

砂質土二層地盤の支持力について

京都大学工学部 正会員 佐野郁雄

1.はじめに

水平に層を成している摩擦角の異なる砂質土二層地盤を作成し、支持力模型実験を行った。ここでは、支持力値およびすべり線について実験値とすべり線解析の結果とを比較検討する。特に、強度定数が異なる層境界は、剛塑性理論によると応力の不連続線となるため、層境界線の挙動について注目して考察する。

2. 実験方法

前面が厚さ1.5cmの強化ガラスである鋼製の小型土層（高さ70cm，幅150cm，厚さ10cm）内に多重ふりいにより気乾状態の豊浦砂と相馬砂を落下させ、水平に層を成す砂質土二層地盤を作成する。それぞれの砂層の間隙比は約0.66，0.55である。次に、ジュラルミン製の剛性の高い載荷板（幅9.6cm，厚さ9.7cm）により応力を段階的に上昇させて荷重を加える支持力実験を行う。なお、すべり線の観察を容易にするために、豊浦砂を染料により着色し自然乾燥させた色砂を水平に数層入れている。

3. 支持力値に関する考察

表-1に示す支持力係数 N_γ ， N_q は、基礎底面がなめらかな条件でKötterの式を解くことにより求められる。まず、それぞれの内部摩擦角 ϕ についてこれらの値を支持力公式に代入し、破壊時の沈下量 D_f として考慮した支持力値を算定しておき、逆に支持力公式により実験値に相当する支持力値となる平均内部摩擦角 ϕ を線形補間により求める。この方法で相馬砂、豊浦砂単層地盤の支持力の実験値より強度定数を算定すると表-2に示すようにそれぞれ $\phi_s \cong 48^\circ$ ， $\phi_t \cong 44^\circ$ となる。さらに、上層に敷かれた豊浦砂の層厚 H を変化させた二層地盤の支持力値についても同様にして均質な地盤と考えた平均内部摩擦角 ϕ が求まる。

図-1は、上層厚 H の違いによる支持力値の変化について実験値および拡張されたKötterの式¹⁾により砂層境界を応力の不連続境界として考慮したすべり線解析より得られた結果を示している。なお、すべり線解析では基礎幅 B は受働領域の大きさを適当に決めて結果的に求まる値であるので、図-2のよ

表-1 支持力係数 N_γ と N_q

ϕ	N_γ	N_q
43	229.5	99.0
44	291.8	115.3
45	372.6	134.9
46	477.1	187.2
47	613.7	187.2
48	792.7	222.3

表-2 二層地盤の支持力（豊浦砂上層）

上層厚 H (cm)	破壊時の 沈下量 D_f (cm)	支持力 q_d	平均内部 摩擦角 ϕ	観察値 L/B	理論値 L/B
相馬砂	1.07	6.58	47.7	3.1	9.4
3.5	0.70	4.59	45.5	2.9	7.8
8.0	0.80	3.73	45.2	2.6	6.5
11.7	0.46	2.46	44.2	2.5	5.9
豊浦砂	0.65	2.40	44.2	3.3	6.5

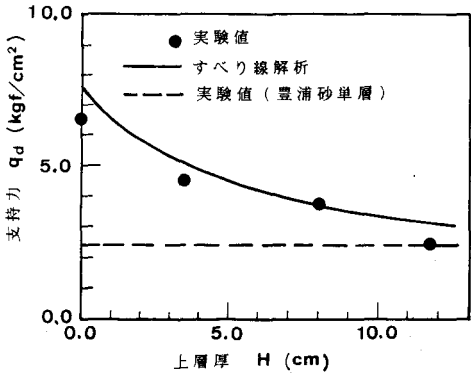


図-1 上層厚 H と二層地盤の支持力 q_d の関係

うに実際の基礎幅9.6cmと少しの差がある。また、実験値から下層地盤の強度が支持力に影響をおよぼさない上層厚Hは12cm (1.25B) 程度であることがわかる。これは、豊浦砂の内部摩擦角 $\phi=44^\circ$ とした場合主働くさびの底角を $\pi/4+\phi/2$ とする二等辺三角形の頂角の深さ1.28Bとほぼ同じである。

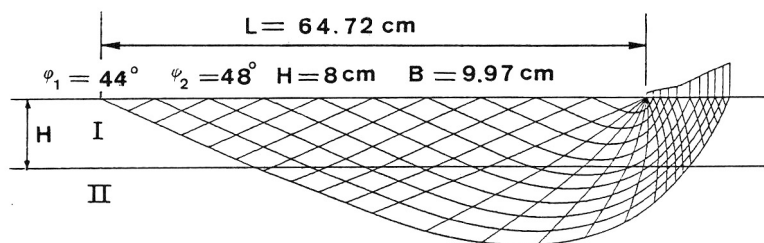


図-2 応力の特性線（拡張されたKötterの式による）

4. すべり線に関する考察

実験では、破壊荷重付近でまず基礎底面直下がパンチングせん断された状態が観察される。その後さらに载荷を続けると、Hill型の2つの主働くさびが自重を考慮したすべり線解析でみられるような内側に凹となる湾曲した形状であられる。また、この時点ではかなりの表面隆起も観察される。続いて写真-1のように2つの主働くさびから塑性流動を生じ明瞭なすべり線があらわれる。さらに载荷を続けると、写真-2のようにPrandtl型の主働くさびが入る場合もある。しかし、両者の破壊形態の違いにより、支持力値はほとんど変わらない。なお、単層地盤の場合はPrandtl型の破壊形態が最初から観察される場合が多い。

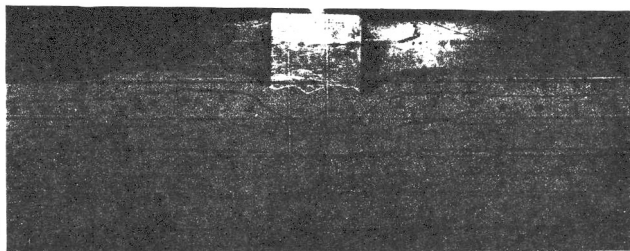


写真-1 二層地盤のすべり線（Hill型）

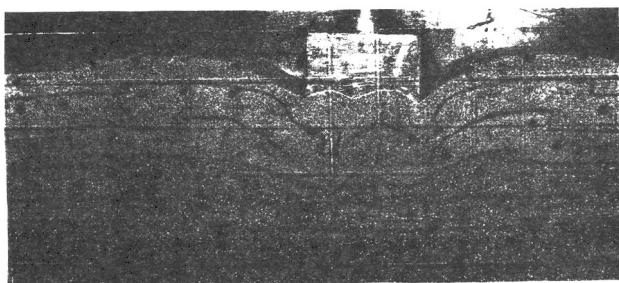


写真-2 二層地盤のすべり線（Prandtl型）

剛塑性理論によると層境界は応力の不連続線となる。内部摩擦角の違いによって応力の特性線は図-2のように層境界で屈折するが、実際のすべり線では明瞭な屈折を観察できない。これは、従来より多くの研究者²⁾により指摘されているとおり、観察すべり線は速度の特性線方向にほぼ一致して生成するためであろう。この場合速度特性線は運動学的に許容な場を構成しなければならず層境界では不連続を生じないことになる。すべり線解析では速度場の特性線と応力の特性線はダイレイタンス角を ψ として $(\phi-\psi)/2$ で交わる。

また、基礎幅Bと受働領域の幅Lとの比 L/B についてすべり線解析で得られた応力の特性線から求める理論値と観察値を表-1に示す。これより実際のすべり線は、応力の特性線に比べてかなり小さいことがわかる。これは、基礎底面の破壊形態の違いおよび実際のすべり線が速度の特性線にほぼ一致しているためと考えられる。

最後にこの研究を遂行するにあたって有益な助言を赤井浩一教授より受けた。また、実験や解析にあたって山崎弘太郎氏（現大阪市）の協力を得たので付記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 山口柏樹：最上武雄編土質力学，第7章土の塑性力学，技報堂，pp. 745-891，1969.
- 2) 例えば James, R.G. and Bransby, P.L.: A Velocity Field for Some Passive Earth Pressure Problems, *Geotechnique*, Vol. 21, No. 1, pp. 61-83, 1971.