

博多湾沿岸部で採取した砂の液状化強度特性

九州大学大学院 学生会員 児玉 聡 九州大学大学院 フェロー会員 善 功企  
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. 背景および目的

平成 17 年 3 月 20 日に発生した福岡県西方沖地震では、博多湾の沿岸部の多くの地点において地盤の液状化が観測され、構造物の被害も認められた。本研究では、博多湾沿岸部に位置する、福岡市中央埠頭と海の中道海浜公園「光と風の広場」から実際に砂を採取し、両者の物理的性質、および液状化強度特性を報告する。

2. 実験内容および結果

2.1. 物理特性

試料は、福岡市中央埠頭と海の中道海浜公園「光と風の広場」の墳砂跡から採取したものをを用いた(以降、中央埠頭砂、海の中道砂と呼ぶ)。2つの試料を粒径2mmでふるい分けを行い、供試体を作製した。中央埠頭砂と海の中道砂の物理試験結果を表-1に示す。この表に示すように、中央埠頭砂、海の中道砂ともに、土粒子の密度  $\rho_s$  及び最小密度  $\rho_{min}$ ,  $\rho_{max}$  は豊浦標準砂の値とほぼ変わらず、土粒子の一般的な値であるといえる。図-1に示す粒径加積曲線から、海の中道砂は比較的粒度の揃った中粒～細粒砂で、港湾の技術基準<sup>1)</sup>に照らし合わせてみると、特に液状化しやすい砂であるといえる。一方、中央埠頭砂は海の中道砂に比べると粒度にばらつきがあり、細粒分、粗粒分の割合も大きい。海の中道砂と比較した場合、液状化しにくい砂であるといえる。

表-1 海の中道砂と中央埠頭砂の物理試験結果

	豊浦標準砂	海の中道砂	中央埠頭砂
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.640	2.621	2.784
最小密度 $\rho_{min}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.332	1.365	1.326
最大密度 $\rho_{max}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.646	1.653	1.667

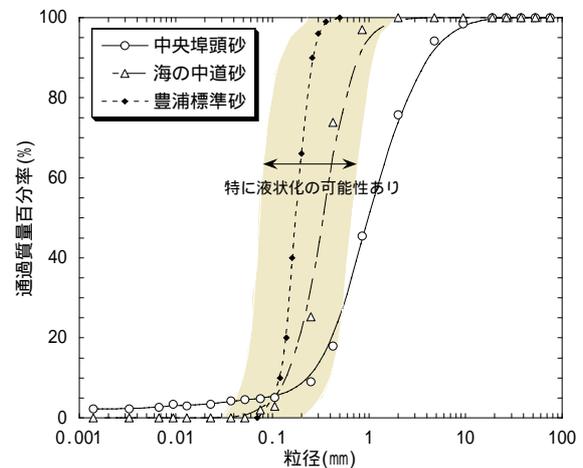


図-1 粒径加積曲線

2.2. 液状化強度特性

試料の液状化強度特性を評価するために、繰返し非排水三軸試験を行った。供試体の寸法は、直径5cm、高さ10cmで、空中落下法により相対密度が60%になるように調整して作製した。炭酸ガスや脱気水、および二重負圧法を用いて飽和度を上げた後、供試体に100kN/m<sup>2</sup>の有効拘束圧をかけ約30分圧密させた後、繰返し载荷を行った。同一の有効拘束圧のもとで、繰返し応力振幅比を適切に変化させて実験を行い、液状化強度曲線を決定した。

図-2に中央埠頭砂の繰返し三軸試験結果を示す。この試験は繰返し応力振幅比を0.4、有効拘束圧を100kN/m<sup>2</sup>にして行った。図から、軸ひずみ、過剰間隙水圧比が徐々に上昇していき、一定の载荷回数に達したときに急激に値が変化し、液状化が発生しているの

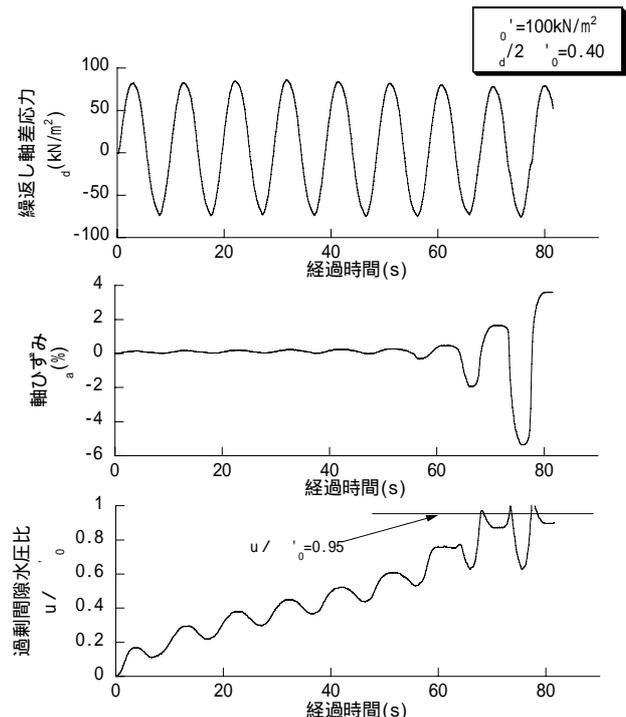


図-2 中央埠頭砂の繰返し三軸試験結果

が分かる。

図-3に海の中道砂および中央埠頭砂の有効応力経路を示す。また、図-4に軸差応力-軸ひずみ関係を示す。図-4において、海の中道砂、中央埠頭砂ともに、ある繰返し载荷回数で軸ひずみは急増し始め、液状化後は軸差応力の減少がみられる。これは過剰間隙水圧が有効拘束圧に等しくなる、つまり有効応力がゼロになることによるものである。

図-5に海の中道砂および中央埠頭砂の軸ひずみ载荷過程における過剰間隙水圧比  $u/c'$ 、両振幅軸ひずみ  $DA$  との相互関係を示す。それぞれ一定の载荷回数で  $DA$  が急増し、それとともに過剰間隙水圧比も勾配が急になった。

図-6は海の中道砂と中央埠頭砂の液状化強度曲線を示したものである。中央埠頭砂が海の中道砂に比べて液状化強度が大きいことが見てとれる。また、 $DA=2\%$ 、 $N_c=20$  回で液状化を定義した場合、中央埠頭砂の液状化強度と、海の中道砂の液状化強度との比率は中央埠頭砂が海の中道砂の約 2.0 倍である。この理由として、中央埠頭砂は海の中道砂に比べて細粒分含有率が高く、液状化強度に影響を及ぼすことが挙げられる。

**3.まとめ**

海の中道砂は比較的粒度が揃っており、特に液状化しやすい砂といえる。一方、中央埠頭砂は粒度にばらつきがあり、液状化強度からも海の中道砂より液状化しにくい砂である。しかし、福岡市西方沖地震においては、海の中道砂、中央埠頭砂ともに液状化の痕跡が見られている。一方、内陸部では液状化の痕跡はほとんど見られていない。この原因の一つとして、年代効果を考え、今年度は年代効果と液状化強度の関係を把握したい。

**<参考文献>**

1)(社)日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説, 1988.

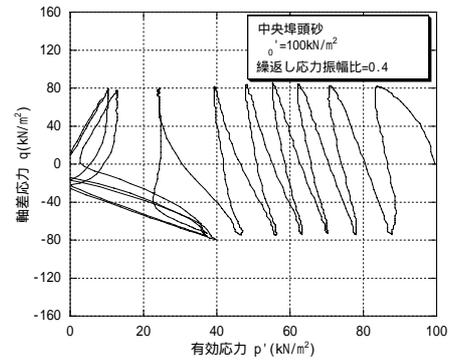
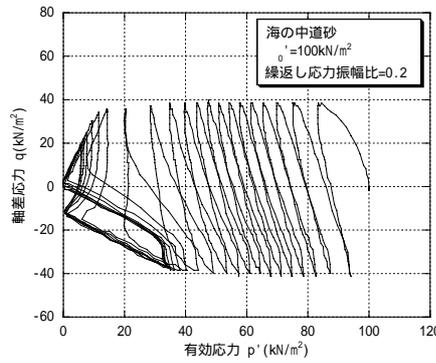


図-3 海の中道砂と中央埠頭砂の有効応力経路

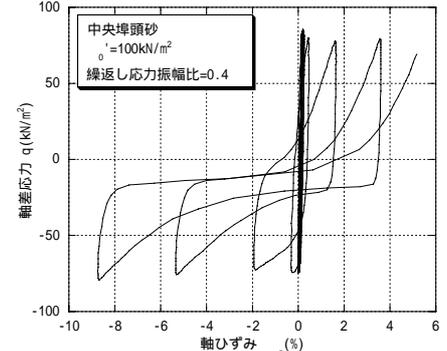
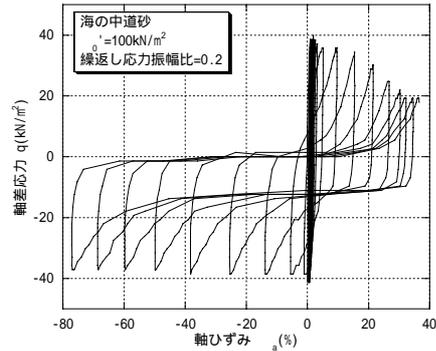


図-4 海の中道砂と中央埠頭砂の軸差応力-ひずみ曲線

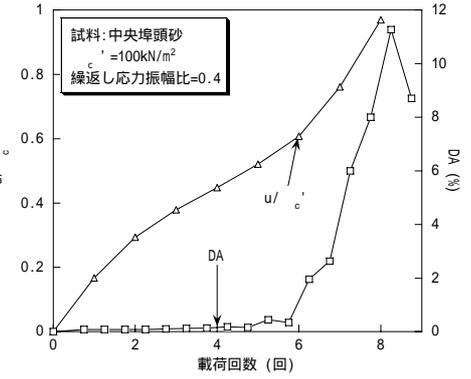
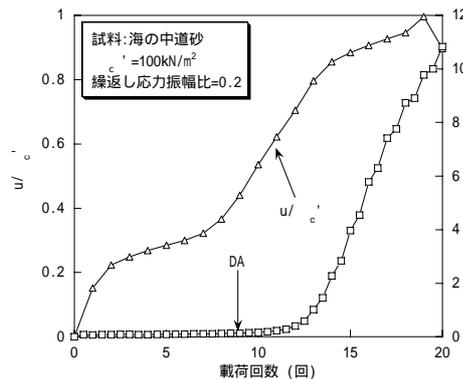


図-5 载荷過程における  $DA$  と  $u/c'$  の相互関係

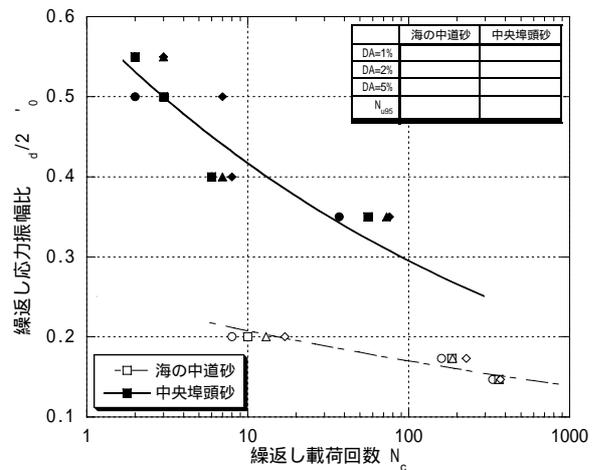


図-6 液状化強度曲線