

住宅被害に基づく SDS 試験法による液状化判定法の評価

20T0202B 鞠古 和貴
指導教員：関口 徹

1. 序論

地震時に液状化のリスクが高い埋立地では、埋立層の土質が場所により異なるため被害の程度には大きな差があり、土質の調査は宅地ごとに行っていく必要がある。戸建て住宅用の簡易的な地盤の調査法として、スクリューウエイト貫入試験(SWS 試験)や、それを改良したスクリュードライバーサンディング試験(SDS 試験)が開発されている。本研究では、SDS 試験により計測されたものから、ボーリング N 値や細粒分含有率 F_C を推定する方法を新たに検討し、実際の建物被害と比較することで、SDS 試験に基づく液状化判定を改善していくことを目的とする。

2. SDS 試験

SDS 試験の試験方法の概要を図 1 に示す。先端にスクリューをつけたロッドを地面に鉛直に突き刺して回転貫入させていく。試験区間 25cm ごとに鉛直荷重を 250N から 1000N まで 7 段階で増加させていく、そのときのトルクや貫入量を測定する。鉛直荷重が 1kN になっても貫入量が 25cm に達していない場合は、そのまま 25cm まで回転貫入させ、1kN になったときまでの計測記録を使用する。SWS 試験は音などにより、人の主観で土質判定を行うが、SDS 試験は計測記録に基づき客観的に土質判定を行うことができる。

3. 液状化簡易判定法

液状化判定をする際に地盤に関して最も重要な要素は、ボーリング N 値と細粒分含有率 F_C であり、これらを用いて液状化安全率 F_L や液状化指数 P_L を求めていく。以下 SDS 試験の結果からそれぞれの値を推定する方法を示す。

3.1 ボーリング N 値

SDS 試験から N 値を推定する際には、25cm の貫入に要するエネルギー $E_{0.25}$ を用いる。鉛直荷重の各段階で消費される貫入エネルギー ΔE は次式で与えられる。

$$\Delta E = \pi T \Delta n + W \Delta S_t \quad (1)$$

ΔE を 25cm 区間に累積して $E_{0.25}$ を求めるが、鉛直荷重が 1kN になっても貫入量が 25cm に達していない場合はそれ以降を外挿して $E_{0.25}$ を求める。

図 2 に既往の $E_{0.25}$ と本研究で採用した $E_{0.25SL}$ の外挿方法を示す。 $E_{0.25}$ は累積貫入エネルギー $\Sigma \Delta E$ と貫入量 S_t を両対数軸上で直線近似し、それを 25cm まで延長したときの $\Sigma \Delta E$ を $E_{0.25}$ として外挿する。これに対し、 $E_{0.25SL}$ は試験区間最終荷重(1kN)までの $\Sigma \Delta E$ を 25cm まで単純に比例換算したものとして外挿する。

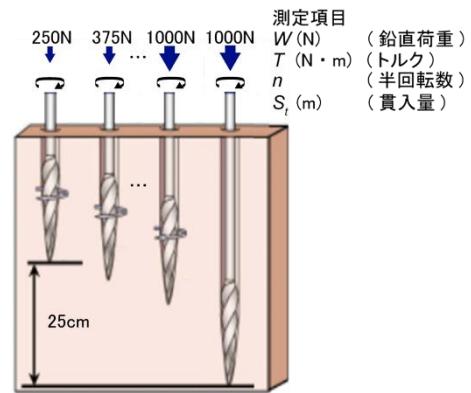


図 1 SDS 試験の概要

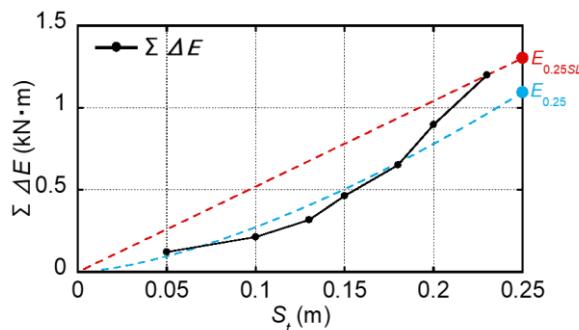


図 2 $E_{0.25}$ と $E_{0.25SL}$ の外挿方法

本研究で用いる N 値は $E_{0.25SL}$ を用いて、新たに次式で求める。

$$N = 3.01 \times E_{0.25SL}^{0.65} \quad (2)$$

3.2 細粒分含有率 F_C

既往の研究では、主に鉛直荷重の段階に応じたトルクの増加率(dT/dW)に基づいて F_C を推定していたが、本研究では、回転エネルギー ET と荷重による貫入エネルギー EW を用いて、 N 値と同様に貫入時のエネルギーに基づいて次式で求める。

$$ET = \pi T \Delta n \quad (3)$$

$$EW = W \Delta S_t \quad (4)$$

$$F_C = 86.13 \times (ET/EW)^{-0.60} \quad (5)$$

なお、砂質土か粘性土かの土質の判定は dT/dW を用いて、別途行っている。

3.3 液状化指数 P_L と建物被害の関係

液状化安全率 F_L は、 N 値や F_C を基に算出される。 F_L が 1 より小さい場合、その深度における液状化の可能性が高いということを表している。また、液状化指数 P_L は、 F_L が小さいほど大きな値となり、深度 10m までの

積分によってその地点の地盤の P_L が算出される。一般に表層地盤の P_L が 20 を超えると、その地点での液状化による建物被害が大きくなるとされている。

4. 液状化判定の結果

図 3 に浦安市の埋立地において液状化判定結果と実際の建物被害の関係を、既往の手法により推定した N 値と F_c 、本研究で採用した新たな手法による N 値と F_c をそれぞれ P_L の算出に利用した 4 ケースの結果を示す。新たな手法を採用することで全体的に P_L の値が大きくなり、被害が大きな地点で P_L の平均が 20 を超えるようになったものの、被害が小さな地点では過大評価されてしまっている。 N 値と F_c をそれぞれ新しい手法により推定することで、ともに P_L の値が大きくなっている。以下 P_L の値が大きく変化した地点(S1, S2)における液状化判定結果を示す。

図 4 に半壊の被害があった地点(S1)における液状化判定結果の深度分布を示す。既往の手法の判定結果と比較すると、各深度における F_c の値に違いが多くみられる。 F_c が 50 より小さいと砂質土、それより大きいと粘性土となり新手法による F_c は、各深度におけるトルクの増加率を基にした、図の左端にある土質判定結果と矛盾しない層が多くなっている。そして、 F_c が 35 以下となる層が増えたことで液状化判定の対象となり F_L が 1 より小さくなることで、 P_L の値が大きくなっている。

図 5 に被害が軽微であった地点(S2)における液状化判定結果の深度分布を示す。既往の手法の判定結果と比較すると、図 4 と同様に、各深度における F_c の値は、トルクの増加率を基にした土質判定結果と矛盾しない層が多くなっている。しかし、既往の手法の判定結果と比較すると N 値が小さく推定されているため、 F_L の値がより小さくなっている。これにより、被害が軽微であるにもかかわらず、 P_L の値が大きくなっている。

5.まとめ

SDS 試験により計測されたものからボーリング N 値と細粒分含有率 F_c の推定方法を新たに検討し、液状化判定を行った結果、以下の知見が得られた。

- ・ N 値および F_c の推定方法を変えたことで、各深度におけるそれらの値が小さくなり、その結果 P_L の値が全体的に大きくなった。
- ・ F_c の推定方法を変えたことで、トルクの増加率を基にした土質判定との不整合が少なくなった。

参考文献

- 1) 田井ら：スクリュードライバーサンディング試験の概要と実施例、第 9 回地盤工学関東支部発表会、2012
- 2) 菅野ら：浦安市における各種静的サンディング試験の比較（その 7 : SDS），浦安市地盤調査一齊試験報告会, pp. 49-50, 2012
- 3) 建設技術審査証明事業（住宅等関連技術） SDS 試験結果を用いた液状化検討方法研究報告書

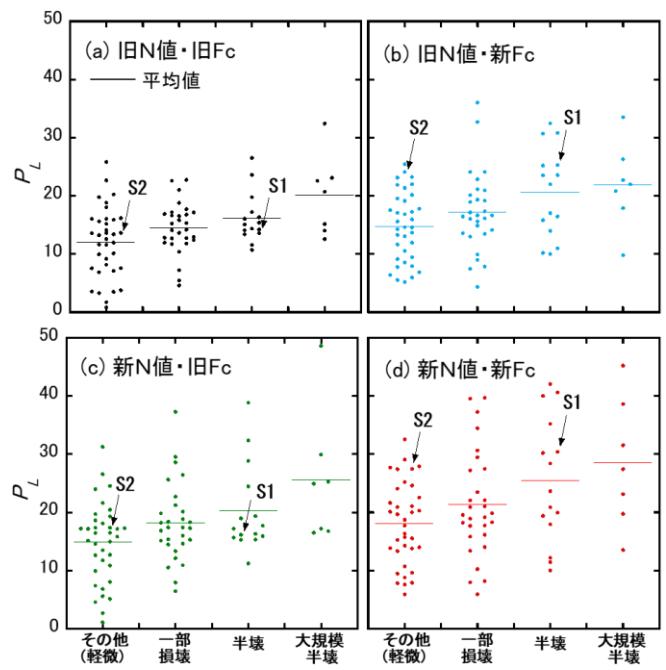


図 3 液状化判定結果と建物被害の関係

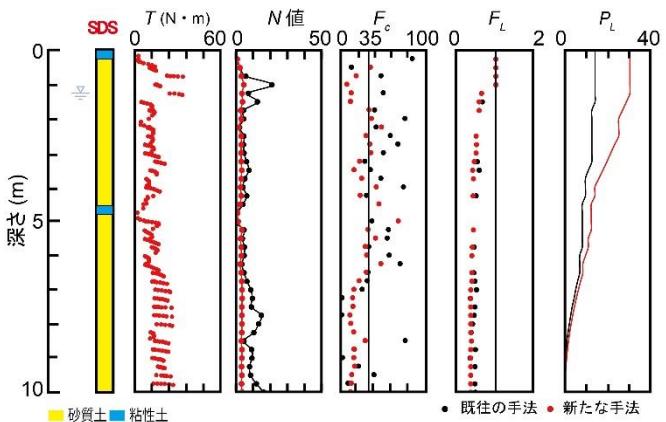


図 4 半壊被害のあった地点(S1)における深度分布

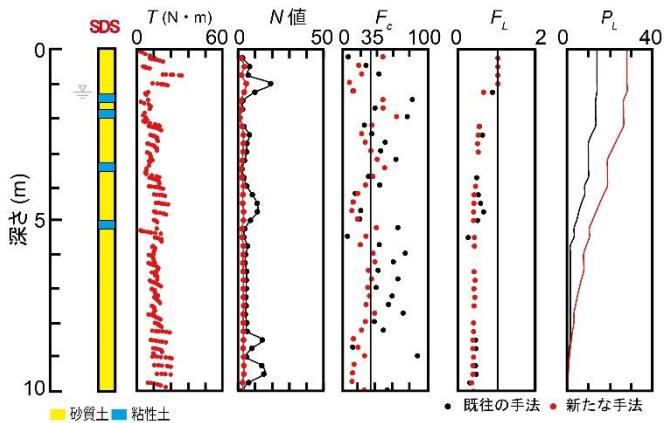


図 5 被害が軽微な地点(S2)における深度分布