

高炉水砕スラグ及び水砕スラグ・山砂混合材のサンドレン材の経時変化

新日本製鐵（株）正会員 篠崎 晴彦
 山口大学工学部 正会員 松田 博
 新日本製鐵（株）正会員 宮本 孝行

1. はじめに

高炉水砕スラグ（以下、水砕スラグ）は、高炉で銑鉄と分離された溶融物を水で急冷粒状化した副産物で、従来主に高炉セメント原料に用いられてきた。土工用材料としての水砕スラグは、軽量・内部摩擦角大、透水性大という特性を有し、「港湾工事用水砕スラグ利用手引書」（1989.7,沿岸開発技術研究センター・鉄鋼スラグ協会）では裏込め材、路床等として有用な材料であることが示されている。また、水砕スラグは水と反応して固結する性質（潜在水硬性）を有する。この潜在水硬性は利用方法によって、積極的に活用する場合と抑制する場合が考えられる。そこで、本論文では水砕スラグの固結抑制の一方法として提案されている天然砂を混合する方法^{1),2)}の有用性について、現場試験施工を実施したのでその結果について報告する。

2. 試験施工概要

試験施工は図-1に示すとおり、埋立地における地盤改良（载荷盛土によるバーチカルドレン工法）の本設ドレン（@1.8m, φ500mm, L=20m）の間に試験杭（φ500mm, L=20m）を打設し、その強度・透水性の経時変化を調査した。

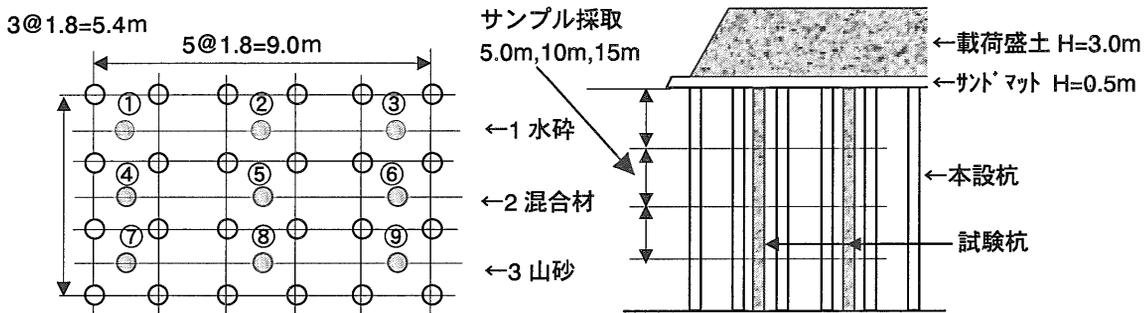


図-1 試験施工概要

表-1及び図-2の試験施工に用いた各材料の物性値及び粒度分布を示す。尚、混合材は水砕、山砂を体積比1:1で混合した。

表-1 試験施工に用いた各材料の物性値

材料	土粒子密度	単位体積重量(kgf/l)	間隙比	番号
水砕	2.750	1.280	1.148	①②③
山砂	2.750	1.615	0.856	④⑤⑥
混合砂	2.730	1.568	0.858	⑦⑧⑨

各材料とも土粒子密度は2.730~2.750とほぼ同様であるが、単位体積重量については山砂、混合砂に比べて水砕スラグは小さい。粒度分布については、水砕スラグは粗く比較的単粒度に近い。一方山砂は水砕に比べて粒度が細かい。

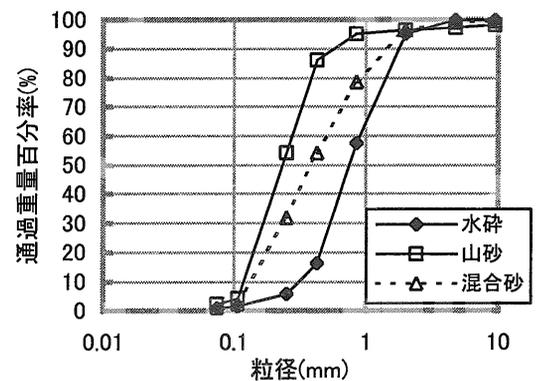


図-2 各材料の粒度分布

3. 試験杭の経時変化

試験杭の固結状況の経時変化把握するため、打設10ヵ月後、17ヵ月後の計2回調査した。

キーワード：水砕スラグ、混合材、固結、透水係数

新日本製鐵（株）：〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 0439-80-2545 0439-80-2759

現場でのサンプル採取による固結状況については、水砕スラグは既に打設後 10 ヶ月後に強固に固結していたが、山砂、混合砂は 17 ヶ月後まで全く固結していなかった。

図-2 に打設 10 ヶ月後の各杭の標準貫入試験結果を示す。

山砂、混合砂とも N 値は 2~10 前後で深度方向に徐々に大きくなっていく傾向にある。一方水砕スラグ杭の N 値は全体的に山砂、混合砂に比べて固結により大きな N 値となっている。

特に中間深度では N 値が 50 以上となっており、かなり固結が進んでいることが分かる。

表-2 は各杭から採取したサンプルの三軸圧縮試験 (CD) 及び図-3 は水砕スラグ杭の一軸圧縮強度の深度分布を示す。

表-2 試験杭の三軸圧縮試験(CD)結果

材料	採取深度	10 ヶ月		17 ヶ月	
		ϕ (°)	C (kN/m ²)	ϕ (°)	C (kN/m ²)
水砕スラグ	-5.40m	39.4	274	40.4	357
山砂	-5.40m	38.0	4	-	-
混合砂	-5.40m	39.8	1	-	-

尚、山砂・混合砂は一軸圧縮試験と 17 ヶ月後の三軸圧縮試験 (CD) は実施していない。

表-2、図-3 より水砕スラグは 10 ヶ月において既に固結しており、粘着力で 274kN/m²、一軸圧縮強度で 1000~2400kN/m² と高い強度を示している。

さらに、打設 17 ヶ月後の水砕スラグはさらに固結が進行し、強度が上昇している。深度方向では、深くなるにつれて一軸圧縮強度は大きくなる傾向にある。

図-4 には各杭材の現場サンプルを用いた室内試験による透水係数の経時変化を示す。水砕スラグは初期の透水係数 $k=10^{-2}$ cm/s から 17 ヶ月後には 10^{-4} cm/s オーダーと大きく低下している。これは水和物が水砕粒子の間に形成され、間隙が狭まったことによると考えられる。しかし、混合砂あるいは山砂の 10 ヶ月後の透水係数は初期に比べて 10^{-3} cm/s オーダーと若干低下しているが、17 ヶ月後は 10 ヶ月後に比べて殆ど低下していなかった。

4. まとめ

水砕スラグは経時的に固結が進行し、透水係数が低下していくことが現場でも確認された。一方水砕スラグと山砂の混合材料は、10~17 ヶ月程度でも現場での固結が見られず、水砕スラグの固結抑制として効果的な一方法であることが確認された。

今後は、固結抑制のメカニズム調査及び混合する天然砂の種類、混合率の影響について調査していきたい。

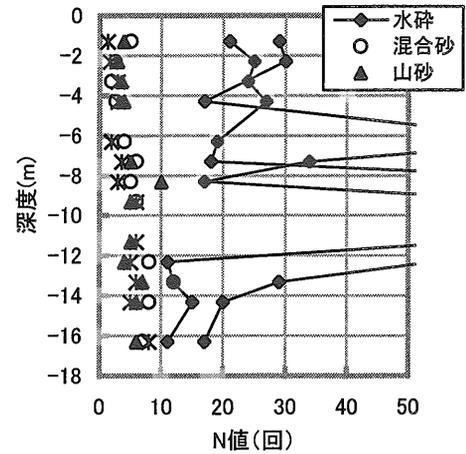


図-2 各杭の標準貫入試験結果

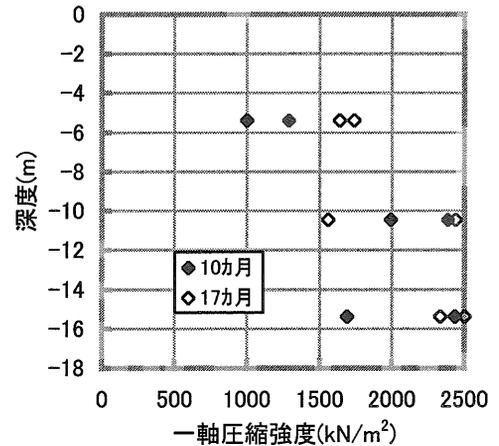


図-3 杭 (水砕) の一軸圧縮強度

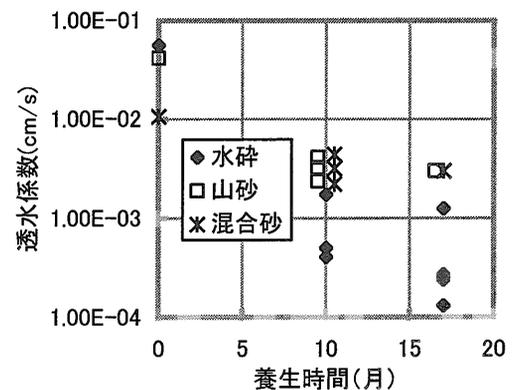


図-4 各杭の透水試験結果

【参考文献】 1) 来山、松田、中野、高宮：高炉水砕スラグ・海砂混合材料の長期養生に伴う強度・透水特性の変化, 第 37 回地盤工学研究発表会概要集, 2002.7(投稿中) 2) 村上、松田、来山、中野他：高炉水砕スラグの潜在水硬性発現による物理・力学性質の変化と土粒子の微視的観察, 第 37 回地盤工学研究発表会概要集, 2002.7(投稿中) 3) 沿岸開発技術研究センター、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 7 月