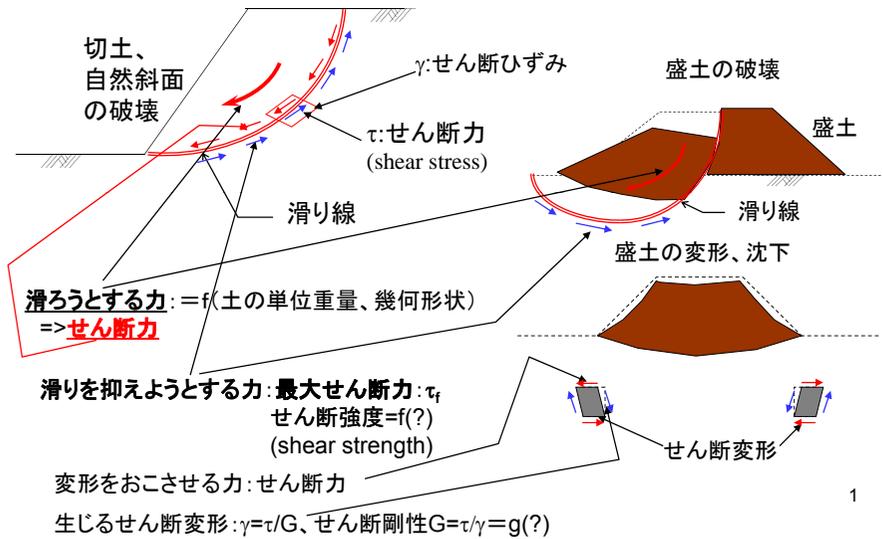
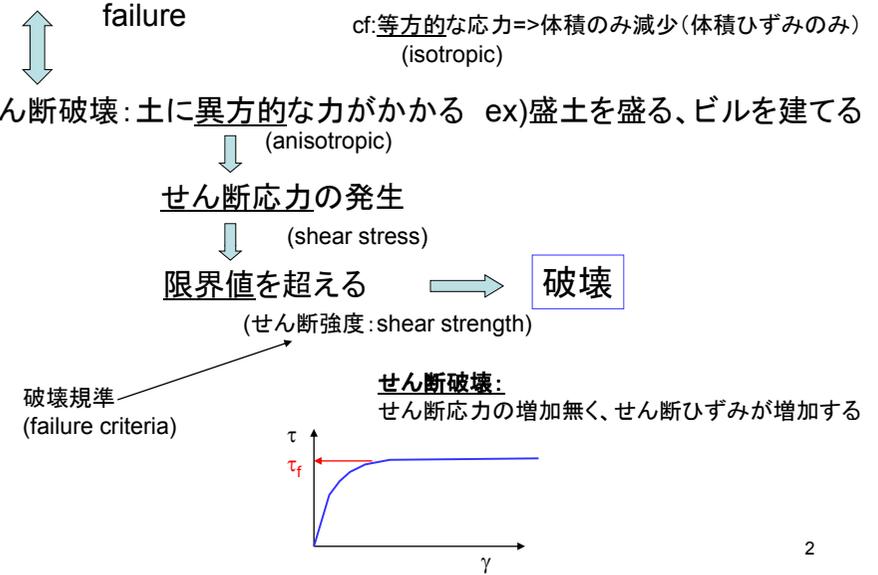


## 2 土のせん断



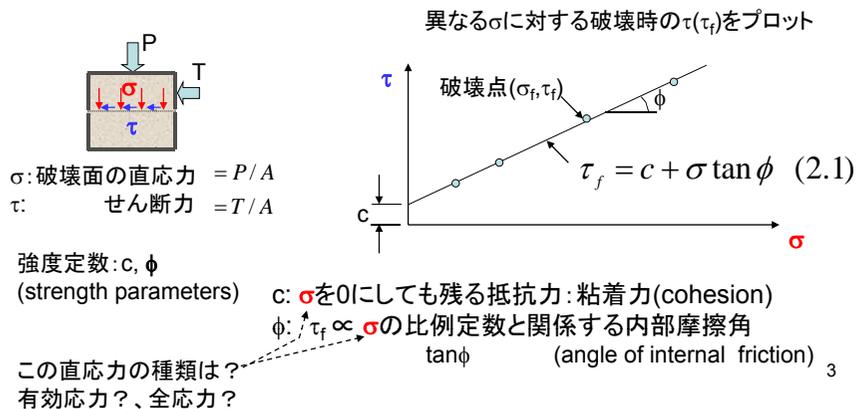
## 土の破壊 (盛土、斜面の崩壊、擁壁の倒壊、杭端の破壊)



### 2.1 破壊規準 (failure criteria)

土が破壊する時の主応力あるいは破壊面上の応力成分の関係

クーロンの破壊規準: 破壊面の応力成分 (Coulomb's failure criteria)



### 有応力の原理 (Principle of Effective stress)

All measurable effects of a change of stress, such as compression, distortion and a change of shearing resistance, are due exclusively to changes of effective stress. The effective stress  $\sigma'$  is related to the total stress and pore pressure by  $\sigma' = \sigma - u$ .

摩擦抵抗に有効な直応力は有効応力  $\sigma'$

土の場合、**有効応力基準**を用いるべき (or 用いて強度特性を解釈すべき)

$$\tau_f = c' + (\sigma_f - u_f) \tan \phi' \quad (2.1')$$

$c'$ ,  $\phi'$ : 有効応力に関する強度定数

排水条件によって異なる破壊時間隙水圧 ( $u_f$ )

**排水せん断 (D):  $u_f = 0$**  => (2.1)と(2.1')式は一致

(drained shearing)

**非排水せん断 (U):  $u_f < 0$  or  $u_f > 0$**   $u_f \neq 0$

(undrained shearing)

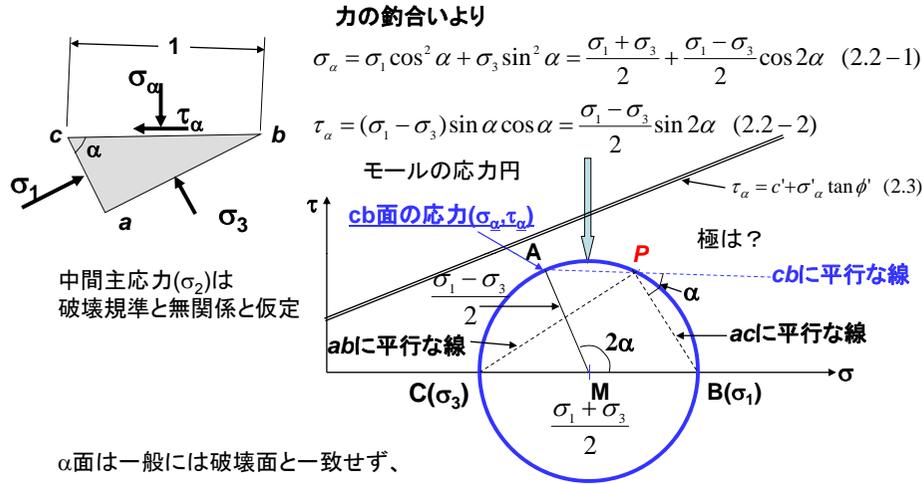
土の応力履歴に依存

同じ全応力でも有効応力(=>強度)は、排水条件によって異なる。

**全応力基準は一般性に欠ける** (ただし、場合によって工学的な適用性はある)<sup>4</sup>

# モール・クーロンの破壊規準 (Mohr-Coulomb's failure criteria)

(主応力による破壊条件式表示)



$$\tau_\alpha \leq c + \sigma'_\alpha \tan \phi' \quad (2.3) \quad \text{クーロンの破壊基準}$$

$$F(\alpha) = \tau_\alpha - (c + \sigma'_\alpha \tan \phi') \leq 0 \quad (2.4)$$

$$F(\alpha) \text{の極大値} \Rightarrow \frac{dF}{d\alpha} = 0 \quad (2.5) \Rightarrow \text{破壊規準} F(\alpha_f) = 0 \quad (2.6)$$

$$(2.2-1, 2.2-2) \Rightarrow (2.4)$$

(2.5)より

$$\cos 2\alpha + \sin 2\alpha \tan \phi' = 0 \quad (2.7)$$

$$\cot 2\alpha = -\tan \phi' \Rightarrow \alpha = 45^\circ + \frac{\phi'}{2} = \alpha_f \quad (2.8)$$

$$(2.8) + (2.2-1, 2.2-2) + (2.4) + (2.6)$$

$$\frac{\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f}}{2} = c' \cos \phi' + \frac{\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}}{2} \sin \phi' \quad (2.9)$$

モール・クーロンの破壊基準式(クーロン基準を主応力で表したもの)

Mohrの破壊基準の一般式:  $\sigma_{\max} - \sigma_{\min} = f(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})$   
 クーロン基準は  $f(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})$  が一次式となるMohr基準

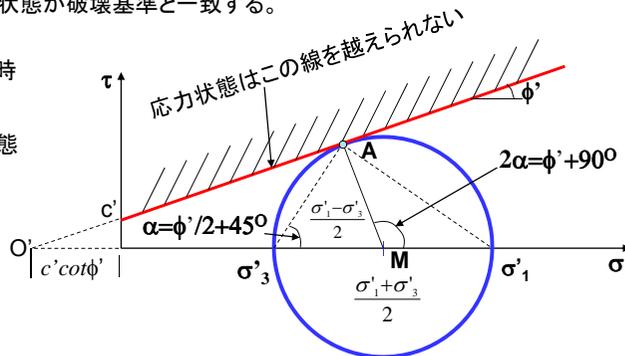
## 破壊時のモールの応力円

要素のある面の応力状態が破壊基準と一致する。

円が基準線と接した時

接点(A)の応力状態式(2-1)を満足

土要素の破壊塑性応力状態



式(2.9)は  $\overline{MA} = \overline{O'M} \sin \phi'$  から簡単に導くことができる。

## モール・クーロンの破壊規準式

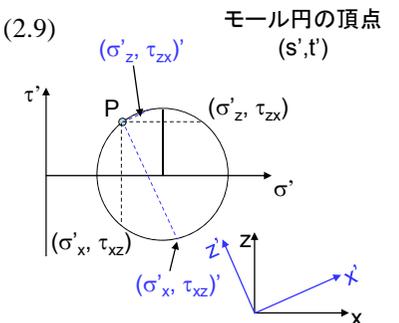
$$\frac{\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f}}{2} = c' \cos \phi' + \frac{\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}}{2} \sin \phi' \quad (2.9)$$

応力の不変量: stress invariants

$$\text{一般表示} \quad s' = \frac{\sigma'_x + \sigma'_z}{2}$$

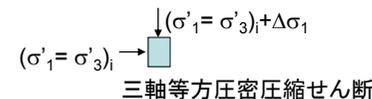
$$t' = \frac{1}{2} [(\sigma'_x - \sigma'_z)^2 + 4\tau_{xz}^2]^{1/2}$$

不変量: 軸を回転させても変わらない量



応力成分( $\sigma'_x, \tau_{xz}$ )は軸を回転させると値が変わる

不変量を用いて、せん断試験中の応力の変化(応力パス)を表示する。



- モールの円表示
- 応力不変量表示

## 本日のTechnical terms

せん断強度 : shear strength

等方 : isotropic ⇔ 異方 : anisotropic

破壊規準 : failure criteria

クーロンの破壊規準 : Coulomb's failure criteria

粘着力 : cohesion

内部摩擦角 : angle of internal friction

排水せん断 : drained shearing

非排水せん断 : undrained shearing

モール・クーロンの破壊規準 : Mohr-Coulomb's failure criteria

応力不変量 : stress invariants

9

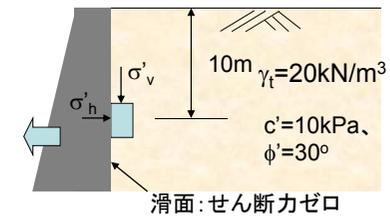
## 課題(12/9)

滑な面をもつ擁壁で支えられた単位体積重量 $\gamma_t=20\text{kN/m}^3$ の裏込め盛土を考える。なお、盛土内には地下水面はない。

(1)深さ10mの地点の鉛直有効応力はいくらか？

(2)深さ10mの地点の水平直応力が100kPaとして、この点のモールの応力円を描け。また、円には極の位置を示せ。

(3)この擁壁を前方に移動することにより水平応力を減少させていくと、深さ10mの壁面直近の要素が破壊する有効水平直応力( $\sigma'_{3f}$ )はいくらか。また、この時のモールの応力円を描き、更に破壊条件を満足する面の傾きを求めよ。なお、この盛土の強度定数は $c'=10\text{kPa}$ 、 $\phi'=30^\circ$ である。ヒント：鉛直応力(ここでは最大主応力)は変化しない。



10