

安定処理による堤体盛土の透水性の検証

サンイン技術コンサルタント(株) 長谷 良也

1. はじめに

鳥取県中部から西部地方に大山山麓には多種の火山灰質土が厚く分布しているが、その全てが土工上では取り扱いが困難な土（特殊土）として認識されている。

火山灰質土に対する固化材の混合改良において、セメントは強度増加が遅いうえに六価クロムの溶出が懸念される。

これに対して、石灰は強度増加が早期発現し六価クロム溶出のない固化材であり、これらの特性は火山灰土を対象とすれば優良な改良材として評価できる。しかし、石灰を混合することにより透水性が高くなる特性は、利用対象によってはこのことが決定的な欠点となる場合がある。

鳥取県下のため池整備業務においても、強度向上目的で石灰混合の採用事例はある。しかし、遮水性の問題から混合土の利用は上流側ランダムゾーン下部のみに限定されている。

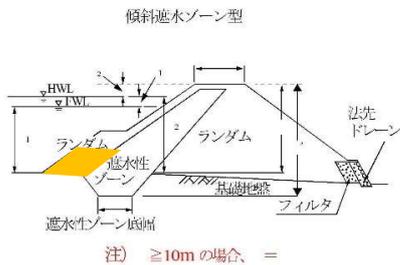


図-1 堤体(傾斜遮水ゾーン型)

従って、火山灰土の改良において透水性をコントロールすることが可能であれば、鳥取県下における石灰改良の有用性はさらに向上すると考えられる。

そのため今回は火山灰質土に石灰とセメント系固化材を用いて改良を施し、添加量に伴う透水係数の変化に観点を置き、原土と比較する形で透水試験をおこなった。

2. 締固め試験

試験試料は、土粒子の密度 $\rho_s = 2.478 \text{ g/cm}^3$ の有機分を含む砂質細粒土(黒ボク土)を用いた。透水試験を行うにあたり、事前準備として突固めによる土の締固め試験を実施した。締固め曲線を図-1に乾燥密度と含水比の関係を表-1にそれぞれ示す。

試験試料の最適含水比は $W_{opt} = 28\%$ であり、自然含水比は大きく湿潤側の $W_n = 35\%$ である。最大乾燥密度の95%となるのは自然含水比よりやや乾燥側の $W = 33\%$ で、この時の湿潤密度は $\rho_t = 1.57 \text{ g/cm}^3$ となる。

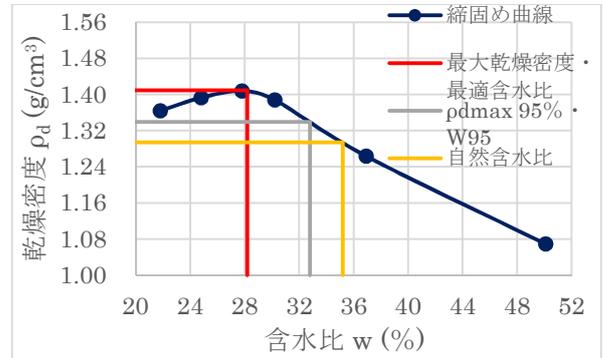


図-1 試験試料の締固め曲線

表-1 試験試料の乾燥密度と含水比

| 乾燥密度 $\rho_d \text{ g/cm}^3$ | 最大乾燥密度 $\rho_{dmax} \text{ g/cm}^3$ | $\rho_{dmax} (95\%)$ |
|---------------------------------|--|----------------------|
| | | 1.409 |
| 含水比 w % | 最適含水比 $W_{opt} \%$ | W_{95} |
| | 28.2 | 32.8 |

3. 試験試料の配合

透水試験に用いる固化材の添加パターンと添加量を表-2に示す。尚、今回の目的は固化材による透水性の変化の検証の為、セメント系固化材の添加パターンは生石灰の添加パターンに合わせるものとする。

今回の検証において用いるセメント系固化材は、砂質土と粘性土に適した¹⁾高炉セメントB種とする。

表-2 固化材の添加パターンと添加量

| 添加パターン | 30kg/m ³ | 60kg/m ³ | 90kg/m ³ |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 固化材添加量 | 39g | 77g | 115g |
| 試料 | 2,000g | | |

4. 供試体作製方法および透水試験の概要

今回実施した透水試験は地盤工学会が定める変水位透水試験法に基づいて行った。

締固めは手動ランマーを用いて行い、供試体作製後は高炉セメントB種と生石灰の両供試体を養生庫の中で20℃の恒温で7日間養生とした。

各固化材と添加量の混合後の自然含水比を表-3に示し、図-2は生石灰、高炉セメントB種各々による混合後の含水比の変化を示し、併せて原土の含水比を示す。

生石灰と高炉セメントB種共に、添加量の増加と共に含水比が減少する負の相関が見られ、特に生石灰は現状土の含水比からは大きく低下していく傾向が見られる。

表-3 混合後(石灰冷却後)の
各固化材添加量の自然含水比

| | 含水比(%) | |
|---------------------|-----------|------------|
| | 原土(砂質細粒土) | 35.2 |
| | 生石灰 | 高炉セメント B 種 |
| 30kg/m ³ | 32.3 | 35.1 |
| 60kg/m ³ | 30.5 | 33.5 |
| 90kg/m ³ | 28.4 | 31.3 |

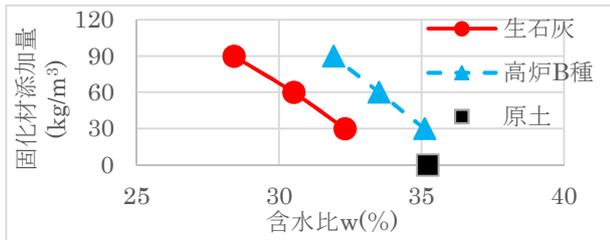


図-2 固化材混合による含水比の変化

5. 透水試験結果

各供試体に対し、透水試験を実施した結果を表-4に示す。また、透水係数と固化材添加量の関係を図-3に示す。

表-4 透水試験結果

| | | 湿潤密度 ρ_t g/cm ³ | 含水比 w % | 透水係数 k cm/s |
|------------------|---------------------|------------------------------------|------------|-----------------------|
| 原土 | 砂質細粒土 | 1.81 | 35.2 | 4.13×10^{-6} |
| 石灰 | 30kg/m ³ | 1.77 | 32.3 | 3.75×10^{-4} |
| | 60kg/m ³ | 1.75 | 30.5 | 4.75×10^{-5} |
| | 90kg/m ³ | 1.72 | 28.4 | 1.42×10^{-5} |
| 高炉 セメント B種 | 30kg/m ³ | 1.81 | 35.1 | 3.84×10^{-6} |
| | 60kg/m ³ | 1.79 | 33.5 | 1.61×10^{-6} |
| | 90kg/m ³ | 1.77 | 31.9 | 2.58×10^{-7} |

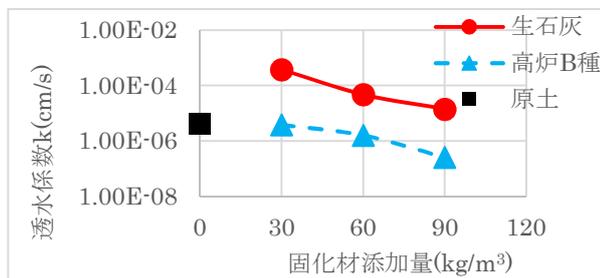


図-3 透水係数と固化材添加量の関係

6. 考察

・原土

透水係数 $k=4.13 \times 10^{-6}$ cm/s である。

・高炉セメント B 種

試験時、供試体は養生により固結している。

添加量 30kg/m³ は $k=4 \times 10^{-6}$ cm/s である。添加量 60kg/m³ は $k=2 \times 10^{-6}$ cm/s、添加量 90kg/m³ は 3×10^{-7} cm/s

と添加量が増加すれば比例的に透水性は低くなる。透水性に対する改良効果は明瞭で、全ての添加量で原土の透水係数を下回る。

・生石灰

添加量 30kg/m³ は $k=4 \times 10^{-4}$ cm/s である添加量 60kg/m³ は $k=5 \times 10^{-5}$ cm/s、添加量 90kg/m³ は $k=1 \times 10^{-5}$ cm/s と添加量の増加につれ透水性は低くなるが、遮水効果は鈍化する傾向が見られる。さらに全ての添加量とも原土よりも高い透水係数となる。

以上のことから次のように考察される。

・セメント混合

セメント粒子の混入による空隙の閉塞と、粒子面での固化作用による土粒子間の空隙減少が透水係数の低下に繋がったと考えられる。

・石灰混合

添加量と透水係数の関係より、改良効果には限界があると想定される。石灰による含水比の低下(水和反応)と土粒子の団粒化形成によって透水係数は原土より高くなる。添加量の増加に伴う透水係数の減少は、石灰の添加量増加とともに団粒構造の有効空隙率が小さくなったと考えられる。

なお、今回は同一の乾燥密度の条件で行ったものであるが、現実には含水比の減少により締固め度は向上する。この結果、強度は大きく、透水性は小さくなることが予想される。

7. まとめ

検証前は石灰を混合すると水分蒸発量の増加により、添加量の増加とともに透水係数が高くなると考えていた。しかし今回の研究において、添加量の増加により透水性が低くなる結果を得た。これは石灰の添加量増加とともに団粒構造の有効空隙が小さくなったためと考えられる。

今回は黒ボクに限定した試料を対象としたが、これ以外の火山灰はそれぞれ固有の物性を有している。ただし、火山灰質土は共通して空隙が大きく、土粒子の硬度は小さい。このため安定性向上のためには十分な強度増加が期待できる。石灰添加は主に安定性向上の点のみで検討されているが、透水性が変化することに留意した適用も必要と考える。

特に、鳥取県下に広く分布する厄介な火山灰質土に対して強度増加と透水性の変化を考慮すれば、六価クロム溶出のない固化材であることから、利用頻度が増えると考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル 第4版、p. 6