簡易孔内水平載荷試験装置および試験法の開発

東京都市大学　学生会員　○金井将人
東京都市大学　正会員　末政直晃
東京都市大学　正会員　田中　剛

1. はじめに

1980 年代後半，バブル経済により新設住宅の着工戸数が大幅に増加したが，当時十分な調査がされず，住宅の基礎部分の設計が安易に設計・施工された．その結果，地盤沈下をはじめとした瑕疵が多く見られ，社会問題にまで発展した．このような背景をもとに，2000 年に住宅の品質確保の促進等に関する法律が施行され，瑕疵担保期間の 10 年の義務化，住宅性能表示制度の導入等が取り決められ，戸建住宅のような小規模構造物において地盤調査や基礎の設計を取り巻く環境が大きく変わった．また，不同沈下による障害や住宅の地盤・基礎の被害など，現行の地盤調査では対応が難しい問題点も指摘されはじめた．現在，宅地地盤における代表的な地盤調査方法にスウェーデン式サウンディング試験（以後，SWS 試験）がある．SWS 試験の特徴として，他の地盤調査方法と比べて，低コスト，短時間で実施できるという利点があり，戸建住宅など小規模構造物の支持力特性を把握する方法として用いられている．しかし，簡便であるがゆえに信頼性や評価方法に多くの課題を抱えており，不同沈下による事故例も報告されている．本研究では，低コストで，水平方向の変形特性の推定，また圧密による沈下量を推測することを目的とした試験装置および試験法の開発を行う．本報告では，東京都市大学内の敷地において，簡易孔内水平載荷試験を実施した結果について報告する．

2. 簡易孔内水平載荷試験

地盤の水平方向の変形特性を推定する方法の一つに孔内水平載荷試験（以後，LLT）がある．LLT は通常ボーリング孔を使用して行うため，広大な試験スペースや多額の費用がかかる．そのため，宅地地盤を対象とした調査に適していないと考えられる．そこで，ボーリング孔を使用せずに行う事を目的とした試験が簡易孔内水平載荷試験（以後，簡易 LLT）である．本試験方法は，SWS 試験実施後の試験孔を用いて行うことにより，狭小地に適用でき，かつ費用や工期を削減する事が可能となる．

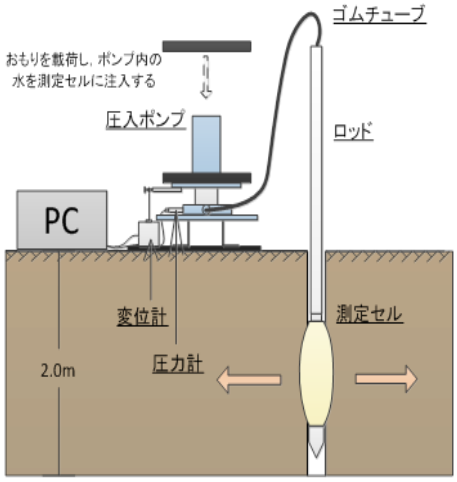

図 1　簡易孔内水平載荷試験概略図

図 1 に簡易孔内水平載荷試験装置の概略図を示す．簡易 LLT に用いる測定セルは長さ 12cm，ゴムチューブ製のものを使用し，SWS 試験装置により掘削した孔に測定セルを試験実施深度まで挿入する．挿入後，圧入ポンプにおもりが計 17 枚になるまで載荷していく．その際，おもりを乗せる毎にその状態を一定時間保持した．そしてこのときの圧力計や変位計の値を記録する．なお，おもり 1 枚あたりによる載荷圧力増分は 12.8kN/m^2 であり，おもり 17 枚で最大 220kN/m^2 の圧力を載荷できるものである．

3. 実地盤における簡易 LLT

3-1. 実験概要

大学内の敷地において，2 通りの実験を行った．実験 A は簡易 LLT の試験方法によって実験を行い，変形係数 E を算定した．また，簡易 LLT の載荷保持時間は 2 分間としており，圧密の影響を考慮した載荷時間であると言い難い．そのため，圧密による沈下量を推定することは困難である．そこで，実験 B では，経過時間と地盤の圧縮量の関係を調べるために実験を行った．

キーワード　圧密沈下　孔内水平載荷試験　スウェーデン式サウンディング試験
連絡先　〒158-8557　東京都世田谷区玉堤 1-28-1　東京都市大学　TEL.03-5707-0104　E-mail：g1018034@tcu.ac.jp

3-2. 実験方法

試験実施深度を 2.0m とし，圧力の載荷方法を変え，以下の 2 種類の実験を行った．

実験 A:おもりを段階的に載荷していき，極限圧力が確認された時点，または圧入ポンプ内の水を注入しきった時点で実験を終了することとした．このとき，おもり 1 枚当たりの圧力増分は 12.8KN/m^2 であり，各段階において圧力を載荷後，2 分間保持した．なお，測定セルを挿入する前に圧入ポンプと同じ高さ，かつ水平にした状態にして，この時の圧力，体積の値を初期値とした．

実験 B：実験 A において確認された降伏圧力と同等の圧力になるようにおもりを載荷した後 3 時間，体積変化量を計測した．ここでは，その圧力を載荷した直後の体積の値を初期値とした．

3-3. 実験結果

実験 A：実験結果より圧力−体積変化量，圧力−孔壁変位量の関係を求めた．ここで，圧力には測定された注入圧力から水頭差 2m 時における静水圧分を補正したもの，孔壁変位量は測定セルが円柱状に膨張していくと仮定し，水の注入量より算出したものとした．

圧力−測定セルの体積変化量，孔壁変位量−圧力の関係図をそれぞれ**図 2**，**図 3** に示す．**図 3** から，190kN/m^2 程度の圧力が作用した時，圧力-孔壁変位量（体積変化量）関係において，勾配が急変していることから，今回実施した実験における初期圧力，降伏圧力はそれぞれ 70.6kN/m^2，187.0kN/m^2 であったと推定できる．そこで，圧力-孔壁変位量曲線における直線部分（初期圧力-降伏圧力間）の勾配から変形係数 E（kN/m^2）を次式より算定した．

$$E = (1+\nu)\gamma_m \Delta p/\Delta\gamma \quad (kN/m^2) \qquad \cdots (1)$$

ν ：ポアソン比，　γ_m：Δp/Δγ 算定区間の中間半径　(m)

Δp：直線部分における圧力増分　(kN/m^2)

$\Delta\gamma$：Δp に対応する孔壁変位増分　(m)

変形係数を算定したところ，E=429.0kN/m^2 という結果が得られた．齋藤ら [1)]が行った SWS 試験結果より，2m 地点における換算 N 値は 2 であり，これに吉中ら [2)]の提案（E=700N　kN/m^2）を用いて，算定したところ，E=1400kN/m^2 となった．今回得られた変形係数はその 1/3 程度であり，孔壁の緩みや孔壁変位の仮定が影響したと思われる．実験 B について，**図 4** に経過時間と測定セルの体積変化量の関係図を示す．**図 4** から圧力載荷後，急激に体積は膨張していき，40 分経過時点において，傾きは小さくなるものの一定の割合で体積は膨張し続けた．

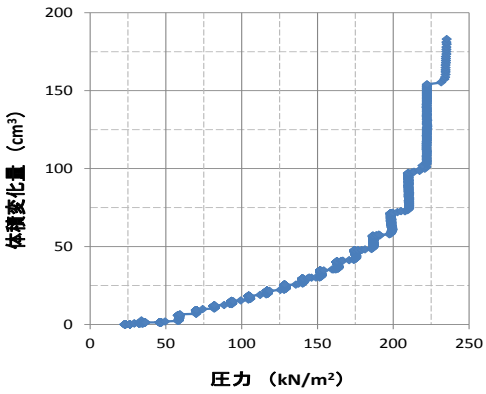

図 2　圧力−体積変化量関係図

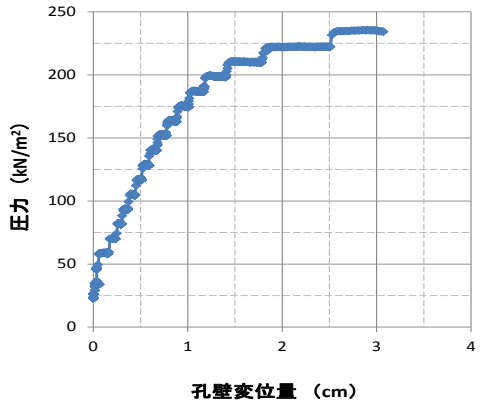

図 3　孔壁変位量−圧力関係図

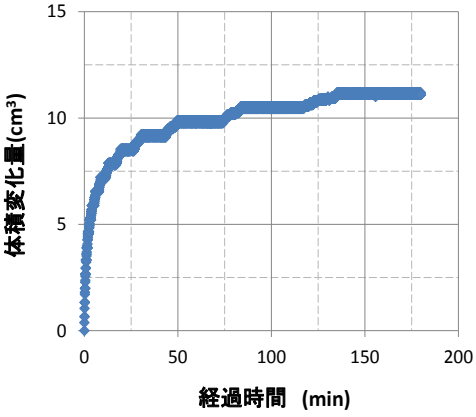

図 4　経過時間−体積変化量関係図

4. まとめ

大学内の敷地において簡易 LLT を実施したところ，変形係数は 429.0kN/m^2 と求められた．しかし，本試験では，水の注入量から孔壁の変位量を算出しているが，未だ不明瞭な点もあり，孔壁の変位量の算出方法に課題も残っている．今後得られた変形係数に関して，妥当性について評価していきたいと考えている．また，簡易 LLT より体積圧縮係数等を算出するための試験方法を考案することにより圧密による沈下量を推定していきたいと考えている．

参考文献　1)吉中ら：横方向地盤反力係数，土木技術資料，Vol.10，No.1，pp32~37，1968.

2)東京都市大学：齋藤拓真：簡易孔内水平載荷試験装置および試験法の開発