

Beispiel 4: Überprüfung der Sofortsetzung einer belasteten Rechteckfläche auf geschichtetem Baugrund

1 Aufgabenstellung

Um das mathematische Modell des Programms *ELPLA* für die Berechnung der Sofortsetzung (elastische Setzung) einer belasteten Rechteckfläche auf geschichtetem Baugrund überprüfen zu können, werden die Ergebnisse der Sofortsetzungsberechnung von *Graig* (1978), Beispiel 6.4, Seite 175, mit denen vom Programm *ELPLA* verglichen.

Janbu/ Bjerrum/ Kjaernsli (1956) zeigen eine Berechnung für die durchschnittliche senkrechte Verschiebung unter einer Rechteckfläche mit gleichförmigem Druck q [kN/m²] auf der Oberfläche einer begrenzten Bodenschicht, in der die *Poissonzahl* $\nu_s = 0.5$ [-] ist. Die durchschnittliche senkrechte Verschiebung s_a [m] lässt sich ermitteln aus der Gleichung

$$s_a = \mu_0 \mu_1 \frac{q B}{E_s} \quad (5)$$

wobei:

- μ_0, μ_1 Koeffizienten für senkrechte Verschiebung [-] nach *Janbu/ Bjerrum/ Kjaernsli* (1956)
- E_s Steifemodul des Bodens [kN/m²]
- B kleinere Seite einer Rechteckfläche [m]
- q Flächenlast [kN/m²]

Gleichung 5 kann verwendet werden, um die Sofortsetzung (elastische Setzung) von belasteten Flächen auf gesättigten Tonen zu berechnen, die unter undrännierter Bedingung auftritt. Das Prinzip der Überlagerung kann bei Fällen einer Anzahl von Bodenschichten verwendet werden, wobei jede Schicht einen anderen undrännierten Modul E_s hat.

Ein Fundament $4 \text{ [m]} \times 2 \text{ [m]}$ mit einem gleichförmigen Druck von $q = 150 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ befindet sich in einer Tiefe $d_f = 1.0 \text{ [m]}$ in einer Tonschicht 5.0 [m] dick. Der undrännierte Modul der Schicht ist $E_s = 40000 \text{ [kN/m}^2\text{]}$. Der Schicht liegt eine zweite Tonschicht mit 8.0 [m] Dicke zugrunde. Der undrännierte Modul der zweiten Schicht ist $E_s = 75000 \text{ [kN/m}^2\text{]}$. Eine feste Schicht liegt unterhalb der zweiten Schicht. Sowohl ein Grundriss des Fundaments mit Abmessungen und FE-Netz als auch ein Schnitt durch den Boden unter dem Fundament ist im 0 gezeigt. Es soll die durchschnittliche Sofortsetzung unter dem Fundament bestimmt werden.

Beispiele zur Überprüfung des Programms *ELPLA*

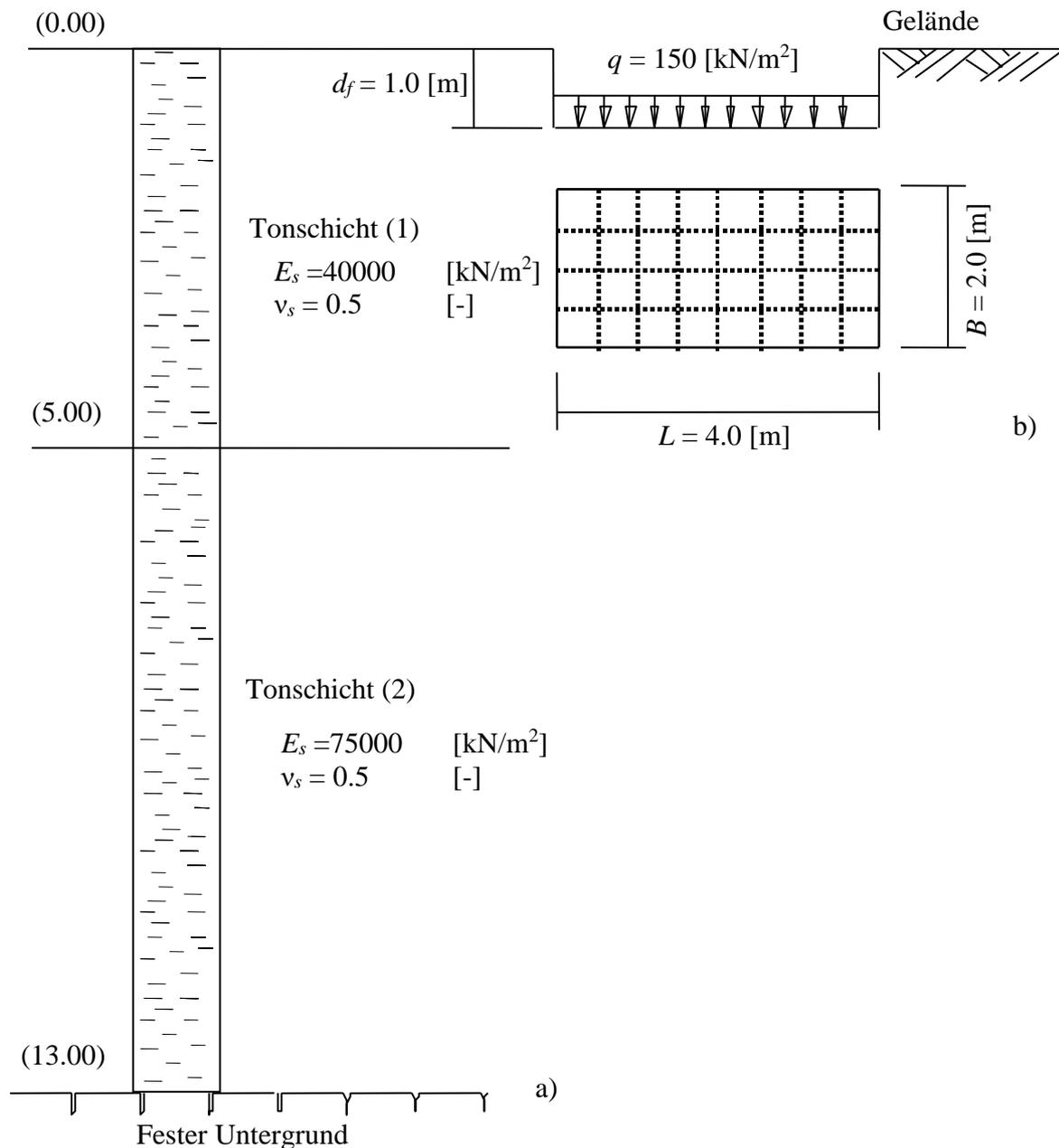


Bild 4 a) Querschnitt durch den Baugrund unter dem Fundament
b) Grundriss des Fundaments mit Abmessungen und FE-Netz

2 Handberechnung der Sofortsetzung

Nach *Graig* (1978) kann die durchschnittliche Sofortsetzung unter dem Fundament mit Handberechnung wie folgt erhalten werden:

Bestimmung des Koeffizienten μ_0

$$\frac{d_f}{B} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ [-]} \quad \text{und} \quad \frac{L}{B} = \frac{4}{2} = 2 \text{ [-]}$$

Aus den Diagrammen von *Janbu/ Bjerrum/ Kjaernsli* (1956) ergibt sich

$$\mu_0 = 0.9 \text{ [-]}$$

- a) Berücksichtigung der oberen Tonschicht, mit $E_s = 40000 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ und Dicke $H = 4.0 \text{ [m]}$

$$\frac{H}{B} = \frac{4}{2} = 2 \text{ [-]} \quad \text{und} \quad \frac{L}{B} = \frac{4}{2} = 2 \text{ [-]}$$

$$\text{Dann ist } \mu_1 = 0.7 \text{ [-]}$$

Daher ergibt sich aus Gleichung 5

$$s_{a1} = 0.9 \times 0.7 \times \frac{150 \times 2}{40000} = 0.00475 \text{ [m]} = 0.47 \text{ [cm]}$$

- b) Berücksichtigung der 2 Schichten zusammen, mit $E_s = 75000 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ und $H = 12.0 \text{ [m]}$

$$\frac{H}{B} = \frac{12}{2} = 6 \text{ [-]} \quad \text{und} \quad \frac{L}{B} = \frac{4}{2} = 2 \text{ [-]}$$

$$\text{Dann ist } \mu_1 = 0.9 \text{ [-]}$$

Daher ergibt sich aus Gleichung 5

$$s_{a2} = 0.9 \times 0.9 \times \frac{150 \times 2}{75000} = 0.0032 \text{ [m]} = 0.32 \text{ [cm]}$$

- c) Berücksichtigung der oberen Schicht, mit $E_s = 75000 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ und Dicke $H = 4.0 \text{ [m]}$

$$\frac{H}{B} = \frac{4}{2} = 2 \text{ [-]} \quad \text{und} \quad \frac{L}{B} = \frac{4}{2} = 2 \text{ [-]}$$

$$\text{Dann ist } \mu_1 = 0.7 \text{ [-]}$$

Daher ergibt sich aus Gleichung 5

$$s_{a3} = 0.9 \times 0.7 \times \frac{150 \times 2}{75000} = 0.0025 \text{ [m]} = 0.25 \text{ [cm]}$$

Deshalb wird das Prinzip der Überlagerung verwendet, die durchschnittliche Sofortsetzung s_a des Fundaments errechnet sich mit

$$s_a = s_{a1} + s_{a2} - s_{a3} = 0.47 + 0.32 - 0.25 = 0.54 \text{ [cm]}$$

Für die rechteckige schlaaffe Platte ist die durchschnittliche Setzung s_a gleich 0.85. Daraus errechnet sich die zentrale Setzung s_c des Fundaments

Beispiele zur Überprüfung des Programms *ELPLA*

$$s_c = \frac{1}{0.85} s_a = \frac{0.54}{0.85} = 0.64 \text{ [cm]}$$

Christian/ Carrier (1978) haben eine kritische Auswertung der Faktoren μ_0 und μ_1 von *Janbu/ Bjerrum/ Kjaernsli* (1956) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in graphischer Form gezeigt. Die interpolierten Werte von μ_0 und μ_1 dieser Graphen werden in der 0 gezeigt. Die durchschnittliche Setzung s_c entsprechend dieser Tabelle ist $s_c = 0.60$ [cm].

Tabelle 4 Faktoren μ_0 und μ_1 nach *Christian/ Carrier* (1978)

Variation von μ_0 mit d_f/B

d_f/B	μ_0
0	1.0
2	0.9
4	0.88
6	0.875
8	0.87
10	0.865
12	0.863
14	0.860
16	0.856
18	0.854
20	0.850

Variation von μ_1 mit L/B

H/B	Kreis	L/B				
		1	2	5	10	∞
1	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
2	0.47	0.53	0.63	0.64	0.64	0.64
4	0.58	0.63	0.82	0.94	0.94	0.94
6	0.61	0.67	0.88	1.08	1.14	1.16
8	0.62	0.68	0.90	1.13	1.22	1.26
10	0.63	0.70	0.92	1.18	1.30	1.42
20	0.64	0.71	0.93	1.26	1.47	1.74
30	0.66	0.73	0.95	1.29	1.54	1.8

3 Sofortsetzung mit dem Programm *ELPLA*

Das verfügbare Verfahren "Schlaffe Platte 9" im Programm *ELPLA* kann hier verwendet werden, um die Sofortsetzung unter dem Zentrum des Fundaments zu bestimmen. Es wird ein Netz von Quadratelementen gewählt. Jedes Element hat eine Kantenlänge von 0.5 [m] wie im 0b gezeigt. Es kann deutlich bemerkt werden, dass die Sofortsetzung vom Programm *ELPLA* unter dem Zentrum des Fundaments $s_a = 0.65$ [cm] fast übereinstimmt mit der Handberechnung.