

硬化過程にある高炉水砕スラグの液状化抵抗に関する研究

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、山口大学 正会員 高宮晃一

福山市役所 正会員 赤木優子、山口大学 正会員 松田博

1. まえがき 高炉水砕スラグの港湾構造物への適用性については、すでにその利用の手引き等も報告¹⁾されており、地盤工学の分野においても利用の推進が図られている。その中で液状化に関しては、高炉水砕スラグは潜在水硬性を有していることから、一般には液状化の検討を行う必要性は少ないが、固結に至っていない場合は、粒状体として扱うこととしている。すなわち、液状化の判定の必要性は固結の程度に依存していることから、硬化の程度と液状化の関係を明確にする必要がある。そこで、潜在水硬性に起因して高炉水砕スラグが硬化の途中にある場合の液状化抵抗について検討したので報告する。

2. 試験方法 実験に用いた高炉水砕スラグの土粒子密度、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 5cm、高さ 12.5cm または 10cm の円柱形で相対密度 $D_r=40\%$ (緩詰め) および $D_r=70\%$ (密詰め) となるように詰めた後、pH 12、水温 20 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 (養生段階 1)、30 日 (養生段階 2)、40 日 (養生段階 3) とした。繰返し载荷は三軸圧縮試験装置を用い、100 kPa の圧密後、非排水条件下で正弦波繰返し载荷 (周期: 10 秒) を行った。なお、繰返し载荷試験に際しては、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 $D_r=70\%$ の供試体を養生し、養生段階 3 の状態に達した状態で繰返し载荷試験を行って得た過剰間隙水圧と軸ひずみの変化の関係を示したものが Fig.1、Fig.2 である。養生段階 3 においては、供試体は自立する状態にある。しかし、過剰間隙水圧は繰返し载荷によって増加し、最終的に過剰間隙水圧比はほぼ 1.0 に達しており、液状化に達したともいえる。しかし、軸ひずみの変化を見ると、変形は伸張側に進行しており、まった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ダ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圧の増加をきたしたもので、密詰め供試体では養生段階 3 においては液状化は生じないと考えられる。一方、密詰め供試体においても養生段階 2 では変形が圧縮側でも生じることから液状化が生じたといえる。

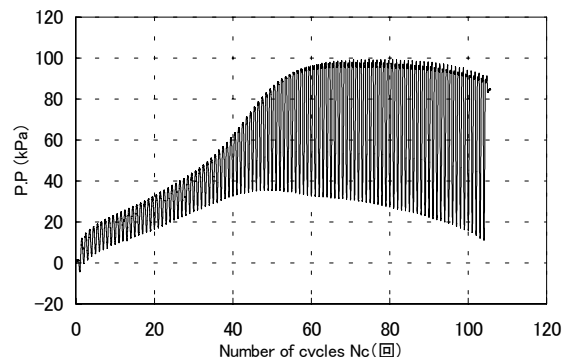


Fig.1 過剰間隙水圧 ~ 繰返し载荷回数 (密詰め、養生段階 3)

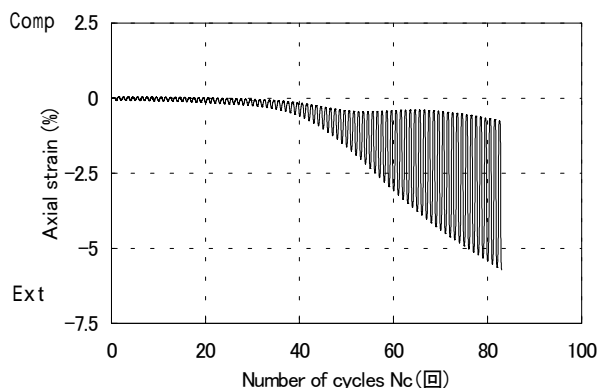


Fig.2 軸ひずみ ~ 繰返し载荷回数 (密詰め、養生段階 3)

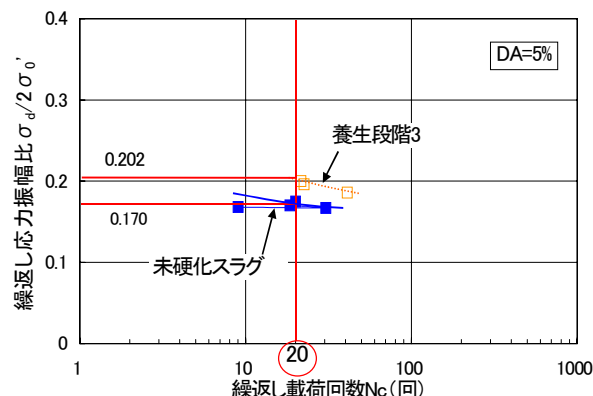


Fig.3 高炉水砕スラグの液状化強度曲線 (緩詰め供試体)

そこで、DA=5%ひずみを生じる繰返し载荷回数と繰返し応力振幅比の関係を示したものがFig.3、Fig.4である。それぞれ密詰め、緩詰め供試体についての結果であるが、同図より密詰め、緩詰め共に養生日数の増加とともに液状化強度が増加することがわかる。

Fig.5は、供試体の養生日数と $N_c=20$ における繰返し応力振幅比 R_{20} の関係を示したものである。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} の増加程度が大きくなっている。この原因として、単に密度の相違のみならず、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も一因と考えられる²⁾。

前述したように密詰め供試体においては養生段階3において液状化が生じなかったが、同状態の供試体について一軸圧縮試験を行った結果がFig.6である。同図には養生日数を種々変えた結果を示しているが、密詰めと緩詰めでは一軸圧縮強度は異なっている。密詰め供試体においては養生段階3において液状化を生じなかったことから、一軸圧縮強度が8kPa程度以上まで硬化した高炉水砕スラグ地盤は、液状化に対して安全であると考えられる。ただ、緩詰め供試体においては、養生段階3においても液状化を生じたことから、ただ単に養生日数のみによって液状化の判定はできないことを示している。

Fig.7は一軸圧縮強度と $N_c=20$ 回時の繰返し応力振幅比 R_{20} の関係を示したものである。同図より、緩詰め供試体と密詰め供試体では傾向が類似しており、養生日数に関わらず、一軸圧縮強度によって液状化抵抗の推定が可能である。

4.まとめ 高炉水砕スラグの液状化抵抗について、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抵抗は増加する。
- (2) 相対密度が高い方が潜在水硬性の発現が早期に見られる。
- (3) 高炉水砕スラグの液状化抵抗は、一軸圧縮強度によって推定できる。

参考文献 1) (財)沿岸開発技術開発センター、鉄鋼スラグ協会：港湾工事用水砕スラグ利用手引書；1989.8。 2) 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，2002.9， -031。

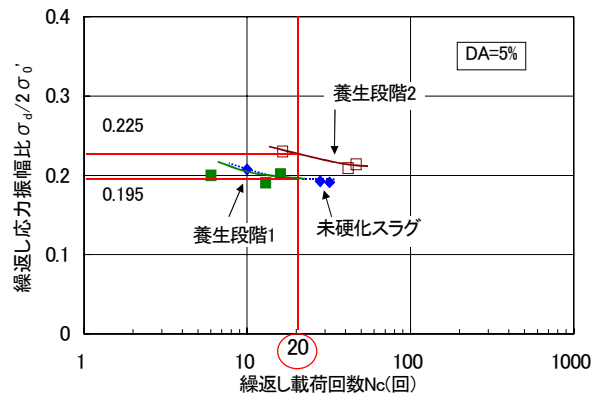


Fig.4 高炉水砕スラグ動的強度曲線（密詰め供試体）

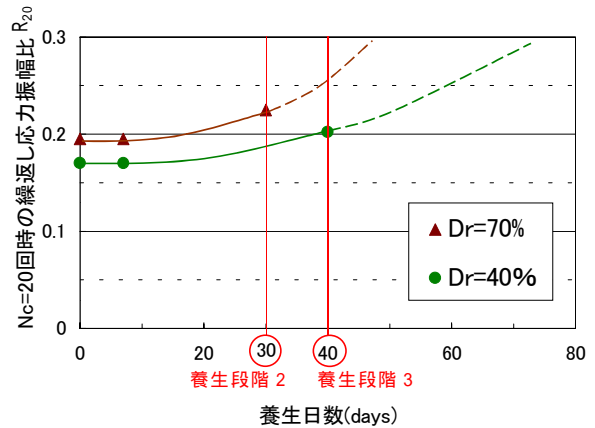


Fig.5 $N_c=20$ 回時の繰返し応力振幅比 R_{20} と養生日数の関係

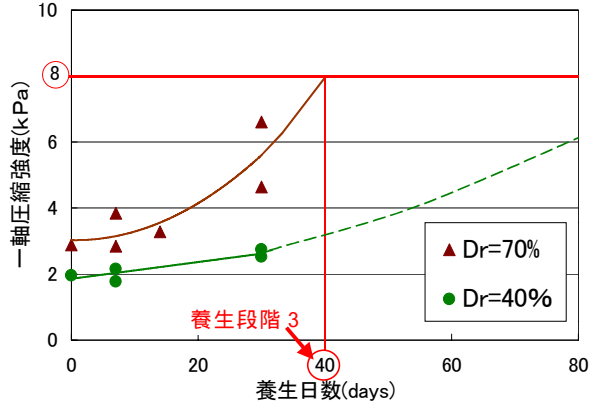


Fig.6 一軸圧縮強度と養生日数の関係

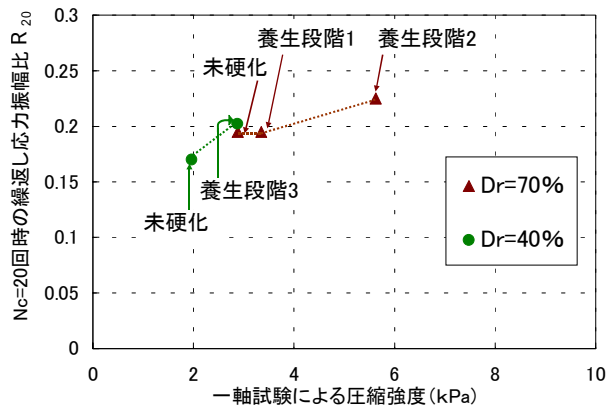


Fig.7 一軸圧縮強度と $N_c=20$ 回時の繰返し応力振幅比 R_{20} の関係