

現地発生土の細粒分がセメント系材料の鉱物組成に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○濱田那津子 向 俊成 取違 剛 渡邊賢三 坂井吾郎
沢 一馬 室野井敏之 藤田祐作
東京工業大学 物質理工学院 材料系 名誉教授 正会員 坂井悦郎

1. はじめに

現地発生土の活用方法の1つとしてセメントを混合して改良土とし、盛土等に用いることが挙げられる。しかし、コンクリートとは異なり、混和剤を使用することがほとんどないセメント改良土においては、用いる現地発生土によっては短時間で施工性が著しく低下するものも存在する¹⁾。本検討では、その変化の原因とメカニズムを解明する検討の一環として、鉱物組成に着目した。セメントとの混合による施工性の低下が確認されている現地発生土を対象に、施工性の変化に特に影響を及ぼすと考えられる75μm以下の細粒分とセメントの生成物に対して、粉末X線回折（以下、XRDと称する）を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

表-1に使用材料を示す。現地発生土には、図-1に示すようにセメントとの混合直後から施工性（締固め度）の低下が確認されている新第三紀火山岩類から成る段丘堆積物（以下、現地発生土）を選定し、その75μm以下（記号H）をふるい分けて使用した。表-2に現地発生土および比較としてセメント強さ試験用標準砂（セメント協会）を粉砕し75μm以下にしたもの（記号S）の化学組成および物性値を示す。標準砂に比べて現地発生土の方がAl₂O₃を多量に含む組成であり、比表面積、強熱減量も大きかった。なお、遅延剤は施工性の低下を抑制する目的で使用した。

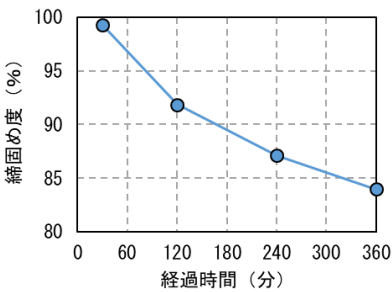


図-1 締固め度の経時変化

表-1 使用材料

記号	使用材料
W	精製水
C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³
H	段丘堆積物 75 μ m 以下 絶乾密度：2.55g/cm ³
T	遅延剤 (オキシカルボン酸塩)

2.2 実験ケース

本検討では、セメント改良土の75μm以下を構成するモルタル分を対象とした。配合は、含水比7%程度、細粒分が15%程度含まれる礫質土に80kg/m³のセメントを混合することを想定し、水セメント比168%のペーストに75μm以下の細粒分を水粉体比36%となるように外割り添加した。実験ケースは、細粒分として現地発生土を使用したケース（H36）、および現地発生土に対して施工性の低下抑制を目的として、遅延剤をセメントに対して3%添加したケース（H36-T3%）とした。

2.3 実験方法

上述した配合のモルタルをさじで2分程度練り混ぜた後、注水から5、30、60、90、120、150、180分の試料に対して固液分離することなく直ちに測定に供した。写真-1に前処理状況を示す。XRDの測定条件は、測定範囲3～25°（2θ）、測定ステップ0.02°/step、スキャンスピード1.0°/分とした。

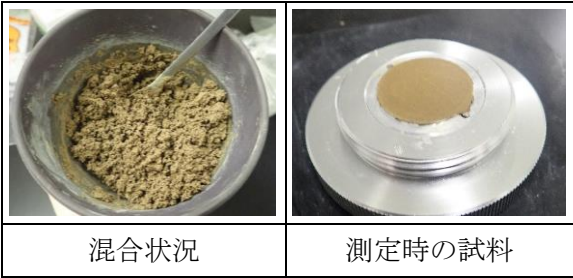


写真-1 前処理状況

表-2 主要な元素の化学組成比および物性値

記号	化学組成比 (%)										比表面積 (m ² /g)	強熱減量 (%)
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃		
H	1.44	1.56	22.5	60.5	0.254	1.57	1.34	0.863	0.241	9.06	35.7	8.8
S	—	—	0.889	98.2	0.143	0.037	0.103	0.463	0.004	0.084	0.314	0.4

キーワード：セメント系材料，若材齢，XRD，エトリンライト，現地発生土

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8030

3. 実験結果

図-2 に現地発生土とセメントを練り混ぜた「H36」の各時間の試料および比較として現地発生土のみ（H 単体）を測定した結果を示す。まず、 $2\theta = 14.5^\circ$ 付近に着目すると混合後すべての試料で C-A-S-H 系水和物であるストラトリンジャイト ($2\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) の生成を確認した。ストラトリンジャイトはアルミナセメントとシリカフュームなどのシリカ成分との反応で生成することがある²⁾とされており、現地発生土に Al_2O_3 が多量に含有されていることから水和初期に生成されたと推察される。次に、 $2\theta = 9^\circ$ 付近に着目すると、混合後すべての試料でエトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) の生成が確認でき、時間に伴って回折強度が増大する傾向が得られた。前述のとおり、現地発生土には Al_2O_3 が多量に含まれることから、セメントとの反応により混合直後から徐々にエトリンガイトが生成したと考えられる。ここで、エトリンガイトは大量の H_2O を水和物中に取り込み、また、その結晶が針状になる。現地発生土はセメントとの混合により多量のエトリンガイトを生成し、生成過程で自由水が消費されることにより、施工性が低下したと考えられる。

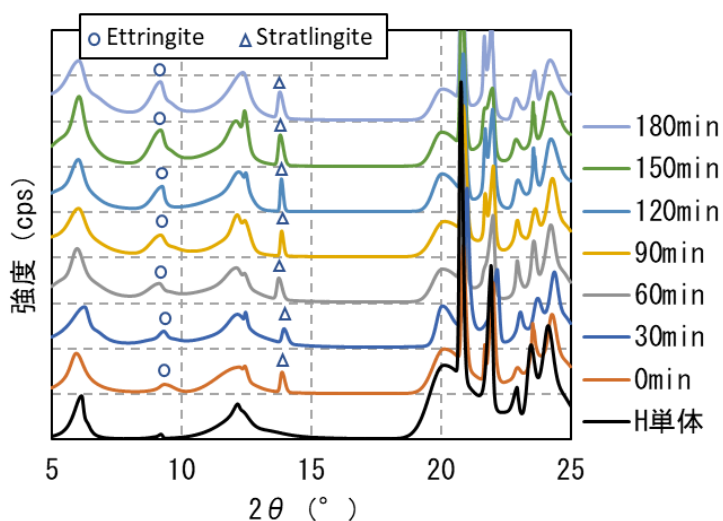


図-2 XRD 測定結果 (H36)

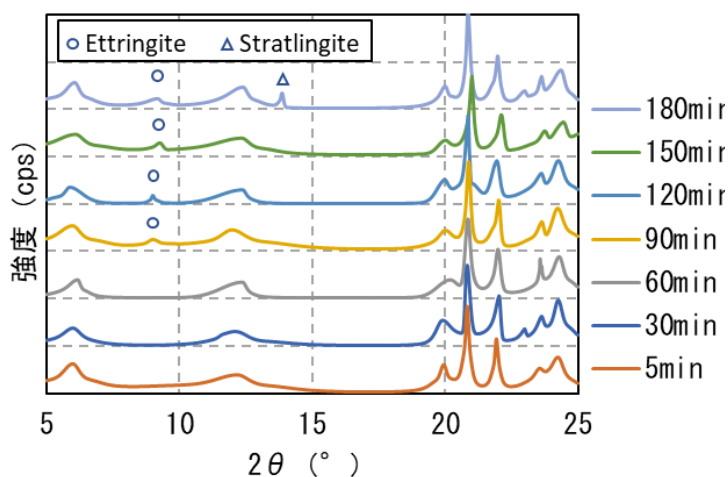


図-3 XRD 測定結果 (H36-T3%)

図-3 に現地発生土とセメントに遅延剤を添加した「H36-T3%」の測定結果を示す。まず、 $2\theta = 14.5^\circ$

付近に着目するとストラトリンジャイトは混合から 180 分の試料でのみ確認された。次に、 $2\theta = 9^\circ$ 付近に着目すると、エトリンガイトは混合から 60 分までの試料では確認できず、混合から 90 分以降のエトリンガイトの回折強度は遅延剤を添加していない「H36」に比べて小さくなった。遅延剤は難溶性の被膜をセメント粒子上に形成し、セメントと水との接触を抑制することによりアルミネート相 (C_3A) の反応を抑えることができる。遅延剤によりストラトリンジャイトおよびエトリンガイトの生成が抑制できたことから、現地発生土はセメントの混合により C_3A の反応を促進させ、遅延剤はその反応を抑制できる可能性が示唆された。以上のことから、現地発生土に遅延剤を用いることで、エトリンガイトの生成が遅延され、自由水が消費されず施工性の低下を抑制できたと考えられる。

4. まとめ

セメント改良土に供する現地発生土の細粒分に着目し、鉱物組成変化の把握を行った。その結果、本実験で使用した現地発生土はセメントとの混合によりストラトリンジャイトおよびエトリンガイトを生成することを確認した。現地発生土は混合直後のエトリンガイトの生成により自由水が消費され、施工性が低下すると考えられる。また、遅延剤によりストラトリンジャイトおよびエトリンガイトの生成を遅延させることができたことから、現地発生土はセメントの混合により C_3A の反応を促進させ、遅延剤はその反応を抑制できると考えられる。

参考文献

- 1) 青山要ら：土の物理化学的性質が改良土の初期性状と強度に及ぼす影響，土木学会論文集No.721,VI-57,pp.207-219,2002.
- 2) Jian DING : Stratlingite formation in high alumina cement - Silica fume system :significance of sodium ions, Cement and Concrete Research,Vol.25,No.6,pp.1311-1319,1995.