

関東学院大学工学部 正 宋 永焜

関東学院大学大学院 学 ○ 遠藤和人

## 1. はじめに

関東ロームは年代の新しい層から立川ローム、武蔵野ローム、下末吉ローム、多摩ロームに分類され、前者2層は新期ローム、後者2層は古期ロームと大別されている。新期ロームの主要粘土鉱物はアロフェンであり、関東ロームの地盤工学的特異挙動の原因となっている。過去の研究において立川ロームは $A_p > 50\%$ 、武蔵野ロームは $A_p < 40\%$ であることが確認されている。高い鋭敏性と含水比を有する関東ロームの地盤改良には生石灰が広く使用されている。生石灰によって安定処理された盛土からは、高アルカリ性の浸出水が発生するため、系外へ浸出するのを防止しなくてはならない。盛土下面に緩衝材料を30cm敷設することによって、その抑制効果があると規制され、なかでも関東ロームのアルカリ性に対する緩衝能は比較的良好とされている。本研究は関東ロームのアロフェン含有量によってアルカリ性に対する緩衝能の違いを定量的に把握し、生石灰盛土の緩衝材としての有効性を評価するものである。

## 2. 実験材料と方法

実験試料は関東平野南部においてランダムに採取し、アロフェン含有量を化学的に定量し分類している。アロフェン含有量の定量は現在のところ一定の基準はないが、本研究においては北川の $8N \cdot HCl - 1/2N \cdot NaOH$ 交互溶解法を採用している。

## 3. 実験結果と考察

図1は関東ロームの緩衝曲線を示したものである。横軸に酸性、アルカリ性溶液の添加量を示し、縦軸に土懸濁液のpHを示している。風乾試料の質量に対して溶液の添加量を変化させ、スターラーにて十分に攪拌し2時間静置後の上澄み液のpHを測定したものである。参考曲線として活性粘土と非活性粘土の両極端の粘土鉱物であるベントナイトとカオリナイトの緩衝曲線を描いている。ベントナイトは緩衝曲線の傾きが緩く、添加量に対して鈍感な反応を示し、大きな緩衝能を表している。逆にカオリナイトは、緩衝曲線の傾きはきつく、添加量に対して敏感な反応を示し、小さな緩衝能であるといえる。関東ロームにおいては、アロフェン含有量の高い土ほど傾きは緩く、アロフェン含有量の減少とともに傾きがきつくなり、緩衝能が小さくなっていることが確認できる。土懸濁液のpHの変化は土による

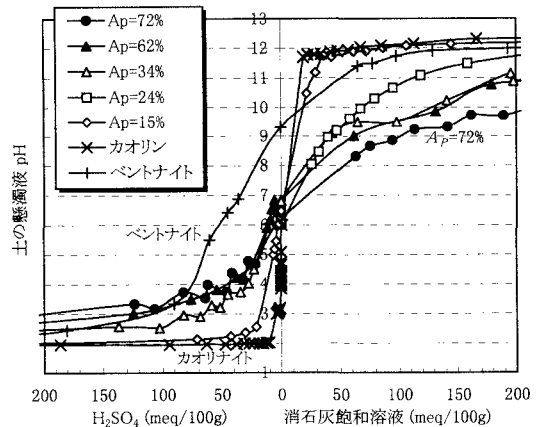
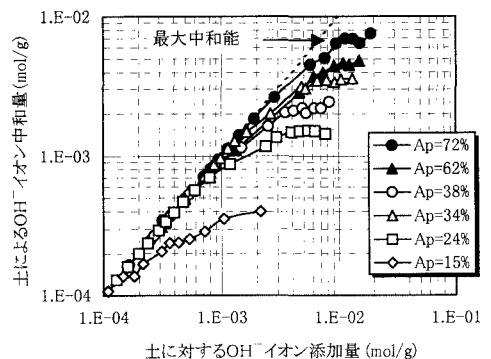
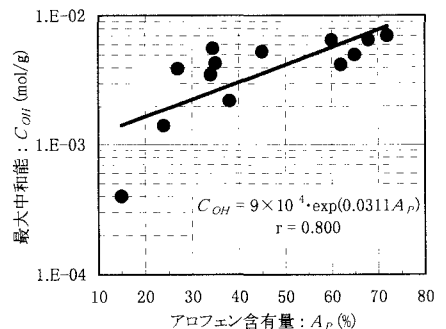


図1 関東ロームの緩衝曲線

図2 土によるOH<sup>-</sup>イオン中和能図3 アロフェン含有量とOH<sup>-</sup>中和能の関係

キーワード: アロフェン含有量、緩衝能、石灰処理、盛土

関東学院大学工学部 〒236-0032 横浜市金沢区六浦町 4834 電話 045-786-7751

水酸基イオンの中和量として表すことができる。水の解離定数を14とすると、 $pH + pOH = 14$ となる。 $pH$ の定義 $[H^+] = 10^{-pH}(\text{mol/l})$ に従い、水酸基イオン濃度 $[OH^-] = 10^{(pH-14)}(\text{mol/l})$ と表すことができる。消石灰飽和溶液の $pH$ を $A$ 、土懸濁液上澄みの $pH$ を $B$ 、添加した溶液の量を $V(\text{l})$ 、土の乾燥質量を $M(\text{g})$ とすると、土による水酸基イオンの中和能 $C_{OH}(\text{mol/g})$ は次式で表される。

$$C_{OH} = (10^{(A-14)} - 10^{(B-14)}) \frac{V}{M} (\text{mol/g})$$

緩衝曲線の実験結果をもとに、土の乾燥質量に対して加えた水酸基イオンと土による水酸基イオンの中和能との関係を図2に示す。図中の点線は、水酸基イオンの添加量と中和量が同一である45度線を示している。アロフェン量の高い土ほど、45度線からの離れが遅く、頭打ちになる点も大きくなっていることが確認できる。頭打ちになった点をその土の最大中和能としたとき、アロフェン含有量と中和能の関係を図3に示す。アロフェン含有量の増加とともに最大中和能は増加していることが確認できる。同じ関東ローームであっても立川ローームと武蔵野ローームの物理化学的性質は大きく異なり、関東ローームとして同一視することは難しい。この物理化学的な性質の違いを利用することで図4に示すような盛土を提案することができる。関東ローームにおけるアロフェン含有量と $pH$ 法によって求めた最適生石灰添加量の関係は、立川ローームでは10～20%、武蔵野ローームは5～10%であることが確認されている。最適生石灰添加量も少なく、強度発現の大きな武蔵野ローームや古期ローームを盛土材料として、緩衝材料として中和能の大きな立川ローームを使用することによって、系外へ高アルカリ水が溶出する可能性を十分に低くすることができると考えられる。ほかの現場から緩衝材を運搬したり材料を購入することなしに現場内にある関東ローームの層序を利用することでアルカリ分の流出抑制を行うことができ、経済的かつ有効であると考えられる。模式的に図5の盛土形状で、雨水によって生石灰改良盛土のアルカリ分の10%が溶脱すると仮定する。必要な緩衝材の層厚を $H(\text{cm})$ 、中和能を $C(\text{mol/g})$ 、乾燥密度を $\rho_2(\text{g/cm}^3)$ 、盛土材の乾燥密度を $\rho_1(\text{g/cm}^3)$ 、最適生石灰添加量を $a_d(\%)$ 、層厚を $h(\text{cm})$ 、盛土幅を $B(\text{cm})$ 、生石灰の全てが水と反応によって消石灰になったとすると、次式によって単位盛土延長当たりの必要な緩衝材の層厚 $H$ を算出することが可能である。

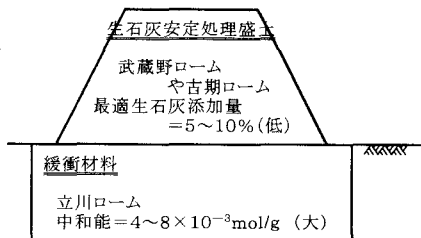


図4 関東ローームの盛土施工に関する提案

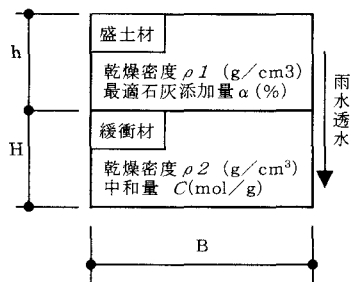


図5 盛土構造の模式図

性を十分に低くすることができると考えられる。ほかの現場から緩衝材を運搬したり材料を購入することなしに現場内にある関東ローームの層序を利用することでアルカリ分の流出抑制を行うことができ、経済的かつ有効であると考えられる。模式的に図5の盛土形状で、雨水によって生石灰改良盛土のアルカリ分の10%が溶脱すると仮定する。必要な緩衝材の層厚を $H(\text{cm})$ 、中和能を $C(\text{mol/g})$ 、乾燥密度を $\rho_2(\text{g/cm}^3)$ 、盛土材の乾燥密度を $\rho_1(\text{g/cm}^3)$ 、最適生石灰添加量を $a_d(\%)$ 、層厚を $h(\text{cm})$ 、盛土幅を $B(\text{cm})$ 、生石灰の全てが水と反応によって消石灰になったとすると、次式によって単位盛土延長当たりの必要な緩衝材の層厚 $H$ を算出することが可能である。

$$\frac{1.32a_d}{100} \cdot \frac{2}{74.09} \cdot B \cdot h \cdot \rho_1 = C \cdot B \cdot H \cdot \rho_2 \Leftrightarrow H = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot 1.32a_d}{74.09 \cdot \rho_2 \cdot 100 \cdot C} h$$

アロフェン含有量の関数として図5の諸数値を以下の近似式で表し、盛土と緩衝材のアロフェン含有量の比を $A$ としたとき、盛土厚と緩衝材厚の関係は図6に示される。盛土厚に対して1/10～1/20程度の緩衝材厚があれば系外へのアルカリ性溶液の浸出を抑制することができる。

$$\text{中和量: } C = 9 \times 10^{-4} \exp(0.0311A_p), \text{乾燥密度: } \rho_d = -0.005A_p + 0.96, \text{最適生石灰添加量: } a_d = 0.22A_p + 1.82$$

#### 4. 結論

関東ローームは非常に高い緩衝能を示すが、立川ローームと武蔵野ローームでは大きな差がみられ、同一視することは難しい。また、この差を利用して経済的かつ簡便な生石灰安定処理盛土を環境的にも安全に施工することができる。

#### 参考文献

宋永焜: 関東ローームにおける地質学への地盤工学への応用, 土と基礎, Vol.46, No.2, pp.33-35, 1998

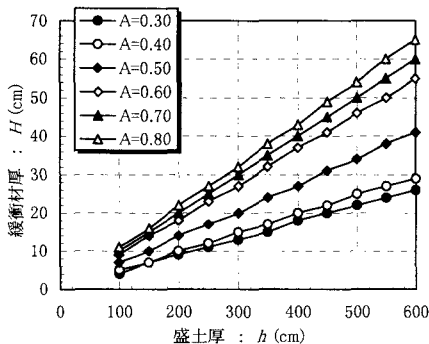


図6 盛土厚と緩衝材厚の関係