

## 東京湾埋立地盤中の細粒土の繰返しせん断変形挙動

宇都宮大学 地域デザイン科学部 学生会員 ○熊谷あすみ  
 宇都宮大学 地域デザイン科学部 正会員 海野寿康, 吉直卓也

### 1. 研究背景と目的

2011年東北地方太平洋沖地震では、東北から関東にかけ広く臨海部の埋立地盤が液状化し、甚大な被害が発生したことは10年以上経過した現在でも記憶に残る地盤災害の一つである。このような臨海・港湾部の地盤災害は、今後起こるであろう東南海地震や首都直下地震でも発生すると予想され、特に東京湾周辺の埋立地盤では液状化対策の実施が急務となっている。

著者らは、東京湾臨海部に存在する埋立地盤の液状化危険度評価を行うことを目的として、東北地方太平洋沖地震時にも液状化が発生した神奈川県川崎市川崎地区の埋立地盤について、ボーリング調査を実施、深さ17mまでの地盤調査を行うとともに、各地層から採取した埋立土に対して土質試験を実施し、土質物性および液状化抵抗の把握を行っている。

このボーリング調査で採取された土は、詳細は後述するが、その多くが、細粒分を多く含んだ浚渫土であり、粒径のみを見た場合、シルトや粘土に分類されるような土である。本稿では、これら試料に対して中空ねじりせん断試験機を用いて行った繰返しせん断試験の結果を報告するものである。

### 2. 用いた試料の物理特性

用いた土試料は、神奈川県川崎市川崎地区東扇島の西側で実施したボーリング調査により採取された、深度が異なる4試料であり、全て灰褐色の浚渫土砂由来の土と考えられるが、深度によって細粒分含有率や塑性指数が異なる。表-1に各試料の物理特性、図-1に粒径加積曲線を示す。JGS0151工学的分類によれば、GL-11~12m：細粒分質砂、GL-13~13.45m：細粒分質砂、GL-14~16m：砂質細粒土（シルト）、GL-16~17m：砂質細粒土（粘土）である。これらの細粒分含有率の異なる土に対して、液状化強度試験を実施した。

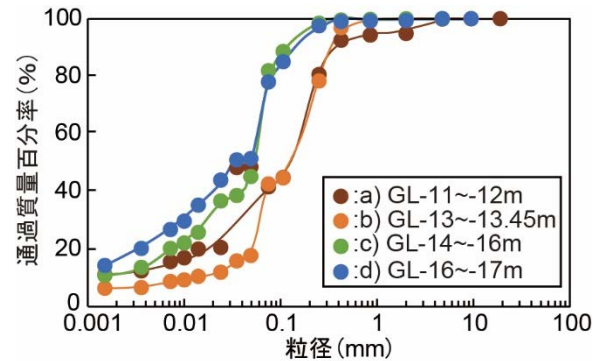


図-1 粒径加積曲線

### 3. 中空ねじりせん断試験の概要

本研究では、中空ねじりせん断試験機を用い、繰返しせん断試験（液状化強度試験）を行った。供試体は外径70mm、内径30mm、高さ100mmの中空円筒状である。

ここで、現場の密度状態は、ボーリング調査では乱した試料の採取のみで現場密度の把握ができなかったことから、できるだけ密度を増加させ液状化抵抗が大きくなる供試体を作製して繰返しせん断を与えることとした（密な状態でも液状化抵抗が低い場合、その地盤は液状化抵抗が小さいと予測できる為）。

供試体の作製方法は突固め法であり、スプーン1杯20gの試料を均等になるように入れ、金属製の突き棒にて60~70秒で120回突く工程を繰返し行った。この供試体作成方法は、事前検討を行い、供試体作製時に最も密度が大きくなることを確認した上でを行っている。圧密前と圧密後の平均乾燥密度を表-2に示す。

すべての試験は、供試体の初期有効拘束圧100kN/m<sup>2</sup>、周波数f=0.02Hzで行った。なお、本研究では、せん断ひずみの絶対値が7.5%を超えた時点初期液状化と定義し、片振幅のねじり角度が35度を超えた時点で繰返しせん断を終了した。

表-2 初期条件

採取深度	平均乾燥密度	
	圧密前 $\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	圧密後 $\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )
a) GL-11~12m	1.55	1.61
b) GL-13~13.45m	1.68	1.71
c) GL-14~16m	1.36	1.39
d) GL-16~17m	1.38	1.41

表-1 各試料の物理特性

採取深度	試料区分 (工学的分類)	土粒子密度 $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	塑性指数 $I_p$	細粒分含有率 $F_c$ (%)
a) GL-11~12m	細粒分質砂	2.689	NP	41.5
b) GL-13~13.45m	細粒分質砂	2.689	NP	43.0
c) GL-14~16m	砂質細粒土（シルト）	2.607	5.8	82.0
d) GL-16~17m	砂質細粒土（粘土）	2.702	14.6	78.1

キーワード 中空ねじり試験, 繰返しせん断試験, 細粒土, 液状化

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部 TEL. 028-689-7041

4. 試験結果

試験結果の一例として、4 試料における応力～ひずみ関係、有効応力経路、過剰間隙水圧比の時刻歴を図-2 に示す。応力～ひずみ関係をみると、与えたせん断応力が同程度の場合、せん断ひずみは、4 試料とも徐々に漸増した形で生じ、ひずみ発生挙動に大きな差は見られない。一方、有効応力経路、過剰間隙水圧比の時刻歴をみると、同程度の応力振幅下せん断履歴であるが試料 a), b) は過剰間隙水圧比が 0.95 に達したが、細粒分を多く含む試料 c), d) は 0.95 に至らない結果となった。なお、すべての試料で過剰間隙水圧比は 1.0 に至らなかった。

図-3 に各試料の液状化強度曲線（せん断ひずみの絶対値 7.5%）を示す。曲線は全試料おおよそ同様の軌跡をとり、液状化強度比  $R_{L20}$  が 0.16~0.18 の範囲に収まる。このため、4 試料とも締固まった高い密度の状態であっても液状抵抗が低い結果となった。次に図-4 に各試料の液状化強度比  $R_{L20}$  と細粒分含有率の関係を示す。試

料 a), b) と試料 c), d) では、細粒分含有率の値が 2 倍近くの差があるものの、結果として液状化強度比  $R_{L20}$  に差はほとんどない。

5. 結論

以下に本研究で得られた知見をまとめる。

- I. 工学的分類上、シルトや粘土に分類されるような試料でも繰返しせん断履歴を与えた場合、過剰間隙水圧が発生するとともに軟化挙動をとり、大きなせん断ひずみが発生する。すなわち、低塑性のシルトや粘土でも液状化あるいは繰返しひずみ軟化挙動をとる。
- II. 本研究で検討した埋立土の場合、液状化強度比に対して細粒分含有率の大小はあまり関係ない結果となった。

謝辞：本研究は、令和 4 年度宇都宮大学地域デザイン科学部異分野融合研究助成を受けたものです。

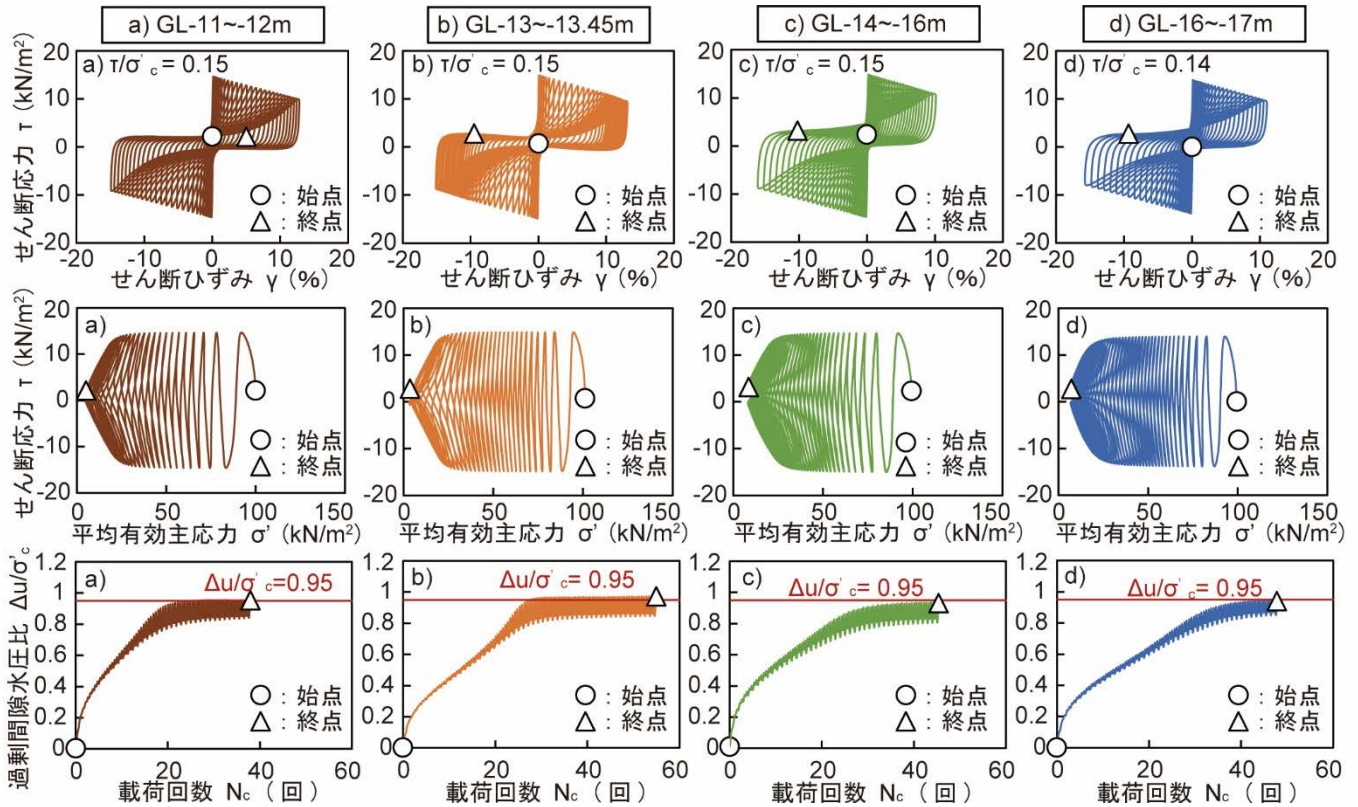


図-2 上段：応力～ひずみ関係，中段：有効応力経路，下段：過剰間隙水圧比の時刻歴

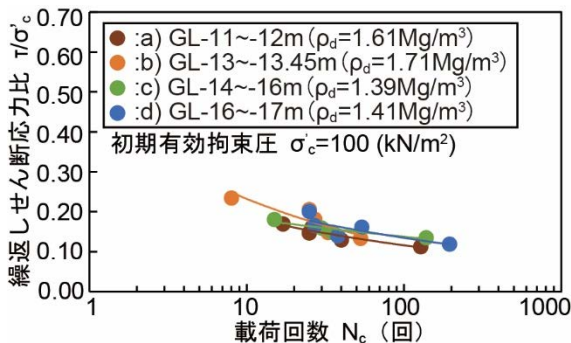


図-3 液状化強度曲線

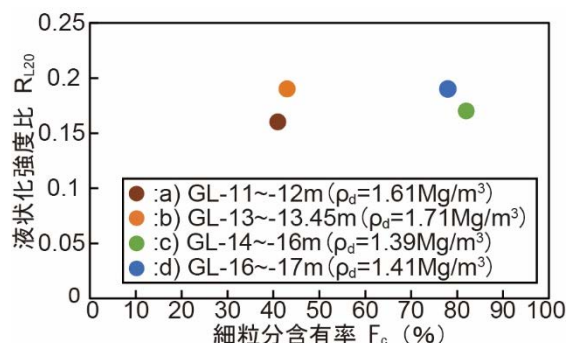


図-4 液状化強度比と細粒分含有率の関係