

電気炉還元スラグによる軟弱土質改良のメカニズムと土質改良能力簡易評価法

大同特殊鋼 (正) ○金川 淳

大同工大 土屋 忠寛、青山 裕泰、(正) 桑山 忠

1. はじめに

鉄鋼生産過程での2次生成物である鉄鋼スラグのうち、電気炉還元スラグ（以下還元スラグという）は、膨張特性等の問題点があり再利用率が低いのが現状である。著者らは、膨張の原因が水和反応による体積変化にあることを明らかにしてきたが、還元スラグの水硬特性を利用した、軟弱土の土質改良についても研究を行っていき、その効果が確認されつつある。しかし、還元スラグの土質改良能力は、産出事業所により大きく異なることがわかってきた。そこで今回、還元スラグによる軟弱土の土質改良のメカニズムを調査することにより、土質改良能力の差が発生する原因を明確にするとともに、産出事業所ごとによって異なる還元スラグの土質改良能力を簡易評価する方法について調査した。

2. 実験概要

本研究で使用した還元スラグは、中部地区鉄鋼メーカーから提供して頂いたもののうち、粉状であった5社の乾粉、湿粉別の7種類のサンプルである。ここで湿粉は還元スラグ徐冷後、防塵のため散水処理を施したものであり、乾粉はそれを行っていないものである。また被改良土としては名古屋港の浚渫土を用いて調査した。

還元スラグによる土質改良効果の調査については、被改良土の含水比を調整後、被改質土と還元スラグを混合し、直径25mm、高さ50mmのモールドに突固め、28日間20℃飽和湿潤養生した後、一軸圧縮強度を調査した。還元スラグのミクロ観察には走査電子顕微鏡、鉱物相調査についてはX線回折法を用いた。還元スラグの化学成分調査は、ガラスビード蛍光X線分析法により金属成分を分析し、それを酸化物に換算した。

また還元スラグの吸水率については、次の3方法によって求めた。

①水蒸気吸水率：還元スラグを水蒸気1気圧中で1週間吸水させたものの、②煮沸吸水率：還元スラグを坩堝に入れ蒸留水を加えて30分間煮沸し吸水させたもの、③超音波吸水率：図1に示す通り、還元スラグを坩堝に入れ、さらにこの坩堝を水で満たした容器中に置き、超音波を30分間照射して吸水させたもの。吸水率はそれぞれ吸水前後の増加質量の変化を吸水前質量の百分率で示したものである。なお、吸水率は還元スラグの水和反応で結晶水としてとり込まれた水分量を示すもので、自由水はすべて110℃で炉乾燥で蒸発させた。

3. 実験結果

改良土の還元スラグ混合率と一軸圧縮強度の関係を図2に示す。図2に示す通り、還元スラグ混合による一軸圧縮強度の増加がみられるが、乾粉と湿粉で強度の差が認められる。一軸圧縮強度に与える化学成分の影響を調査するため、塩基度と一軸圧縮強度の関係を図3に示す。乾粉については塩基度が高いほど一軸圧縮強度は高くなるが、湿粉についてはほとんど相関が認められず、低い値で一定である。この

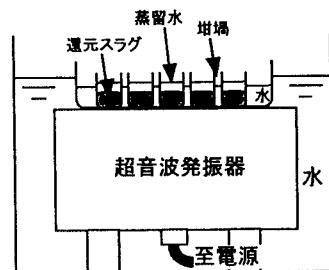


図1 超音波による吸水試験方法

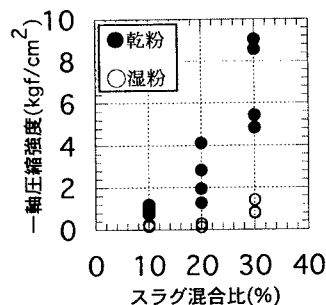


図2 スラグ混合比と一軸圧縮強度

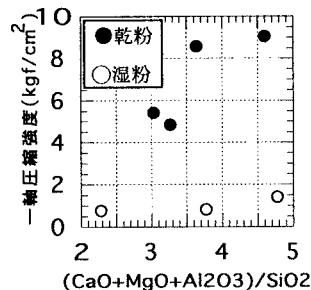


図3 化学成分と一軸圧縮強度

結果から、還元スラグによる改良土の強度増加は、水と反応していない塩基性成分を含んだ鉱物相が水和反応することにより起こると予想される。還元スラグによる土質改良のメカニズムが水和反応であるとする、改良土の一軸圧縮強度は、還元スラグの吸水能力と相関があると考えられる。そこで、各還元スラグの3種の吸水率と、改良土の一軸圧縮強度の関係を図4に示す。いずれの吸水率も一軸圧縮強度と強い相関があり、吸水率を調査すれば、還元スラグの土質改良能力が推定できると考えられ、より簡易な方法で吸水率を知ることが大切となる。3種の吸水率の関係を図5に示す。3種の吸水率には強い相関があり、簡便な方法で吸水率を調査すれば、その還元スラグの土質改良能力の評価が可能である。今回行った3種類の吸水率調査法のうち、特に超音波による吸水率調査法は、従来になかった新しい方法であるが、短時間で処理できること、加熱等の処理がないため簡便であることから、還元スラグの土質改良能力の簡易評価法として非常に有効であることが判った。

次に、還元スラグによる土質改良メカニズムを調査するため、還元スラグ（乾粉）の受入のままのミクロ観察結果を写真1に、一軸圧縮強度試験後のミクロ観察結果を写真2に示す。写真1、2に示す通り、受入のままの還元スラグは小粒径のやや角張った形状であるのに対し、一軸圧縮試験後の改良土は土粒子と還元スラグが結合して複雑に絡み合い、これが強度増加の原因になっていると考えられる。また、吸水処理前後の還元スラグのX線回折により同定された鉱物相で、水和反応に関連していると考えられる鉱物相を表1に示す。還元スラグによる土質改良メカニズムはこれらの鉱物相の水和反応と考えられるが、明確な反応式を確認するためにはさらに調査が必要である。

4. まとめ

還元スラグによる軟弱土質改良メカニズムは、水と未反応の塩基性成分を含んだ鉱物相が水和反応することにより起こると考えられる。また、超音波による吸水率は、改良土の一軸圧縮強度と強い相関関係があり、還元スラグの土質改良能力の簡易評価方法として有効である。

【参考文献】

1)第2回地盤改良シンポジウム投稿中

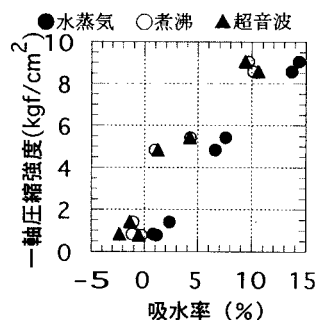


図4 各吸水率と一軸圧縮強度

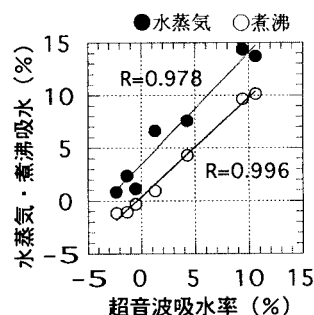


図5 各吸水率の関係



写真1 受入のままの還元スラグの
ミクロ観察結果



写真2 一軸圧縮試験後の改良土の
ミクロ観察結果

表1. 吸水前後の還元スラグの検出鉱物組成

吸水前	吸水後
$12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
$2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	$4\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$6\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$	$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	