

戸建住宅を対象としたスウェーデン式サウンディングによる地盤評価の考え方

An Evaluation of Ground Properties by Swedish Weight Sounding for the Detached Houses

田 村 昌 仁 (たむら まさひと)

独立行政法人建築研究所

枝 広 茂 樹 (えだひろ たかき)

都市基盤整備公団 技術監理部

渡 部 英 二 (わたなべ えいじ)

都市基盤整備公団 つくば整備部

吉 田 正 (よしだ ただし)

㈱東京ソイルリサーチ 本店技術部

秦 樹一郎 (はた きいちろう)

基礎地盤コンサルタンツ㈱関東支社技術部

1. はじめに

戸建住宅の基礎設計では、当該敷地が新規の造成地であるか否かといった敷地の生い立ちを十分把握したうえで適切な地盤調査を行うことが重要である^{1),2)}。必要不可欠な地盤情報は、①基礎底面付近の地盤の許容応力度、②圧密沈下の恐れのある地層の存否、③圧密層厚や支持層深さの変化、の3点である。これらを正確に把握することは容易でないが、経済性などから最も実用的な調査方法はスウェーデン式サウンディング (Swedish Weight Sounding, 以下SWS) である。しかしながら、SWSの信頼性や回転貫入機構などが明確でなく、今後検討すべき部分も残されている。本文は上記を鑑み、SWSによる地盤評価の考え方やスクリーへの貫入機構を述べたものである。

2. スウェーデン式サウンディング

2.1 試験方法の特徴

SWSは、ロッドの先端にスクリーを取り付け、地盤中に回転貫入させる地盤調査法であり、ロッドに付与する軸荷重と貫入に要する回転数から地盤の硬軟が判定できる (図-1参照)。この手法は適用性が明確でないことやスクリー形状の規定が最大径、全長、ねじり回数のみで、貫入機構が明確でないなど課題も多いが、他の手法が決して追随できない利点を有している。

一般の建築基準法の改正に伴い、SWSによる地盤の許容応力度算定式 (平成13年国土交通省告示1113号) や基礎形式毎の許容応力度の下限値 (平成12年建設省告示1347号) が規定されたことを考えると、当該手法のニーズと意義はさらに高まる。しかし、SWSで地盤の支持性能を適切に評価するためには、 N_{sw} と支持力などの関係を把握するとともに、当該手法の適用範囲・特徴を知ることが重要である。簡便なだけに地盤状況や貫入状況を見誤った結果のみに依存する評価では支持力を大きく見誤る危険性がある。そこで、今回、①SWSと地盤の許容応力度、②スクリー貫入機構などについて述べることにする。

2.2 SWSと地盤の許容応力度

図-2は、種々の地盤を対象にして基礎底面で実施した平板載荷試験に基づく許容応力度 q_a (kN/m²) と N_{sw} (G.L. -0.5 m ~ -1.0 m 区間の平均値) の関係を示す。図中の実線は告示1113号で規定された(1)式⁴⁾であり、告示式は実測 q_a の下限値程度であることがわかる。

$$q_a = 30 + 0.6N_{sw} \quad \dots\dots\dots (1)$$

図中の破線は N_{sw} , $W_{sw} \sim q_u$, $N_{sw} \sim N$, $\phi \sim N$ の換算式 ((2), (3), (4) 式) と一般的な地盤の許容応力度算定式 ((5) 式, 荷重の傾斜なし) から得られる $q_a \sim N_{sw}$ の関係を示す。この計算値は粘土では(6)式となり、(1)式より若干大きい程度ではほぼ同等である。砂の場合は(7)式 (連続基礎幅 $B=0.5$ m, $\gamma_1=17$ kN/m²) となり、 N_{sw} から ϕ を推定する精度や ϕ が小さい範囲での N_y の信頼性が低いため、計算値が(1)式よりもかなり小さくなる。なお、(5)式の採用に際しては根入れ項を無視したが、この影響は少ない。

参考として、地盤調査法 (地盤工学会) に紹介されている甚野ら³⁾による(8)式を示す。この式は(1), (6)式より大きな位置に分布する。

$$q_u = 0.045W_{sw} + 0.75N_{sw} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(\text{礫・砂・砂質土}^5) N = 2 + 0.067N_{sw} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\phi = 15 + \sqrt{20N} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$q_a = 1/3(\alpha C N_c + \beta \gamma_1 N_y B + \gamma_2 D_f N_q) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\alpha, C, N_c, \beta, \gamma_1, N_y, B, \gamma_2, D_f, N_q: \text{告示1113号参照}$$

$$q_{ac} = 0.038W_{sw} + 0.64N_{sw} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$q_{as} = 1.41N_y \quad \dots\dots\dots (7)$$

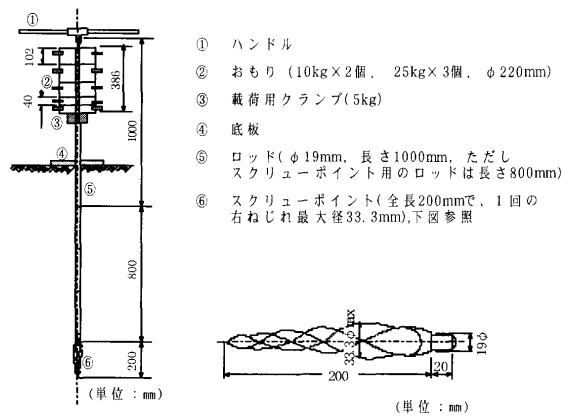
$$q_a = 30 + 0.8N_{sw} \quad \dots\dots\dots (8)$$

2.3 SWSのスクリー推進機構

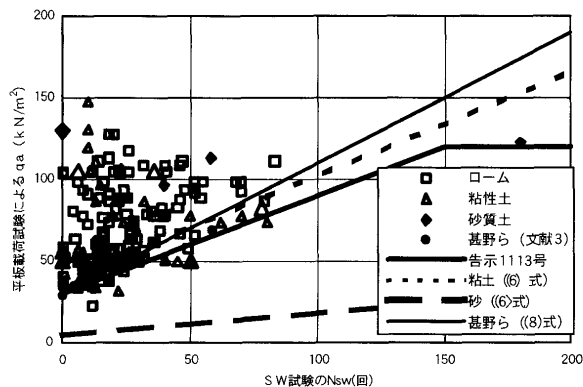
(1) スクリー形状と推進機構

SWSの標準型スクリーの形状を図-3に示す。製造方法は様々であるが、(a)の角錐状鋼材を20 cmにつき1回ねじったものと考えればよい。水平切断面はおおむね正方形 (最大辺長 $B=2.3$ cm) である。一般に回転貫入体の形状は、軸部 (回転に影響されない貫入部) とスクリー部 (回転により半径方向の動きが生じる部分) に大別できる。スクリーパイルやアースオーガー

論 文



図—1 スウェーデン式サウンディング

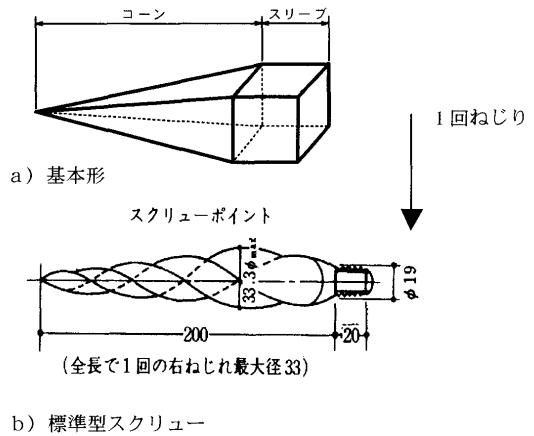
図—2 平板載荷試験に基づく許容応力度 q_a と N_{sw} の関係

では両社が明確に区別できるが、SWS では軸部とスクリー部が一体化し、水平切断面（厳密にはその内接円が最小値）が軸部に相当する。

スクリー部の推進機構は、① W_{sw} による軸力効果、②スクリーの回転推進効果、③スクリー周辺地盤の破壊等に基づく貫入（構造効果）、に大別できる²⁾（口絵写真—3 参照）。これらを定量的に検討することは容易でないが、ここでは、これらの効果を簡単な試験で検討することにした。

(2) 異なる形状のスクリーによる SWS 試験
試験に使用したスクリーの種類を、表—1 および口絵写真—4 に示す。現行の JIS 規格におけるスクリー形状は、最大径 33.3 mm、全長 20 cm につき 1 回ねじりが規定されている程度であり、最大径の位置などについては上部から 5 cm 程度の位置が例示されているにすぎず、形状の規定は必ずしも明確でない。最上部の形状についても上部のロッド（径 19 mm）とのスムーズな接続を考慮して径を小さくして外周のねじりが削られているものもある。また、最先端部は摩耗・破損の防止を目的として角錐状のままではねじれていないこともあるがその範囲もまちまちである。

そこで、今回は最大径の位置を最上部にしたものを上部型（No. 2）、上部から 5 cm にした標準型（No. 1）、上部から 15 cm にした下部型（No. 3）の 3 種類を用いた。加えて、貫入機構を理解するためにねじりを 20 cm 当たり 1.5 回程度にした密捻型（No. 4）、20 cm 当たり



図—3 JIS 標準形スクリーの概要

表—1 試験に使用したスクリーの諸元

No	形 状	スリーブ長 (cm)	コーン長 (cm)	ねじり回数 (回)	備 考
1	標準型	5	15	1.0	JIS 標準形
2	上部型	0	20	1.0	
3	下部型	15	5	1.0	
4	密ねじ型	5	15	1.5	
5	緩ねじ型	5	15	0.7	
6	角錐型	5	15	無	
7	円錐型	0	20	無	

0.7 回程度の緩捻型（No. 5）、さらにはスクリーのねじり効果の影響を調べるためにねじり前のスクリーの原型である角錐型（No. 6）や円錐型（No. 7）も併せて使用した。なお、今回はスクリー形状の影響の検討を目的としているため、スクリーの製造精度についても把握することが必要と考えられる。そこで、スクリー下端から高さ方向の回転角や最大半径の大きさを詳細に計測し、その結果を定量化指標としてまとめ、代表例を図—5 に示す。最大回転半径（最大径）はおおむね規定した大きさが保たれているが、回転角（ねじり回数）の精度にはややばらつきがみられる。

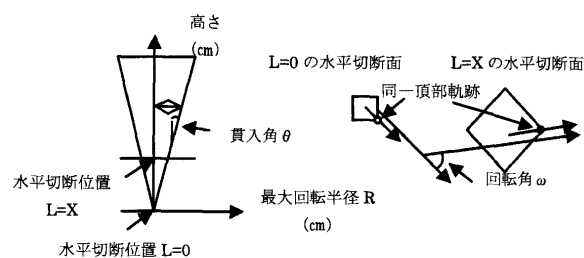
2.4 試験結果

各スクリーを用いた SWS 試験結果を、 N_{sw} の測定結果例として図—6 に示す。以下にその概要を示す。

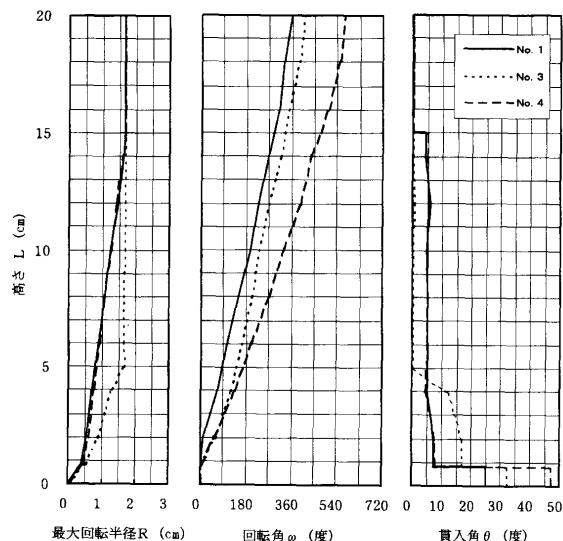
① ひねり回数が同一な標準形（No1）、上部形（No2）、下部形（No3）では、スリーブ長が長くなるほど N_{sw} の値および深度方向の変動が小さくなる傾向にある。これは、ひねり回数が同一の場合では、スリーブ長が長いほど回転推進効果が優れていることを示している。

② ねじりがなく回転推進効果が期待できない円錐や角錐型スクリーでも回転することによって推進させることができる。これは、スクリー周辺の地盤が破壊することに起因する回転貫入（構造効果による推進）であるが、地盤がある程度硬くなると空回り現象が生じて貫

a) スクリューの定量化指標の定義



b) スクリュー計測結果例

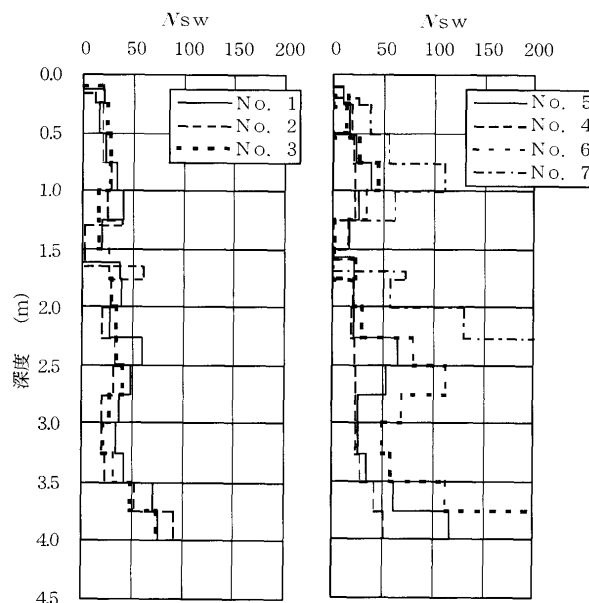


図—5 スクリュー形状の計測結果 (定量化)

入不能になる。このようなスクリューは、ねじりの強いスクリューに比較して、軟らかい地盤であってもその強度の違いが N_{sw} に反映されやすいと考えられる。

③ ねじり効果が強い密捻型 (No. 4) の場合、地盤が十分強固な場合を除き N_{sw} は変化しにくく、その大きさはスクリューがスムーズに貫入する場合の m 当たりの半回転数に近い。これは、スクリューパイルやアースオーガーのように回転貫入がねじり具合に大きく左右され、地盤が特に固い場合を除くと、ねじりのピッチに回転貫入挙動が支配されるためである。

④ 荷重ゼロの状態では、空周現象が生じやすく、通常のスクリューによる測定では、 N_{sw} がおおむね15以上程度で回転貫入が不能となる。これはスクリューの貫入には W_{sw} による推進機構「軸力効果」が大きく関わっていることを示すものである。 W_{sw} が一定以上存在しないと、スクリューを地盤に食い込ませるための反力が得られないので、軸力は回転推進効果の原動力にもなりうると考えられる。



図—6 各スクリューを用いた SWS の測定結果

3. ま と め

本研究は、SWS による N_{sw} と許容応力度 q_a の関係やスクリューの回転貫入機構の特徴を整理したものである。建築基準法の改正などを契機として、SWS は住宅用の地盤調査法として今後さらに有用視されられると考えられるが、①スクリューポイントの形状等の規格が必ずしも明確でないこと、②スクリューの貫入機構や自沈の判定方法が明確でないこと、③最近では従来の手動式装置にかわって種々の自動式装置が開発実用化されているが、両者の関係や自動式装置自体の性能評価法が必ずしも明確でないこと、などの課題もあり、今後更にデータを収集して検討を加えたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 田村昌仁・河合直人・藤井 衛・植田静喜：戸建住宅の基礎・地盤を対象とした性能評価の考え方、土と基礎，No. 4, 2000.
- 2) 田村昌仁・橋本光則・枝広茂樹・小林精二：戸建住宅を対象とした地盤調査と地耐力評価のポイント，建築技術，2001.
- 3) 甚野慶右・野田信也・城戸博彦：住宅等小建築物の地盤調査について，第18回土質工学研究発表会講演集，pp. 65～68. 1983.
- 4) 告示1113号『地盤の許容応力度ならびに基礎ぐいの許容支持力』，ビルディングレター，7月号，建築センター，2001.
- 5) 稲田倍穂：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. (原稿受理 2002.3.25)