

転炉スラグ混合粘性土の力学特性に及ぼす混入率の影響

日本大学理工学部	正会員	峯岸 邦夫
日本大学理工学部	正会員	山中 光一
日本大学大学院	学生会員	○小高 秀登
JFE ミネラル(株)	正会員	吉澤 千秋

1. はじめに

鉄を精錬する際に発生する製鋼スラグは、土木資材として利用されているが、そのほとんどが脱リンスラグである。製鋼スラグの中でも転炉スラグは、砂や砂利よりせん断抵抗角が大きく粒子密度や単位体積重量が大きい利点がある一方、スラグ内に含まれる遊離石灰が水と反応して膨張するという性質を持っているため、有効利用されているケースは少ないのが現状である。

そこで本研究では、建設発生土を想定した粘性土に転炉スラグを混入させた場合の膨張量と力学特性およびそれらの関係性を把握することを目的とした一連の研究のうち、一軸圧縮試験と大型一面せん断試験を行い、その試験結果の考察を行った。



写真-1 粘性土 (ふるい分け前)

2. 試料および試験

本研究では、千葉県木更津市内で採取した粘性土 ($\rho_s=2.594\text{g/cm}^3$) を試料土 (写真-1) として用いた。採取した試料は、根などの不純物を取り除くために2mmふるいを通過した試料を使用した。また、転炉スラグ ($\rho=3.335\text{g/cm}^3$) は、粒径によるばらつきがあるため、2.0~15.0mmにふるい分けしたものを使用した。本研究で使用した転炉スラグを写真-2に示す。混入率は、試料土の乾燥質量に対して、一軸圧縮試験は混入率0%, 5%, 10%, 15%, 40%で行い、大型一面せん断試験は混入率0%と40%に設定して試験を行った。一軸圧縮試験の供試体は前述の試料を手練りで混合させ、直径10cm、高さ20cmのモールドと2.5kgのランマーを用いて3層39回で締め固めを行い、大型一面せん断試験は、縦32cm、横40cm、高さ24cmのせん断箱と4.5kgランマーを用いて5層171回で締め固めて作製した。一軸圧縮試験はJIS A 1216¹⁾に準じて行い、大型一面せん断試験はJGS 0561²⁾に準じて試験を行った。また、大型一面せん断試験を行う際の垂直応力は $\sigma=39.1\text{ kN/m}^2, 78.1\text{ kN/m}^2, 117.2\text{ kN/m}^2$ に設定し、24時間圧密させた後にせん断試験を行った。



写真-2 転炉スラグ

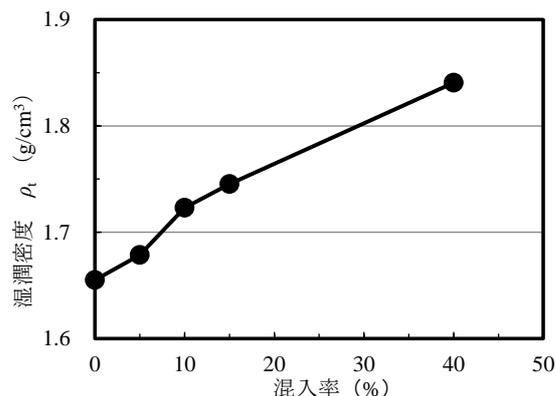


図-1 湿潤密度と混入率の関係

3. 試験結果および考察

(1) 一軸圧縮試験

図-1に一軸圧縮試験用の供試体から得られた湿潤密度と混入率の関係を示す。図より、混入率を増加させると湿潤密度が増加していることがわかる。これは、製鋼スラグの粒子密度が粘性土に比べて高いことから、混入率を増加させると湿潤密度も増加傾向を示したと考えられる。

キーワード 製鋼スラグ, 転炉スラグ, 粘性土, 一軸圧縮試験, 大型一面せん断試験

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科 TEL047-469-5217

図-2に混入率と一軸圧縮強さ、破壊ひずみの関係を示す。図より、混入率 40%は本研究での混入率の中では最も高い一軸圧縮強さの値を示した。また、混入率 10%までは未混入の結果と比較して、一軸圧縮強さは減少傾向を示し、破壊ひずみに変化は見られなかった。これは、混入率が 10%まではスラグが混入することにより、土粒子間のかみ合わせの阻害要因となったため、一軸圧縮強さが減少したと考えられる。これに対して、混入率 10%以上になると、試料土内に含まれるスラグと水が反応し、転炉スラグの性質である水硬性が発揮されたためであると考えられる。また、供試体内でスラグが骨格構造を形成し、スラグ同士のかみ合わせが増加したためではないかと考えられる。そのため、供試体の剛性も増加し、破壊ひずみは減少傾向を示したのではないかと考えられる。

(2) 大型一面せん断試験

大型一面せん断試験は、未混入と一軸圧縮試験の結果から最も強度が高い混入率 40%について試験を行った。

図-3にせん断応力とせん断変位の関係を示す。図より、せん断応力は未混入と比較して混入率 40%の方が高い値を示した。また、混入率 40%では未混入に比べて低いせん断変位の段階で最大せん断強さに達していることがわかる。これは、一軸圧縮試験と同様にスラグによる水硬性が発揮され剛性が増加したためと考えられる。

図-4に最大せん断強さと垂直応力の関係を示す。全ての垂直応力において最大せん断強さは未混入と比較して混入率 40%が高い値を示した。また、強度定数は、未混入で $\phi=30^\circ$, $c=48.1\text{kN/m}^2$ に対して、混入率 40%では $\phi=35^\circ$, $c=60.6\text{kN/m}^2$ となり、強度定数も増加することが確認された。これは、転炉スラグを混入させることにより、水硬性およびスラグのかみ合わせが発揮されて増加したためと考えられる。

4. まとめ

本研究から得られた知見を以下に示す。

- ① 粘性土に転炉スラグを混入させると転炉スラグが粘性土内の水を吸収し、混入率が低いと水硬性は発揮されないが、混入率が 15%以上になると水硬性の影響およびスラグのかみ合わせにより強度増加が見られる。
- ② 大型一面せん断試験の結果より、転炉スラグを粘性土に混入させることによって、転炉スラグが水硬性およびスラグのかみ合わせ効果を発揮し、強度定数も増加することが確認された。

【参考文献】 1) (公社) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，丸善，pp.541-551, 2009. 2) (公社) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，丸善，pp.661-699, 2009.

【謝辞】 本研究を進めるにあたり、本学学生の遠田秀晴，宮田大輝両君の協力を得た。ここに記して、謝意を表します。

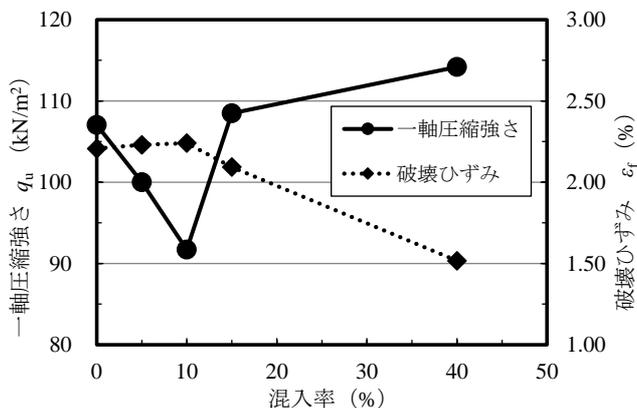


図-2 混入率と一軸圧縮強さ、破壊ひずみの関係

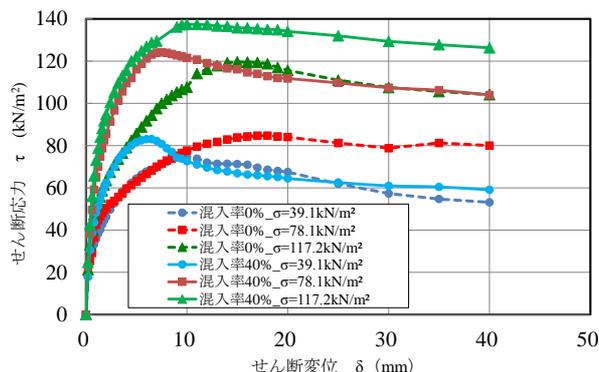


図-3 せん断応力とせん断変位の関係

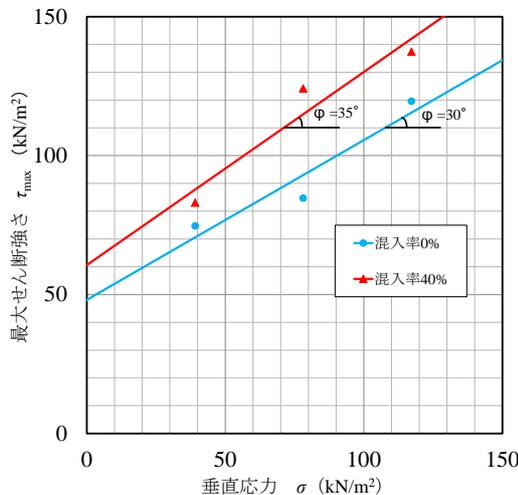


図-4 最大せん断強さと垂直応力の関係