

掘削に伴う沖積粘土層の変形強度特性の変化について

中之島高速鉄道(株)	長瀧元紀
京阪電気鉄道(株)	泉谷 透
京都大学大学院	フェロー 岡二三生 正会員 肥後陽介
大成・戸田・鉄建・熊谷 JV	正会員 天野健次 正会員 南 和伸
(財)地域地盤環境研究所	正会員 長屋淳一

1. はじめに

深い開削工事の土留め設計においては、掘削側地盤の地盤ばねに極限受働土圧を考慮した弾塑性法が用いられている。この弾塑性法における地盤ばねの考え方は、共同溝指針のように変位依存性を考慮する場合もあるが、一般的に掘削底面下地盤の側圧が極限受働土圧に達するまで地盤ばねを一定としている。しかし、掘削過程における地盤は掘削により応力解放を受けた状態にあり、粘土地盤の場合、応力解放後の吸水膨張による強度低下¹⁾や重機の走向などに伴う掘削底面付近の乱れによる強度低下が生じることが考えられる。本検討では、開削現場において掘削前後におけるスウェーデン式サウンディングや室内土質試験および掘削過程における粘土層内の間隙水圧を調査し、掘削に伴う軟弱粘土の変形強度特性への影響を検討した。

2. 調査対象粘土層と調査概要

今回の調査は、京阪中之島新線渡辺橋駅の開削工事において実施した。図-1に地盤構成と調査内容を示す。掘削深さは24mであり、掘削地盤の内、GL-8.5m～GL-28mの19.5mは、N値が2～3の沖積粘土層である。本調査では、掘削に伴う沖積粘土層の変形強度特性の変化を調べるために掘削部の沖積粘土層を対象に以下のような調査を行った。

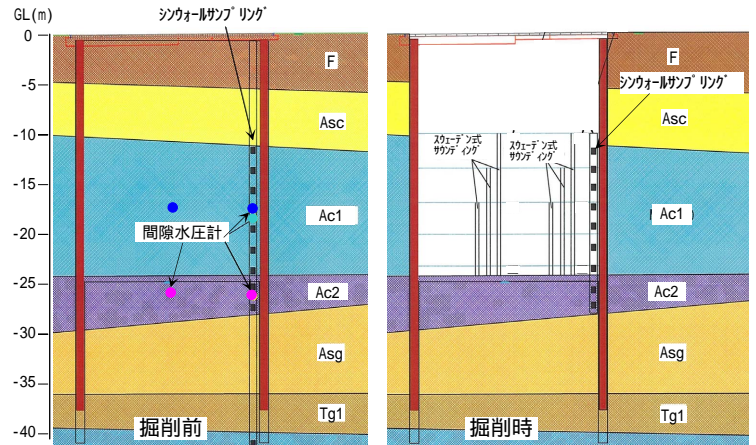


図-1 調査位置の地盤構成と調査内容

スウェーデン式サウンディング (GL-10, 12.5, 15mの各掘削段階)

沖積粘土層内の間隙水圧測定 (設置位置 GL-17m, -26m, 中央と南側(側壁付近))

一軸圧縮試験 (掘削前, 沖積粘土層上端までの掘削時におけるシンウォールサンプリング)

3. スウェーデン式サウンディング

図-2にスウェーデン式サウンディングの結果を示す。がGL-10m (Ac層上端), がGL-12.5m, がGL-15mまで掘削した時に実施した試験の換算 q_u 値²⁾の深度分布である。GL-12.5mおよびGL-15mの換算 q_u 値分布とも掘削底面より1.5～2.5m以深ではGL-10mの換算 q_u 値とほぼ同じ値であるが、掘削底面から2.5mの範囲でGL-10mの換算 q_u 値よりも小さく、掘削に伴う応力解放や重機の走向による乱れの影響により掘削底面付近の地盤強度が低下している状況が分かる。但し、試験におけるロッドの摩擦の影響が考えられるため、強度低下の割合を言及することはできない。

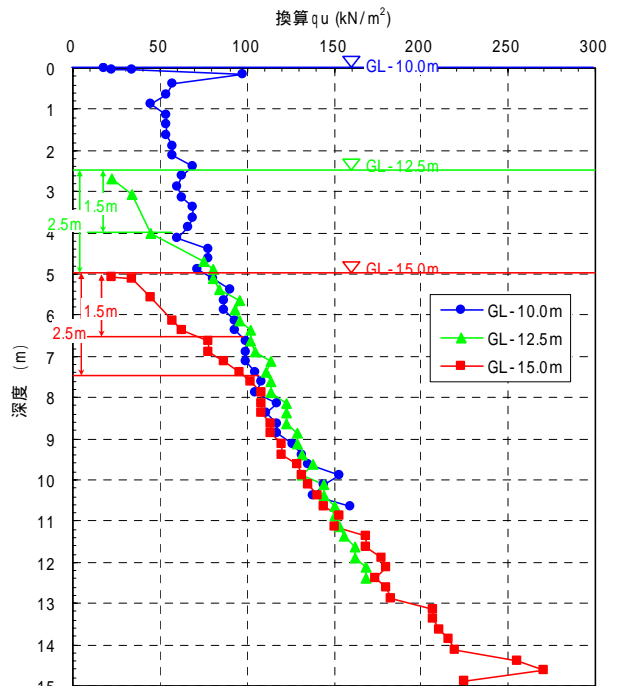


図-2 スウェーデン式サウンディングにおける換算 q_u 値

キーワード 開削工事, 軟弱粘土, 応力解放, 吸水膨張, 強度低下

連絡先 〒550-0012 大阪市西区立売堀4-3-2 (財)地域地盤環境研究所 TEL.06-6539-2971

4. 沖積粘土層内の間隙水圧

図-3に掘削に伴う沖積粘土層内の間隙水圧の変化を示す。南側(側壁)は土留壁付近の地盤改良工の影響を受けて間隙水圧が大きく変動しているが、いずれのデータも掘削に伴う応力解放により沖積粘土層内の間隙水圧が低下する状況が伺える。掘削による解放応力に対する間隙水圧の変化の割合を4次掘削において計算すると掘削による解放応力(全応力)は、64kPa(掘削深度4m, $\gamma_t = 16\text{kN/m}^3$)に対してGL-17mの間隙水圧の変化は58kPaであり、解放応力の約90%である。すなわち、掘削による解放応力の大半は間隙水圧の変化となっており、この間の掘削に伴う有効応力の低下は6kPa程度で非常に小さい。4次掘削における掘削深度はGL-14mで間隙水圧の計測深度まで3mの土被りがあり掘削底面より3m以深では掘削時においても有効応力の低下およびこれに伴う強度低下は生じていないと考えられる。しかし、GL-26mの間隙水圧は3次掘削、4次掘削において掘削時に低下した間隙水圧が時間経過とともに間隙水圧が上昇する傾向が見られる(図-3に示す部分)。これは、GL-26mは沖積粘土層の下端付近であり、粘土層の下端では、掘削後の時間経過により吸水膨張が生じていると思われる。

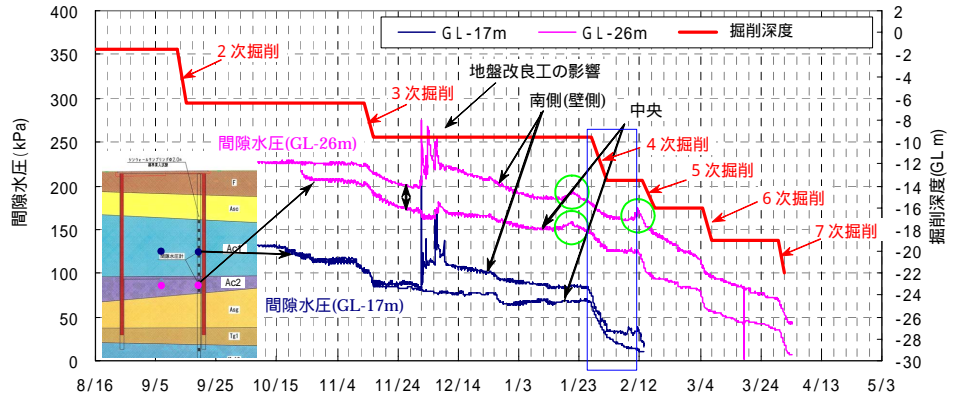


図-3 掘削に伴う沖積粘土層内の間隙水圧の変化

図-3に掘削に伴う沖積粘土層内の間隙水圧の変化を示す。南側(側壁)は土留壁付近の地盤改良工の影響を受けて間隙水圧が大きく変動しているが、いずれのデータも掘削に伴う応力解放により沖積粘土層内の間隙水圧が低下する状況が伺える。掘削による解放応力に対する間隙水圧の変化の割合を4次掘削において計算すると掘削による解放応力(全応力)は、64kPa(掘削深度4m, $\gamma_t = 16\text{kN/m}^3$)に対してGL-17mの間隙水圧の変化は58kPaであり、解放応力の約90%である。すなわち、掘削による解放応力の大半は間隙水圧の変化となっており、この間の掘削に伴う有効応力の低下は6kPa程度で非常に小さい。4次掘削における掘削深度はGL-14mで間隙水圧の計測深度まで3mの土被りがあり掘削底面より3m以深では掘削時においても有効応力の低下およびこれに伴う強度低下は生じていないと考えられる。しかし、GL-26mの間隙水圧は3次掘削、4次掘削において掘削時に低下した間隙水圧が時間経過とともに間隙水圧が上昇する傾向が見られる(図-3に示す部分)。これは、GL-26mは沖積粘土層の下端付近であり、粘土層の下端では、掘削後の時間経過により吸水膨張が生じていると思われる。

5. 掘削前後における一軸圧縮強さ(q_u)

図-4に掘削前と沖積粘土層(Ma13)の上端まで掘削し、Ma13上端から1.5mの深さより実施したサンプリング試料を用いて実施した自然含水比、塑性限界、液性限界と一軸圧縮強さ(q_u)の深度分布を示す。掘削前におけるGL-14mの試料は砂分・シルト分が多く含まれていたため、自然含水比が小さくなっているが、これを除けば、掘削前後における自然含水比の差は殆どない。また、一軸圧縮強さの深度分布はばらつきが大きいですが、掘削前後における顕著な差はないと判断される。これは、沖積粘土層内の間隙水圧のデータに見られるように掘削に伴う粘土層内の応力変化は間隙水圧の変化となり、有効応力の低下が殆ど生じないことに関係していると考えられる。

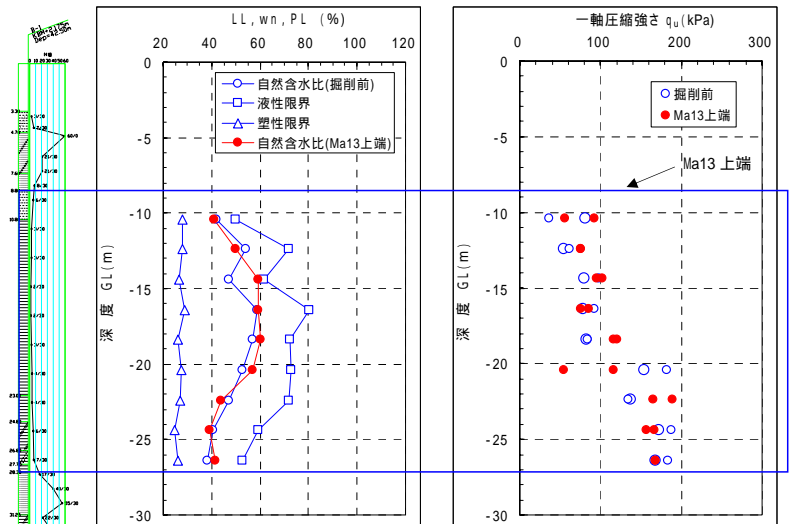


図-4 掘削前後におけるコンシステンシー特性と一軸圧縮強さの比較

これは、沖積粘土層内の間隙水圧のデータに見られるように掘削に伴う粘土層内の応力変化は間隙水圧の変化となり、有効応力の低下が殆ど生じないことに関係していると考えられる。

6. まとめ

掘削に伴う沖積粘土層の強度変形特性の変化に関する調査を実施し、以下のような結果を得た。

- 1) 今回のスウェーデン式サウンディングによれば、沖積粘土層を掘削した場合、掘削底面から1.5~2.5m程度の範囲で強度が低下した。その要因としては、応力解放後の吸水膨張に伴う有効応力の低下や重機の走向などによる掘削底面付近の乱れなどが考えられる。
- 2) 掘削底面より2.5m以深では掘削に伴う粘土層の強度低下は小さかった。これは掘削に伴う粘土層内の応力変化は間隙水圧の変化となり、有効応力の低下が殆ど生じていないことに関係していると考えられる。

参考文献

- 1) T.Hashimoto, T.Kishio, J.Nagaya, T.Shiotani: Investigation of strength degrading due to swelling of the ground in excavation, International conference on foundation failures, pp.393-398, 1997.5, Singapore.
- 2) 稲田倍徳: スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について, 土と基礎, Vol.8, No.1, pp.13~18, 1960.