

地震による未改良地盤の圧密沈下量算定のための圧密沈下ポテンシャルの適用性について

東北工業大学大学院 学生会員 ○川村 雄大
 東北工業大学 フェロー会員 今西 肇
 東北工業大学 正会員 権 永哲

1. はじめに

宮城県塩竈市新浜地区は、1970年代に軟弱な粘性土地盤が厚く堆積する海底を未改良のまま埋め立てた土地である。そのため、同地区では長期的に地盤沈下が進行しており、さらに、2011年東北地方太平洋沖地震直後には大規模な地盤沈下が発生した。地震による地盤沈下には、広域地殻変動によるものと、表層地盤の地盤変状の二つの要因があるが¹⁾、本研究では、後者に関する粘性土の圧密沈下に着目する。このことを踏まえ、同地区の図-1に示す場所から採取した塩釜粘土について、不攪乱試料と人為的に構造を破壊した再構成試料の2種類を用いて圧密試験を実施し、両試料の圧縮曲線から、地震発生時の最大沈下量を示す圧密沈下ポテンシャル($\Delta e'$)を求めた。本研究では、塑性限界から圧密沈下ポテンシャルを推定できないかを検討した上で、地震発生時に対象地区の各地点で発生し得る最大沈下量を予測し、その分布を示すことを目的としている。本論文では、その過程で明らかになった各関係性について報告する。

2. 圧密沈下ポテンシャルについて

図-2は、圧密試験によって得られる不攪乱試料と再構成試料の圧縮曲線をモデル化したものである。この図より、圧密降伏応力 p_c における不攪乱試料と再構成試料の間隙比の差を圧密沈下ポテンシャル($\Delta e'$)とする。

$\Delta e'$ は、簡易的であるが、地震時にこの粘性土が最大どの程度の沈下を引き起こす可能性があるのかを示している。これは、粘性土が持つ骨格構造が地震動によって完全に破壊されるということを仮定したものであるため、実際の沈下量とは異なることが考えられる。また、不攪乱試料の正規圧密領域の直線部分と再構成試料の直線部分の交点をA点とする。この点は、骨格構造が破壊されることによって生じる沈下が収束する点であると考えられる。この点に対応する間隙比を e' とする。ここで示した $\Delta e'$ と e' は、不攪乱試料と再構成試料の2種類で圧密試験を行う必要があり、求めるまでに多くの時間を要する。そこで、より簡易的に推定できないかを考え、月館ら²⁾は塑性限界 w_p に着目した。まず、塑性限界時における間隙比 e_p を一般的な間隙比を求める式から計算し、 e_p と e' の関係、 e' と $\Delta e'$ の関係をそれぞれ検証した。



図-1 調査位置と今回のボーリング位置(左は、Google Mapに加筆)

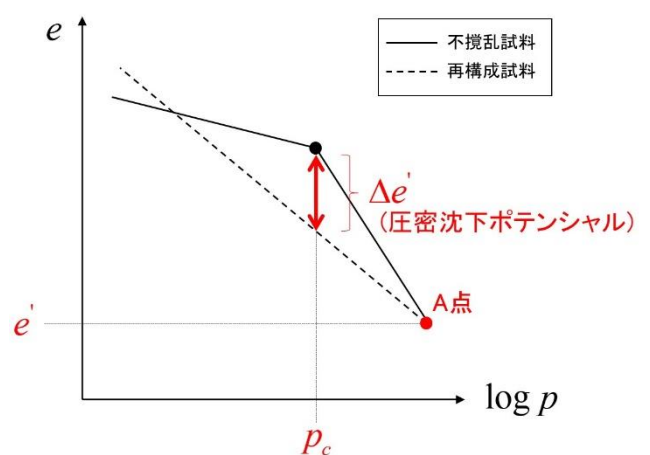


図-2 圧縮曲線のモデル化

3. 結果と考察

図-1に示す位置から採取した塩釜粘土を用いて各種土質試験を実施した。圧密試験に関しては、標準圧密

キーワード：未改良地盤、地震後沈下、圧密沈下ポテンシャル

連絡先：〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学大学院工学研究科土木工学専攻

試験(JIS A 1217)、定ひずみ速度載荷による圧密試験(JIS A 1227)によって実施し、試料は原位置から採取した不攪乱試料と再構成試料の2種類を用いた。図-3には、定ひずみ速度載荷による圧密試験の結果を示す。試験に用いた試料は、自然含水比 W_n が100%を超えていたこともあり、初期間隙比 e_0 はいずれも3.0以上であり、圧縮指数 C_c は1.2~1.8であった。さらに、圧密降伏応力 P_c は、上部では56kpa、中部は86kpa、下部は92kpaであった。この圧密試験結果を踏まえて、前節で述べた、塑性限界時の間隙比 e_p 、骨格構造が破壊されることによって生じる沈下が収束する点の間隙比 e' 、圧密沈下ポテンシャル $\Delta e'$ 、それぞれの関係性について考察する。まず、 e' と e_p の関係については図-4に示す通りである。ここでは、 e' と e_p は1:1であり、グラフ上の $e' = e_p$ 線のような関係にあると仮定した。実際の試験結果をグラフ上にプロットすると、一部を除いて $e' = e_p$ 線の付近に分布していることから、 e' と e_p には一定の相関関係があると

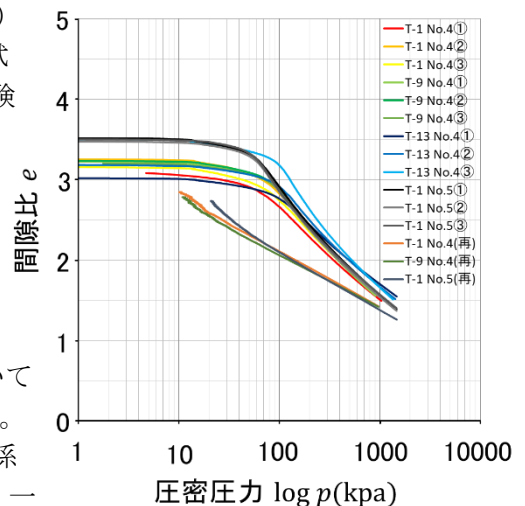
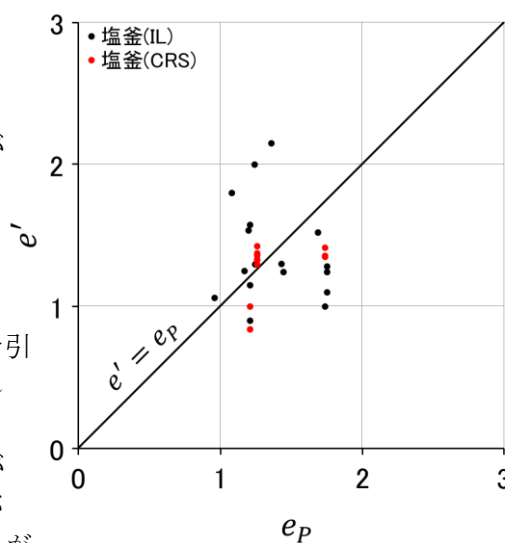
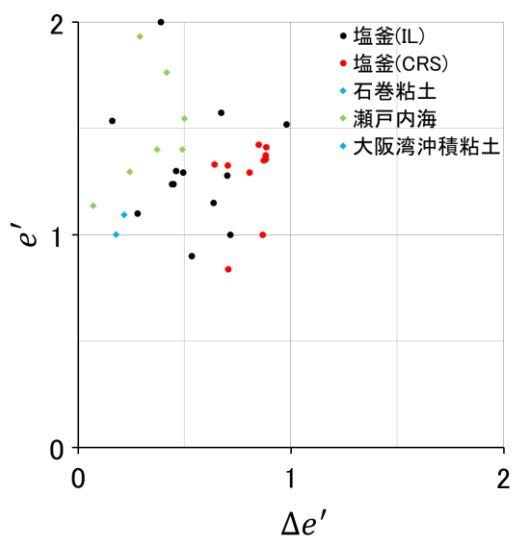


図-3 圧密試験結果

考えられる。次に、 e' と $\Delta e'$ の関係については、図-5に示す通りである。今回の試験結果は、 e' が1.0~1.5、 $\Delta e'$ が0.5~1.0の範囲に集中した。そこで、これらの関係の傾向を探るために、既存論文のデータを引用し、グラフ上に反映した。その結果、 $\Delta e'$ の値が大きくなると e' の値が小さくなるという傾向が確認できた。しかし、 e' が1.0以下、 $\Delta e'$ が1.0以上のデータが不足しているため、更なるデータの集積が必要であると考え

図-4 $e' - e_p$ 関係図図-5 $e' - \Delta e'$ 関係図

4. まとめ

今回示した e' と e_p の関係、 e' と $\Delta e'$ の関係は、それぞれ今後も更なるデータ集積を行った上で検討していく必要があると考えるが、現時点でも一定の相関関係、傾向を確認することができた。このことから、塑性限界 w_p から塑性限界時の間隙比 e_p を求めることで、さらに、骨格構造が破壊されることによって生じる沈下が収束する点の間隙比 e' が得られ、最終的に圧密沈下ポテンシャル $\Delta e'$ が推定できると考える。ただ、今回示した圧密沈下ポテンシャルというものはあくまでも、粘性土が持つ骨格構造が地震動によって完全に破壊されると仮定しているため、地震後に発生する圧密沈下量を算定することに対する適用性については、今後様々な部分で検証が必要である。

今後の展望としては、今回示した関係性を用いて、地震発生時に対象地区の各地点で最大どの程度の沈下量が発生するのかを推定し、その分布を示したい。また、東日本大震災以前と以後の地表データを用いて、実際に発生した沈下量のデータとの比較を行い、予測した最大沈下量に対して実際はどの程度の沈下が発生しているのかを検証していく予定である。

参考文献

- 1) 風間基樹：2011年東北地方太平洋沖地震による地盤災害と復興への地盤工学的課題、東日本大震災に関する技術講演会講演会論文集-巨大地震・巨大津波がもたらした被害と教訓-、p. 41-66、2012. 2. 23
- 2) 今西肇・月館優太：塩釜粘土を対象とした不攪乱・攪乱試料の圧縮曲線に関する一考察、第50回地盤工学研究発表会、2015. 9