

## 2013年度 土質力学Ⅰ及び演習 定期試験

2014年1月28日(火) 13:00～15:00 共通1・共通155 講義室

### 注意事項：

- 問題は4問です。解答用紙も4枚ありますので、4枚すべてに氏名・学生番号等必要事項を記入した上で各問1枚の解答用紙を用い、【1】の問題から順に解答してください。表側に書ききれないときはその旨明記し、その用紙の裏側に解答してください。
- 各問の配点は均等です。
- 筆記用具に加えて、関数電卓、定規の持ち込みは可能です。ただし、プログラム機能、携帯電話等の電卓機能の使用は一切不可です。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【1】土取り場から掘削した土を用いて、締固め後の体積が  $20,000 \text{ m}^3$  の盛土を建設する。土取り場の土を調査した結果、自然状態の土について次の値を得た。

湿潤密度： $1.80 \text{ t/m}^3$

含水比：16.0%

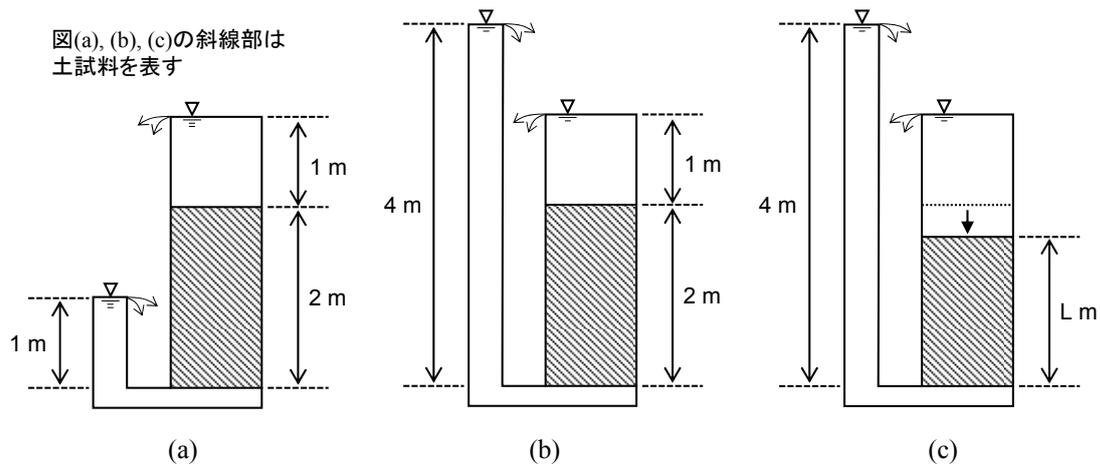
土粒子の比重：2.70

また、締固め試験の結果、最適含水比が 19.0%、その時の最大乾燥密度は  $1.80 \text{ t/m}^3$  であった。そこで盛土建設時には散水をしながら最適含水比の状態にし、最大乾燥密度の 90.0% の乾燥密度（締固め度 90.0%）で盛土を施工することにした。これについて以下の問いに答えよ。ただし、水の密度は  $1.00 \text{ t/m}^3$  とする。

- (1) 土取り場における自然状態の土の間隙比、間隙率、飽和度および乾燥密度を求めなさい。
- (2) 土取り場から掘削する自然状態の土の体積と質量を求めなさい。
- (3) 土取り場における自然状態の土  $1 \text{ m}^3$  当たりの散水すべき水の質量を求めなさい。
- (4) 締固め後の盛土の飽和度を求めなさい。

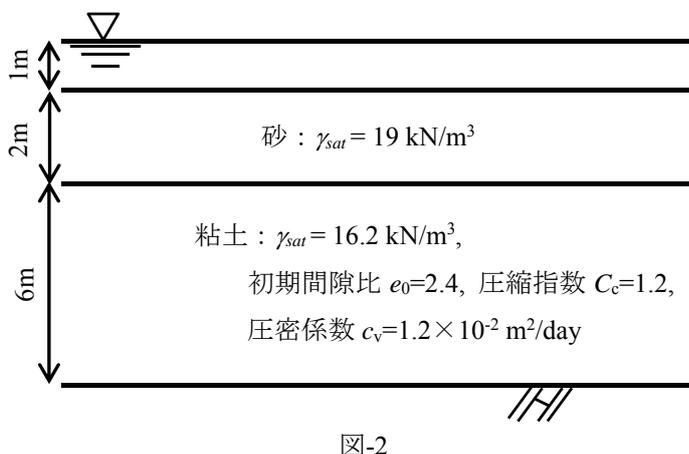
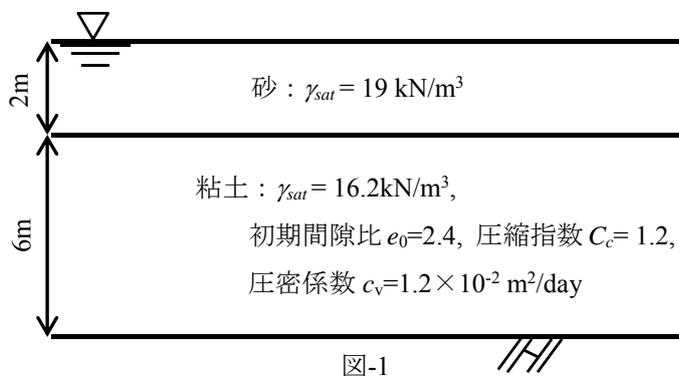
【2】ダルシーの法則が成り立つとして、下図のような土の一次元鉛直流れを考える。土試料が設置されている透水円筒の断面積は  $1000 \text{ cm}^2$ 、土試料の飽和単位体積重量  $\gamma_{sat}$  は  $19.0 \text{ kN/m}^3$ 、水の単位体積重量  $\gamma_w$  は  $9.81 \text{ kN/m}^3$  である。また、位置水頭の基準面は土試料の下端と定める。以下の問いに答えよ。

- (1) 図 (a) に示すような条件で定水位透水試験を実施したところ、流量が毎分  $120 \text{ cm}^3$  であった。この土試料の透水係数を求めよ。また、この時の土試料下端における全水頭、位置水頭、圧力水頭、鉛直有効応力を求めよ。
- (2) 図 (b) に示すように、土試料の下端側の水位を  $4 \text{ m}$  まで上昇させた。この時の土試料下端における全水頭、位置水頭、圧力水頭、鉛直有効応力を求めよ。
- (3) 次に、図 (c) に示すように、土試料の高さを低くして、定水位透水試験を実施した。土試料の高さ以外の実験条件は (2) と同様である。土試料の高さを  $2 \text{ m}$  から徐々に低くしていった結果、 $L \text{ (m)}$  の時にクイックサンド（ボイリング）状態となった。 $L$  の値を求めよ。
- (4) 変水位透水試験について概説せよ。また、定水位透水試験と対比して、どのような場合に用いられるか説明せよ。



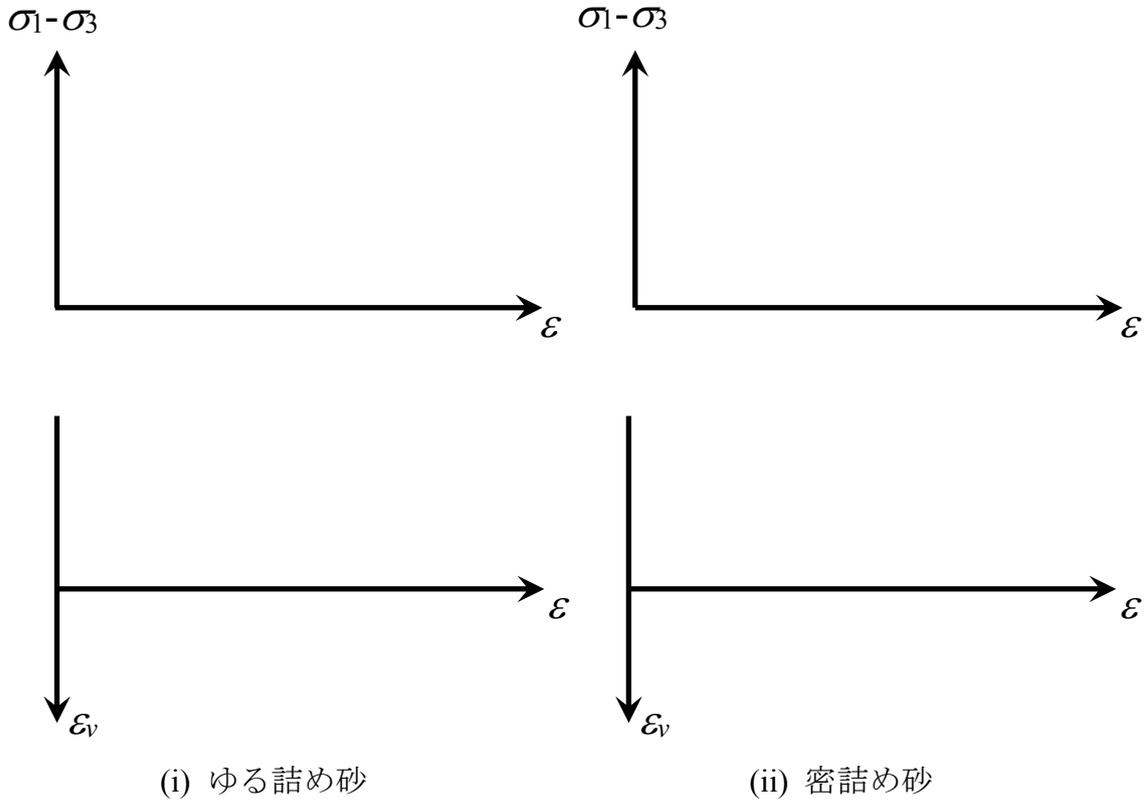
【3】 図-1 に示すような不透水岩盤上に正規圧密粘土層と砂層からなるような地盤がある。地下水位は地表面（砂層上端）に一致している。水の単位体積重量を  $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$  として以下の問いに答えよ。変形は一次元圧密によるものと考え、沈下計算にあたっては粘土層中央における物性値を粘土層を代表するものとして使用すること。また砂層は完全排水材料と仮定して過剰間隙水圧は発生しないものと考えてよい。

- (1) 粘土層の中央深さにおける初期鉛直全応力，間隙水圧（静水圧），初期鉛直有効応力を計算せよ。
- (2) 当初地表面（砂層上端）に一致していた水面が短時間に 1 m 上昇して図-2 のような状態になった。十分時間が経過した後の，粘土層の中央深さにおける鉛直有効応力の値を求めよ。その結果からこの時点で粘土層はいくら沈下するかを示せ。
- (3) (1) を初期状態として，水面が短時間に粘土層上端まで低下し，十分時間が経過した時の粘土層中央における有効応力の値を求め，この時の粘土層の沈下量を計算せよ。ただし，砂層は水面より上に出ると不飽和状態となり，この時の湿潤単位体積重量は  $\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$  である。また，沈下に伴う深度や物性値の変化は無視できるものとする。
- (4) (3) において，粘土層の圧密度が 90% に達する（時間係数  $T_v = 0.848$ ）のに要する時間を計算せよ。また粘土層下端が排水境界となったとすると，圧密度 90% に達する時間はいくらになるか。

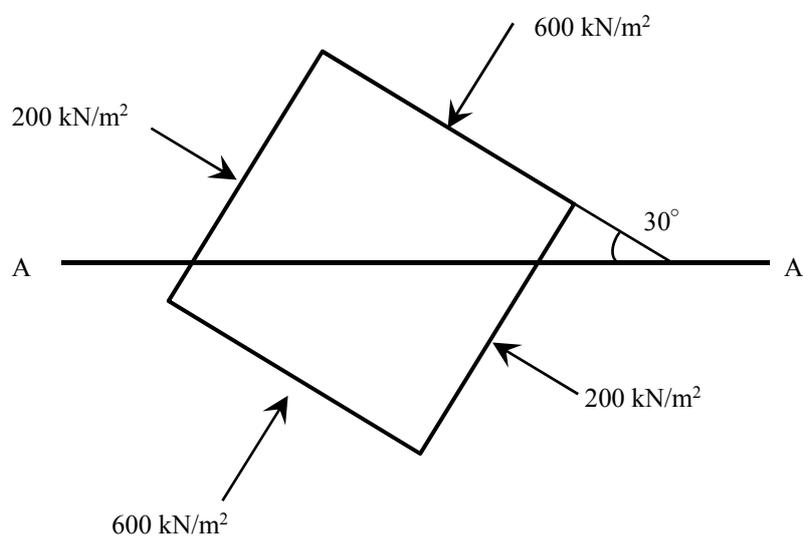


【4】 以下の問いに答えよ。

- (1) 非圧密非排水せん断強さ (UU 強さ) について, 説明せよ。
- (2) ゆる詰めと密詰めの砂の圧密排水せん断試験 (CD 試験) で得られる挙動を以下のグラフに示せ。ここで,  $\sigma_1 - \sigma_3$  は軸差応力,  $\varepsilon$  は軸ひずみ,  $\varepsilon_v$  は体積ひずみ (圧縮を正とする) を示している。



- (3) 土中の土要素がそれぞれ下図に示す応力を受けているとき, 水平面 A-A に作用する応力成分を, モールの応力円を描き用極法によって求めよ。ここで, 図中には必ず極を示すこと。



# 2014年度 土質力学Ⅰ及び演習 定期試験

2015年2月3日(火) 13:00~15:00 共通1・共通155 講義室

注意事項：

- 問題は4問です。解答用紙も4枚ありますので、4枚すべてに氏名・学生番号等必要事項を記入した上で各問1枚の解答用紙を用い、【1】の問題から順に解答してください。表側に書ききれないときはその旨明記し、その用紙の裏側に解答してください。
- 筆記用具に加えて、関数電卓の持ち込みは可能です。ただし、プログラム機能、携帯電話等の電卓機能の使用は一切不可です。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【1】 土の状態や量を把握することは、地すべりなどの地盤災害の現場でその原因を調べたり復旧を行ったりする上で重要な事項である。ここでは、図-1に示すような地山の土塊が、地すべりによって図-2のようにほぐされた状況を考えよう。ただし、地山の土塊はもともと均質であり、また、土塊は均質にほぐされたと仮定する。

地すべり土塊の地山でのもともとの体積は、地形図や地すべり面の深さの現地調査結果から求めることができるが、対象とする現場では $2000\text{ m}^3$ であった。この土塊は、崩壊することによって体積が $2500\text{ m}^3$ に増えた。地すべり直後の土塊の試料を採取して含水比を測ったところ、含水比 $w = 20.0\%$ であった。また、過去の土質調査の結果から、地山の土塊について土粒子密度 $\rho_s = 2.60\text{ g/cm}^3$ （あるいは土粒子比重 $G_s = 2.60$ ）、乾燥密度 $\rho_d = 1.60\text{ g/cm}^3$ であったことがわかっている。

このとき、以下の諸量を求めよ。計算過程も示し、単位が必要なものは単位も記すこと。ただし、重力加速度は $9.8\text{ m/s}^2$ とする。

- (1) 地山土塊の間隙比
- (2) ほぐされた土塊の全重量
- (3) ほぐされた土塊の湿潤密度
- (4) ほぐされた土塊の乾燥密度
- (5) 地すべりが生じる直前の地山土塊の飽和度（ただし、地すべり発生の前後で含水比は変化しなかったと仮定せよ）

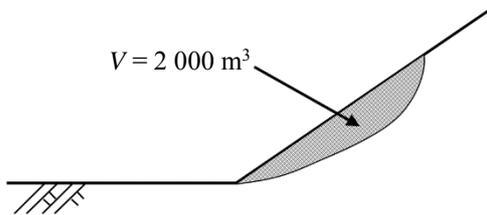


図-1 地すべり発生前

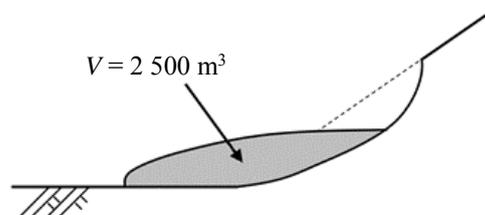


図-2 地すべり発生後

【2】飽和土中の水の流れに関する以下の問いに答えよ。なお、飽和土中の水の流れはダルシー則に従うとする。

(1) ある地盤から乱さないように採取した土試料の透水係数を測定したい。水の密度を  $\rho_w = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度は  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  として以下の問いに答えよ。

1) 透水試験実施前に採取した土試料の湿潤密度  $\rho$ 、含水比  $w$ 、土粒子密度  $\rho_s$  を計測したところ、それぞれ、 $\rho_t = 2.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $w = 20\%$ 、 $\rho_s = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  であった。この土試料の間隙比  $e$  を求めよ。

2) この土が飽和したときの飽和単位体積重量  $\gamma_{sat}$  を求めよ。

3) この試料を直径  $6.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ 、高さ  $0.50 \text{ m}$  の円柱状に成形し、図-3 に示すような定常条件で下降流を用いて定水位透水試験を行った。図-3 中の  $z = 0 \text{ m}$  から  $z = 0.75 \text{ m}$  の範囲の全水頭、位置水頭、圧力水頭の鉛直分布を図示するとともに、 $z = 0.1 \text{ m}$ 、 $0.6 \text{ m}$ 、 $0.75 \text{ m}$  の点におけるそれぞれの値を図中に記載せよ。ただし、位置水頭の基準面は  $z = 0 \text{ m}$  の面とし、土試料は完全に飽和しているとする。

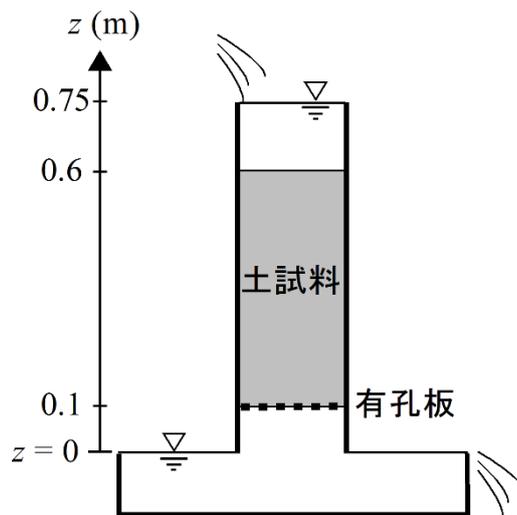


図-3 定水位透水試験の実施状況

4) 3) のとき、下流側からの流量が毎分  $14 \text{ cm}^3$  であった。この土試料の透水係数  $k$  を求めよ。

5) 3) のとき、図-3 中の  $z = 0.1 \text{ m}$  から  $z = 0.6 \text{ m}$  の範囲の全応力、間隙水圧、有効応力の鉛直分布を図示せよ。さらに、 $z = 0.1 \text{ m}$  における各値を図中に記載せよ。なお、間隙比は 1) で求めた値から変化しないとする。

(2) 等方透水性（透水係数が方向に依らない）の飽和地盤を対象に流線網解析を行う場合、流線と等ポテンシャル線に囲まれる各要素が正方形となるように流線網を描くが、この理由を説明せよ（必要であれば図を用いてもよい）。

【3】 図-4 に示すような、粘土層と砂層が交互に堆積した地盤がある。各層の物性値は図中に示すとおりである。粘土層は正規圧密粘土であり、地下水位は地表面から深度 2 m に位置している。地下水位以深の地盤は全て水で飽和しており、間隙水圧は静水圧に一致していると仮定する。また、砂層は完全排水材料と考えてよい。水の単位体積重量 $\gamma_w$ は 9.8 kN/m<sup>3</sup> であるとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 粘土層中央における鉛直全応力、間隙水圧、鉛直有効応力を求めよ。
- (2) この地盤上に広範囲に一樣な等分布荷重 $q = 50 \text{ kN/m}^2$ が載荷された時、十分時間が経った後の粘土層中央における鉛直全応力、間隙水圧、鉛直有効応力を求めよ。また、その時の粘土層の圧密沈下量、圧密沈下後の間隙比を求めよ。ただし、沈下量の計算においては、粘土層中央部の応力を粘土層の代表値として用いてよい。また、沈下に伴う物性値や深度の変化は無視できるものとする。
- (3) 次式で表される Terzaghi の一次元圧密方程式を導け。ただし、導出に用いた仮定および変数について説明すること。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{m_v \gamma_w} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

ここで、 $u$ は過剰間隙水圧、 $t$ は時間、 $k$ は透水係数、 $m_v$ は体積圧縮係数、 $z$ は座標である。

- (4) 粘土層の透水係数を  $1.0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ 、体積圧縮係数を  $2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}$  とする時、粘土層の平均圧密度が 90%に達する（時間係数  $T_v=0.848$ ）のに要する時間を求めよ。

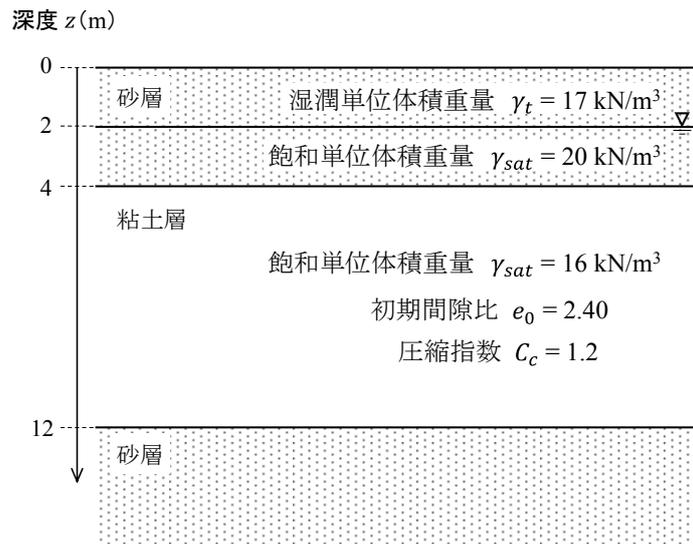


図-4

【4】 地盤内のある地点の応力状態を，図-5 に示すように水平方向と鉛直方向の主応力の組み合わせで表すことができる時，土の粘着力を  $c$ ，内部摩擦角を  $\phi$  として，以下の問いに答えよ。

- (1) 鉛直方向の主応力が  $\sigma_z = \sigma_a$  であり，水平方向の主応力が  $\sigma_x = \sigma_b$  であった時，この地点の土は安定状態にある（破壊状態ではない）とする。この時，モール-クーロンの破壊規準を描くとともに，この時点での土の応力状態を表すモールの応力円を描け。ただし， $\sigma_a > \sigma_b$  とする。
- (2) (1)の状態から，水平方向の主応力を  $\sigma_x = \sigma_b$  で一定のまま，鉛直方向の主応力  $\sigma_z$  を  $\sigma_a$  から徐々に増加させていくと，やがて  $\sigma_z = \sigma_c$  となった時に，この地点の土は破壊状態に至った。この時，モール-クーロンの破壊規準とともに，この時点での土の応力状態を表すモールの円を描け。
- (3) (2)で描いたモールの応力円およびモール-クーロンの破壊規準の幾何学的な関係から，破壊状態での  $\sigma_c$  を  $\sigma_b$ ， $\phi$  および  $c$  を用いて表せ。
- (4) (2)の状態において，破壊規準を満たす応力状態（垂直応力，せん断応力）を求めよ。また，その応力状態が作用する面が水平面となす角を答えよ。

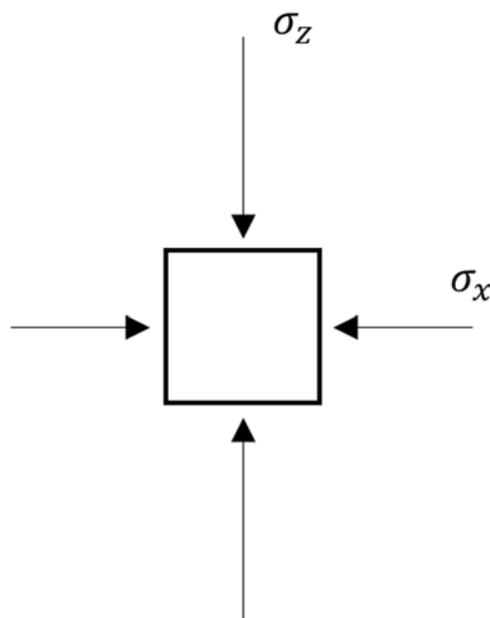


図-5 地盤中の応力状態