

酸化マグネシウムの地盤改良への適用に関する研究（その4：X線回折試験による反応生成物の解明）

関西大学大学院 学生会員 ○田中 知樹

関西大学工学部 正会員 西形 達明

関西大学工学部 正会員 西田 一彦

関西大学先端科学技術推進機構研究員 正会員 山田 哲司

1. はじめに

酸化マグネシウムは、中性～弱アルカリ域での土の固化や汚染地盤の修復などが可能な固化材として注目されている。研究その1¹⁾その2²⁾では、様々な土質に対する酸化マグネシウム改良土の基本的な固化特性について考察し、関東ロームに対しては酸化マグネシウムがセメント、石灰と比べて優れた固化能力を有することを述べた。

本稿その4では、一般的に改良困難と言われている関東ロームに対して酸化マグネシウムが固化材として用いられたとき、どのようなメカニズムで優れた改良効果を示すのかを解明するため、長期にわたる改良土の一軸圧縮強さを測定し、X線回折試験を用いた反応生成物の検討を実施した。酸化マグネシウムによる反応生成物と比較するため、消石灰と生石灰を用いた実験結果と比較検討し、ここにそれらの結果を報告する。

2. 実験概要

表-1 関東ロームの物性値

表-2 原土と酸化マグネシウムの化学組成

実験に用いた関東ロームの物性値を表-1に示す。関東ロームは火山灰質粘性土であり、高含水比でとくに強熱減量が多いなどの特徴を有する。また、表-2に関東ロームと酸化マグネシウム固化材の化学組成を示す。まさ土や沖積粘土と比べ、 Al_2O_3 、 FeO が多いのが特徴としてあげられる。

試料名	関東ローム
産地	東京都渋谷区
Wn (%)	132.7
$\rho_s (\text{g}/\text{cm}^3)$	2.81
Ig loss (%)	14.6
pH	6.5

化学成分	関東ローム (%)	酸化マグネシウム (%)
Na_2O	0.00	0.00
MgO	0.00	96.49
Al_2O_3	38.33	0.16
SiO_2	15.14	1.27
SO_3	5.54	0.00
K_2O	2.71	0.00
CaO	2.91	1.49
TiO_2	6.13	0.00
FeO	29.24	0.57
total	100.00	99.98

実験に用いた固化材は、酸化マグネシウム (MgO) の他に消石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、生石灰 (CaO) の3種類とした。固化材の添加量は $120\text{kg}/\text{m}^3$ で、これを関東ロームとソイルミキサーで十分に攪拌・混合して改良土とし、セメント系固化材による安定処理土の試験方法(セメント協会)に準じて供試体を作製した。供試体寸法は $\phi 50 \times 100\text{mm}$ とし、それぞれ3本ずつ供試体を作製した。固化後、型枠より脱型し、食品用ラップフィルムに包んで底部に水を入れた容器に保存し、温度 20°C の恒温室内で湿潤養生状態として保管した。養生日数は7、28、90、180日の4材令とし、180日後の供試体については反応生成物を確認するためにX線回折試験を行った。

3. 試験結果

3.1 一軸圧縮強さ

図-1に改良土の養生日数による一軸圧縮強度の変化を示した。酸化マグネシウムは他の固化材と比較して良好な改良効果を示し、180日まで強度は増加傾向にあることがわかった。一方、消石灰改良土や高含水比である関東ロームの一般的な安定処理に有効とされてきた生石灰改良土は、長期にわたる強度増加はほとんど見られず、養生日数の経過と共に酸化マグネシウム改良土との強度差がより大きくなっている。

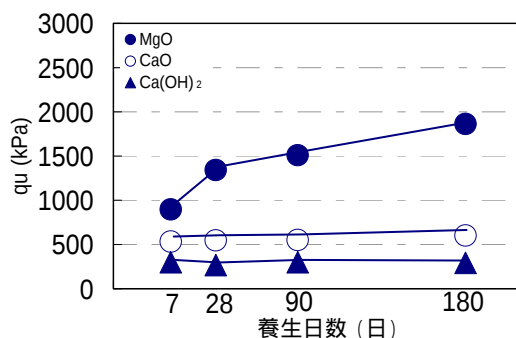


図-1 養生日数と一軸圧縮強度の関係

Key words：酸化マグネシウム，関東ローム，X線回折試験，反応生成物

連絡先：564-0073 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学工学部地盤工学研究室 TEL/FAX06-6368-0898

3.2 X線回折試験結果

図-2 は関東ローム原土，図-3，4，5 にはそれぞれの固化材添加後 180 日目の改良土の X 線回折試験結果を示す。図-2 の関東ローム原土では Q（石英）と F（長石）のような一次鉱物が目立ち，他には H（加水ハロイサイト）のピークが見られた。図-3 は酸化マグネシウム改良土の X 線回折試験結果である。M1（ MgO ）の未反応物質とそれが水と反応した M2（ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ：水酸化マグネシウム）が見られ，更に MA（ $\text{MgAl}(\text{OH})_{14} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）と推測される新たな反応生成物が現れた。また，固化材の多くが未反応または反応途中であると見受けられるため，180 日を経過した時点でも固化反応が進行中であると考えられる。図-4 は関東ローム改良土として一般的な生石灰改良土の X 線回折試験結果である。ここでは，強度を発生させるといわれる加水ハロイサイトと反応したアルミン酸石灰水和物である加水ゲーレンナイト（図中の CG）が新たに生成された³⁾。添加した固化材である生石灰（ CaO ）の残留は無く，他に CA（ $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$ ）や CB（ $\text{CaFe}_3\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）の生成が考えられた。図-5 においても添加した消石灰（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）の残留は見られず，CC（ $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_3$ ）が発見された程度であり，目立った反応生成物は発見されなかった。

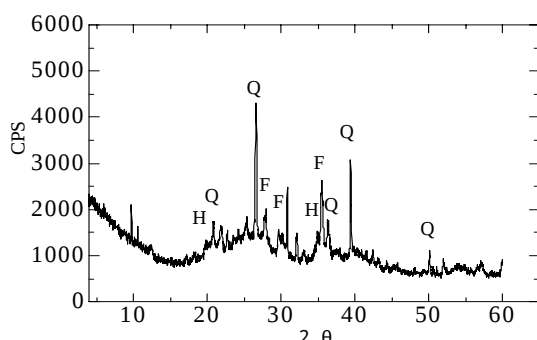


図-2 関東ローム原土の X 線回折

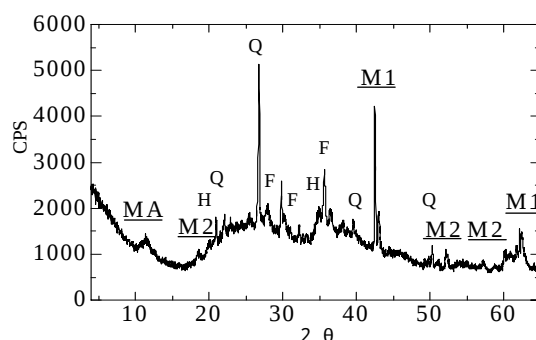


図-3 材齢 180 日における酸化マグネシウム改良土の X 線回折

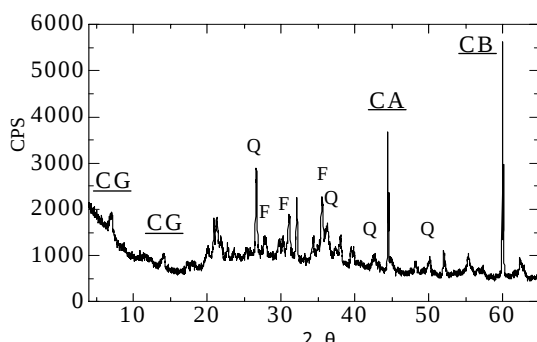


図-4 材齢 180 日における生石灰改良土の X 線回折

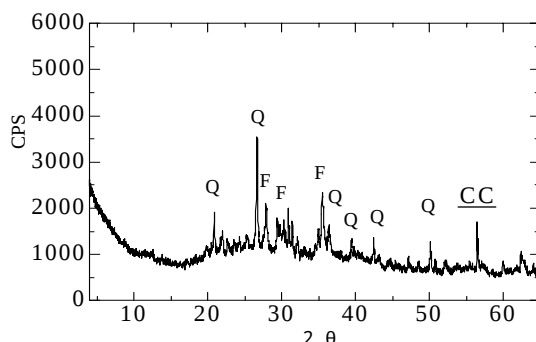


図-5 材齢 180 日における消石灰改良土の X 線回折

4. まとめ

酸化マグネシウム改良土では，反応生成物 MA（ $\text{MgAl}(\text{OH})_{14} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）が特徴的でこれが強度に大きな影響を示すと考えられる。また，未反応や反応途中のマグネシウムの成分が多く見られることから，180 日以降においても更に強度増加が見込まれる。一方，生石灰改良土や消石灰改良土は添加した固化材がほとんど残ってはならず，既に初期の段階で反応し尽してしまったと考えられる。したがって 180 日以降における長期の強度増加がほとんど期待できない。他に新たな反応生成物が考えられるが，これらの検討は今後の課題である。

[参考文献]

- 1) 山田哲司他：酸化マグネシウムの地盤改良への適用に関する研究その 1，第 39 回地盤工学研究発表回，投稿中
- 2) 田中知樹他：酸化マグネシウムの地盤改良への適用に関する研究その 2，第 39 回地盤工学研究発表会，投稿中
- 3) 宋永焜：関東ロームのアロフェン含有量が生石灰安定処理土に及ぼす影響，関東学院大学工学部研究報告，第 38-1 巻