

軽量盛土材料としての高炉水砕スラグの適用

山口大学大学院 学生会員○大平尚美, 山口大学 正会員 松田博
 復建調査設計(株) 正会員 来山尚義, 宇部市役所 村上守
 山口大学大学院 学生会員 村上剛敏, 日本基礎技術(株) 正会員 片山章徳
 長棟興産(有) 正会員 中野恭夫, 宇部興産コンサルタント(株) 森岡研三

1.はじめに 軟弱地盤上へ盛土する際の沈下安定対策の一つに軽量盛土工法があり、軽量性と強度に優れた材料が要求される。一方、銑鉄の製造過程において生成される高炉水砕スラグは、透水性・強度に優れかつ軽量な材料であり、さらに潜在水硬性を有するため経時的に強度が増加する。また、年間約1500万トンが安定して供給される材料でもある。しかし、現在まで道路盛土のような大規模施工に使用された例はほとんどない。そこで、高炉水砕スラグの軽量盛土材料としての有効な利用法を検討することを目的として、高炉水砕スラグを用いた試験盛土を施工し、施工性、潜在水硬性に伴う強度変化および地下水質への影響について調査を行った。

2. 試験盛土概要 盛土施工前に行ったボーリングの結果によると、在来地盤の表層から約5mは緩い砂層、その下層約6mは軟弱な沖積粘土が堆積している。Fig. 1は盛土平面図を示したものである。試験盛土は10m×20m×厚さ2mで、盛土部に沈下板3基および盛土部とその周辺に地下水位・pH観測井戸を8基設置した。また、点線で示す範囲には高炉水砕スラグの薄層撒き出しを行った。なお、今回使用した高炉水砕スラグは新日本製鐵(株)の大分製鐵所で製造し、製鐵所内で約4ヶ月仮置き後破碎した材料であり、土粒子の密度、最大・最小間隙比はそれぞれ $\rho_s = 2.766\text{g/cm}^3$, $e_{\max} = 1.445$, $e_{\min} = 0.893$ である。また、 $Dr = 80\%$ における透水係数は $k = 2.5 \times 10^{-2}\text{cm/s}$, 内部摩擦角は $\phi_d = 48.9 \sim 39.9^\circ$ である。

3. 試験・計測結果 転圧回数：現場における密度の管理基準値として、あらかじめ室内試験で求めた最大乾燥密度 $\rho_{d\max} = 1.39(\text{g/cm}^3)$ の90%を設定し試験転圧を行って転圧回数を決定した。試験転圧は1層0.3m撒き出し域で行い、締め固め機械は3.5t湿地ブルドーザーを使用した。転圧回数毎に行った現場密度試験の結果、1m/層の撒き出し域も含めて1層3回の転圧回数で施工を行うこととした。Fig. 2は各層転圧後に現場密度試験を行った結果を示したものである。同図によると、一層0.3m撒き出し区域では、各層とも管理基準値をほぼ満足しているのに対し、一層1m撒き出しにおいては一層目では管理基準値を満足していたが、二層目ではやや下回った。これらのことから、今回のような転圧を行う場合、1層0.3m撒き出しで施工するのが妥当と考えられる。

法面勾配：高炉水砕スラグを盛土に用いる場合の最適な法勾配を検討するため、Fig. 1に示すように4種の法勾配施工を行った。その結果、完成時の最急法面勾配はPhoto.1に示すように、1:1.4であった。なお、施工後4ヶ月経過後においても法面の崩壊は生じていない。

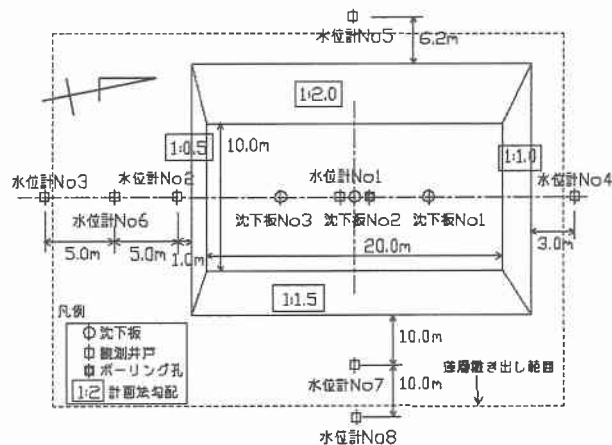


Fig. 1 Layout of embankment

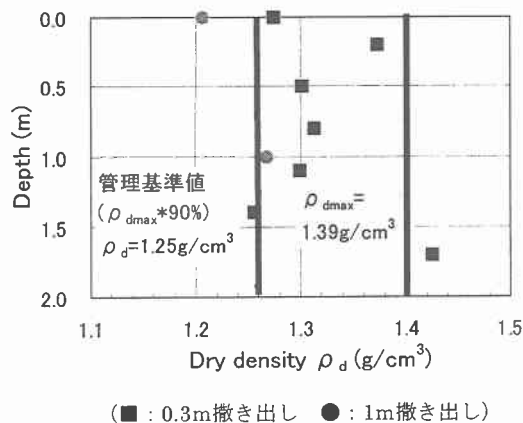


Fig. 2 Changes of dry density

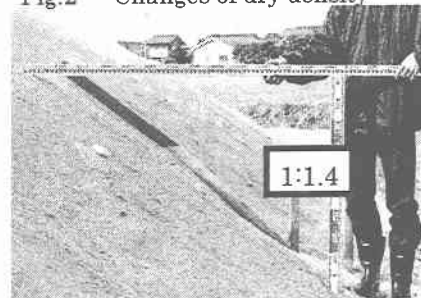


Photo.1 Critical gradient of slope

湿潤密度：盛土施工後における湿潤密度の経時変化を砂置換法によって測定した。Fig.3 は、0.3m/層撒き出し域における湿潤密度の深度分布を示したものである。同図より、湿潤密度の経時変化は見られず、いずれにおいても高炉水砕スラグの標準値(1.3g/cm³)¹⁾を上回っている。

盛土圧縮量：Fig.1 に示す沈下板 3 ヶ所において、高炉水砕スラグの圧縮量を測定した。Fig.4 に盛土圧縮量の経時変化を示す。同図より、高炉水砕スラグ自体の圧縮量はほとんど生じていない。

pH の経時変化：Fig.1 に示す観測井戸で求めた水位測定結果から、地下水は Fig.1 の西から東に流れていることがわかった。Fig.5 は、Fig.1 に示す観測井戸 No.1～8 における pH の経時変化を示したものである。図中には降雨量も示した。同図より、盛土中央の No.1 および盛土法尻の No.2、下流側高炉水砕スラグ薄層撒き出し範囲内の No.7 は盛土施工時から pH が大きく変動しており、最大 pH =12 まで達している。しかし、下流側薄層撒き出し範囲外である No.8 の pH は 7 程度となっており、周辺への pH の影響は高炉水砕スラグ施工域にとどまり、それより広い範囲までは影響しないものと考えられる。

スウェーデン式サウンディング：高炉水砕スラグ盛土層において、スウェーデン式サウンディング試験による強度測定を行った。Fig.6 は 1 層 0.3m 撒き出し域における Nsw の経時変化を示したものである。同図より盛土施工後約 2 ヶ月経過時から Nsw が急激に増加しており、地盤面下深度が深くなるほど強度増加が大きくなっている。また、1 層 0.3m 撒き出し域と 1 層 1m 撒き出し域を比較すると、0.3m 撒き出しのほうが Nsw が大きい。

4. まとめ 高炉水砕スラグの軽量盛土材料としての特性を調べるために盛土試験施工を行った。その結果、以下のことがわかった。①1m/層の撒き出しではやや転圧不足となる場合があり、0.3m/層の撒きだしが必要である。②高炉水砕スラグで形成可能な最急法面勾配は 1 : 1.4 程度である。③施工直後の湿潤密度は、標準値よりやや大きく ($\rho_t=1.3 \sim 1.4\text{g/cm}^3$)、施工後 4 ヶ月においても大きな変化は見られない。④高炉水砕スラグの盛土層の圧縮は生じない。⑤高炉水砕スラグ撒き出し域直下の pH は上昇するが、それより広い範囲までは影響しない。⑥潜在水硬性の発現により Nsw は約 2 ヶ月経過後より急激に増加する。この増加量は深度が深くなるほど大きく、また 0.3m/層の撒き出し域の方が大きい。以上のことから、観測を継続する必要があるが、現時点では環境への影響はなく、軽量性、強度が期待できる盛土材料として、高炉水砕スラグは有効に利用できるものと考えられる。

参考文献 1) 財団法人沿岸開発技術センター、鉄鋼スラグ協会：港湾工事用水砕スラグ利用手引書、平成元年 8 月。

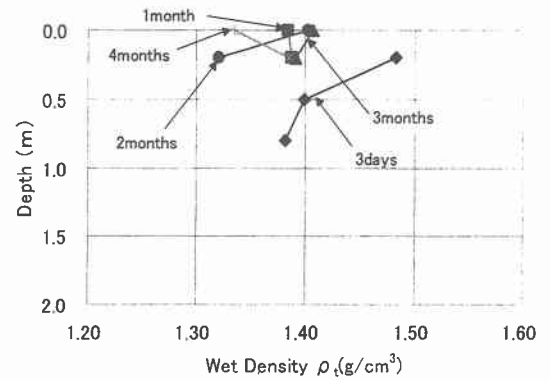


Fig.3 Changes of wet density(0.3m/1layer)

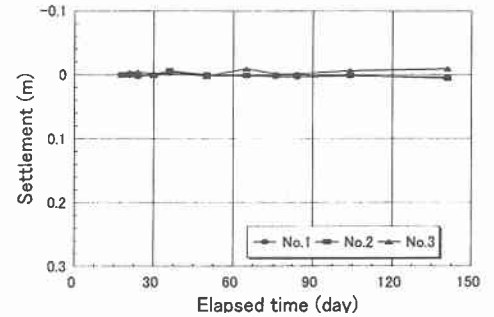


Fig.4 Settlement-time relationships

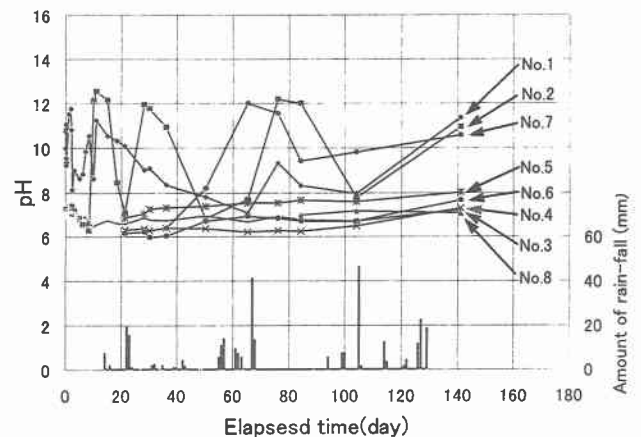


Fig.5 Changes of pH with time

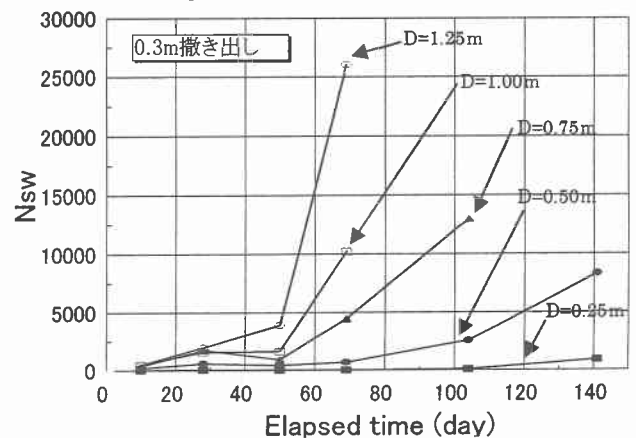


Fig.6 Changes of Nsw (Δh=0.3m)