



PŘÍLOHA 2

Testovací úloha T3a

Vstupní parametry:

modul pružnosti	$E := 19500 \text{ MPa}$
Poissonovo číslo	$\nu := 0.21$
parametr normálové tuhosti	$k_n := 0.666$
parametr smykové tuhosti	$k_s := 0.0666$
normálové napětí	$\bar{\sigma}_{11} := -8 \text{ MPa}$
objem oblasti horninového masivu	$V := 5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 120 \text{ m}^3$
plocha pukliny P4	$S_4 := 3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$

plocha pukliny P3

$$S_3 := \frac{S_4}{2} = 3 \text{ m}^2$$

normálový vektor puklin

$$n := \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Výpočet:

ekvivalentní velikost pukliny P4

$$r_4 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_4}{\pi}} = 2.764 \text{ m}$$

ekvivalentní velikost pukliny P3

$$r_3 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_3}{\pi}} = 1.954 \text{ m}$$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_4 \cdot r_4 \cdot n_0^2 + S_3 \cdot r_3 \cdot n_0^2) = 0.187$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1111} := \frac{1}{V} \cdot (S_4 \cdot r_4 \cdot n_0^4 + S_3 \cdot r_3 \cdot n_0^4) = 0.187$$

$$F_{2211} := \frac{1}{V} \cdot (S_4 \cdot r_4 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_3 \cdot r_3 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0$$

složky tenzory deformace

$$\bar{\varepsilon}_{11} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) - \nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1111} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (4 \cdot F_{11}) \right) \cdot \bar{\sigma}_{11} = -5.255 \cdot 10^{-4}$$

$$\bar{\varepsilon}_{22} := \frac{1}{E} \cdot \left(-\nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2211} \right) \cdot \bar{\sigma}_{11} = 8.615 \cdot 10^{-5}$$

efektivní modul pružnosti

$$\bar{E} := \frac{\bar{\sigma}_{11}}{\bar{\varepsilon}_{11}} = 15224 \text{ MPa}$$

efektivní Poissonovo číslo

$$\bar{\nu} := \frac{\bar{\varepsilon}_{22}}{\text{abs}(\bar{\varepsilon}_{11})} = 0.164$$



Testovací úloha T3b

Vstupní parametry:

modul pružnosti	$E := 19500 \text{ MPa}$
Poissonovo číslo	$\nu := 0.21$
parametr normálové tuhosti	$k_n := 0.666$
parametr smykové tuhosti	$k_s := 0.0666$
normálové napětí	$\bar{\sigma}_{22} := -8 \text{ MPa}$
objem oblasti horninového masivu	$V := 5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 120 \text{ m}^3$
plocha pukliny P6	$S_6 := 3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$
plocha pukliny P5	$S_5 := \frac{S_6}{2} = 3 \text{ m}^2$
normálový vektor puklin	$n := \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

Výpočet:

ekvivalentní velikost pukliny P6	$r_6 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_6}{\pi}} = 2.764 \text{ m}$
ekvivalentní velikost pukliny P5	$r_5 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_5}{\pi}} = 1.954 \text{ m}$
složky puklinového tenzoru 2. řádu	$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_6 \cdot r_6 \cdot n_1^2 + S_5 \cdot r_5 \cdot n_1^2) = 0.187$
složky puklinového tenzoru 4. řádu	$F_{2222} := \frac{1}{V} \cdot (S_6 \cdot r_6 \cdot n_1^4 + S_5 \cdot r_5 \cdot n_1^4) = 0.187$ $F_{1122} := \frac{1}{V} \cdot (S_6 \cdot r_6 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_5 \cdot r_5 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0$
deformace ve směru napětí	$\bar{\varepsilon}_{11} := \frac{1}{E} \cdot \left(-\nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1122} \right) \cdot \bar{\sigma}_{22} = 8.615 \cdot 10^{-5}$ $\bar{\varepsilon}_{22} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) - \nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2222} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (4 \cdot F_{22}) \right) \cdot \bar{\sigma}_{22} = -5.255 \cdot 10^{-4}$
efektivní modul pružnosti	$\bar{E} := \frac{\bar{\sigma}_{22}}{\bar{\varepsilon}_{22}} = 15224 \text{ MPa}$
efektivní Poissonovo číslo	$\bar{\nu} := \frac{\bar{\varepsilon}_{11}}{\text{abs}(\bar{\varepsilon}_{22})} = 0.164$



Testovací úloha T3c

Vstupní parametry:

modul pružnosti	$E := 19500 \text{ MPa}$
Poissonovo číslo	$\nu := 0.21$
parametr normálové tuhosti	$k_n := 0.666$
parametr smykové tuhosti	$k_s := 0.0666$

složky napětí vyvozuující pouze tlak kolmo na pukliny	$\overline{\sigma}_{11} := -6 \text{ MPa}$	$\overline{\sigma}_{11}' := -8 \text{ MPa}$
	$\overline{\sigma}_{22} := -2 \text{ MPa}$	

	$\overline{\sigma}_{12} := -3.464101615 \text{ MPa}$
	$\overline{\sigma}_{21} := -3.464101615 \text{ MPa}$
objem oblasti horninového masivu	$V := 5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 120 \text{ m}^3$
plocha pukliny P8	$S_8 := 3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$

plocha pukliny P7	$S_7 := \frac{S_8}{2} = 3 \text{ m}^2$
-------------------	--

sklon puklin	$\alpha := 30 \text{ deg}$
--------------	----------------------------

normálový vektor puklin	$n := \begin{bmatrix} 1 \cdot \cos(\alpha) - 0 \cdot \sin(\alpha) \\ 1 \cdot \sin(\alpha) + 0 \cdot \cos(\alpha) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.866 \\ 0.5 \end{bmatrix}$
-------------------------	--

Výpočet:

ekvivalentní velikost pukliny P8	$r_8 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_8}{\pi}} = 2.764 \text{ m}$
----------------------------------	---

ekvivalentní velikost pukliny P7	$r_7 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_7}{\pi}} = 1.954 \text{ m}$
----------------------------------	---

Účinek napětí $\overline{\sigma}_{11}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu	$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2) = 0.14$
------------------------------------	--

$$F_{21} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu	$F_{1111} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^4 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^4) = 0.105$
------------------------------------	---

$$F_{1211} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^3 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^3 \cdot n_1) = 0.061$$

$$F_{2211} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$$

příspěvky do tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon}_{11.1} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) - \nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1111} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (4 \cdot F_{11}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{11} = -5.183 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{12.1} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1211} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{21}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{11} = 6.549 \cdot 10^{-5}$$



$$\overline{\varepsilon_{22.1}} := \frac{1}{E} \cdot \left(-\nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2211} \right) \cdot \overline{\sigma_{11}} = 2.105 \cdot 10^{-4}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma_{22}}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{12} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$$

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^2) = 0.047$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1122} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$$

$$F_{1222} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1^3 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1^3) = 0.02$$

$$F_{2222} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^4 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^4) = 0.012$$

příspěvky do tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon_{11.2}} := \frac{1}{E} \cdot \left(-\nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1122} \right) \cdot \overline{\sigma_{22}} = 7.015 \cdot 10^{-5}$$

$$\overline{\varepsilon_{12.2}} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1222} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{12}) \right) \cdot \overline{\sigma_{22}} = -3.43 \cdot 10^{-5}$$

$$\overline{\varepsilon_{22.2}} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) - \nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2222} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (4 \cdot F_{22}) \right) \cdot \overline{\sigma_{22}} = -1.584 \cdot 10^{-4}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma_{12}}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{12} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$$

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^2) = 0.047$$

$$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2) = 0.14$$

$$F_{21} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1112} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^3 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^3 \cdot n_1) = 0.061$$

$$F_{1212} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$$

$$F_{2212} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1^3 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1^3) = 0.02$$

příspěvky do tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon_{11.3}} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1112} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{12}) \right) \cdot \overline{\sigma_{12}} = 3.781 \cdot 10^{-5}$$



$$\overline{\varepsilon}_{12.3} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1212} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{22} + F_{11}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{12} = -2.555 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{22.3} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2212} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{21}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{12} = -5.941 \cdot 10^{-5}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma}_{21}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2) = 0.14$$

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^2) = 0.047$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1221} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$$

$$\overline{\varepsilon}_{11.4} := \overline{\varepsilon}_{11.3} = 3.781 \cdot 10^{-5}$$

$$\overline{\varepsilon}_{12.4} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1221} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{11} + F_{22}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{21} = -4.054 \cdot 10^{-5}$$

$$\overline{\varepsilon}_{22.4} := \overline{\varepsilon}_{22.3} = -5.941 \cdot 10^{-5}$$

Složky tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon}_{11} := \overline{\varepsilon}_{11.1} + \overline{\varepsilon}_{11.2} + \overline{\varepsilon}_{11.3} + \overline{\varepsilon}_{11.4} = -3.726 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{12} := \overline{\varepsilon}_{12.1} + \overline{\varepsilon}_{12.2} + \overline{\varepsilon}_{12.3} + \overline{\varepsilon}_{12.4} = -2.648 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{21} := \overline{\varepsilon}_{12} = -2.648 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{22} := \overline{\varepsilon}_{22.1} + \overline{\varepsilon}_{22.2} + \overline{\varepsilon}_{22.3} + \overline{\varepsilon}_{22.4} = -6.676 \cdot 10^{-5}$$

složky tenzoru deformace vzhledem k natočení puklin

$$\overline{\varepsilon}_{11}' := \left(\frac{\overline{\varepsilon}_{11} + \overline{\varepsilon}_{22}}{2} \right) + \left(\frac{\overline{\varepsilon}_{11} - \overline{\varepsilon}_{22}}{2} \right) \cdot \cos(2 \cdot \alpha) + \overline{\varepsilon}_{12} \cdot \sin(2 \cdot \alpha) = -5.255 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{22}' := \overline{\varepsilon}_{11} \cdot \sin^2(\alpha) + \overline{\varepsilon}_{22} \cdot \cos^2(\alpha) - \overline{\varepsilon}_{12} \cdot \sin(2 \cdot \alpha) = 8.615 \cdot 10^{-5}$$

efektivní modul pružnosti

$$\overline{E} := \frac{\overline{\sigma}_{11}'}{\overline{\varepsilon}_{11}'} = 15224 \text{ MPa}$$

efektivní Poissonovo číslo

$$\overline{\nu} := \frac{\overline{\varepsilon}_{22}'}{\text{abs}(\overline{\varepsilon}_{11}')} = 0.164$$



Testovací úloha T4a

Vstupní parametry:

modul pružnosti	$E := 19500 \text{ MPa}$
Poissonovo číslo	$\nu := 0.21$
parametr normálové tuhosti	$k_n := 0.666$
parametr smykové tuhosti	$k_s := 0.0666$
smykové napětí	$\overline{\sigma}_{12} := 8 \text{ MPa}$
	$\overline{\sigma}_{21} := 8 \text{ MPa}$
objem oblasti horninového masivu	$V := 5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 120 \text{ m}^3$
plocha pukliny P4	$S_4 := 3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$
plocha pukliny P3	$S_3 := \frac{S_4}{2} = 3 \text{ m}^2$
normálový vektor puklin	$n := \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$

Výpočet:

ekvivalentní velikost pukliny P4 $r_4 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_4}{\pi}} = 2.764 \text{ m}$

ekvivalentní velikost pukliny P3 $r_3 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_3}{\pi}} = 1.954 \text{ m}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_4 \cdot r_4 \cdot n_1^2 + S_3 \cdot r_3 \cdot n_1^2) = 0$$

$$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_4 \cdot r_4 \cdot n_0^2 + S_3 \cdot r_3 \cdot n_0^2) = 0.187$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1212} := \frac{1}{V} \cdot (S_4 \cdot r_4 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_3 \cdot r_3 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0$$

$$F_{1221} := \frac{1}{V} \cdot (S_4 \cdot r_4 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_3 \cdot r_3 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0$$

Účinek napětí $\overline{\sigma}_{12}$

$$\overline{\varepsilon}_{12.1} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1212} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{22} + F_{11}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{12} = 7.845 \cdot 10^{-4}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma}_{21}$

$$\overline{\varepsilon}_{12.2} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1221} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{11} + F_{22}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{21} = 2.881 \cdot 10^{-4}$$

Výsledná složka tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon}_{12} := \overline{\varepsilon}_{12.1} + \overline{\varepsilon}_{12.2} = 1.073 \cdot 10^{-3}$$

efektivní modul pružnosti ve smyku

$$\overline{G} := \frac{\overline{\sigma}_{12}}{2 \cdot \overline{\varepsilon}_{12}} = 3729 \text{ MPa}$$



Testovací úloha T4b

Vstupní parametry:

modul pružnosti	$E := 19500 \text{ MPa}$
Poissonovo číslo	$\nu := 0.21$
parametr normálové tuhosti	$k_n := 0.666$
parametr smykové tuhosti	$k_s := 0.0666$
smykové napětí	$\overline{\sigma}_{12} := 8 \text{ MPa}$
	$\overline{\sigma}_{21} := 8 \text{ MPa}$
objem oblasti horninového masivu	$V := 5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 120 \text{ m}^3$
plocha pukliny P6	$S_6 := 3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$
plocha pukliny P5	$S_5 := \frac{S_6}{2} = 3 \text{ m}^2$
normálový vektor puklin	$n := \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

Výpočet:

ekvivalentní velikost pukliny P6 $r_6 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_6}{\pi}} = 2.764 \text{ m}$

ekvivalentní velikost pukliny P5 $r_5 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_5}{\pi}} = 1.954 \text{ m}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_6 \cdot r_6 \cdot n_1^2 + S_5 \cdot r_5 \cdot n_1^2) = 0.187$$

$$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_6 \cdot r_6 \cdot n_0^2 + S_5 \cdot r_5 \cdot n_0^2) = 0$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1212} := \frac{1}{V} \cdot (S_6 \cdot r_6 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_5 \cdot r_5 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0$$

$$F_{1221} := \frac{1}{V} \cdot (S_6 \cdot r_6 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_5 \cdot r_5 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0$$

Účinek napětí $\overline{\sigma}_{12}$

$$\overline{\varepsilon}_{12.1} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1212} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{22} + F_{11}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{12} = 7.845 \cdot 10^{-4}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma}_{21}$

$$\overline{\varepsilon}_{12.2} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1221} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{11} + F_{22}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{21} = 2.881 \cdot 10^{-4}$$

Výsledná složka tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon}_{12} := \overline{\varepsilon}_{12.1} + \overline{\varepsilon}_{12.2} = 1.073 \cdot 10^{-3}$$

efektivní modul pružnosti ve smyku $\overline{G} := \frac{\overline{\sigma}_{12}}{2 \cdot \overline{\varepsilon}_{12}} = 3729 \text{ MPa}$



Testovací úloha T4c

Vstupní parametry:

modul pružnosti	$E := 19500 \text{ MPa}$
Poissonovo číslo	$\nu := 0.21$
parametr normálové tuhosti	$k_n := 0.666$
parametr smykové tuhosti	$k_s := 0.0666$

složky napětí vyvozující pouze smykové napětí na natočené pukliny	$\overline{\sigma_{11}} := -6.9282 \text{ MPa}$ $\overline{\sigma_{22}} := 6.9282 \text{ MPa}$ $\overline{\sigma_{12}} := 4 \text{ MPa}$ $\overline{\sigma_{12}'} := 8 \text{ MPa}$ $\overline{\sigma_{21}} := 4 \text{ MPa}$ $\overline{\sigma_{21}'} := 8 \text{ MPa}$
objem oblasti horninového masivu	$V := 5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 120 \text{ m}^3$
plocha pukliny P8	$S_8 := 3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$

plocha pukliny P7	$S_7 := \frac{S_8}{2} = 3 \text{ m}^2$
-------------------	--

sklon puklin	$\alpha := 30 \text{ deg}$
--------------	----------------------------

normálový vektor puklin	$n := \begin{bmatrix} 1 \cdot \cos(\alpha) - 0 \cdot \sin(\alpha) \\ 1 \cdot \sin(\alpha) + 0 \cdot \cos(\alpha) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.866 \\ 0.5 \end{bmatrix}$
-------------------------	--

Výpočet:

ekvivalentní veliksot pukliny P8	$r_8 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_8}{\pi}} = 2.764 \text{ m}$
----------------------------------	---

ekvivalentní veliksot pukliny P7	$r_7 := \sqrt{4 \cdot \frac{S_7}{\pi}} = 1.954 \text{ m}$
----------------------------------	---

Účinek napětí $\overline{\sigma_{11}}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu	$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2) = 0.14$ $F_{21} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$
------------------------------------	---

složky puklinového tenzoru 4. řádu	$F_{1111} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^4 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^4) = 0.105$ $F_{1211} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^3 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^3 \cdot n_1) = 0.061$ $F_{2211} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$
------------------------------------	---

příspěvky do tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon_{11.1}} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) - \nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1111} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (4 \cdot F_{11}) \right) \cdot \overline{\sigma_{11}} = -5.985 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon_{12.1}} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1211} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{21}) \right) \cdot \overline{\sigma_{11}} = 7.562 \cdot 10^{-5}$$



$$\overline{\varepsilon_{22.1}} := \frac{1}{E} \cdot \left(-\nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2211} \right) \cdot \overline{\sigma_{11}} = 2.43 \cdot 10^{-4}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma_{22}}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{12} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$$

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^2) = 0.047$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1122} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$$

$$F_{1222} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1^3 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1^3) = 0.02$$

$$F_{2222} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^4 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^4) = 0.012$$

příspěvky do tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon_{11.2}} := \frac{1}{E} \cdot \left(-\nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1122} \right) \cdot \overline{\sigma_{22}} = -2.43 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon_{12.2}} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1222} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{12}) \right) \cdot \overline{\sigma_{22}} = 1.188 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon_{22.2}} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) - \nu + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2222} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (4 \cdot F_{22}) \right) \cdot \overline{\sigma_{22}} = 5.486 \cdot 10^{-4}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma_{12}}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{12} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$$

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^2) = 0.047$$

$$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2) = 0.14$$

$$F_{21} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1) = 0.081$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1112} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^3 \cdot n_1 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^3 \cdot n_1) = 0.061$$

$$F_{1212} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$$

$$F_{2212} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0 \cdot n_1^3 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0 \cdot n_1^3) = 0.02$$

příspěvky do tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon_{11.3}} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1112} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{12}) \right) \cdot \overline{\sigma_{12}} = -4.366 \cdot 10^{-5}$$



$$\overline{\varepsilon}_{12,3} := \frac{1}{E} \cdot \left((1 + \nu) + \left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1212} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{22} + F_{11}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{12} = 2.95 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{22,3} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{2212} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (2 \cdot F_{21}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{12} = 6.861 \cdot 10^{-5}$$

Účinek napětí $\overline{\sigma}_{21}$

složky puklinového tenzoru 2. řádu

$$F_{11} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2) = 0.14$$

$$F_{22} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_1^2) = 0.047$$

složky puklinového tenzoru 4. řádu

$$F_{1221} := \frac{1}{V} \cdot (S_8 \cdot r_8 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2 + S_7 \cdot r_7 \cdot n_0^2 \cdot n_1^2) = 0.035$$

$$\overline{\varepsilon}_{11,4} := \overline{\varepsilon}_{11,3} = -4.366 \cdot 10^{-5}$$

$$\overline{\varepsilon}_{12,4} := \frac{1}{E} \cdot \left(\left(\frac{1}{k_n} - \frac{1}{k_s} \right) \cdot F_{1221} + \frac{1}{4 \cdot k_s} \cdot (F_{11} + F_{22}) \right) \cdot \overline{\sigma}_{21} = 4.681 \cdot 10^{-5}$$

$$\overline{\varepsilon}_{22,4} := \overline{\varepsilon}_{22,3} = 6.861 \cdot 10^{-5}$$

Složky tenzoru deformace

$$\overline{\varepsilon}_{11} := \overline{\varepsilon}_{11,1} + \overline{\varepsilon}_{11,2} + \overline{\varepsilon}_{11,3} + \overline{\varepsilon}_{11,4} = -9.289 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{12} := \overline{\varepsilon}_{12,1} + \overline{\varepsilon}_{12,2} + \overline{\varepsilon}_{12,3} + \overline{\varepsilon}_{12,4} = 5.363 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{21} := \overline{\varepsilon}_{12} = 5.363 \cdot 10^{-4}$$

$$\overline{\varepsilon}_{22} := \overline{\varepsilon}_{22,1} + \overline{\varepsilon}_{22,2} + \overline{\varepsilon}_{22,3} + \overline{\varepsilon}_{22,4} = 9.289 \cdot 10^{-4}$$

složky tenzoru deformace vzhledem k natočení puklin

$$\overline{\varepsilon}_{12}' := -\left(\frac{\overline{\varepsilon}_{11} - \overline{\varepsilon}_{22}}{2} \right) \cdot \sin(2 \cdot \alpha) + \overline{\varepsilon}_{12} \cdot \cos(2 \cdot \alpha) = 1.073 \cdot 10^{-3}$$

efektivní modul pružnosti ve smyku $\overline{G} := \frac{\overline{\sigma}_{12}'}{2 \cdot \overline{\varepsilon}_{12}'} = 3729 \text{ MPa}$