

圧密沈下ポテンシャル手法を用いた地震後圧密沈下の定量的評価

東北工業大学大学院

学生会員 ○川村 雄大

東北工業大学

正会員 権 永哲

東北工業大学名誉教授

フェロー会員

今西 肇

1. はじめに

宮城県塩竈市新浜地区は未改良粘性土地盤であることから、長期的に地盤沈下が進行している。また、地震動によって沈下が加速していることも確認されており、2011年東北地方太平洋沖地震後には大規模な地盤沈下が発生した。当該地区では今後も巨大地震が発生した際に同様の現象が起こる可能性がある。本報告では既往の報告¹⁾に引き続き、塑性限界による圧密沈下ポテンシャルの推定について検討を行った。さらに、当該地区で既に地盤調査が行われた地点を対象に、塑性限界を用いて圧密沈下ポテンシャルおよび沈下量の計算を行い、その結果を地震後圧密沈下危険予測分布図として示した。これは地震後の圧密沈下リスクを示したもので、今後の防災・減災を考える上で活用できるよう提案した。

2. 圧密沈下ポテンシャルについて

不攪乱試料と再構成試料を用いて圧密試験を行うと図-1のような両試料の圧縮曲線が求められ、圧密降伏応力時の両試料の間隙比の差が圧密沈下ポテンシャル($\Delta e'$)である。この $\Delta e'$ は地震後に起こり得る沈下の最大値を示しており、ここでは粘性土の骨格構造が地震動によって完全に破壊されることを仮定している。そのため、地震による実際の沈下量とは異なると考えられる。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点とし、この点は骨格構造の破壊が原因となって生じる沈下が収束する点であると考えられる。このA点对応する間隙比を e' としている。

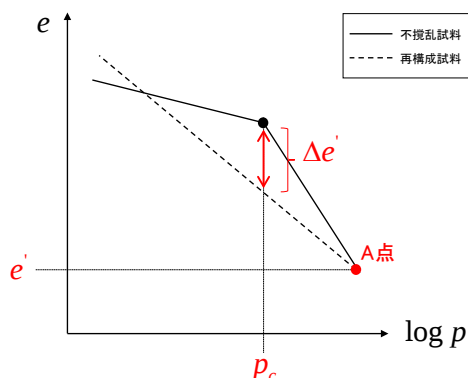


図-1 圧縮曲線のモデル図

3. 塑性限界を用いた圧密沈下ポテンシャルの推定

圧密沈下ポテンシャル($\Delta e'$)および e' を求めるには、不攪乱試料と再構成試料の2種類による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、月館ら²⁾は塑性限界 W_p に着目した。まず、塑性限界における間隙比 e_p を間隙比を求める一般式によって求め、 e' との関係性を考察した。 e' と e_p の関係性について図-2に示す。 e' と e_p は1:1の関係にあり、図中の $e' = e_p$ 線のような関係にあると仮定した。実際の試験結果をプロットすると、やや幅があるものの、 $e' = e_p$ 線の付近に分布していることから両者には一定の相関関係があると考えられる。

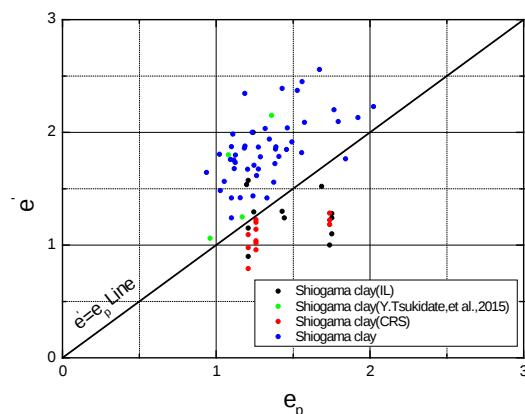


図-2 $e' - e_p$ 関係図

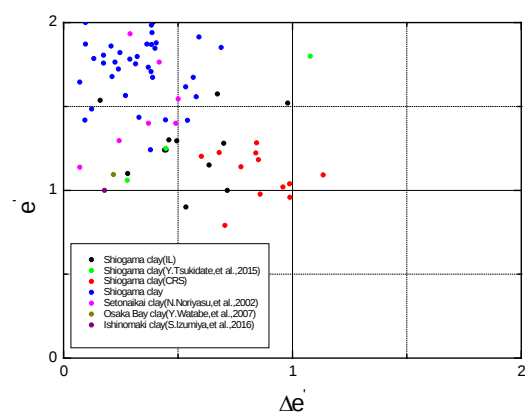


図-3 $e' - \Delta e'$ 関係図

次に、 e' と $\Delta e'$ の関係について図-3に示す。図中に示している通り、筆者が行った試験結果は一部の領域に集中したため、既往論文のデータを引用し反

キーワード：圧密沈下ポテンシャル、塩竈粘土、地震後圧密沈下、地震後圧密沈下危険予測分布図

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

映させた上で両者の関係の傾向を確認した。その結果、 $\Delta e'$ が大きくなると e' が小さくなる傾向を確認することができた。しかしながら $e' - e_p$ 関係、 $e' - \Delta e'$ 関係ともに、一部の領域でしかデータが存在しておらず、データ量も不足しているため、今後もデータを集積し、検討を重ねる必要がある。

4. 新浜地区の地震後圧密沈下危険予測分布図

ここまで示した関係性を用いて、新浜地区で既に地盤調査が行われた17個のボーリング地点を対象に、地震後に発生し得る沈下の最大値を計算によって求めた。沈下量の計算過程としては、まず、各地点での土質試験によって求められた W_p から e_p を求めた。その後 e_p から e' 、 e' から $\Delta e'$ を求め、最終的に $\Delta e'$ によって沈下量を求めた。ここでは、図-2より、 e_p と e' は一定の相関関係にあることを確認したことから、両者の値はほぼ等しいと仮定している。また、 $\Delta e'$ は、図-3で示した $e' - \Delta e'$ 関係の回帰分析を行い、得られた計算式によって求めた。

計算によって求めた沈下量の分布を地形図上に表した地震後圧密沈下危険予測分布図を図-4に示す。また、図-5には図-4と同じ地点において、2009年から2012年の期間で実際に発生した沈下量の分布を示す。この図では国土地理院が公開している基盤地図情報の2009年と2012年の5mメッシュ図標高を基に、沈下量を求めた。図-4、図-5はともにGISソフト(SIS)によって作成し、17地点の領域内で5mグリッドデータによる空間解析を行い、沈下量の大小を色コンターで表現した。色の濃い部分は沈下量が大きいことを示している。

両図を比較すると、沈下量の分布が完全に一致しているとは言えないものの、部分的に一致していることが確認できた。よって、地震後圧密沈下危険予測分布図には一定の信用性があることが分かった。このことから、新浜地区のような軟弱粘性土が広く分布している地域において、簡易的に求めることができる塑性限界から、沈下リスクの傾向を推定できる可能性があることを示すことができた。

5. まとめ

本報告では既往の報告に引き続き、圧密沈下ポテンシャルに関する考え方と、塑性限界による圧密沈下ポテンシャルの推定について検討を行い、最終的に地震後圧密沈下危険予測分布図を作成した。塑性限界による圧密沈下ポテンシャルの推定については、 e' と e_p 、 e' と $\Delta e'$ の関係性について今後もデータを集積し更なる検討を行う必要があると考える。また、地震後圧密沈下危険予測分布図については実際の沈下と比較したところ、部分的に分布が一致して

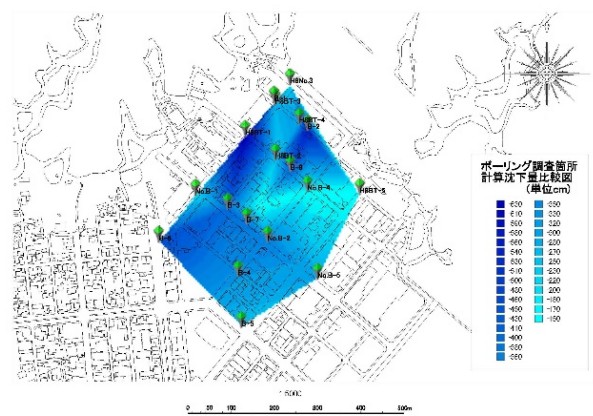


図-4 地震後圧密沈下危険予測分布図

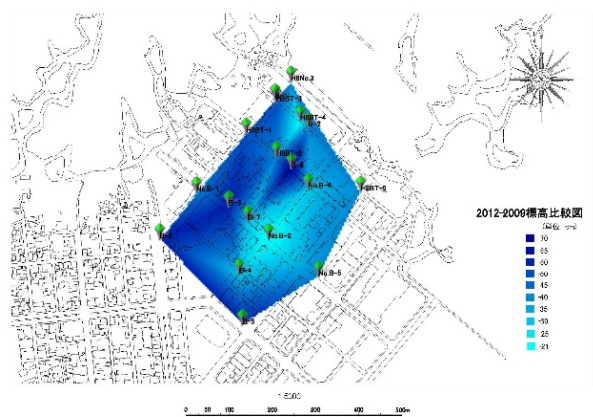


図-5 2012-2009 沈下量分布図

おり、一定の信用性があることを確認できた。よって、塑性限界から沈下リスクの傾向を推定できる可能性がある。

最後に、今後の展望としては、今回示した地震後圧密沈下危険予測分布図を新浜地区での防災・減災を考える上で活用するには、より精度を上げることが望まれる。そのためには、塑性限界によって沈下量を求める計算過程の各部分について更なる考察が必要である。また、今回示した分布図は17個のボーリング地点によるものだが、今後調査地点を増やした上で更なる検討を行いたい。

参考文献

- 1) 川村雄大・今西肇・権永哲：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，土木学会第73回年次学術講演会，2018.8
- 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