

群馬大学大学院 学生員 細堀 建司
群馬大学工学部 正会員 鶴飼 恵三

1. まえがき 本研究の目的は、非排水強度が深さと共に直線的に増加する粘土地盤上の正方形フーチングの支持力を主に上界定理を用いて求めることである。

2. Shieldの解¹⁾ Shieldは均質なトレスカ材上の滑らかな正方形フーチングの支持力の上界を計算している。仮定された速度場は、図-1のようなものである。その結果、次の上界解を得ている。

$$q = 5.80C = 5.14C(1 + 0.128) \quad (\rho = 56^\circ, \gamma = 43^\circ) \quad (1)$$

3. 不均質粘土地盤上の正方形フーチングの支持力 粘土地盤の強度は次式で与えられるとする。

$$C = C_0 + kZ \quad (2)$$

Z は深さを表わし、 $Z = 0$ は地表面である。

3.1 底面が滑らかなフーチングの支持力

速度場は図-1と同じである。計算の方法は、Reddy & Rao²⁾とShield¹⁾の方法を組合わせて行なった。そして ρ 、 γ を種々変化させて上界の中の最小解を求めた。計算結果を表-1と図-2に実線で示す。ただし図-2の縦軸は、次式の中の F の値を表わす。

$$q = F \left[5.14C_0 + \frac{kB}{4} \right] \quad (3)$$

q は支持力である。この表式は、Davis & Booker³⁾にならった。 $k = 0$ のとき q は式(1)で表わされる。また $C_0 = 0$ のとき、

$$q = \frac{kB}{6} \quad (\therefore F = \frac{2}{3}) \quad (4)$$

となる。

3.2 底面が粗いフーチングの支持力

速度場を図-3に示す。なお図-3の速度場で $\xi = 0$ とおき、底面の摩擦力を0とおくと図-1の速度場が得られることを付記する。計算の方法は3.1と同様である。 ξ 、 ρ 、 γ を種々変化させて、上界の中の最小解を求めた。計算結果を表-2と図-2に一点鎖線で示す。 $k = 0$ のとき

$$q = 6.504C = 5.14C(1 + 0.265) \quad (5)$$

と表わされる。また $C_0 = 0$ のときは滑らかな基礎と同じ値($= \frac{kB}{6}$)になる。

4. 下界、正解 $k = 0$ のときの下界をShieldが与えており、 $q = 5C$ である。 $C_0 = 0$ のとき、Salencon⁴⁾モデルを拡張した可容応力場(図-4)を考えると、下界は $kB/6$ となる。この値は、3.で得られた上界と一致する。従って $C_0 = 0$ のときの支持力解 $kB/6$ は、正方形フーチング(粗滑に拘らず)の正解となる。

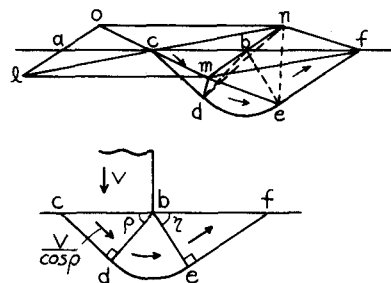


図-1. 可容速度場(滑)

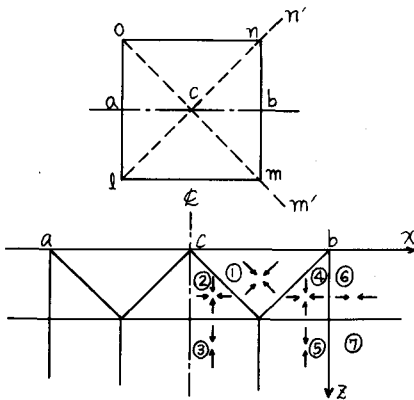
表-1. 正方形基礎(滑)の上界支持力

kB/C_0	q/C_0	F
0	5.8005	1.128
1	6.3566	1.179
2	6.8590	1.216
3	7.3260	1.243
4	7.7674	1.265
6	8.5927	1.294
8	9.3648	1.311
12	10.798	1.326
16	12.135	1.327
20	13.400	1.321
25	14.913	1.309
30	16.369	1.295
40	19.151	1.265
50	21.809	1.236
70	26.891	1.188
100	34.098	1.131
200	56.433	1.023
300	77.537	0.968
500	117.87	0.906

5. 2次元解との比較 強度が式(2)で与えられる粘土地盤上の事(2次元)フーチングの支持力解(正解)を Davis & Booker が得ている。これを図-2に破線(底面滑)と点線(底面粗)で示す。図より粗なケースでは $kB/c_0 > \text{約} 20$ 、滑らかなケースでは $kB/c_0 > \text{約} 4$ のとき正方形フーチングの支持力解の方が、2次元解より小さくなるのがわかる。つまり形状係数が負値になるという特筆すべき状況が生じる。正方形フーチングの支持力解が上界解であることを考慮すると、実際にはより小さな c_0/kB の値でもこのことが起こるのであろう。従来、粘土地盤上の3次元基礎(正方形、長方形、円形)の支持力値は2次元支持力値を割り増すことが常識として考えられてきたが、強度が深さと共に増加する粘土地盤では再考の必要がある。

(参考文献)

- 1) Shield & Drucker, J. Appl. Mech. ASME, 1975
- 2) Reddy & Rao, S & F, 1981
- 3) Davis & Booker, Geotech, 1973
- 4) Salencon, Geotech, 1974



- ① $\sigma_{zz} = kx, \sigma_{xx} = kx, \sigma_{zx} = -kz$
- ② $\sigma_{zz} = k(2x + \frac{B}{2}), \sigma_{xx} = k(2z - \frac{B}{2}), \sigma_{zx} = 0$
- ③ $\sigma_{zz} = k(2x + \frac{B}{2}), \sigma_{xx} = 0, \sigma_{zx} = 0$
- ④ $\sigma_{zz} = k(2x), \sigma_{xx} = -k(2z), \sigma_{zx} = 0$
- ⑤ $\sigma_{zz} = k(2x), \sigma_{xx} = 0, \sigma_{zx} = 0$
- ⑥ $\sigma_{zz} = 0, \sigma_{xx} = -k(2z), \sigma_{zx} = 0$
- ⑦ $\sigma_{zz} = 0, \sigma_{xx} = 0, \sigma_{zx} = 0$

①～⑦の領域において $\sigma_{yz} = 0, \sigma_{xy} = \sigma_{yx}$

図-4 可容応力場 ($c_0 = 0$)

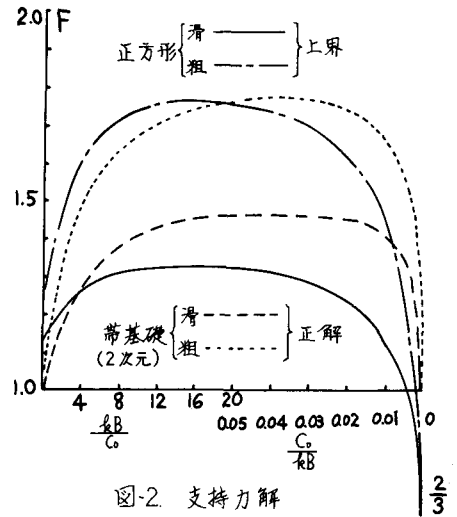


図-2 支持力解

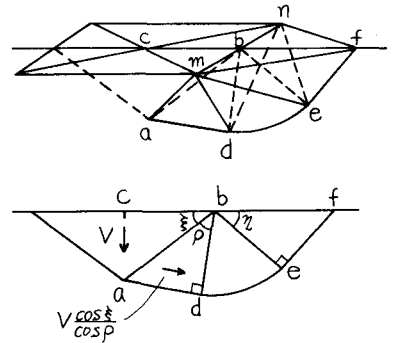


図-3 可容速度場(粗)

表-2 正方形基礎(粗)の上界支持力

kB/c_0	q/c_0	F
0	6.5044	1.265
1	7.5570	1.402
2	8.4424	1.496
3	9.2290	1.566
4	9.9431	1.619
6	11.201	1.686
8	12.300	1.722
12	14.288	1.755
16	16.096	1.761
20	17.777	1.753
25	19.762	1.735
30	21.636	1.712
40	25.176	1.663
50	28.492	1.615
70	34.713	1.533
100	43.351	1.438
200	69.367	1.258
300	93.308	1.164
500	137.98	1.060