

高炉水砕スラグ埋立地盤の地盤特性の経時変化(その1. 固結の経時変化特性)

港湾空港技術研究所 正会員 菊池喜昭 北海道開発局 正会員 箕作幸治
沿岸技術研究センター 正会員 小野 幸一郎 鉄鋼スラグ協会 正会員 鈴木 操 ○藤井 郁男

1. はじめに

港湾分野における高炉水砕スラグ(以下、水砕スラグ)は、軽量・高強度等の優れた地盤特性の他に、潜在水硬性があり、裏込め材利用時の土圧軽減・液状化対策としてより合理的な材料として期待できる。しかし、現場での固結の経時変化に関する調査事例¹⁾は、少ないのが実情である。そこで、製鉄所構内の現場にて長期在庫品および製造直後品の2種類の水砕スラグを用いて埋立を行い、経時的な固結特性について評価した。

2. 現場試験施工概要

試験施工を実施した埋立地盤は、図-1 に示すように、製鉄所構内2箇所をGL-6.3mまで掘削した後に、水砕スラグにより厚さ約4.9mの埋立を行い、さらにその上部を掘削残土で約1.4mの覆土で仕上げて築造した。

試験施工では、長期在庫品(製造後約2年:以下、水砕①)と製造直後品(製造から10日以内:以下、水砕②)の2種類の水砕スラグを用いた。

水砕①、水砕②ともに、施工後1,3,6,10か月後に標準貫入試験と試料採取および室内試験を実施し、施工後12か月後には試料採取と室内試験のみを実施した。さらに、水砕②では、施工後9か月後にも標準貫入試験と室内試験を実施した。尚、施工後6か月標準貫入試験は各2-3箇所、10か月後の標準は水砕②のみ2箇所で行った。その他は各1回ずつ実施した。また、試料の採取は10か月までは三重管サンプラーで行い、12か月後ではシュート先端型サンプラーにより採取した。

3. 試験結果

図-2、図-3 は、採取試料の一軸圧縮強さの経時変化を示したものであるが、一軸圧縮強さは深さ方向に大きくばらついており、下層部の方が弱い傾向にある。また、長期在庫品である水砕①は、製造直後品である水砕②に比べて、早期に固結が始まり、施工後6か月後では一軸圧縮強さ $q_u=80\text{kN/m}^2$ 以上で、採取試料の全深度において固結状況が確認されている。さらに、10か月後以降では特に上層深度2~4mにおける強度上昇が大きい。12か月後の一軸圧縮強さは最低でも $q_u=300\sim400\text{kN/m}^2$ 以上と固結が進展している。一方、水砕②においては6か月までは、ほとんど一軸圧縮試験が可能な固結は認められなかったが、9~10か月後では十分に固結が進展しており、12か月後の一軸圧縮強さは最低でも $300\sim400\text{kN/m}^2$ 以上と水砕①とほぼ同様な固結のレベルに到達している。

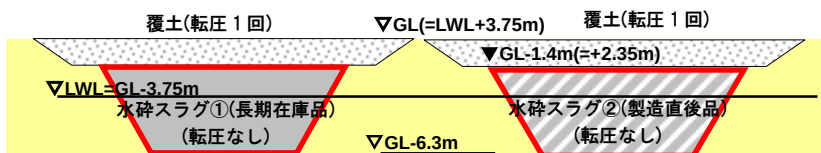


図-1 試験施工断面図

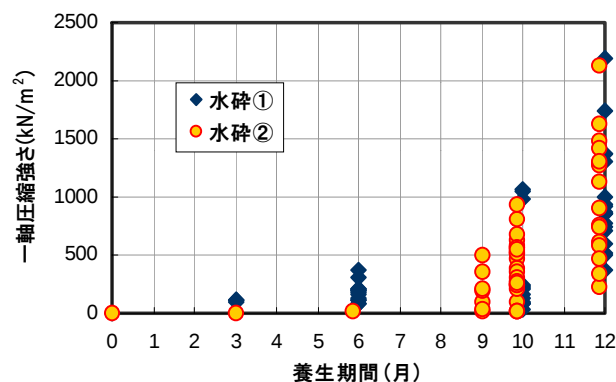


図-2 スラグ地盤の一軸圧縮強さの経時変化

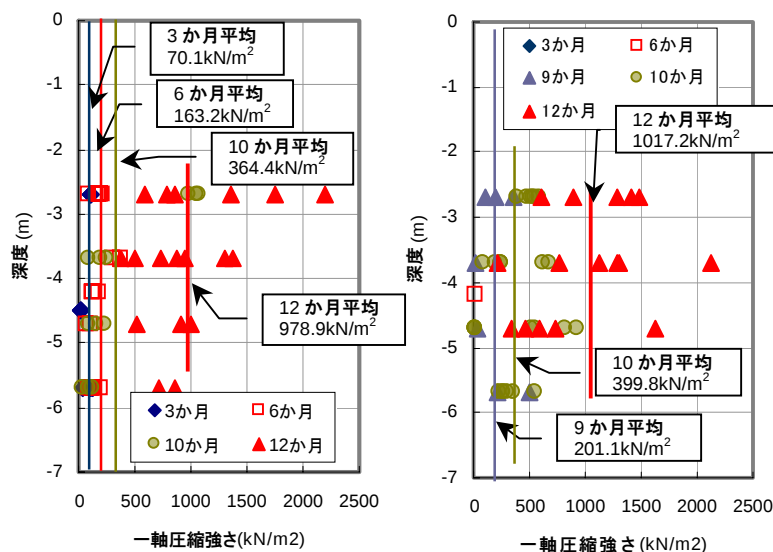


図-3 一軸圧縮強さの深度分布

キーワード 高炉水砕スラグ、固結、N 値、一軸圧縮強さ、長期在庫品、製造直後品

連絡先 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 2-12-5 カワイビル 3 階 TEL 03-5643-6016 FAX 03-5643-6018

図-4 は標準貫入試験による N 値の深度分布の経時変化を示したものである。図より施工後1か月の N 値は 3～7 程度と小さく、3～6 か月後には、施工後 1 か月に比べてほぼ全深度で上昇している。さらに、9～10 か月後では、全体的上昇しており、特に上層部の深度 2-4m で大きく上昇しており、一軸圧縮強さと同様な傾向と考えられる。

水砕①と水砕②を比較した場合、長期在庫品である水砕①の方が全体的に N 値は大きく、固結が早期に進展しているものと考えられる。

表-2 は、全体の固結状況を把握するために、12 か月経過後に軟岩用のシュ-先端型サンプ

ラにより全長で 20m の試料採取を目標に行った結果の概要を示したものである。尚、表中固結割合は採取できた試料を手で押して崩れなかった割合を示す。表より水砕①では、ほぼ 100% の試料採取と固結状態を確認できたが、水砕②では試料採取ができたのは全長の 60% 程度で、採取された試料の一部は未固結の部分があり、採取できなかった部分を含めて全体の固結状態の把握は今後の課題である。

表-2 12 か月経過後のサンプルの採取、固結状況

	ボーリング 孔 No.	サンプリング 長さ	採取できた 割合(%)	固結割合 ※(%)
水砕① (2 年在庫)	S1-⑫-1	4m	95	100
	S1-⑫-2	4m	98.8	100
	S1-⑫-3	4m	100	100
	S1-⑫-4	4m	97.5	100
	S1-⑫-5	4m	97.5	100
	平均	20m	97.8	100%
水砕② (製造直後)	S2-⑫-1	4m	59	100
	S2-⑫-2	4m	55	56
	S2-⑫-3	4m	90	100
	S2-⑫-4	4m	60	100
	S2-⑫-5	4m	66	61
	平均	20m	61.2	85%

※固結の判定は、採取されたサンプルを指で押して壊れなかったものの割合

うな表面に生成された水和物が再度水和反応の促進につながる可能性があることや、細粒化に伴う固結促進²⁾などが考えられるが、その詳細については各所の水砕スラグの溶出イオン速度を含めて現在調査中である。

以上述べたように、水砕スラグ埋立地盤では経時的に固結が進展し、特に長期在庫スラグは、12 か月で十分な固結が確認できた。

参考文献 1) 高橋邦夫、菊池喜昭：水砕スラグの力学特性の経年変化、港湾技術研究所報告、No.915,1998.9

2) 高橋邦夫、菊池喜昭、鈴木操他：高炉水砕スラグの固結に及ぼす要因について（その 2：粒度の影響）。第 57 回土木学会年次学術講演会、2002.9

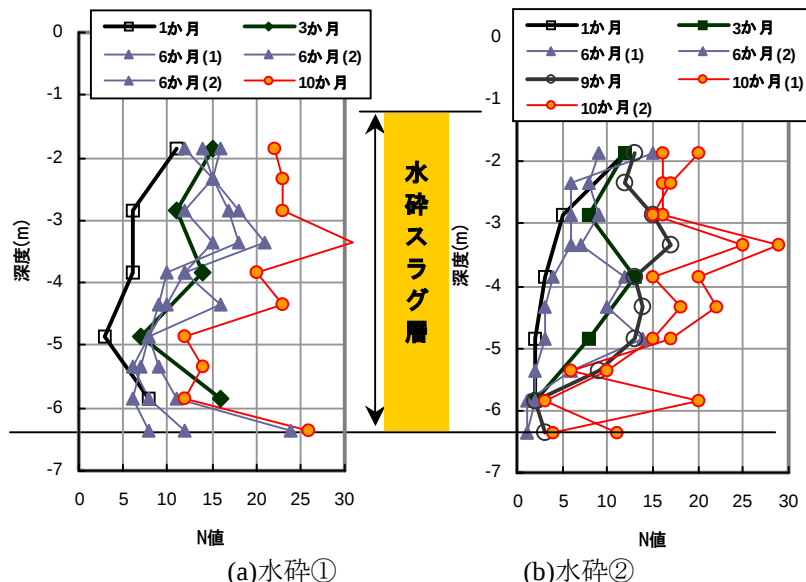


図-4 N 値の深度分布の経時変化

さらに、試験に用いた 2 種類の水砕スラグ粒子の拡大顕微鏡写真を写真-1 に示す。図より水砕①の表面は製造直後の水砕スラグ②のように表面は平滑でなく多数の気泡もみられないとともに、水和物と思われる付着物が見られる。また、水砕スラグにおける $75\mu \sim 9.5\text{mm}$ の各ふるいの通過重量百分率はほとんど差がなかったが、 150μ 以下の粒子だけを取り出して沈降分析を行った結果を図-5 に示す。図より、水砕①は水砕②に比べて細粒分含有率が多いことが分かった。現時点では、長期在庫の水砕スラグの固結促進メカニズムについて、上述のよ



写真-1 水砕スラグ粒子の概観

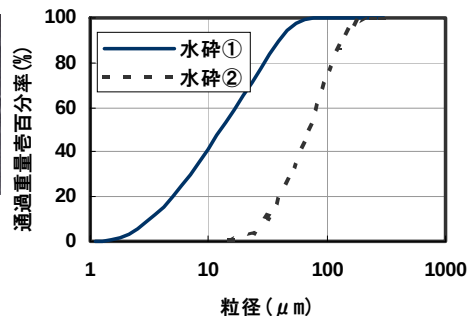


図-5 水砕スラグの粒度分布(150μ 以下