

木曾川下流域の沖積粘土の力学特性（その2）

中部土質試験協同組合 正会員 ○久保 裕一
 名城大学 正会員 小高 猛司・崔 瑛
 名城大学大学院 学生会員 高木 竜二

1. はじめに

現在、地盤工学会中部支部の南海トラフ巨大地震中部地域地盤災害研究委員会の WG では、木曾川河口域の旧河道埋立地にて液状化の危険性を検討している^{1)~3)}。本報では、沖積砂層下部に堆積する沖積粘性土の力学特性⁴⁾について、特に動的特性に着目して検討した結果を示す。具体的には、チューブサンプリングをした乱れの少ない試料を用いて三軸圧縮試験、一軸圧縮試験、圧密試験、地盤材料の変形特性を求めるための繰返し三軸試験（以下、繰返し三軸試験と称す）を実施した。また、粒度試験、圧密試験、繰返し三軸試験については、久保ら^{5),6)}既往の濃尾平野の試験結果とも合わせて考察した。

2. 地盤調査および室内試験

旧河道埋立地においてボーリング調査を実施するとともに、不攪乱試料のサンプリングを行った。柱状図ならびに標準貫入試験と PS 検層結果を図 1 に示す。3.3m 付近までが盛土と旧河道の埋め土であり、その下深度 13.7m 付近までが沖積砂層であった。 N 値が急激に低下する 10.8m 付近からはシルトが混ざり始め、さらにその下は N 値の低いシルト分の多い粘性土層が深く堆積している。 S 波速度は、埋め土層と沖積砂層において明確な差は認められなかったが、深くなるに従い、徐々に減少している。本報では、深度 14.5m-15.5m 付近の粘性土層を対象に室内試験を実施した結果を示す。

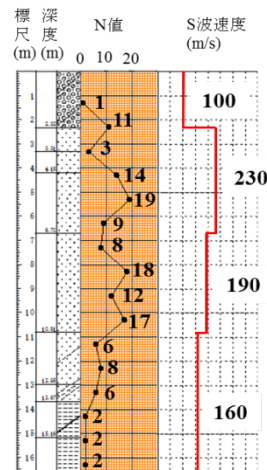


図 1 柱状図と S 波速度

図 2 に粒度試験結果を示す。沖積粘性土と比較して特徴的なのは、シルト分が非常に卓越していることであり、粘土分と砂分についてはそれほど大きな差異ない。自然含水比は 38.6%とやや低い値からも、やや中間土に近い試料であるといえる。

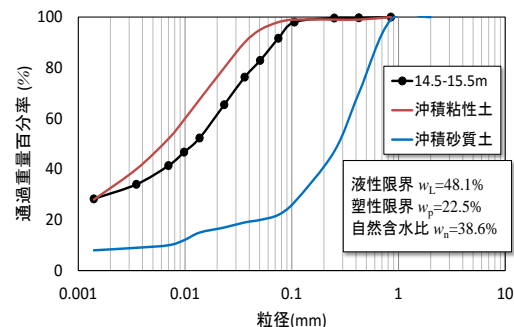


図 2 粒度試験結果

図 3 に一軸圧縮試験の試験結果を示す。一軸圧縮試験には、乱れの少ない試料 2 本と試験後に繰返した試料 1 本を実施した。乱れの少ない試料の一軸圧縮強さ q_u は 110~120kPa であり、 N 値から想像していたよりも比較的しっかりとした粘性土である印象を受けた。一方、繰返し後の q_u は 10kPa 程度となり、鋭敏比は 12 以上となり鋭敏性が高いことがわかった。ただし、乱れの少ない試料における破壊ひずみは比較的大きく、構造が卓越した粘土であるとまでは判断できない。

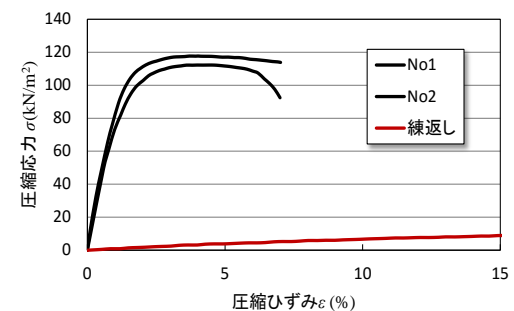


図 3 一軸圧縮試験結果

図 4 に圧密試験結果を示す。グラフからはシルト質粘土の印象が強い。それは、圧密降伏応力が $p_c=263kPa$ と一軸圧縮強度の 2.1 倍となり、久保ら⁵⁾の沖積粘性土の既存データと比較するとやや高いことや、圧縮指数 $C_c=0.40$ と小さい値などからである。これらは、シルト分が多く含まれる粒度分布であることや、圧密降伏応力以降に曲線部分がなく構造が高位ではないことなどが原因と考えられる。そして、圧密降伏応力に着目し、有効上載圧から過圧密比を算定すると 1.85 となった。これは、比較的高い一軸圧縮強さと整合しているが、この高い過圧密比の原因は、濃尾平野特有の地下水くみ上げ履歴による有効応力の変動の影響である可能性が考えられる。調査地点近傍に

キーワード 粘性土、力学特性、過圧密粘土

連絡先 〒463-0009 愛知県名古屋守山区緑ヶ丘 804 中部土質試験協同組合(ジオ・ラボ中部) TEL052-758-1500

における地下水変動を考慮し過圧密比に換算すると 1.69 となる。したがって、今回の圧密試験で観察された過圧密比は、過去数十年程度の地下水変動によってある程度説明出来ることが示された。

図 5 に三軸圧縮試験の結果を示す。三軸圧縮試験は、高さ 10cm, 直径 5cm の供試体に成型した上で CUB 試験を実施した。応力-ひずみ曲線に着目すると、いずれの拘束圧においても明確なピークは現れていない。拘束圧 300kPa の場合は正規圧密粘土の挙動を示しており、圧密試験から求められた $p_c=263kPa$ の圧密降伏応力と整合する。ピーク強度の軸ひずみは比較的大きく、ピーク強度からの強度の低下が小さい。原位置での有効応力に近い拘束圧 150kPa の場合には、有効応力経路がやや立っており若干過圧密の挙動を示しており、こちらも圧密試験の結果と整合する。ピーク強度までのひずみは比較的大きく、ピーク強度からの強度低下が小さい。これらひずみ軟化の程度が小さいことから、高い構造を有しておらず、劣化の程度は小さいといえる。

表 2 に各条件から求められたせん断剛性率 G を示す。今回の繰返し三軸試験から求められた等価ヤング率 E_{eq} は、 $143.93MN/m^2$ となった。これを現地で計測されたポアソン比 0.494 からせん断剛性率 G を求めると $48.17MN/m^2$ となる。また、現地の S 波速度 (V_s) $160m/s$ からせん断剛性率 G を計算すると $46.23MN/m^2$ となり、繰返し三軸試験と現地の S 波速度から求められたせん断剛性率 G は、ほぼ整合する形となった。しかしながら、現場計測の N 値 2 回から道路橋示方書の式 $V_s=100N^{1/3}$ を用い計算すると $28.22MN/m^2$ となり、こちらは整合しない結果となった。

図 6 に繰返し三軸試験結果から得られたせん断剛性比 G/G_0 と、履歴減衰率に久保らの⁶⁾濃尾平野の試験結果を重ねて示す。せん断剛性比では、せん断ひずみ $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 付近では沖積砂質土にほぼ一致しており、沖積粘性土と比較して、ひずみの小さい領域のみ非線形化が大きい。履歴減衰率でも $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 付近のみ沖積砂質土に近く、それ以外は沖積粘性土にほぼ等しい。これらから、比較的ひずみの小さい領域以外は、既往の濃尾平野の沖積粘性土として差異の無い変形特性であることがわかった。現地の V_s と整合しない N 値は今後の検討課題である。

3. まとめ

今回の試験により、その粘性土は濃尾平野特有の地下水変動による応力履歴を受けた過圧密で、かつ構造も有する粘性土である。また、繰返し三軸試験からは、動的変形特性が既往の沖積粘性土と大きな差異が無いことがわかった。今後は、粘性土地盤も弾塑性構成式によるモデル化をはかり、検討する必要があると考えている。

参考文献: 1) 尤ら：木曾川河口部の旧河道埋立地における地盤調査と土質試験，平成 27 年度土木学会中部支部年次学術講演会，2016. 2) 高木ら：木曾川河口部の旧河道埋立地における液状化危険度評価，平成 27 年度土木学会中部支部年次学術講演会，2016. 3) 久保ら：木曾川下流域低平地の液状化特性の評価，第 51 回地盤工学研究発表会，2016. 4) 高木ら：木曾川下流域の沖積粘土の力学特性，第 51 回地盤工学研究発表会，2016. 5) 久保ら：伊勢湾および濃尾平野地域の圧密特性について，中部ミニフォーラム 2007.10)，6) 久保ら：伊勢湾岸地域における動的変形特性について(その 2)，全地連フォーラム 2007.

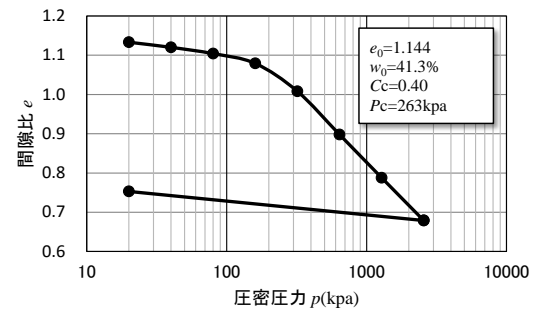


図 4 圧密試験結果

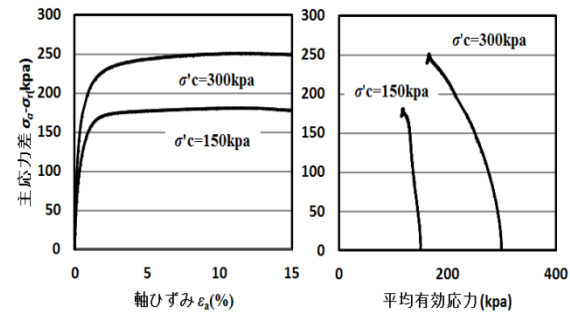


図 5 三軸試験結果

表 2 各条件から求められた G

求める条件	せん断剛性率 G
試験値の E_{eq} $143.93MN/m^2$ より	$48.17 MN/m^2$
現地の S 波速度 $V_s=160m/s$ より	$46.23 MN/m^2$
現地の N 値から 道路橋示方書	$28.22 MN/m^2$

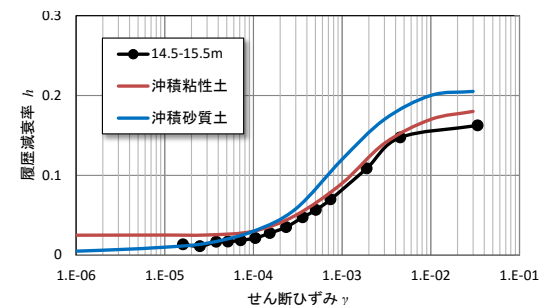
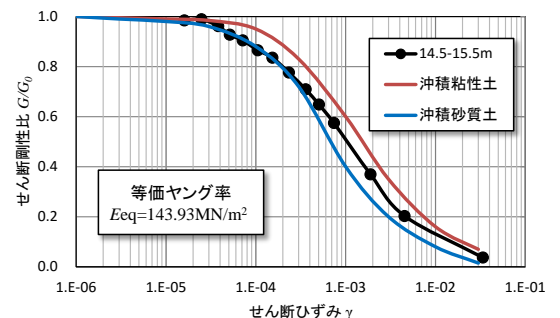


図 6 動的変形試験結果