

Ⅲ-824

改良土からのアルカリ溶出制御に関する検討

京都大学防災研究所 正会員 勝見 武
同 上 〳 嘉門雅史
株式会社 鴻池組 〳 大山 将

1. はじめに

建設発生土の再利用の推進には、低品質の土でも土質改良等の処理を行って積極的に利用することが望まれるが、セメント系・石灰系の改良材によって処理された改良土に起因するアルカリ性の溶出水による周辺環境への影響が問題となる。筆者らはセメント安定処理土からのアルカリ溶出特性として、改良土層を通過した浸出水に対して、ろ過層のアルカリろ過機能には限界があることを示した¹⁾。本研究では、改良土を利用していく際のアルカリ溶出の制御を目的として、土のアルカリ中和能力の測定およびケーススタディを実施し、改良土層を通過した浸出水に対して、アルカリろ過に必要となるろ過層厚を算出した。

2. 土のアルカリ中和能力に関する検討

1) 実験 実験には大津市比叡平で採取したまさ土（日本統一土質分類：S-M, pH: 5.2）を使用した。数種類の割合で水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）水溶液とまさ土とを混合し、2時間放置後に懸濁液のpHを測定した。

2) 結果および考察 まさ土の単位乾燥重量に対して加えた水酸化物イオン（ OH^- ）量とまさ土懸濁液のpH値の関係を図1に示す。加えた OH^- イオン量と懸濁液のpH値の関係は初期pH値ごとに一本の曲線で表され、初期pHが12を超える場合は、まさ土懸濁液のpHは初期pH値より若干低くなる程度であるが、初期pH値が12よりも低い場合は、加えた OH^- イオン量の減少とともにまさ土懸濁液のpHは低くなる。次に、試料土によって中和された水酸化物イオン量を、試料土の単位乾燥重量あたりに換算したものを土のアルカリ中和能力と定義し²⁾、加えた OH^- イオン量とその際にまさ土が発揮したアルカリ中和能力の関係について図2に示す。ここでまさ土のアルカリ中和能力 C (mol/g) は、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の初期pH値を pH 、まさ土懸濁液のpH値を pH' 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の容量を V (ℓ)、まさ土の乾燥重量を W (g) として式 (1) より求めた。

$$C = (10^{(\text{pH}-14)} - 10^{(\text{pH}'-14)}) \times V / W \quad \dots (1)$$

加えた OH^- イオン量とアルカリ中和能力の関係は1本の曲線で表される。また、加えた OH^- イオン量によってまさ土のアルカリ中和能力は変化するが、これには上限がある。図2では、加えた OH^- イオン量が 2×10^{-5} mol/g 程度までは直線的にアルカリ中和能力は増加し、加えた OH^- イオン量のほぼ全量を中和しているが、それ以上になると頭打ちになり約 9×10^{-5} mol/g 以上は中和しなくなる。この量は本研究で使ったまさ土のアルカリ中和能力の限界値であると考えらる。三木ら²⁾は10種類の土の水酸化カルシウム飽和水溶液に対するアルカリ中和能力を測定しているが、まさ土のアルカリ中和能力値は 9×10^{-5} mol/g と測定されており、本研究で使ったまさ土と同じ値となっている。

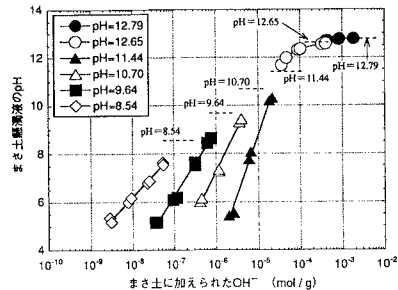


図1 まさ土のアルカリに対する緩衝能力

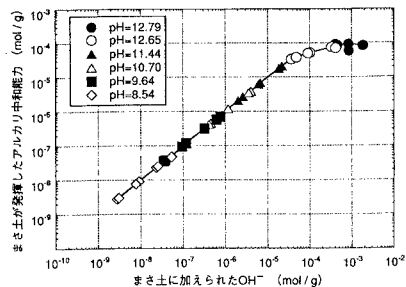


図2 まさ土のアルカリ中和能力

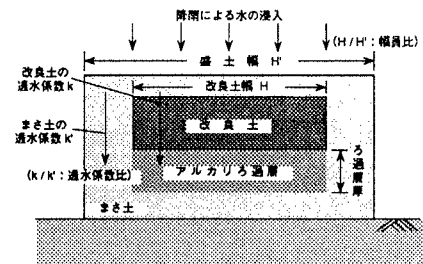


図3 ケーススタディに用いた盛土断面

3. ケーススタディによるろ過層厚に関する検討

1) ケーススタディの概要 図3に示すような盛土断面でのケーススタディを行い、降雨によって地盤に浸入した水が、高アルカリ性を長期間保つ改良土中を通過することによって起こるアルカリ溶出に関して、改良土の周辺土(まさ土)のアルカリ緩衝能によって、浸透水のpHを排水基準である8.6以下に抑えるために必要となるアルカリろ過層厚を算出した。ただし、ケーススタディでは以下の仮定を設けている。①盛土中を浸透する水は鉛直方向にしか流れない。また、盛土中の動水勾配は一定と1とする。②改良土から溶出するアルカリに対して、ろ過機能を発揮するのは改良土直下の土のみとする。③地盤に浸入する浸透水量は日本の年間降雨量の全国平均値1760mmの1/3とする。次に改良土中に浸透する水の量 L (mm) は、改良土の透水係数を k (cm/s)、まさ土(アルカリろ過層)の透水係数を k' (cm/s)、改良土幅を H (m)、盛土幅を H' (m)、想定期間を X (年) として式(2)より算出した。

$$L = 1760 \times \frac{1}{3} \times \frac{kH}{kH + k'(H' - H)} \times X = 1760 \times \frac{1}{3} \times \frac{X}{1 + \frac{k'}{k} \left(\frac{H'}{H} - 1 \right)} \quad \dots\dots (2)$$

改良土からの浸出水のpHがまさ土のアルカリろ過機能によって8.6より低く抑えられるには、まさ土のアルカリ中和能力を C (mol/g)、改良土からの溶出水のpH値を pH 、改良土から溶出したアルカリ水量 V (ℓ)、ろ過機能を発揮する改良土直下の土(まさ土)の乾燥重量を W (g) とすると、式(3)を満足する必要がある。

$$C > (10^{(pH-14)} - 10^{(8.6-14)}) \times V / W \quad \dots\dots (3)$$

ここで、まさ土の乾燥密度を γ_d (g/cm³)、アルカリろ過層厚を x (cm)、改良土幅を H (m)、奥行きは単位長さ(1m)とすると、

$$W = \gamma_d \times 100 \times 100H \times x = 10^4 \cdot \gamma_d \cdot H \cdot x \quad (g)$$

$$V = L \times 1/10 \times 100 \times 100H \times 1/1000 = L \cdot H \quad (\ell) \quad \text{となるので、}$$

式(3)は次のように変形される。

$$x > \left\{ 10^{(pH-14)} - 10^{(8.6-14)} \right\} \cdot 10^{-4} \cdot \frac{L}{\gamma_d \cdot C} \quad \dots\dots (4)$$

式(4)を満たすろ過層厚 x (cm) をまさ土の乾燥密度を 1.73g/cm³、改良土からの溶出水のpH値を 11~12、まさ土のアルカリ中和能力を $3, 9 \times 10^{-5}$ mol/g として算出した。

2) 結果 図4は1年間の降雨に対して必要となるろ過層厚を、透水係数比 $k/k'=0.1$ の場合について盛土の幅員比 (H/H') およびまさ土のアルカリ中和能力 (C) 別に示している。改良土からの溶出水のpHが12、 $H/H'=0.1$ 、 $C=3 \times 10^{-5}$ (mol/g) のときにろ過層厚は最大 3.6 cm 必要となる。また図5は30年間の降雨に対して必要となるろ過層厚を、盛土の幅員比 $H/H'=0.9$ の場合について透水係数比およびまさ土のアルカリ中和能力別に示している。改良土からの溶出水のpHが12、 $k/k'=1$ 、 $C=3 \times 10^{-5}$ (mol/g) のときにろ過層厚は最大 207 cm 必要となる。ただし30年間改良土が水が浸透した場合、改良土中のpHは徐々に低下していくと考えられ、実際に必要となるろ過層厚はもっと小さな値となると予想される。

4. まとめ

- 1) まさ土のアルカリ中和能力は加えられたOH⁻イオン量によって変化するが、これには限界がある。
- 2) 盛土断面を用いたケーススタディより、改良土層を通過した浸出水に対して必要となるアルカリろ過層厚を、改良土からの溶出水のpH、透水係数比、盛土の幅員比およびまさ土のアルカリ中和能力から算出した。

参考文献 1) 嘉門雅史, 勝見武, 大山将: セメント安定処理土のアルカリ溶出特性について, 第30回土質工学研究発表会発表論文集, 1995. 2) 三木博史, 森範行, 古性隆: 土のアルカリ中和能力及び土中でのアルカリ浸透深さに関する試験, 土木学会第49回年次学術講演会, pp.1534~1135, 1994.

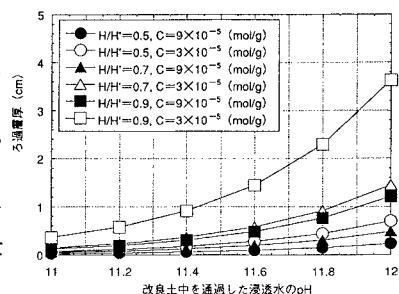


図4 改良土からのアルカリに対して必要なるろ過層厚 ($k/k'=0.1$, 期間: 1年)

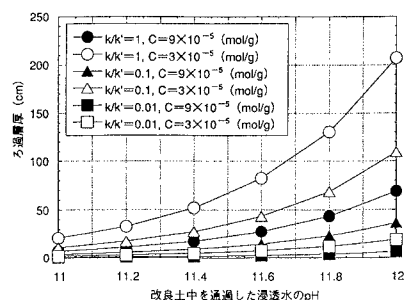


図5 改良土からのアルカリに対して必要なるろ過層厚 ($H/H'=0.9$, 期間: 30年)