

高炉水砕スラグの潜在水硬性が静的および動的強度特性に及ぼす影響

山口大学大学院 学生会員○大平尚美

山口大学大学院 正会員 篠崎晴彦, 福山市役所 正会員 赤木優子

山口大学 正会員 高宮晃一, 正会員 松田博

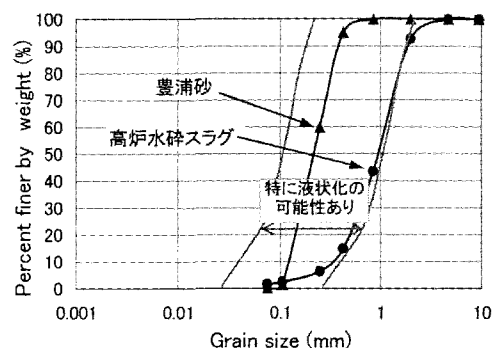
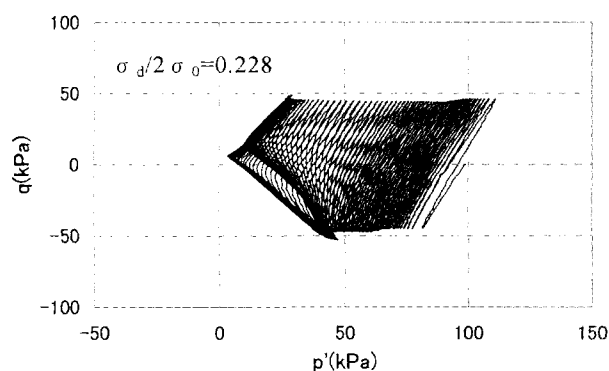
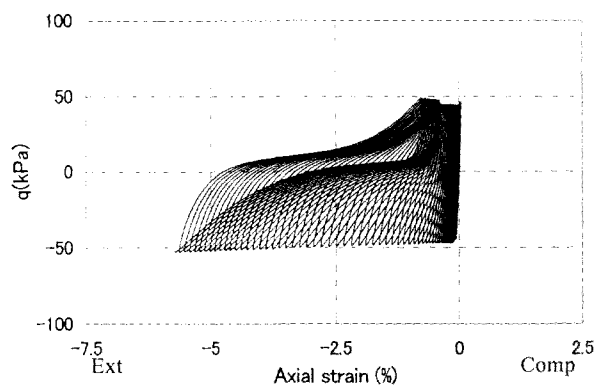
1. 研究の目的 高炉水砕スラグの港湾構造物への適用性については、すでに定量的把握、評価がなされている¹⁾が、高炉水砕スラグの硬化途中および硬化後における液状化強度等特性については明らかにされていない点が多い。一方、Fig.1 に示すように未硬化状態の高炉水砕スラグは液状化しやすい粒度分布であることから、硬化に至るまでの期間は液状化について考慮する必要がある。そこで本研究では、高炉水砕スラグの硬化途中における動的強度特性について把握することを目的とし、繰返し非排水三軸試験および一軸圧縮試験を行い、動的問題が生じない硬化の程度について検討を行ったので報告する。

2. 試験方法 実験に用いた高炉水砕スラグの土粒子密度と最大・最小間隙比はそれぞれ $\rho_s=2.689 \text{ g/cm}^3$ 、 $e_{\max}=1.867$ 、 $e_{\min}=1.237$ である。供試体は直径 50mm、高さ 125mm または 100mm の円柱形で相対密度 $Dr=40\%$ （緩詰め）および $Dr=70\%$ （密詰め）となるように詰めた後、 $pH=12$ 、水温 20°C の水酸化カルシウム溶液で養生して作成した。なお、養生日数については 7 日（以下、養生段階 1）、30 日（以下、養生段階 2）、40 日（以下、養生段階 3）とした。繰返し載荷

は三軸圧縮試験装置を用い、100kPa の圧密後、非排水条件下で正弦波繰返し載荷（周期：10 秒）を行った。なお、繰返し試験に際しては、二酸化炭素の供給等によって供試体の B 値は 0.95 以上を確保した。

3. 試験結果 Fig.2 および Fig.3 に、密詰め供試体の養生段階 3 における過剰間隙水压～繰返し載荷回数、軸ひずみ～繰返し載荷回数の関係を示す。養生段階 3 における供試体は自立する状態である。同図より、有効応力はほぼ 0 に達しているが、軸ひずみの変化を見ると、変形は伸張側に進行しており、全く圧縮側には生じていない。このことから、供試体はいわゆる供試体と上部ペデスタルの間でネッキングを生じたことに起因して過剰間隙水压の増加をきたしたもので、密詰め供試体では養生段階 3 において液状化は生じないと考えられる。

Fig.4 は高炉水砕スラグ（養生スラグ：緩詰め）の液状化強度を示したものである。同図より、繰返し載荷回数 $N_c=20$ 回で 5% の両振幅軸ひずみが発生するのに必要な応力比 R_{20} を繰返し強度とすると、未硬化スラグ：0.170、養生段階 3：0.202 であり、潜在水硬性の発現による高炉水砕スラグの液状化抵抗力の増加がみられ

Fig.1 液状化しやすい粒度分布²⁾Fig.2 有効応力経路
(密詰め、養生段階3)Fig.3 応力～ひずみの関係
(密詰め、養生段階3)

る。

Fig.5 は密詰め供試体（養生スラグ）についての結果である。同図より、 $N_c=20$ 回時の繰返し応力振幅比 R_{20} は、未硬化スラグ：0.195、養生段階 1：0.195、養生段階 2：0.225 である。これより、養生段階 1 においては未硬化と同程度となっているが、養生段階 2 においては、繰返し強度が増加しており、潜在水硬性の発現によって高炉水砕スラグの液状化抵抗力の増加がみられる。

Fig.6 は養生日数と $N_c=20$ 回時の繰返し応力振幅比 R_{20} との関係を示したものである。同図より、密詰め供試体は緩詰め供試体と比較して、繰返し応力振幅比 R_{20} の増加率が大きくなっている。この原因として、密度の相違、密詰め供試体の方が固結の起点となる接触点が多いことが考えられる³⁾。

高炉水砕スラグの養生日数と一軸圧縮強度との関係を示したものが Fig.7 である。同図より、密詰め供試体は緩詰め供試体と比較して、一軸圧縮強度の増加率が大きくなっている。この原因として、前述した繰返し応力振幅比 R_{20} と同様のことが考えられる。

ここで、前述したように密詰め供試体は養生段階 3 において液状化が生じなかったが、Fig.7 よりこの養生段階における一軸圧縮強度は 8kPa 程度となっている。これより、一軸圧縮強度が 8kPa 程度以上になるまで硬化した高炉水砕スラグ地盤は、動的問題を生じないと考えられる。また、緩詰め供試体においても同様のことが推定される。

4. まとめ 高炉水砕スラグの液状化強度特性について、以下のことが明らかになった。

- (1) 潜在水硬性の発現に伴い、高炉水砕スラグの液状化強度は増加する。
- (2) 相対密度が大きい方が潜在水硬性の発現が早期に見られ、繰返し応力振幅比 R_{20} 、一軸圧縮強度の増加率が大きい。
- (3) 液状化の問題が生じない高炉水砕スラグの硬化程度は、一軸圧縮強度によって判定できる。

参考文献

- 1) (財) 沿岸開発技術開発センター、鐵鋼スラグ協会：港湾工事用水砕スラグ利用手引書；1989.8.
- 2) 運輸省港湾局：港湾の施設の耐震設計に係る当面の措置；1997.
- 3) 高橋邦夫、菊池喜昭、尾島啓介、星秀明、篠崎晴彦：高炉水砕スラグの固結に及ぼす要因について（その 1：各種要因の影響）；平成 14 年度土木学会年次学術講演会、III-031, pp.61-62, 2002

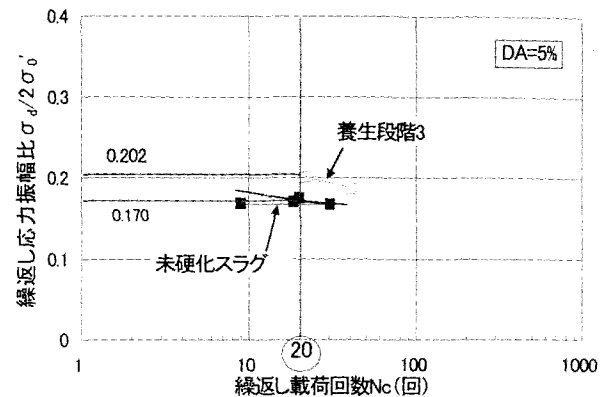


Fig.4 高炉水砕スラグの動的強度曲線
(緩詰め供試体)

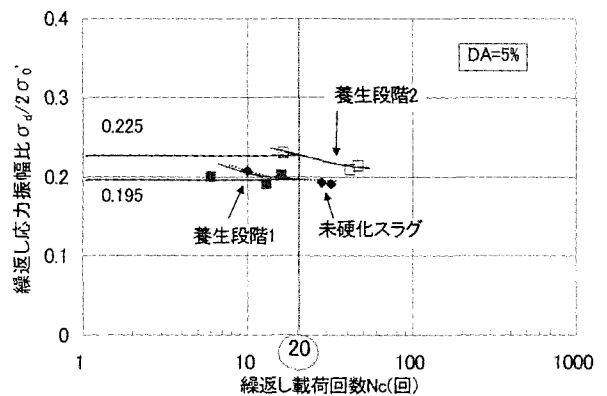


Fig.5 高炉水砕スラグ動的強度曲線
(密詰め供試体)

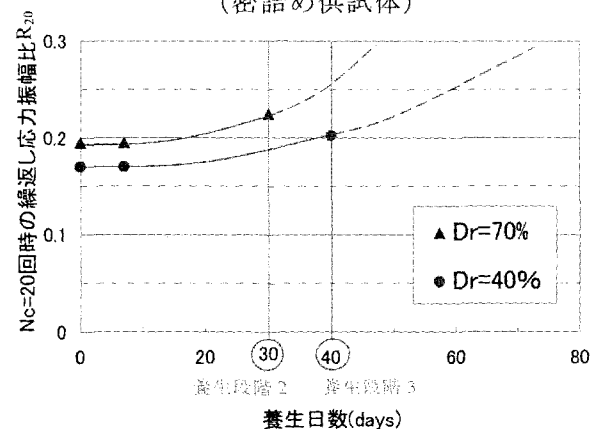


Fig.6 $N_c=20$ 回時の繰返し応力振幅比 R_{20}
と養生日数の関係

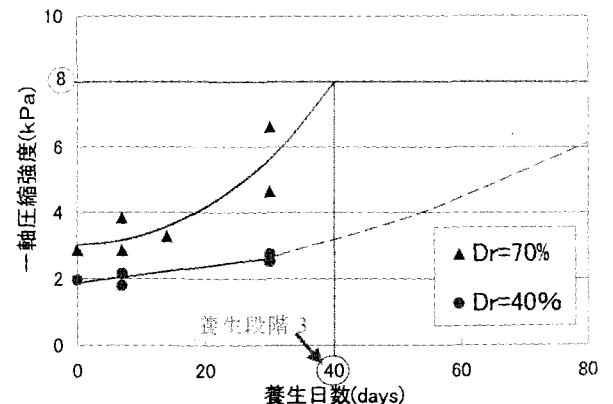


Fig.7 一軸圧縮強度と養生日数の関係