

東海大学 正員 稲田 倍穂
東海大学 正員 ○山田 道男

1. まえがき

生石灰パイル工法は、生石灰のもつ物理的、化学的な性質を利用して軟弱地盤を改良するものである。近年、生石灰のもつ諸作用が注目され、地下鉄工事等のヒービング防止などに多く用いられている。しかし、生石灰が地盤中に打設され反応する際の地盤改良のメカニズムが不明確なため、設計法や生石灰の効果判定について疑問も多い。生石灰パイル工法の地盤改良メカニズムの把握の一環として、生石灰単体の消石灰反応と生石灰が粘土の体積変化におよぼす効果を調べるため実験を行なったので、実験結果および考察を報告する。

2. 実験

生石灰が、水と反応して消石灰に化学変化する挙動は、図-1のようにになる。図-1において、消石灰に化学変化した後の材料の間ギャキ比 e' は、材料が拘束されている条件によって変化すると考えられ、 e' の変化が生石灰の膨張特性を表わすパラメータと思われる。したがって、拘束条件を上載荷重におよぼす生石灰の消石灰反応による反応前後の体積と重量の関係を調べるとともに生石灰が粘土の体積変化におよぼす効果を把握するため標準圧密試験機を用いて実験を行なった。

2.1. 生石灰単体実験：実験に用いた試料は、市販の塊状生石灰でCaO成分は95%以上である。実験には、この塊状生石灰をランマーで粉砕し土質用の840μフルイを通過した分を用いた。30gに計量した生石灰粉を標準圧密試験機にセットし、上載荷重による圧縮が終了した後、 $e_0 = 3.0 \sim 2.2$ になった生石灰体に水を注入し、生石灰の化学反応の経過時間に対する膨張量をダイヤルゲージを用いて測定した。また、反応終了後、消石灰の全量に対する含水量試験を行なった。

2.2. 生石灰による粘土の圧密試験：ステリー状粘土を標準圧密試験機で2日間、 0.15 kg/cm^2 で予圧した後、高さ2cmに成形しさらに荷重 0.4 kg/cm^2 で圧密する。24hr後除荷し図-2に示すように上部ボラストーンの代りに生石灰粉をセットし上載荷重を載荷して圧密を行なった。48hr経過後、粘土の含水量試験を行なった。

3. 実験結果および考察

生石灰単体実験の反応開始からの経過時間に対する膨張率についての代表例を図-3に示す。水を加えるとともに化学反応が始まりほぼ1hr程で反応は終了している。また、実験に用いた生石灰は反応に十分な水があれば、直線的かつ急激な反応を起すことを図-3は示している。消石灰反応後の消石灰について消石灰体の間ギャキ比 e' を求めプロットしたものが図-4である。 e' の算定には、消石灰の

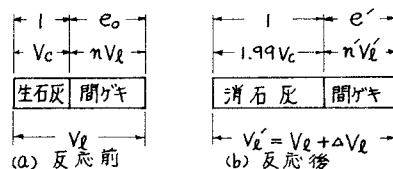


図-1. 生石灰の消石灰反応

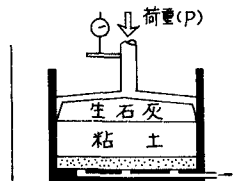


図-2. 生石灰による粘土の圧密試験

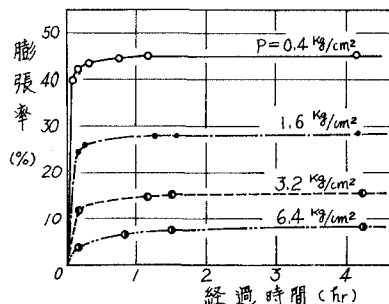


図-3. 経過時間～膨張率の関係

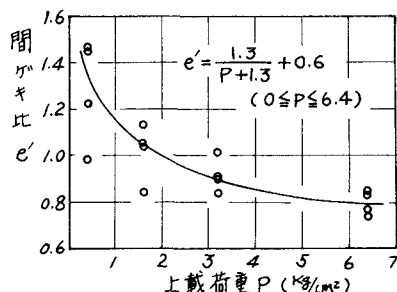


図-4. 消石灰の間ギャキ比へ上載荷重の関係

真比重2.2を用いた。各荷重に対する e のバラツキは多少大きい、平均値を示している実線は、図中の双曲線式で比較的良好に近似できる。図4によれば荷重 6 kg/cm^2 以上では、消石灰体の e はほぼ0.7~0.8程度になると思われる。また、生石灰の占める真の体積①と膨張反応後消石灰の占める真の体積②

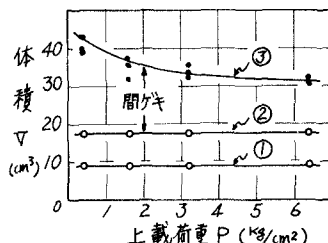


図5. 体積~上載荷重の関係

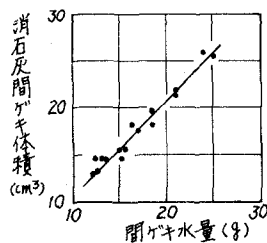


図6. 消石灰間ゲキ体積と含水量

および消石灰体の全体積③を示したものが図5である。①および②は、上載荷重によらず一定値で真の体積比 $R_v(\text{②}/\text{①})=1.95$ であった。生石灰が消石灰に変化する過程に必要な水量 W_w は消石灰の含水比測定時の乾燥重量 W_d と生石灰重量 W_c より $W_w = W_d - W_c$ となる。なぜなら、消石灰を水と生石灰に再分解するためには 900°C 以上の温度が必要であるから、土質試験の含水比測定に用いる乾燥炉温度 110°C では、消石灰体中の間ゲキ水を蒸発させるだけで化学反応水は24hr後も消石灰の形で残留していると考えられるためである。実験結果による W_w/W_c は、28.5%程度であった。 R_v および W_w/W_c の理論値は、おのゝ1.99、32%であるが、実験に用いた生石灰中の CaO 成分や実験の誤差を考慮すれば、実験はほぼ理論通り行なわれたと考えられる。なお、図6は図5で示した消石灰体の間ゲキ体積と含水量をプロットしたものであるが、ほぼ1:1の関係があり計算手順が正しいことを示していると思われる。図7は、生石灰のみがけの膨張率を $\varepsilon = \frac{\Delta V_e}{V_e} \times 100(\%)$ と定義し、膨張前の初期間ゲキ比 e_0 ごとにプロットしたものである。上載荷重が同一でも初期間ゲキ比によって、みかけの膨張率はかなり異なることを図7は示している。粘土に対する生石灰を用いた圧密試験結果を図8に示す。生石灰粉を用いない荷重のみの再載荷曲線に較べ、生石灰粉を設置した場合の曲線は、除荷荷重付近で間ゲキ比減少が著しく、生石灰の吸水による体積減少効果が認められ $A_s=0.2$ のとき、荷重増分に換算すると 0.6 kg/cm^2 程度になる。

4. あとがき

以上、要約すると次のようになる。

1). 消石灰に変化後の消石灰の真の体積は、荷重によらず一定であり、消石灰体の間ゲキ比は荷重と双曲線の関係で示される。したがって、生石灰の初期間ゲキ比が大きい場合には、みかけの膨張率が小さくなる。

2). 生石灰による粘土の体積減少効果は、除荷荷重付近において $A_s=0.2$ の場合、載荷増分に換算すると 0.6 kg/cm^2 程度認められた。なお、実験を補助してくれた本学学生青木、金子、小泉、青藤君に感謝します。参考文献、稲田、他：生石灰による土質および地盤の改良について、工と基礎 Vol.15-5 No.111, 1967.5.

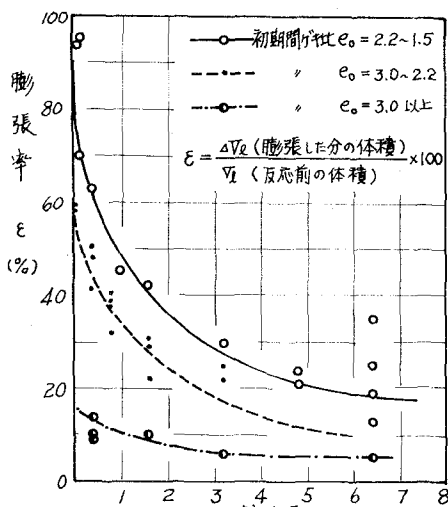


図7. 生石灰単体実験 膨張率~荷重の関係

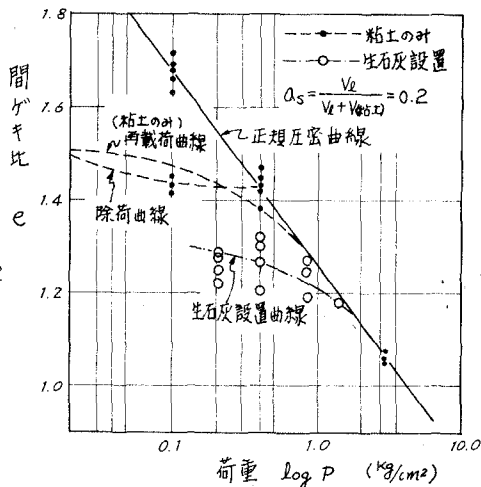


図8. 生石灰を用いた粘土の圧密試験結果