

## 第III部門

## 石膏材料の吸水性能に着目した地盤改良効果の基礎的検討

大阪大学 学生会員 ○杉田幸輝  
 大阪大学 正会員 緒方 奨  
 大阪大学 正会員 乾 徹

## 1. はじめに

近年改良土がセメント系固化材や石灰と比較して pH が低い石膏を主成分とする固化材の利用が普及している。石膏は結晶水の量によって二水、半水、無水の3種類に大別される。このうち半水石膏は水を加えると水和反応を起こし、土中の水分を吸水し、土を固化させる効果が高いとされる。石膏を主成分とする固化材の一つとして再生石膏固化材がある。再生石膏固化材とは、建築廃材である廃石膏ボードから生成した再生石膏を用いた地盤改良材である。しかし、再生石膏固化材をはじめとする石膏を主成分とする固化材の地盤改良効果を事前に予測する手法は十分に確立されていない。

本研究では、複数の石膏系固化材を対象として水和反応による吸水効果が改良効果を規定するという仮説に基づき、石膏系固化材の吸水性能と改良土の強度の相関関係について評価を行った。

## 2. 石膏の吸水性能に関する基礎的検討

## 2.1 実験方法

改良土中に存在する水分子は土粒子や固化材との間に作用する結合力に基づいて、水和水、結合水、自由水に分類される(図-1 参照)<sup>1)</sup>。水和水は水和反応等の化学反応で、結合水は付着力による物理的結合で、自由水とは表面張力や重力で吸水された水分のことである。間隙水は結合水と自由水で構成される。本研究では、石膏の吸着による吸水性能と水和反応による吸水性能を2つの方法で測定した。

まず、石膏による吸着水の検討を行った。吸着水は結合水と水和水の和と定義し、自由水の分離を行った。既往研究<sup>1)</sup>では、水分が土壌に吸着している強さを表した pF 値が 3.8 で土中から分離する水分を自由水と定義して遠心分離機によって pF 値 3.8 に相当する圧力をかけることにより自由水を分離している。本研究では、この遠心分離機による自由水の分離を

参考にして遠心力から試料中心にかかる圧力を求めて吸着水を評価した。

次に、半水石膏が水和反応で二水石膏になる際に吸水した水分の検討を行った。吸水した水分の検討方法として乾燥により間隙中の水分を可能な限り蒸発させた。しかし、二水石膏は高温で乾燥させると半水石膏へ転化することが分かっている。そこで予備検討を行い、二水石膏が 70℃以上で顕著な質量減少を生じることが明らかになった。この結果を利用し、二水石膏の状態を維持できるように乾燥温度を 50℃に調節して実験を行った。

図-1 吸水された水分の定義<sup>2)</sup>

## 2.2 実験結果

本研究では、再生半水、二水、無水石膏、天然半水石膏の4種類を用いた。2.2に示した方法による吸水量を表-1に示す。吸水量は吸水した水分の質量を石膏の質量で割ることにより正規化している。表-1より、吸着水は天然半水石膏が大きく、再生半水石膏も吸着水の吸水性能があることが明らかになった。しかし、試料にかかる圧力が大きくなると、半水石膏は大幅に吸水性能が低下した。これは、天然半水石膏がより強い結合力で水和水を保持している可能性を示唆している。また、乾燥による吸水効果は再生、天然半水石膏で差異はないことが明らかになった。

表-1 石膏を対象とした吸水量試験結果

|                                             | 再生半水石膏 | 再生二水石膏 | 再生無水石膏 | 天然半水石膏 |
|---------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 遠心分離による吸水量 (g/g) (9.85×10 <sup>2</sup> kPa) | 2.660  | 0.794  | 0.315  | 2.882  |
| 遠心分離による吸水量 (g/g) (2.74×10 <sup>3</sup> kPa) | 1.230  | 0.722  | 0.293  | 2.090  |
| 50℃乾燥による吸水量 (g/g)                           | 0.185  | 0.015  | 0.000  | 0.181  |

### 3. 石膏改良土における吸水性能と強度特性

#### 3.1 実験方法

石膏は 2.3 で用いた石膏試料のうち天然、再生半水石膏の 2 種類、土試料は豊浦砂 ( $\rho_s = 2.624 \text{ g/cm}^3$ ), シルト (DL クレー,  $\rho_s = 2.535 \text{ g/cm}^3$ ) の 2 種類を 3 水準の初期含水比に調整して用いた。実験条件を表-2 に示す。石膏混合率 (土の乾燥質量に対する石膏の質量の割合) は 20% とした。供試体は安定処理土の突固めによる供試体作製方法 (JGS 0811) に準じて作製した。養生は気中、室温  $20^\circ\text{C}$  で 7 日行った。強度の測定は締固めた土のコーン指数試験 (JIS A 1228) を用いた。また、2.2 節の乾燥方法に基づいて、石膏によって吸水されていない水分の比率  $w_s$  (%) を求めた。 $w_s$  は  $50^\circ\text{C}$  で乾燥した際に蒸発した水分 (石膏や土が未吸水の水分) を  $50^\circ\text{C}$  で乾燥した後の試料の質量 (石膏, 土粒子, 石膏と土が吸水した水分の和) で割って百分率で表したものである。

表-2 改良対象とした土

| 土試料          | 初期含水比 $w$     |
|--------------|---------------|
| 砂 (豊浦砂)      | 25%, 30%, 35% |
| シルト (DL クレー) | 30%, 35%, 40% |

#### 3.2 実験結果と考察

豊浦砂および DL クレーに石膏を適用した際の  $w_s$  と吸水量の関係を図-2, 3 にそれぞれ示す。吸水量は 2.3 同様に正規化している。図-2, 3 より豊浦砂では土の初期含水比で比較すると吸水性能に差は見られないが, DL クレーでは土の初期含水比が大きくなるにつれ吸水量が大きくなる傾向が見られた。また 2 節の乾燥による吸水量と比較すると,  $w_s$  が小さいときは天然石膏, 再生石膏のどちらも吸水量が小さくなるが  $w_s$  が大きくなると, 豊浦砂では天然石膏の吸水量は 2 の乾燥による吸水量の値に近づき, 再生石膏の吸水量はやや小さくなる。一方, DL クレーでは再生石膏, 天然石膏のどちらも吸水量は 2 節の乾燥による吸水量の値に近づく傾向が見られた。これらより, 土中の水分量, 土の保水性または石膏の水分の吸着性により, 石膏は土中でも吸水性能を十分に発揮できる可能性が示唆された。

次に, 豊浦砂に石膏を適用した際の  $w_s$  とコーン指数  $q_c$  の関係を図-4 に示す。図-4 より  $w_s$  と  $q_c$  に高い相関性が見られ, 半水石膏の吸水効果による含水比

低減効果が強度に影響を与えることが明らかになった。しかし, 土の初期含水比が大きいと天然半水石膏のほうが強度が大きくなる傾向が見られた。

#### 4. おわりに

乾燥による吸水量試験から土中での石膏の吸水量を検討するためには土中の水分量, 土の吸水性および石膏の吸着性を考慮する必要がある。また, 吸水性能によって土の強度を向上させることが確認され, 土中に残された水分と強度には高い相関性があることが明らかになった。

本研究の実施にあたっては, ニッソク (株) 福永力也氏, 福永玄氏, (一財) 地域地盤環境研究所 水野克己氏, 大栄環境 (株) 赤澤一憲氏に多大なご協力をいただいた。

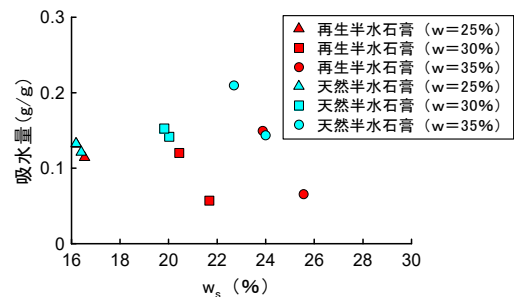


図-2 未吸水の水分の割合と石膏の吸水量の関係 (豊浦砂)

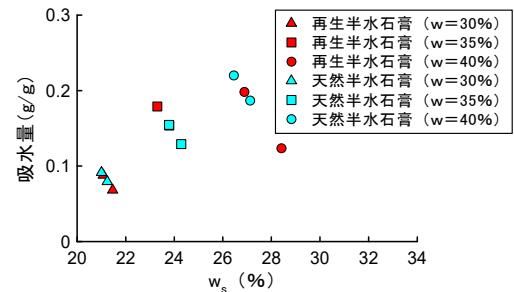


図-3 未吸水の水分の割合と石膏の吸水量の関係 (シルト)

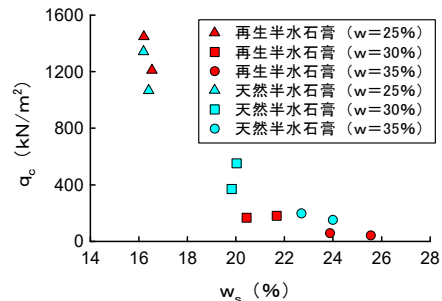


図-4 未吸水の水分の割合とコーン指数の関係 (豊浦砂)

#### 参考文献

- 1) W.Zhu C.L.Zhang A.C.F. Chiu (2007): Soil-water transfer mechanism for solidified dredged materials, *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 133(5), pp. 588-598.