

新日本製鐵(株) 正 新見 吉和
新日本製鐵(株) 正 O久我 昇
新日本製鐵(株) 正 長谷川元信

1. まえがき

製鐵工程の副産物である高炉水砕(以下スラッグと称す)は従来、主としてセメントの原料として用いられて来たが、その軽量性、潜在水硬性といった特徴を生かし天然骨材の代替材料として、道路路盤、地盤改良あるいは港湾分野へとその利用技術の開発が行なわれている。スラッグパイルはスラッグの持つ潜在水硬性に着目した地盤改良工法で、その力学特性に関して実施例の報告とともに^{2, 3}の考察を行なう。

2. スラッグの材料特性

スラッグの化学組成は一般に CaO (38~43%)、 SiO_2 (31~35%)、 Al_2O_3 (13~19%) などから構成されておりセメントの組成にかなり近い。このことがスラッグの水硬性に大きな影響を与えていると言われている。

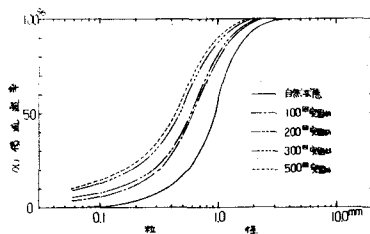


図-1 スラッグの粒度分布

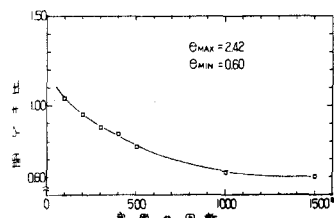


図-2 スラッグの突固め効果

その粒度は図-1のような性状を示し外観的には砂質土に似ている。しかし突固めを行なうとその製造過程に起因する内部かすみのため細粒化し図-2に示すように間ガキ比はかなり小さくなり、その透水性も 10^{-5} 程度まで低下するなど、砂質土とはかなり異なった材料特性を有している。

3. スラッグパイルの強度特性

スラッグは上述したように、突固めにより若干細粒化するものの、その物理的性状はコンパクションパイルの材料に近している。図-3は八幡製鐵所の鉱石ヤードにおいて実施したスラッグを材料としたコンパクションパイルにおけるスラッグの粒度分布であるが、その細粒化はあまり顕著ではなく間ガキ比も1.0前後の状態である。しかしスラッグは、

① 木の存在②、その塩基度③、一定の圧力などの条件のもとに硬化する特性を有する。図-4は、そのときのスラッグパイルの中心での標準貫入試験のN値を示したものであり材令とともに強度が上昇する様子が見られる。また図-5は、材令3~6ヶ月のいずれも硬化したスラッグパイルの一軸圧縮強度であり間ガキ比が小さく、よく締まったものはかなりの値を示している。さらに材令6ヶ月のものと3~4ヶ月のものとを比較すると強度は材令とともに大きくなる傾向が見られる。

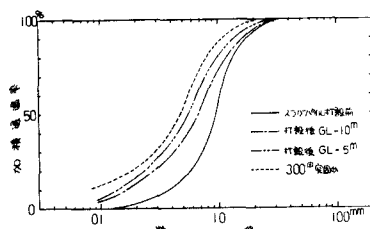


図-3 スラッグパイルの粒度分布

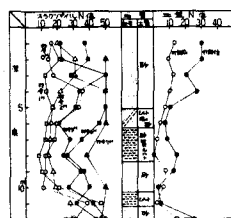


図-4 スラッグパイルのN値

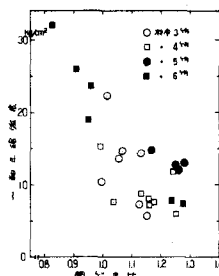


図-5 スラッグパイルの一軸圧縮強度

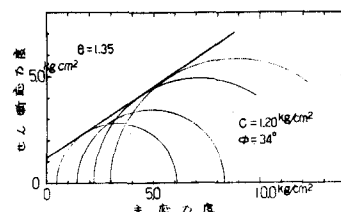


図-6 スラッグパイルの三軸圧縮強度

図-6は、材令3ヶ月で比較の間ガキ比の大きな

スラグパイルの三軸圧縮試験の結果であり粘着力は約 1 kg/cm^2 、内部摩擦角は約 34° 程度の値を示している。このようにスラグパイルは、スラグのもつ本硬性のため当初のサンドコンパクションパイルのような状態からコンクリートパイルのような状態に移移する。ところで図-7は、このスラグパイルの透水性を調べた結果であるが、硬化がかなり進行していると思われる材料10ヶ月のものでもその透水係数は 10^{-4} cm/s 前後の値を保持している。このことはスラグの硬化はボースナ状態のままで行い、硬化した状態でも透水機能は失って低下しないことが分る。

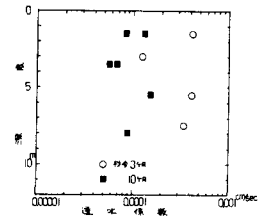


図-7 スラグパイルの透水性

4. スラグパイルの支持力特性

3~6ヶ月で硬化し、その材料特性の変化するスラグパイルの支持力特性

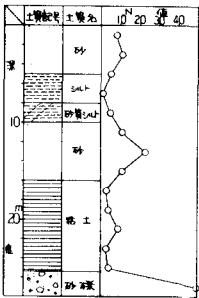


図-8 地盤条件

を調べるため八幡製鉄所の原料ヤードにおいて材料6ヶ月のスラグパイルにて盛土載荷試験を行なった。その載荷重は約 16 t/m^2 であり地盤状態は図-8に示すような砂質土とシルト及び粘土の互層で支持層は全土層に28m付近であるが、スラグパイルの長さは中間砂層までの12mである。図-9は、このスラグパイルの地表での応力集中(杭芯応力/杭間応力)の状況を示したものであり、同時に試験を行なったサンドコンパクションパイルと比較してほぼ同等

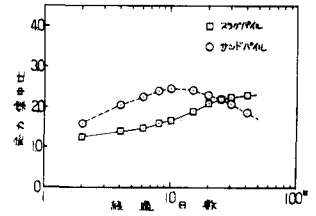


図-9 パイルの応力集中比

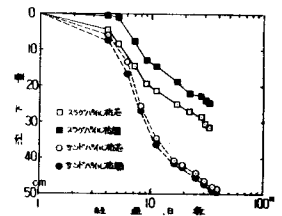


図-10 沈下

の応力集中が観察される。しかし、サンドコンパクションパイルの場合には経過日数とともに応力集中の度合は低下する傾向にあるが、スラグパイルの場合には徐々にあるが応力集中比が上昇する。また図-10は、そのときの沈下の状況を示したものであり、スラグパイルの沈下はサンドコンパクションパイルの約60%程度の値を示している。さらに図-11は、シルト層及び粘土層での間ヤキ木圧を測定した結果で、シルト層での間ヤキ木圧の上昇は、サンドコンパクションパイルの場合に大きく、スラグパイルの場合に小さな値を示している。これらの調査結果からスラグパイルはサンドコンパクションパイルに比較して応力の集中度が大きく、そのため地中への応力の逸散も少なく結果として沈下も少ないものと思われる。

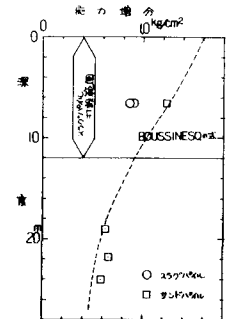


図-11 間ヤキ木圧

ところで、地表での応力集中度に大差がなかったこと、あるいはサンドコンパクションパイルの場合に応力集中度が低下する傾向にあったことなどは、今回の地盤が地表近くにかなりよく締まった砂層があったため一種の拮抗効果が影響した、あるいはパイルを中間の砂層までしか打設していないなどのローカルな条件が影響を及ぼしているものと考えられる。

5. まとめ

スラグパイルは、スラグのもつ本硬性のため硬化しその一軸圧縮強度は材料6ヶ月で $20 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ にもなるが、透水性はあまり低下せずサンドパイルとしての機能を保持している。しかし、スラグパイルの支持力特性を考える場合、従来のサンドコンパクションパイルが内部摩擦力成分に依存する特性を示すのに対して、このスラグパイルは粘着成分が大きくその支持力機構にはパイル効果が強く現われおり設計においても、この特性を十分考慮する必要がある。