

III-105 上向き浸透流のある砂地盤上 帯状基礎の支持力解析

宇都宮大学大学院生 ○河合 伸由

宇都宮大学(正) 日下部 治

1. はじめに

砂地盤中に上向きの浸透流がある場合の帯状直接基礎の支持力は、塑性域内での平均動水勾配を i とすると

$$q_1 = (\gamma' - i \gamma_w) B N_\gamma / 2 \quad (1)$$

として求められるといわれている¹⁾。これは、上向きの浸透流が塑性域内の任意の場所で鉛直方向を向いていると仮定したものである(図-1(b))。しかし基礎底部が不透水性である場合、浸透流は基礎端近傍で急激に曲がっているものと考えられる(図-1(a))。本報告では、この基礎の透水性条件の差異が支持力値にどのような影響を及ぼすかを帯状直接基礎を対象に解析を行なってみた。解析は透水条件に対応した境界条件をもつ流れ関数をKötter式の中に組み込むことにより行なった。同時に解析結果を定性的に検討するために不透水性及び透水性の二種類の円形基礎を用いて飽和砂地盤上の支持力実験も行なった。軸対称の実験を行なったのは、実験上の水理境界を簡明にしようとしたためである。

2. 解析方法

任意の点での圧力水頭変化を取り入れた二次元のKötter方程式は次式で表わされる²⁾。

$$\begin{aligned} & (1 + \sin \phi' \cos 2\alpha) \frac{\partial \sigma_m'}{\partial x} - 2(\sigma_m' \sin \phi' + C' \cos \phi') \sin 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} \\ & + \sin \phi' \sin 2\alpha \frac{\partial \sigma_m'}{\partial y} + 2(\sigma_m' \sin \phi' + C' \cos \phi') \cos 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial y} \\ & = -\gamma_w \frac{\partial h}{\partial x} \\ & \sin \phi' \sin 2\alpha \frac{\partial \sigma_m'}{\partial x} + 2(\sigma_m' \sin \phi' + C' \cos \phi') \cos 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} \\ & + (1 - \sin \phi' \cos 2\alpha) \frac{\partial \sigma_m'}{\partial y} + 2(\sigma_m' \sin \phi' + C' \cos \phi') \sin 2\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial y} \\ & = \gamma' - \gamma_w \frac{\partial h}{\partial x} \end{aligned}$$

ここで圧力水頭は、高さ C の障害物に垂直に流れる流体(図-2)の複素ポテンシャル

$$W = U\sqrt{Z^2 + C^2} = \phi + i\psi$$

を用いて

$$\begin{aligned} \frac{dw}{dz} &= \frac{ZU}{\sqrt{Z^2 + C^2}} = u - iv = \frac{\partial \phi}{\partial x} - i \frac{\partial \psi}{\partial y} \\ \frac{\partial h}{\partial x} &= \frac{\partial \phi}{\partial x} / k, \quad \frac{\partial h}{\partial y} = \frac{\partial \psi}{\partial y} / k \end{aligned}$$

と解析的に表示される。

これを境界条件に即して数値差分を実行すれば、上向き浸透流のある地盤上の帯基礎の支持力値を厳密に求めることができる。

3. 解析結果

基礎を不透水と透水の条件で解析を行なった結果、透水性の基礎よりも不透水性の基礎の方が q_1/q_0 の減少が大きいことがわかった(図-3)。即ち不透水性の場合は式(1)から求められる低減率 $q_1/q_0 = (1 - i \gamma_w / \gamma')$ …(2) よりも支持力の減少が大きくなると考えられる。また、式(2)では ϕ によらず i のみにより直線

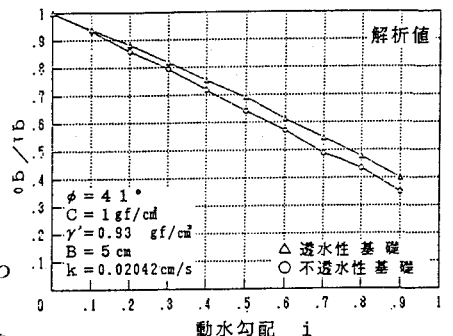
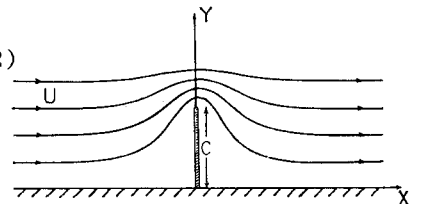
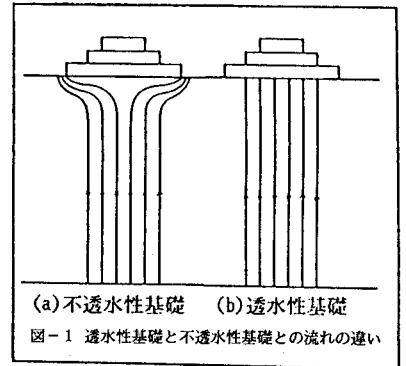


図-3 透水性基礎と不透水性基礎の $q_1/q_0 \sim$ 動水勾配関係(解析値)

的に減少するという考え方であるが、今回粘着力及び内部摩擦角をパラメーターとして同様の解析を行なったところ、どちらにおいても q_1/q_0 の減少に影響があることがわかった(図-4, 図-5)。即ち粘着力の小さい程 q_1/q_0 の

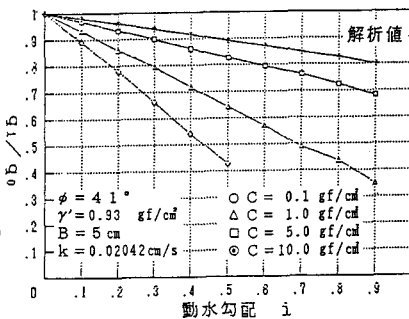


図-4 粘着力をパラメーターとしたときの q_1/q_0 ～動水勾配関係

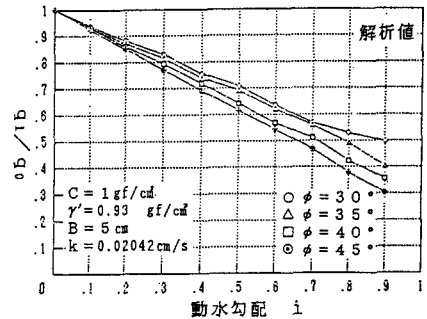


図-5 内部摩擦角をパラメーターとしたときの q_1/q_0 ～動水勾配関係

減少は大きくなり、内部摩擦角も q_1/q_0 の減少率が大きくなる。したがって式(2)は内部摩擦角による関数 α をもつて $q_1/q_0 = (1 - i\alpha\gamma_w/\gamma')$ と修正されるべきであろう。動水勾配とすべり線の大きさ、限界動水勾配以上となる範囲及び接地圧分布の関係を求めたものが図-6である。この図より動水勾配が大きくなるに従ってすべり線が広がるのがわかる。この広がり方は限界動水勾配以上となる範囲の広がり方と何らかの相関関係があるようである。基礎底面における接地圧分布は、動水勾配の増加につれて基礎端部では変化がないが中央部にかけて減少が大きいことがわかり、いずれの場合も直線分布をしているのが特徴的である。

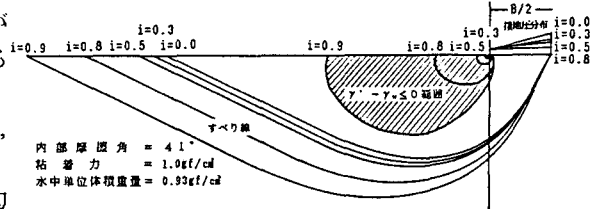


図-6 動水勾配とすべり線、 $\gamma' - \gamma_w \leq 0$ 範囲及び接地圧分布との関係

4. 実験

実験は、飽和された豊浦標準砂を相対密度60%とさせたものをモデル地盤とし、直径8cmの透水性及び不透水性の基礎を用いて行なった。図-7に支持力～沈下量の関係を示す。図-7より明瞭なピークが現われなかったので沈下、基礎幅比 $S/B=0.15$ での値をもって極限支持力とみなした。図-8に q_1/q_0 ～動水勾配の関係を示す。これより実験によって不透水性の基礎の方が減少率が大きいことが確認され、図-3を定性的に支持する。

5. まとめ

上向きの浸透流に対する支持力を厳密に論じる場合には、基礎下部での流れの影響を考えに入れなければならないことがわかった。また、今までの支持力理論では上向き浸透流による支持力の減少が粘着力及び内部摩擦角に関係ないとされてきたが、今回の解析では影響することがわかった。

この問題に関して竹中工務店技術研究所の畑中氏、塩見氏に有益な討議をいただいた。実験装置については、電力中央研究所田中氏より御提供いただいた。また解析における流れ関数については東北大学講師田中仁氏に御指導いただいた。記して謝意を表わした。

《参考文献》

- 1) 木村孟・山口柏樹：土質工学ハンドブック，土質工学会，pp.331～332，1982
- 2) 山口柏樹：土質力学 第7章，技報堂，pp.788

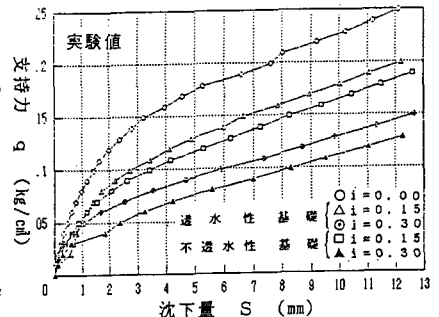


図-7 支持力～沈下量の関係

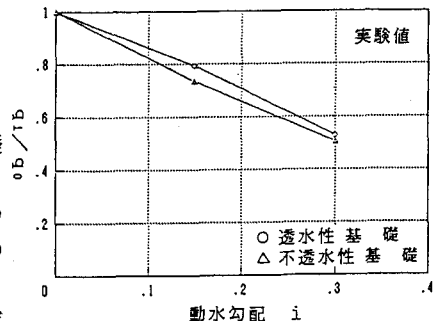


図-8 透水性基礎と不透水性基礎の q_1/q_0 ～動水勾配関係(実験値)