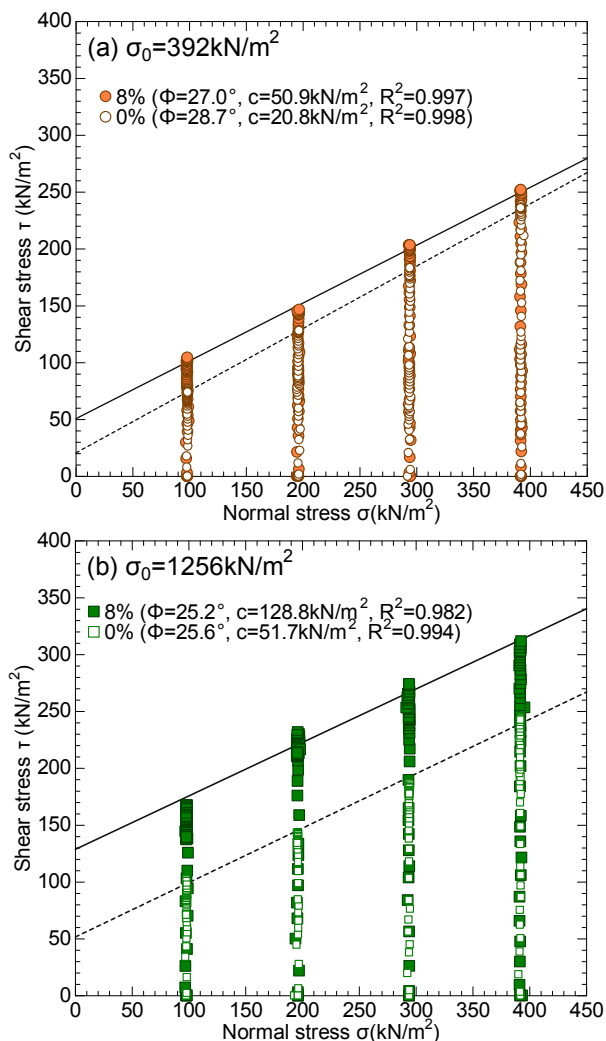


図-3 せん断応力-垂直応力関係