

問題

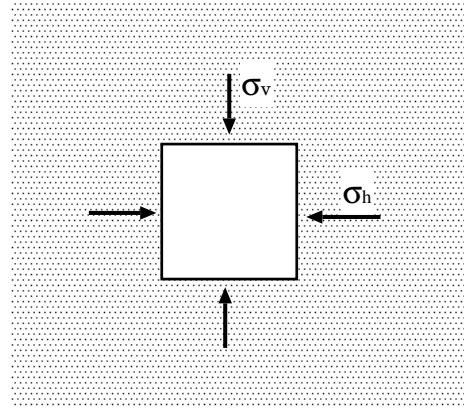
粘着力が無く、せん断抵抗角が $\phi = 28^\circ$ である砂地盤がある。そのある点で、水平面に作用する垂直応力を σ_v 、鉛直面に作用する垂直応力を σ_h と表し、いずれも主応力であるとき、次の問いに答えよ。

(1) $\sigma_v = 100 \text{ kN/m}^2$ で一定とする。
地盤に破壊が生ずる時の σ_{hf} の値を2つ求めよ。

(2) 破壊時の2つのモール円と破壊包絡線を描け。
(上半円のみで良い。)

(3) 各モール円の極と、すべり面の方向を(2)で示したモール円内に示せ。

(4) 破壊時の σ_{hf} が最大主応力である場合、すべり面に作用する垂直応力とせん断応力の値を求めよ。



解答例

(1) 水平応力 σ_{hf} が最小主応力の場合と最大主応力の場合の2つの事例が発生する。さて、Mohr-Coulomb の破壊規準を主応力表示した場合、

$$\sigma_{1f} - \sigma_{3f} = 2c \cos \phi + (\sigma_{1f} + \sigma_{3f}) \sin \phi$$

である。題意より $c = 0$ 、また $\sigma_v > \sigma_{hf}$ のとき、 $\sigma_v = \sigma_{1f}$ 、 $\sigma_{hf} = \sigma_{3f}$ となるから、

$$\sigma_v - \sigma_{hf} = (\sigma_v + \sigma_{hf}) \sin \phi$$

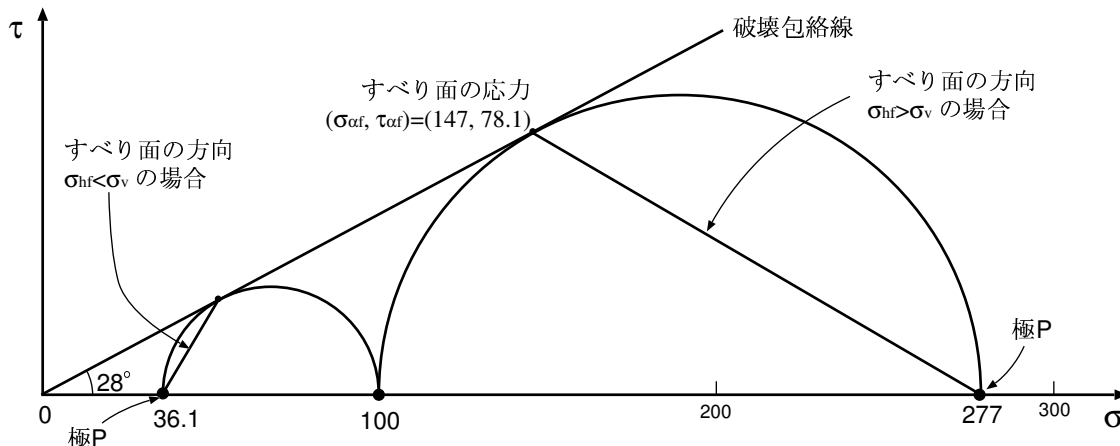
したがって、

$$\sigma_{hf} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \cdot \sigma_v = \frac{1 - \sin 28^\circ}{1 + \sin 28^\circ} \times 100 = 36.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$\sigma_v < \sigma_{hf}$ の場合は、上式で主応力を入れ換えて移項すると、

$$\sigma_{hf} = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot \sigma_v = \frac{1 + \sin 28^\circ}{1 - \sin 28^\circ} \times 100 = 277 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2) 上の結果より、主応力が 36.1 と 100 の時の円と、100 と 277 における円を描き、 $\tau = \sigma \tan 28^\circ$ で表される破壊包絡線を下図に示す。



(3) 極Pは、 σ_v の作用する面の応力点 (100,0) から水平面と平行に線を引き、これが円周と交差する点である。これらは、上図に示すようにいずれも σ_{hf} の作用する面の応力点と一致する。

(4) $\sigma_v < \sigma_{hf}$ におけるすべり面の応力は、右側のモール円と破壊包絡線の接点に表示される。その垂直応力とせん断応力の各値は下記のとおりとなる。

$$\sigma_{\alpha f} = \frac{\sigma_{hf} + \sigma_v}{2} + \frac{\sigma_{hf} - \sigma_v}{2} \cdot \sin \phi = \frac{277 + 100}{2} + \frac{277 - 100}{2} \cdot \sin 28^\circ = 147 \quad (\text{kN/m}^2)$$

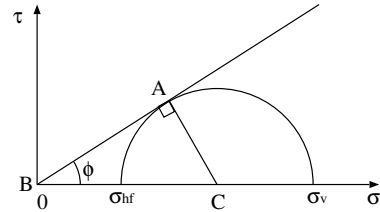
$$\tau_{\alpha f} = \frac{\sigma_{hf} - \sigma_v}{2} \cdot \sin \phi = \frac{277 - 100}{2} \cdot \sin 28^\circ = 78.1 \quad (\text{kN/m}^2)$$

補足 1

(1) については、右図のような破壊のモール円を描き、直角三角形の幾何学的関係から、主応力とせん断抵抗角の関係が容易に得られる。すなわち、 $\sigma_v > \sigma_{hf}$ のとき、

$$\sin \phi = \frac{AC}{BC} = \frac{\frac{\sigma_v - \sigma_{hf}}{2}}{\frac{\sigma_v + \sigma_{hf}}{2}} = \frac{\sigma_v - \sigma_{hf}}{\sigma_v + \sigma_{hf}}$$

となる。



補足 2

今回の演習は、Mohr-Coulomb 規準の主応力条件についての問題であるが、この内容は第 8 章の土圧理論に関連する重要なファクターを含んでいるので、よく理解しておいてほしい。