

高炉スラグ微粉末を混合した高炉水砕スラグの硬化に及ぼす水流と淡水化の影響

(独) 港湾空港技術研究所

正 ○岡 祥司 正 菊池喜昭

正 水谷崇亮 正 日高健寿

国土交通省中部地方整備局 西村大司 日置幸司 木全啓介

1. はじめに

これまでの研究より、高炉水砕スラグ(以下、水砕スラグ)を港湾のような海水環境下で用いる場合に硬化促進させるには、高炉スラグ微粉末(以下、スラグ微粉末)を混ぜることが有効であり、混合方法、水流の有無で硬化の程度が異なることがわかっている¹⁾。ここでは、この工法を裏込めに用いた場合の特性について検討した。特に、裏込めでは、マウンドを通じて地下水の流動が生じること、雨水の影響によりある一定期間後には淡水化することに着目して、これらの要因が硬化促進にどのような影響を及ぼすか実験的に検討した。

2. 試料および実験方法

今回実験では、水砕スラグ($\rho_s=2.835\text{g/cm}^3$)とスラグ微粉末($\rho_s=2.89\text{g/cm}^3$)は「事前均質混合」で混合した。事前均質混合は、所定量の水砕スラグに水砕スラグ重量比 7.5% のスラグ微粉末を混ぜ、さらに水砕スラグに対して含水比 10% の重量の人工海水を混合し、一週間気中養生したものである。事前均質混合処理した水砕スラグの土粒子密度 ρ_s は 2.882g/cm^3 、最大乾燥密度 ρ_{dmax} は 1.381g/cm^3 、最小乾燥密度 ρ_{dmin} は 1.060g/cm^3 である。図-1 に実験に使用した事前均質混合水砕スラグの粒径加積曲線を示す。

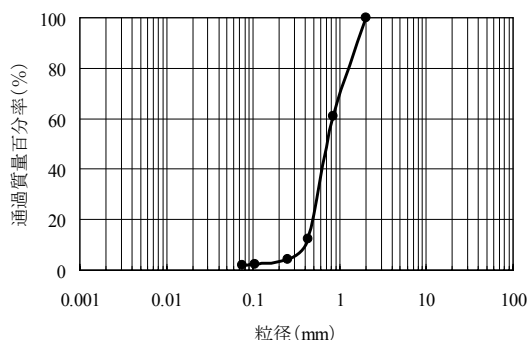


図-1 粒径加積曲線(事前均質混合)

図-2 に模型実験の断面のイメージ図を示す。土槽はアクリル製で、幅 80cm、高さ 50cm、奥行き 50cm である。この土槽に、水砕スラグを港湾工事のケーソンの裏込材として用いることをイメージし、まず、事前均質混合水砕スラグを投入し、その上部に相馬珪砂 4 号 ($\rho_s=2.644\text{g/cm}^3$, $\rho_{dmax}=1.618\text{g/cm}^3$, $\rho_{dmin}=1.342\text{g/cm}^3$) を投入して模型地盤を作成した。作製時の間隙水は人工海水とした。事前均質混合水砕スラグの Dr は約 42%、相馬珪砂の Dr は約 49% であった。なお、土槽は 2 個用意し、条件の異なる二つの実験を平行して行った。また、実験中に pH、塩分濃度の変化を調べるため 6 本の採水パイプを設置した。

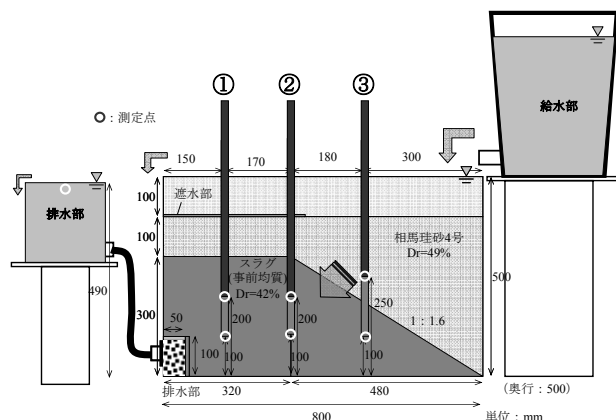


図-2 模型実験の断面のイメージ図

実験では、図-2 に示すように、給水部から排水部に向けて通水させた。このとき、給水部からの水の供給量は、事前均質混合水砕スラグと相馬珪砂の間隙の体積とほぼ等しい約 85L を、14 日間で通水するようにした。また、Case1 では最初の 6 週間は人工海水を流し、最後の 2 週間のみ蒸留水を流した。Case2 では、最初から蒸留水を通水した。過去の現地調査の結果からすると裏込め中の海水が雨水に置き換わるには約 3 ヶ月程度かかっていたが、ここでは、過去の実験結果から、海水条件下での事前均質混合水砕スラグが硬化するのに要する時間は 3 週間程度であったので、やや短い期間で海水が蒸留水に置き換わる条件での実験とした。この間、室温 20°C の条件の下で実験を行った。通水期間中、所定の期日ごと地盤中に立てた採水パイプの採水口から所定深度の間隙水を約 30cc 採水し、pH と塩分濃度を測定した。また、8 週間の実験期間終了後、水砕スラグの強度分布を測定した。この測定には、山中式標準型土壌硬度計(以下、山中式硬度計)を用いた。山中式硬度計による強度の測定は、3cm 間隔とし、傾斜部分も含めて 1 水平断面あたり 120~312 点測定した。また、上下方向にも 3cm 間隔で計測し、全部で 10 断面の計測をした。

キーワード 高炉水砕スラグ、裏込め、硬化、港湾

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 (独)港湾空港技術研究所 地盤・構造部 基礎工研究チーム TEL 046-844-5057

3. 実験結果及び考察

図-3(a),(b)に Case1, Case2 の pH の時間変化を示す. 図中の凡例は図-2 に示す採水パイプの番号と採水高さを cm で表したものである. なお, (a) の 42 日のところの縦線は, ここから蒸留水を流し始めたことを意味する. ③-25 だけは硅砂中の間隙水の pH を測定したものである. 各ケースともスラグ部分は概ね pH 11~12 の間を推移しており高いアルカリ性を示しているものの, Case1 の場合には, 28 日程度から pH が低下する傾向があった. また硅砂中では, 蒸留水を流し始めると pH が上昇し始める傾向にあった.

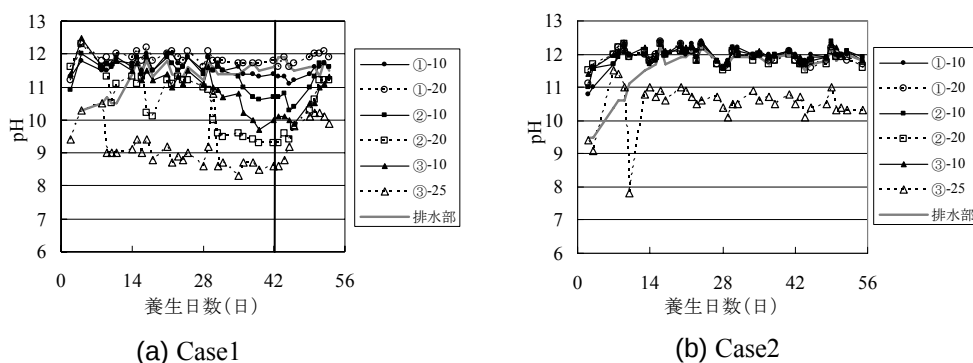


図-3 養生日数による pH の変化

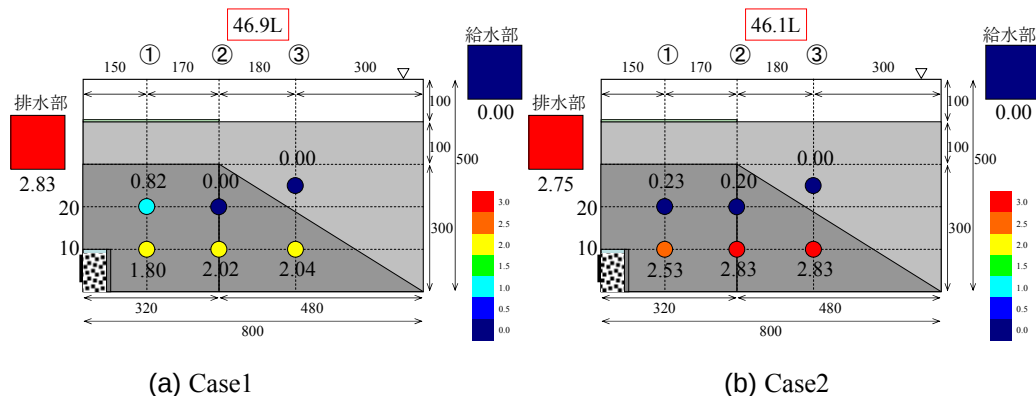


図-4 断面で見た塩分濃度の変化

蒸留水通水以降に着目し, 各ケースの蒸留水の通水量と塩分濃度の関係を図-4(a),(b)に示す. これらの図では約 45L 蒸留水を通水したときの塩分濃度を示した. 図中に数字で示しているのは測定された塩分濃度(%weight)である. 測定結果に多少の違いはあるものの, ②と③のパイプの上部が早めに淡水化し, パイプ①やパイプ②, ③の下部のほう, 淡水化が遅いという傾向は一致している. この傾向は事前の解析検討の結果とほぼ一致していた.

図-5(a),(b)に, 山中式硬度計で求めた貫入抵抗から推定した一軸圧縮強さの分布を図示した. 貫入抵抗と一軸圧縮強さの関係は, 一軸圧縮試験を実施する前に貫入抵抗を求めておき, 一軸圧縮強さと貫入抵抗の関係を整理して決めたものである. 各図の下にバーで示しているように, ここでは, 一軸圧縮強度で 5~300kPa をグラデーションで示している. なお, Case1, Case2 それぞれの最大圧縮強さは 549kPa, 498kPa であった. 図からわかるように, Case1 は概ね硬化しており, Case2 では斜面部の下方を除き未硬化の部分が多かった.

港湾の裏込めの間隙水はいずれ淡水化すると考えられるが, 淡水化までに 1 ヶ月半程度あれば, 事前均質混合水砕スラグは十分に硬化することがわかった. しかし, 短時間で淡水化すると早期には強度を発揮しないことがありうることもわかった. また, これまで, 間隙水に流れがあると硬化しにくいと言われていたが, 事前均質混合水砕スラグは, 水流がないときよりも多少水流があるほうが強度の発現がよい傾向にあり, Case1 の条件では, 今回の実験でも十分な強度発現が見られた. Case2 の場合でも, 水流の影響を受けにくく海水の残りやすい法尻部分の強度が高い結果となった.

参考文献

1)内山ら:高炉スラグ微粉末を混合した高炉水砕スラグの硬化に及ぼす混合方法と水流の影響, 第 43 回地盤工学研究発表会.

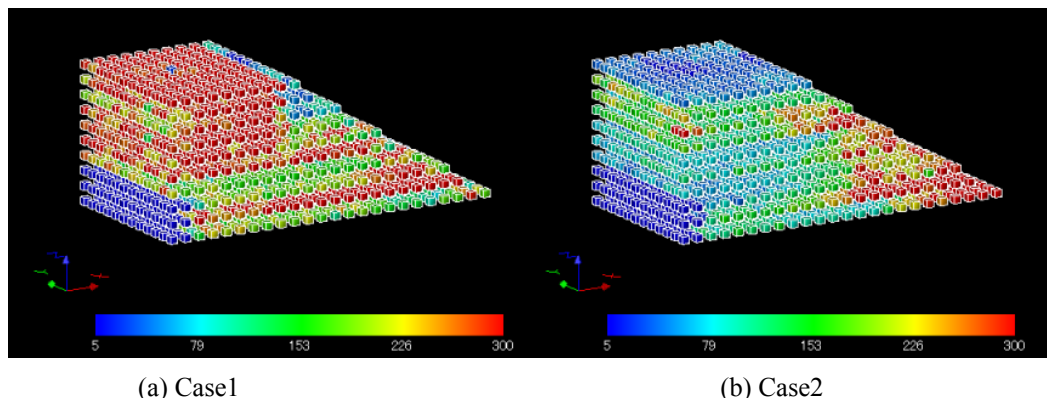


図-5 硬度計による各測点の強度分布 (三次元)