

2017年度（第15回） 建築・住宅技術アイデアコンペ

提案タイトル		小規模建築物における地盤判定品質向上と汎用性を両立した地盤調査技術の開発
提案概要 (200字程度)		<p>小規模建築物の従来からの地盤調査であるスウェーデン式サウンディング(SWS)試験はハンドリングや経済性が良い反面、ロッドの貫入抵抗による間接的評価のため精度に課題がある。</p> <p>一方、小規模建築物の地盤は長期の不同沈下問題のほか、昨今の震災から液状化や、擁壁、盛土など地盤に起因した建物被害などの課題もあり、地盤判定の品質向上が望まれる。</p> <p>そこで近年の調査機器の進化も背景に、SWS同等の汎用性そのまま直接的に地盤調査を行う動的貫入試験の技術開発を提案する。</p>
提案ポイント	①新規性	精度の良い動的貫入試験の技術自体は従来からあるが、小規模建築物に対応した小型で簡易な機器で地盤の支持性能を評価する技術は確立されておらず、有意な新規性がある。
	②実用性	小規模建築物で実施されている宅地地盤の地盤調査について、従来の汎用性や経済性を維持したまま、調査品質を向上させるものであり、実現すれば現場の実用性に大きく貢献できる。
	③異業種関連度合	実現のためには、住宅メーカー各社が関連する地盤業界(NPO住宅地盤品質協会)や、調査機器を開発、機器の製造メーカーなど、幅広く関連する必要があるとともに、連携による相乗効果も期待される。
	④建築や社会に対するインパクト	東日本大震災や熊本地震での戸建住宅の宅地地盤被害を踏まえた、地震に対する小規模建築物の安全性向上の主要技術として、極めてインパクトの高い発信となると考えられる。

『小規模建築物における地盤判定品質向上と汎用性を両立した地盤調査技術の開発』

【背景】 小規模建築物の地盤調査の現状

小規模建築物の基礎設計では、地盤の軟弱性と液状化のおそれに関する検討が必要で、そのために一般的にスウェーデン式サウンディング(SWS)試験による地盤調査を実施する。地盤調査では不同沈下の検討のため複数箇所の調査が必要であるが、SWS 試験は、小規模建築物特有の敷地の規模、周辺環境への影響や、経済性の考慮から、ハンドリングの良い調査法として広く定着した。

もともと SWS 試験は図 1 の手動式(左)だが、近年では、錘の载荷、除荷はもちろん、機器の進化で荷重、回転数と貫入量の計測を自動で行う機械(右)も普及し、現在は手動式が用いられることは稀である。

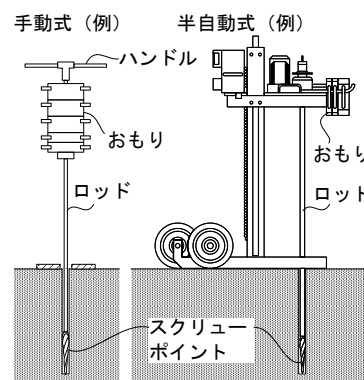


図 1 SWS 試験

【課題】

(1)小規模建築物の造成宅地地盤の課題

- ①長期の不同沈下問題
- ②震災での地盤に起因した建物被害の課題
 - ・東北地方太平洋沖地震での、東京湾岸の埋立地を中心とした宅地地盤の液状化。
 - ・同地震や熊本地震での、擁壁、盛土、地震の揺れ増大などの地盤に起因した建物被害。

(2)専門性の高い地盤技術者の減少

前述のように地盤調査機の進化は地盤品質判定の精度向上よりも、地盤調査の簡便さに注力される。生産性の向上は良いものの、経験が少なくてもデータが得られるようになっている。近年の様々な土の性質がわかる専門性の高い技術者の減少を考えると、今後、地盤判定の品質確保が危惧される。技術者の育成も必要だが、品質維持には技術力に依存しない精度の良い調査技術の開発も必要である。

【対策の考え方の整理】

理想的な土層の評価は、土試料を採取し、物理試験や力学試験を行ってそれぞれの性質を把握することが考えられるが、支持性能を評価しようとした場合、標準貫入試験のボーリングでも、乱さない土試料の採取は簡単では無く、また、その土試料も厳密には原位置の土とは応力状態も違うなど疑問が残る。

そのため、原位置での地盤調査法を検討する必要があるが、その考え方は2つある。

- ①地盤の剛性または強度との相関関係による代用的な評価方法
- ②地盤の剛性または強度を直接的に評価する方法

小規模建築物で用いられる SWS 試験は载荷したロッドを回転貫入させたときの抵抗値で評価するため①に類する。間接的評価では、ばらつきも含め調査法の短所を良く理解し、対象とする土層を考慮し調査する必要がある。SWS 試験の場合、表層部や、回転数が小さかったり、大きい場合の精度の指摘もある。また、特殊土のような場合は単純に SWS 試験の値で判断することは危険である。

一方、②は载荷試験が挙げられるが、現実的には、標準貫入試験(SPT)や、地盤工学会基準(JGS 1437-2014)の動的コーン貫入試験(SRS, ラムサウンディング)などの動的貫入試験が考えられるが、そのままでは小規模建築物で適用することは難しい。

液状化の検討については、標準貫入試験の場合には、現場で測定した N 値と、採取した土試料の液状化に関連する物理的性質(細粒分、粘土分、塑性指数)などによって判定することができる。

小規模建築物でも、東日本大震災後の建築基準整備促進事業「小規模建築物に適用する簡易な液状化判定手法の検討」で、SWS 試験を利用した、一定の液状化判定を行う手法が提案された。SWS 試験のロッド(φ19)に、小型のサンプラーを取付けて土試料を採取して評価する方法で、小規模建築物の液状化の検討に関して画期的なものである。しかし、そもそもの SWS 試験による N 値換算の精度をはじめ、簡易サンプラーであることによる土試料の量と品質などから安全側で評価する必要があり、将来に向けた精度向上の必要性の課題は残されたままとなっている。

これらを踏まえ、小規模建築物向けにこれまで提案されてきた技術の特徴と課題を示す。

【従来技術】

1. ラムサウンディング試験(図2)

標準貫入試験と同様、打撃回数による評価。貫入能力が高く、測定値は標準貫入試験のN値と相関性が高い。近年では中型動的コーン貫入試験(ミニラムサウンディング:MRS)などの小型の動的貫入試験も手案されている。小規模建築物向けには小型化が課題である。

2. 三成分コーン貫入試験(CPT)

電気式静的コーン貫入試験方法(地盤工学会基準 JGS 1435-2003)の1つで、装置先端のコーンを等速で静的貫入させ、先端抵抗、間隙水圧、周面摩擦の3成分を同時に測定する(図3)。各成分から土質区分を評価する方法を提案。比較的小型で測定機器の進化を活用した提案だが、普及は進んでいないようである。

3. スクリュードライバーサウンディング(SDS)試験

SWS 試験装置を用い連続的な回転貫入を行い、回転速度とトルク、貫入速度から強度と土質を推定する。

ただし、あくまで回転貫入との相関性評価のため、土質も砂質土と粘性土を大別する程度であり、詳細な液状化の検討は SWS 試験と同様である。本技術は汎用試験機を利用した普及可能性が注目される。

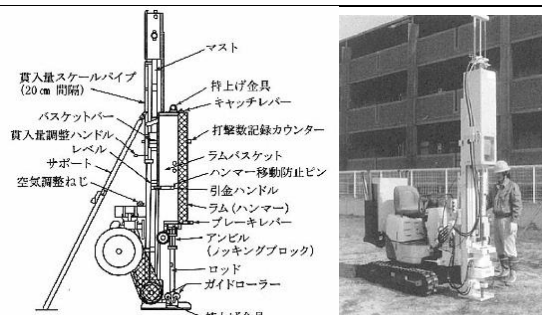


図2 ラムサウンディング試験¹⁾²⁾

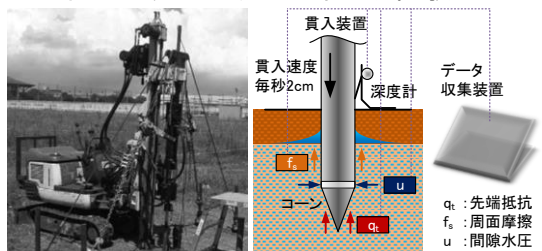


図3 三成分コーン貫入試験³⁾

【提案する技術】

以上を踏まえ、次の点を目的とした2つの技術を提案する。

- ・「直接的」に地盤の特性を評価し、地盤調査精度を向上させること。
- ・SWS 試験と同等レベルの「汎用性」を持った調査機械で実現すること。

【検討案1】コンパクトなラムサウンディングの規格化

最近では SWS 試験機程度のラムサウンディング(たとえば図4)も提案され、地盤補強体の支持層深さや厚み確認など SWS の補完で用いられるが、支持力評価にも積極的に活用したい。貫入エネルギーが小さいことが課題だが、中～大規模建築物に比べ対象 N 値は小さいので、たとえば N 値 3～20 程度に絞ったデータの蓄積を行い規格化することが考えられる。

また液状化の検討も、N 値の精度向上に加え、貫入力からロッドの径の拡大(SWS φ19→φ32 など)が可能であるので、専用サンプラーを開発すれば試料の量増や、効率的な脱落防止機構による精度向上が見込める。

【検討案2】打撃による地盤評価法の開発

SWS 試験の貫入力では確認できない土層がある場合に、支持層確認などを目的に汎用の削岩機などで打撃を与えて参考情報を得ることもある(図5)。ここで行われる行為はラムサウンディングと同様の動的サウンディングであり、荷重と掘進量(変位)で原位置での載荷試験として精度の良い地盤の力学的評価ができる可能性がある。

また、連続した打撃は地震動のように地盤に繰返し振幅を与えていることになる。この類の掘削方法による重機では、水位の高い砂質土地盤等でボイリング(土砂の流出)発生が既知の課題である(たとえば特許第 5748793 号「土試料採取管の掘進方法」など)。しかし、今回例示したような小型の機械であれば程度は小さいと考えられるとともに、本原理を逆に利用して、貫入時の水圧変動を確認するなどにより、液状化層の推定に活用できる可能性も考えられる。

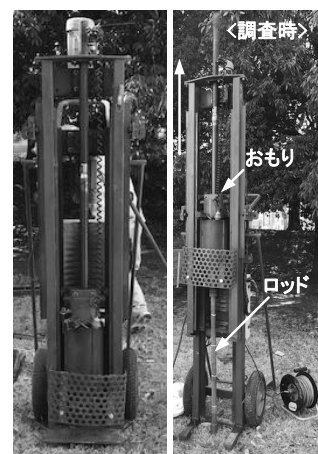


図4 小型のラムサウンディングの例



図5 硬質層を貫通させるための打撃例

参考文献

- 1) 佐藤勝栄・岩崎恒明:オートマチックラムサウンドの試験装置と結果の一例について、サウンディングシンポジウム, 土木学会, pp.213-222, 1980
- 2) 日本建築学会:小規模建築物基礎設計指針, 図 3.2.10, 写真 3.2.3, p.42, 2008
- 3) 住宅生産団体連合会:住宅性能表示制度における「液状化に関する参考情報の提供」に関する手引き, 図 3.2.11, p.30, 2015