

III-760

粘性土の性質が人工軟岩の特性に及ぼす影響（その2）

—化学的性質の影響—

鹿島技術研究所 正会員 古澤靖彦

山本博之

東京電力(株) 正会員 酒井俊朗

正会員 高尾 誠

1. はじめに

人工軟岩の構成材料である現地発生土（粘性土）は、ほとんどがシルト分以下の微細粒子によって占められ、粘性土のイオン吸着や成分の溶出などの化学活性が人工軟岩の強度に影響を及ぼす可能性がある。本研究では、粘性土の化学活性（CSHおよびエトリンガイト生成能）を評価する手法を提案し、生成起源の異なる様々な粘性土に本試験を適用した。また、これらの粘性土を用いた人工軟岩の配合試験を通じて、化学活性が人工軟岩の強度に有為に寄与することを明かにした。

2. 人工軟岩硬化のメカニズムと粘性土の反応性

人工軟岩用結合材は表-1に示す成分構成比であり、通常のセメントクリンカーの反応によるCSH生成の他に、石膏の多量添加による積極的なエトリンガイトの生成に硬化物性の発揮を期待するものである。したがって、人工軟岩中の粘性土は通常のクリンカーの反応によって生成する消石灰と、多量に添加された石膏と共存することとなる。これより、粘性土から溶出する SiO_2 および Al_2O_3 と、石灰・石膏との反応（ポゾラン反応）におけるCSH生成能およびエトリンガイト生成能を評価する必要がある。

3. 粘性土の化学活性評価試験

上述の観点から粘性土の化学活性を評価するために、生成起源の異なる表-2に示した4種類の粘性土について以下の試験を実施した。

①アルカリ環境下での溶出試験

アルカリ雰囲気下における粘性土の Al_2O_3 および SiO_2 の供給能を把握するために、粘性土5g（乾燥換算）と1N-NaOH溶液25mlを40℃で7日間接触させて、NaOH溶液に溶出する Al_2O_3 および SiO_2 量を定量した。ここで反応液としてNaOH溶液を使用したのは、 Al_2O_3 および SiO_2 を溶解した状態で反応液中に残し、分析を可能とするためである。なお試験材料は、溶出量が平衡となるように事前試験によって定めた。

試験結果を表-2に示す。これより、関東ロームの Al_2O_3 溶出量および群馬県産ベントナイトの SiO_2 溶出量が、他の粘性土に比較して極めて大きいことがわかり、それぞれ、人工軟岩の主要水和反応生成物であるエトリンガイトおよびCSHの成分供給能が高いと考えられる。

②石灰・石膏共存下における粘性土の反応の追跡

人工軟岩用結合材と共存する場合の雰囲気模して、石灰飽和溶液、および石灰・石膏飽和混合物の溶液と粘性土を接触させて、X線回折によって粘性土中の成分の変化を調査した。接触条件は、乾燥換算で1gの粘性土と各溶液500mlとし、20℃雰囲気下で材料28日まで試験を続行した。

図-1、2に関東ロームと群馬県産ベントナイトに対する試験結果（X線回折結果）を示す。関東ロームについては消石灰との反応によってCAHが、消石灰と石膏との反応によって多量のエトリンガイトが生成していることから、溶出試験で確認された多量の溶解性 Al_2O_3 がエトリンガイトの形成に寄与することが確認された。なお、接触前のX線回折結果から Al_2O_3 の供給源はハロイサイトであると考えられる。群馬県産ベントナイトは、接触前の試料に大量に含まれていたクリストバライトの大半が消費されていたことが

表-1 人工軟岩用結合材構成成分
(重量%)

クリンカー	スラグ	石膏
62	20	18

表-2 試験に供した粘性土

	粘性土種類	溶出試験結果(mmol/g)	
		SiO_2	Al_2O_3
化学活性試験実施	山形県産ベントナイト	1.79	0.63
	群馬県産ベントナイト	186.6	0.05
	木節粘土	9.15	1.77
	関東ローム	1.19	9.09
	砕石粉		
配合試験実施	砕石粉・細*1		
	砕石粉・微細*2		
	山形50%+砕石粉50%		
	山形25%+砕石粉75%		

*1ボールミル粉砕6時間、*2ボールミル粉砕12時間

表-3 人工軟岩の配合(kg/m³)

粘性土	砂	結合材	水
230	700	180	597

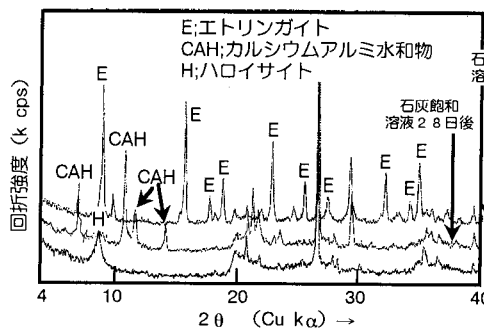


図-1 関東ローム成分の石灰・石膏による変化

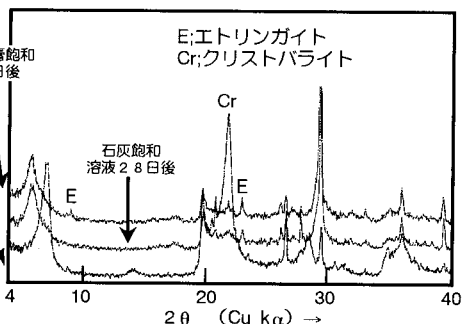


図-2 群馬県産ベントナイト成分の石灰・石膏による変化

ら、溶出試験で確認された多量の溶解性 SiO_2 の供給源が、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 共存下で容易に反応するクリストバライトであることが確認された。

なお、その他の粘性土については、木節粘度に若干の Al_2O_3 反応性が観察された。

4. 粘性土の化学活性の人工軟岩強度への寄与

粘性土の化学活性が人工軟岩の強度に及ぼす影響を把握するために、上記の化学活性評価試験に供した粘性土を用いて表-3に示す配合の人工軟岩を作成し、その強度発現について調査した。

筆者らは、粘性土の物理的性質の相違が人工軟岩の強度に及ぼす影響を把握するために、生成起源の異なる粘性土および人為的に粒度分布を変化させた粘性土を用いた配合試験を実施し¹⁾、人工軟岩の強度と相関の高い粘性土の物理的な評価指標として比表面積が適切であることを示した。

そこで、本試験の結果も、表-2に示す人為的に粒径を変化させた粘性土の試験結果と併せて、比表面積と強度の関係として図-3に示す。

これより、関東ロームを用いた人工軟岩の強度が全体の相関より高い強度を示すことがわかる。本研究で試験対象とした粘性土の密度は $2.65 \sim 2.75 \text{ g/cm}^3$ の狭い範囲にあり、配合を一定とした本試験条件では強度に及ぼす密度の影響はほとんどない。これより、人工軟岩の強度に及ぼす粘性土の物理的性質の評価指標として比表面積が適当であるとすれば、図-3の全体の相関との差が化学的活性によって付与された特性と判断され、前節で確認された関東ロームの高いエトリンガイト成分供給能は、人工軟岩の強度増加に有為に寄与するものと判断される。また、 SiO_2 活性の高い群馬県産ベントナイトは、比表面積も本試験に供した粘性土の中で最も大きいため全体の相関と比較しにくい。このため、 SiO_2 活性の人工軟岩の強度への寄与を評価するためには、活性の低い他の粘土と混合した場合の強度発現の把握などの検討が別途必要と思われる。

5. まとめ

化学活性評価試験によって、本研究で対象とした粘性土のうち関東ロームに高い Al_2O_3 活性が、また群馬県産ベントナイトに高い SiO_2 活性が確認された。このうち、関東ロームの Al_2O_3 活性が人工軟岩の強度増加に有為に寄与することを確認した。今後は、 SiO_2 活性の強度への寄与の有無、および Al_2O_3 、 SiO_2 活性の強度寄与の定量的評価などについて検討する予定である。

【参考文献】

1) 酒井，高尾ら；土木学会第49回年次学術講演会概要集Ⅲ（投稿中），1994

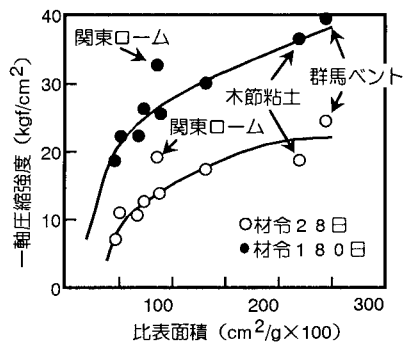


図-3 比表面積と人工軟岩の強度