

- 4 建築基礎の性能評価技術の開発研究

Study on the development of performance evaluation technology for building foundation (研究期間 平成 14 ~ 16 年度)

国際地震工学センター

International institute of seismology and earthquake engineering

田村昌仁

Masahito Tamura

This study deals with the performance evaluation technology of building foundation. First, the design method of foundation of detached houses was developed. In the construction of detached houses on the fill and the building site near the retaining wall, it is important to take the settlement of the foundation into account. Through the field data, the method to calculate the settlement of foundation using the soil test result by Swedish Weight Sounding is newly suggested. The penetration mechanism of screw point of Swedish Weight Sounding is also investigated. Moreover, monolithic model with above ground part of building and underground part of building was developed. In this study, seismic response of buildings with the proposed models of pile were analyzed.

[研究目的]

基礎の性能は、建築物の安全性や使用性に大きく係わっているが、性能評価法が未成熟のため上部構造と比較して不十分な部分が少なくない。戸建住宅においては、敷地の状況に見合った基礎地盤の性能評価技術の向上が必要である。また、比較的大きい規模の建築物の場合は、耐震性の検討も重要であるが、建築物の地上部分は中地震及び大地震の 2 種類の地震力に対する構造安全性の検討がなされるのに対して、基礎を含めた地下部分では通常の場合は中地震に対する検討にとどまっており、基礎の挙動やそれに伴って地上部分がどのような影響を受けるのか不明な部分が多い。

本研究の目的は、上記を鑑み、建築基礎を対象とした性能評価法の基盤整備を図るものであり、研究内容を大別すると以下ようになる。

- (1)住宅を対象とした地盤調査と基礎設計に関する研究
- (2)基礎と上部構造の性能の相互関連性に関する研究

[研究内容]

上記(1)の研究では、住宅用地盤調査技術の検討、盛土地盤などの造成地盤に対する基礎設計技術の検討を行った。(2)に関しては、上部構造の挙動に及ぼす基礎の影響と基礎の挙動を上部下部一体解析により検討した。これらの研究成果は、文献 1)-80)にまとめており、ここでは、住宅の地盤調査として広く用いられているスウェーデン式サウンディングの調査結果を述べる。

[スウェーデン式サウンディングによる地盤調査技術]

スウェーデン式サウンディング(以下 SWS)は、住宅用の地盤調査法として多用されているが、スクリーポイント(以下スクリー)の形状規格/自沈判定法などが明確でなく、いくつかの課題が残されている。当該手法の信頼性を向上させるためにはスクリーの回転貫入機構を把握して N_{sw} や W_{sw} の大きさの持つ意味などを理解することが重要である。

[SWS と地盤の許容応力度]

SWS は、JIS で規格化されている調査法であるが、海外規格 (EN) と比較すると最大径やロッド径などが異なる。図 1 には、当該手法の変遷を示す。捻っていない角錐状スクリーも過去には存在していた。なお、現在の EN と JIS の対比も表 1 に示しているが、捻り具合や最大径だけでなく N_{sw} の定義にも違いがある。

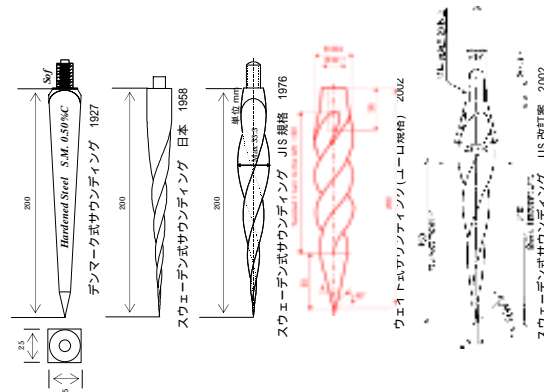


図 1 スウェーデン式サウンディングの変遷

表 1 EN 規格と JIS 規格の対比

区分	対象	JIS (スウェーデン式サウンディング)	ENV 1997
スクリーポイント	全長	20cm ₍₁₎	20cm
	最大径	33.3mm ₍₁₎	35mm
	摩耗限界	最小径31mm ₍₂₎	最小径32mm
	捻り方	20cmで左1回転 ₍₁₎	13cmで左1回転
	先端部形状等	5 ~ 10mm程度の角錐 ₍₁₎	長さ55mmの角錐
ロッド	径	19mm ₍₁₎	22mm
荷重	荷重の種類	50 ~ 1000N ₍₁₎	50 ~ 1000N
	自沈	判定方法	-
回転	回転開始状態	-	< 20mm/sec ₍₃₎
	最大回転速度	25rpm ₍₁₎	50rpm
試験結果の評価	半回転数評価区間	100cm ₍₁₎	20cm
	結果の評価方法	許容応力度、換算N値など	せん断抵抗、ヤング率など ₍₃₎

*1 JIS 規格 *2 JIS 解説 *3 ENV Annex

図 2 には、平板載荷試験における長期許容支持力 q_a (kN/m²) と N_{sw} の関係を示す。

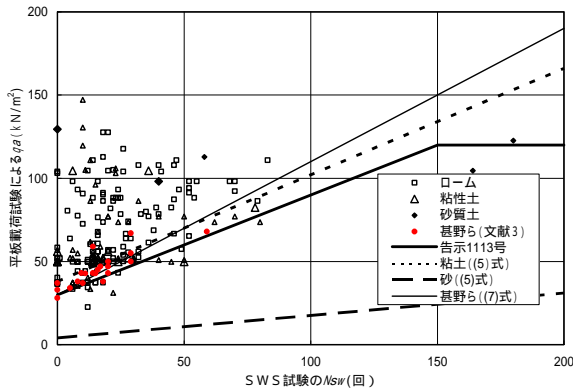


図 2 平板載荷試験の許容支持力と N_{sw}

図中の太実線は国土交通省告示第 1113 号による(1)式であるが、告示式は実測 q_a の下限値に近い。

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

N_{sw} : 底面から下 2m までの平均 (個々の N_{sw} 150)

図中の破線は $N_{sw} \sim q_u$, $N_{sw} \sim N$, $\sim N$ の換算式((2),(3)式)と一般的な地盤の許容応力度算定式((4)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 (W_{sw} の単位は kN)。計算値は、粘土では(5)式となり、(1)式より若干大きい程度でほぼ同等である。砂では N_{sw} から N を推定する精度や q_a が小さい範囲での N の信頼性が低く、計算値が(1)式よりもかなり小さくなる。

$$q_u = 45W_{sw} \text{ (kN)} + 0.75N_{sw} \quad (2)$$

$$N = 2 + 0.067N_{sw}, \quad N = 15 + 20N \quad (3)$$

$$q_a = 1/3 (i_c CN_c + i_r N B + i_q 2D_f N_q) \quad (4)$$

$$q_{ac} = 38W_{sw} \text{ (kN)} + 0.64N_{sw}, \quad q_{ac} = 1.41N \quad (5)$$

$$i_c = i_q = (1 - /90)^2 \quad i = (1 - /)^2 \quad (6)$$

$$q_a = 30 + 0.8N_{sw} \quad (7)$$

i_c, i_r, i_q : 傾斜角に応じて計算される数値、 i : 荷重の傾斜角、 c : 地盤の内部摩擦角 (度)、 N_c, N_r, N_q : 基礎の形状係数、 B : 基礎の短辺又は短径の長さ、 L : 長辺の長さ、 c : 粘着力 (kN/m²)、 N_c, N_r, N_q : 支持力係数、 γ : 土の単位重量 (kN/m³)、 γ_2 : 上方地盤の単位重量 (kN/m³)、 D_f : 根入れ深さ (m)

【スクリーポイントの自沈挙動】

自沈とは、トルクを付与しない状態でスクリーが自ら沈降貫入することをいう。急激にストンといった状態で貫入する場合は、回転があまり生じないで貫入が卓越することもあるが、スクリーの捻りに沿って回転の方が貫入しやすい。スムーズな自沈挙動は、貫入長さ 200mm につき 1 回転する状態であり、ロッド回転数 R_p (rpm) とスクリー貫入速度 V_{ps} (mm/sec) の関係において(8)式が成立する。

$$V_{ps} = L_s \cdot R_p / 600 = R_p / 3 \quad (8)$$

V_{ps} : 推進速度 (mm/sec) R_p : ロッド回転数 (rpm)

L_s : スクリュー - 全長 (=200mm)

自沈挙動を調べるため、図 3 の方法で自沈区間の回転角と貫入長を測定した。

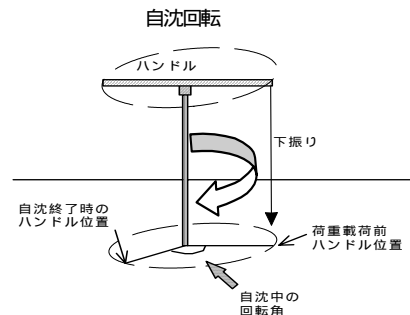


図 3 自沈中の回転角の測定方法

図 4 には、その結果を示す。図中の 18 度/cm (貫入長 1cm につき 18 度の回転) は、スクリー捻りに沿った貫入であるが、試験結果から判断すると回転より貫入がやや卓越している。スクリーが回転するにはスクリー一部だけでなく、ロッド周面の摩擦も抵抗するので、トルクを付与しない状態では、スムーズな回転より回転がさらに増すことは難しい。

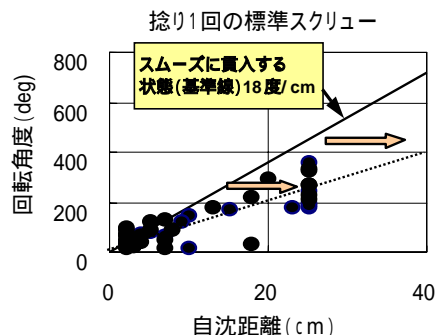


図 4 自沈中の自沈距離と回転角度の関係

参考文献

- 1) 田村ほか：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、土と基礎、11月、2002
- 2) 田村ほか、スウェーデン式サウンディングによる地盤調査法の現状と課題、土と基礎、4月、2004
- 3) 田村ほか：スウェーデン式サウンディングにおけるスクリーポイントの回転貫入と自沈、日本建築学会シンポジウム、3月、2003
- 4) 田村ほか：戸建住宅のための敷地調査と地盤調査、建築技術、3月、2004
- 5) 田村ほか：既存戸建住宅の基礎の沈下・傾斜及びひび割れ等に関する実態調査、建築学会構造系論文集、12月、2004
- 6) 田村、勅使川原、飯場ほか：一体解析による耐震性能評価手法の検討(その1 - その5)、建築学会大会梗概集、2004
- 7) 田村、勅使川原、飯場ほか：一体解析による耐震性能評価手法の検討(その7 - その10)、建築学会大会梗概集、2005
- 8) Watanabe K, Umemura Y, Teshigawara M, Iiba M, Tamura M: A study on seismic response evaluation by monolithic analysis of building and its foundation, 13th WCEE, Canada, 2004