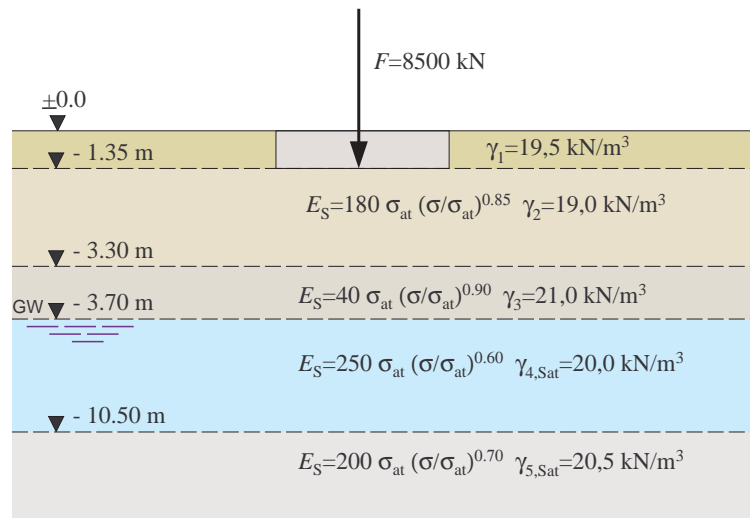


19. Übung: Setzungsberechnung

Berechnung der Setzung eines starren Fundaments auf geschichtetem Baugrund



1 Setzungswirksame Belastung

$$\sigma_1 = \sigma_0 - t_0 \cdot \gamma_0 = 255.064 - 1.35 \cdot 19.5 = 228.739 \text{ kN/m}^2$$

2 Setzungsberechnung

σ_{zg} bezeichnet den Überlagerungsdruck $\sigma_{\ddot{u}}$, σ_{zp} steht für die Spannung infolge Auflast σ_z
 σ_m bezeichnet das geometrische Mittel von σ_{zg} und $\sigma_{zp} + \sigma_z$ ($\sigma_m = \sqrt{\sigma_{zg}(\sigma_{zg} + \sigma_{zp} + \sigma_z)}$)

2.1 Setzung Schicht 1

2.1.1 Spannungen infolge Eigenlast des Bodens

$$\begin{aligned} \sigma_{zg1o} &= t_0 \cdot \gamma_0 = 1.35 \cdot 19.5 \\ &= 26.325 \text{ kN/m}^2 \text{ Spannung infolge Eigengewicht, Oberkante der ersten Schicht} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{zg1m} &= \sigma_{zg1o} + \frac{t_1 - t_0}{2} \cdot \gamma_1 = 26.325 + \frac{3.3 - 1.35}{2} \cdot 19 \\ &= 44.85 \text{ kN/m}^2 \text{ erste Schicht, Mitte} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{zg1u} &= \sigma_{zg1m} + \frac{t_1 - t_0}{2} \cdot \gamma_1 = 44.85 + \frac{3.3 - 1.35}{2} \cdot 19 \\ &= 63.375 \text{ kN/m}^2 \text{ erste Schicht, Unten} \end{aligned}$$

2.1.2 Spannungen infolge Auflast

$$\sigma_{z1o} = \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 1 = 228.739$$

$$\sigma_{z1m} = \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.74 = 169.202$$

$$\sigma_{z1u} = \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.517 = 118.198$$

2.1.3 mittlere Spannung, Steifemodul

$$\begin{aligned}\sigma_{1mo} &= \sqrt{\sigma_{zg1o} \cdot (\sigma_{zg1o} + \sigma_{z1o})} = \sqrt{26.325 \cdot (26.325 + 228.739)} = 81.942 \\ \sigma_{1mm} &= \sqrt{\sigma_{zg1m} \cdot (\sigma_{zg1m} + \sigma_{z1m})} = \sqrt{44.85 \cdot (44.85 + 169.202)} = 97.981 \\ \sigma_{1mu} &= \sqrt{\sigma_{zg1u} \cdot (\sigma_{zg1u} + \sigma_{z1u})} = \sqrt{63.375 \cdot (63.375 + 118.198)} = 107.271 \\ E_{S1o} &= v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{1mo}}{\sigma_{at}} \right)^w = 180 \cdot 100 \cdot \left(\frac{81.942}{100} \right)^{0.85} = 15196.893 \\ E_{S1m} &= v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{1mm}}{\sigma_{at}} \right)^w = 180 \cdot 100 \cdot \left(\frac{97.981}{100} \right)^{0.85} = 17690.583 \\ E_{S1u} &= v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{1mu}}{\sigma_{at}} \right)^w = 180 \cdot 100 \cdot \left(\frac{107.271}{100} \right)^{0.85} = 19106.632\end{aligned}$$

2.1.4 Setzungsrechnung

$$\begin{aligned}h_s &= t_1 - t_0 = 3.3 - 1.35 = 1.95 \\ \Delta s_o &= 1 - e^{\frac{1}{v(1-w)} \cdot \left(\left(\frac{\sigma_{zg1o}}{100} \right)^{1-w} - \left(\frac{\sigma_{z1o} + \sigma_{zg1o}}{100} \right)^{1-w} \right)} \\ &= 1 - e^{\frac{1}{180 \cdot (1-0.85)} \cdot \left(\left(\frac{26.325}{100} \right)^{1-0.85} - \left(\frac{228.739 + 26.325}{100} \right)^{1-0.85} \right)} = 0.012 \\ \Delta s_m &= 1 - e^{\frac{1}{v(1-w)} \cdot \left(\left(\frac{\sigma_{zg1m}}{100} \right)^{1-w} - \left(\frac{\sigma_{z1m} + \sigma_{zg1m}}{100} \right)^{1-w} \right)} \\ &= 1 - e^{\frac{1}{180 \cdot (1-0.85)} \cdot \left(\left(\frac{44.85}{100} \right)^{1-0.85} - \left(\frac{169.202 + 44.85}{100} \right)^{1-0.85} \right)} = 0.009 \\ \Delta s_u &= 1 - e^{\frac{1}{v(1-w)} \cdot \left(\left(\frac{\sigma_{zg1u}}{100} \right)^{1-w} - \left(\frac{\sigma_{z1u} + \sigma_{zg1u}}{100} \right)^{1-w} \right)} \\ &= 1 - e^{\frac{1}{180 \cdot (1-0.85)} \cdot \left(\left(\frac{63.375}{100} \right)^{1-0.85} - \left(\frac{118.198 + 63.375}{100} \right)^{1-0.85} \right)} = 0.006 \\ s_1 &= \frac{h_s}{6} \cdot (\Delta s_o + 4 \cdot \Delta s_m + \Delta s_u) = \frac{1.95}{6} \cdot (0.012 + 4 \cdot 0.009 + 0.006) \\ &= 0.017\end{aligned}$$

Variante 2 mit mittlerem Steifemodul

$$\begin{aligned}s_{1b} &= \frac{h_s}{6} \cdot \left(\frac{\sigma_{z1o}}{E_{S1o}} + \frac{4 \cdot \sigma_{z1m}}{E_{S1m}} + \frac{\sigma_{z1u}}{E_{S1u}} \right) = \frac{1.95}{6} \cdot \left(\frac{228.739}{15196.893} + \frac{4 \cdot 169.202}{17690.583} + \frac{118.198}{19106.632} \right) \\ &= 0.019\end{aligned}$$

2.2 Setzung Schicht 2

$$\begin{aligned}\sigma_{zg2o} &= \sigma_{zg1u} = 63.375 \text{ kN/m}^2 \text{ zweite Schicht, Oben} \\ \sigma_{zg2m} &= \sigma_{zg2o} + \frac{t_2 - t_1}{2} \cdot \gamma_2 = 63.375 + \frac{3.7 - 3.3}{2} \cdot 21 = 67.575 \\ \sigma_{zg2u} &= \sigma_{zg2m} + \frac{t_2 - t_1}{2} \cdot \gamma_2 = 67.575 + \frac{3.7 - 3.3}{2} \cdot 21 = 71.775\end{aligned}$$

2.2.1 Spannungen infolge Auflast

$$\begin{aligned}\sigma_{z2o} &= \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.517 = 118.198 \\ \sigma_{z2m} &= \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.487 = 111.486 \\ \sigma_{z2u} &= \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.461 = 105.531\end{aligned}$$

2.2.2 mittlere Spannung, Steifemodul

$$\begin{aligned}E_{S2o} &= v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{2mo}}{\sigma_{at}} \right)^w = 40 \cdot 100 \cdot \left(\frac{107.271}{100} \right)^{0.9} = 4260.846 \\ E_{S2m} &= v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{2mm}}{\sigma_{at}} \right)^w = 40 \cdot 100 \cdot \left(\frac{110}{100} \right)^{0.9} = 4358.272\end{aligned}$$

$$E_{S2u} = v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{2mu}}{\sigma_{at}} \right)^w = 40 \cdot 100 \cdot \left(\frac{112.81}{100} \right)^{0.9} = 4458.338$$

2.2.3 Setzungsberechnung

$$s_2 = \frac{h_s}{6} \cdot (\Delta s_o + 4 \cdot \Delta s_m + \Delta s_u) = \frac{0.4}{6} \cdot (0.026 + 4 \cdot 0.024 + 0.023) = 0.01$$

Variante 2 mit mittlerem Steifemodul

$$s_{2b} = \frac{h_s}{6} \cdot \left(\frac{\sigma_{z2o}}{E_{S2o}} + \frac{4 \cdot \sigma_{z2m}}{E_{S2m}} + \frac{\sigma_{z2u}}{E_{S2u}} \right) = \frac{0.4}{6} \cdot \left(\frac{118.198}{4260.846} + \frac{4 \cdot 111.486}{4358.272} + \frac{105.531}{4458.338} \right) = 0.01$$

2.3 Setzung Schicht 3

$$\sigma_{zg3o} = \sigma_{zg2u} = 71.775$$

$$\sigma_{zg3m} = \sigma_{zg3o} + \frac{t_3 - t_2}{2} \cdot \gamma_3 = 71.775 + \frac{10.5 - 3.7}{2} \cdot 10 = 105.775$$

$$\sigma_{zg3u} = \sigma_{zg3m} + \frac{t_3 - t_2}{2} \cdot \gamma_3 = 105.775 + \frac{10.5 - 3.7}{2} \cdot 10 = 139.775$$

2.3.1 Spannungen infolge Auflast

$$\sigma_{z3o} = \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.461 = 105.531$$

$$\sigma_{z3m} = \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.226 = 51.699$$

$$\sigma_{z3u} = \sigma_1 \cdot I_z = 228.739 \cdot 0.128 = 29.366$$

2.3.2 mittlere Spannung, Steifemodul

$$E_{S3o} = v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{3mo}}{\sigma_{at}} \right)^w = 250 \cdot 100 \cdot \left(\frac{112.81}{100} \right)^{0.6} = 26875.014$$

$$E_{S3m} = v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{3mm}}{\sigma_{at}} \right)^w = 250 \cdot 100 \cdot \left(\frac{129.061}{100} \right)^{0.6} = 29135.164$$

$$E_{S3u} = v \cdot \sigma_{at} \cdot \left(\frac{\sigma_{3mu}}{\sigma_{at}} \right)^w = 250 \cdot 100 \cdot \left(\frac{153.759}{100} \right)^{0.6} = 32362.623$$

2.3.3 Setzungsberechnung

$$s_3 = \frac{h_s}{6} \cdot (\Delta s_o + 4 \cdot \Delta s_m + \Delta s_u) = \frac{6.8}{6} \cdot (0.004 + 4 \cdot 0.002 + 9.058E - 0004) = 0.013$$

Variante 2 mit mittlerem Steifemodul

$$s_{3b} = \frac{h_s}{6} \cdot \left(\frac{\sigma_{z3o}}{E_{S3o}} + \frac{4 \cdot \sigma_{z3m}}{E_{S3m}} + \frac{\sigma_{z3u}}{E_{S3u}} \right) = \frac{6.8}{6} \cdot \left(\frac{105.531}{26875.014} + \frac{4 \cdot 51.699}{29135.164} + \frac{29.366}{32362.623} \right) = 0.014$$

2.4 Gesamtsetzung

$$s = 100 \cdot (s_1 + s_2 + s_3) = 100 \cdot (0.017 + 0.01 + 0.013)$$

= 4.019 cm Setzung, berechnet unter Ansatz des spannungsabhängigen Steifemoduls

$$s_b = 100 \cdot (s_{1b} + s_{2b} + s_{3b}) = 100 \cdot (0.019 + 0.01 + 0.014)$$

= 4.311 cm Setzung, berechnet mit einem jeweils konstanten, mittleren Steifemodul

Tiefe t	z	σ_{zg}	I_z	σ_{zp}	σ_{zp}/σ_{zg}	σ_m
1.35	0	26.325	1	228.739	8.689	81.942
2.325	0.975	44.85	0.74	169.202	3.773	97.981
3.3	1.95	63.375	0.517	118.198	1.865	107.271
3.5	2.15	67.575	0.487	111.486	1.65	110
3.7	2.35	71.775	0.461	105.531	1.47	112.81
7.1	5.75	105.775	0.226	51.699	0.489	129.061
10.5	9.15	139.775	0.128	29.366	0.21	153.759

Tiefe in m	mittlere Spannung σ_m in kPa	Steifemodul E_S in kPa
1.35	81.942	15196.893
2.325	97.981	17690.583
3.3	107.271	19106.632
3.3	107.271	4260.846
3.5	110	4358.272
3.7	112.81	4458.338
3.7	112.81	26875.014
7.1	129.061	29135.164
10.5	153.759	32362.623