

Beispiel 12: Überprüfung des Spannungstrapezverfahrens einer unregelmäßigen Platte

1 Aufgabenstellung

Um das Spannungstrapezverfahren des Programms *ELPLA* zu überprüfen, werden die Sohldruckverteilungen einer unregelmäßigen Platte nach *Bowles* (1977), Beispiel 9-6, Seite 265, mit denen vom Programm *ELPLA* verglichen.

Die quadratische Platte von 10 [m] Seitenlänge trägt eine Stützenlast von 540 [kN] im Schwerpunkt. Es soll die Sohldruckverteilung berechnet werden, wobei die Ecke *B-C-D* der Platte ausgeschnitten wird, wie im Bild 17 gezeigt. Die Aussparung hat die folgenden Eigenschaften:

Fläche	$A = 4.5$	m^2
Schwerpunkt von <i>o</i> in <i>x</i> -Richtung	$x' = 3.5$	[m]
Schwerpunkt von <i>o</i> in <i>y</i> -Richtung	$y' = 4.25$	[m]

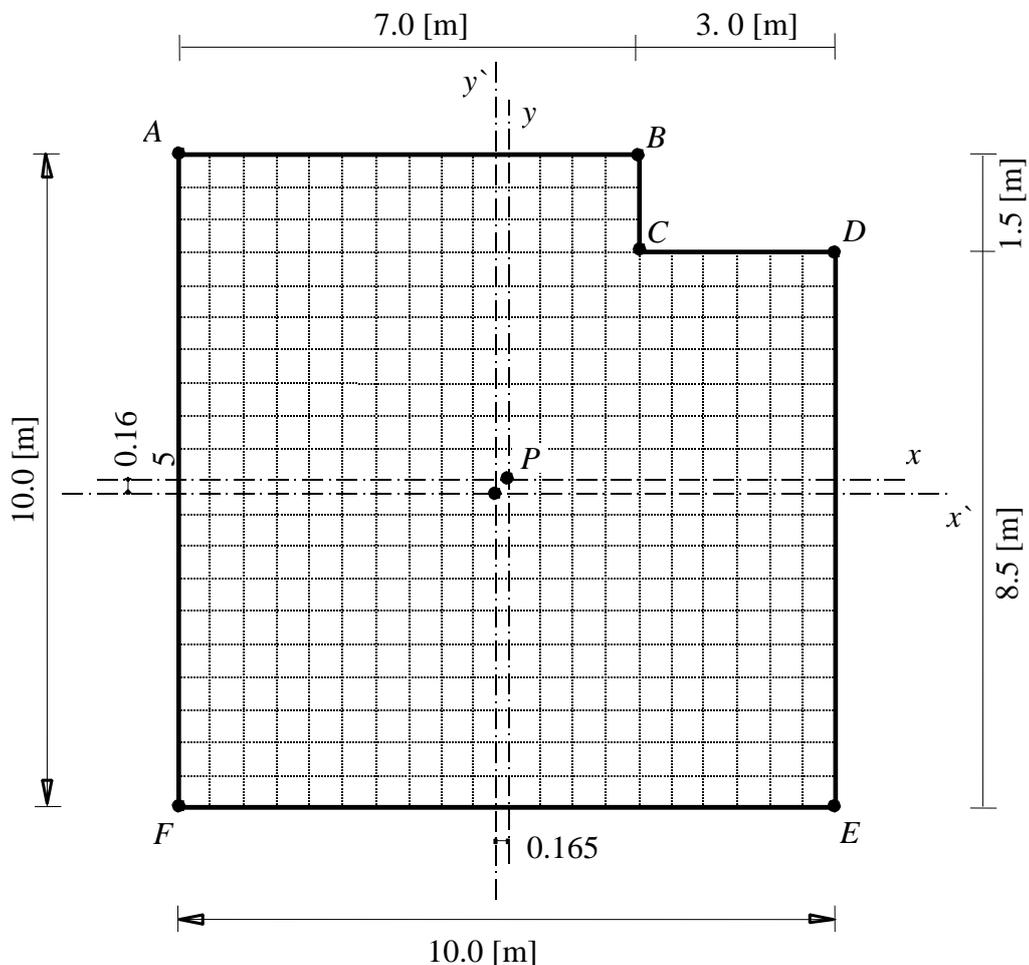


Bild 17 Abmessungen der Platte und FE-Netz

Beispiele zur Überprüfung des Programms *ELPLA*

Die grundlegende Annahme des Spannungstrapezverfahrens ist, dass der Sohldruck unabhängig vom Baugrund linear auf der Unterseite des Fundaments verteilt ist. Im allgemeinen Fall wird der Sohldruck q_i [kN/m²] an der Stelle (x_i, y_i) [m] der Fundamentunterseite wie folgt angesetzt

$$q_i = \frac{N}{A_f} + \frac{M_y I_x - M_x I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2} x_i + \frac{M_x I_y - M_y I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2} y_i \quad (15)$$

wobei:

- N Lotrechte Komponente der Resultierenden aus den Lasten [kN]
- A_f Grundfläche des Fundaments [m²]
- M_x Moment von N um die x -Achse [kN.m]
- M_y Moment von N um die y -Achse [kN.m]
- I_x Trägheitsmoment der Sohlfläche um die x -Achse [m⁴]
- I_y Trägheitsmoment der Sohlfläche um die y -Achse [m⁴]
- I_{xy} Zentrifugalmoment der Sohlfläche [m⁴]

2 Handberechnung der Konsolidierung

Nach *Bowles* (1977) kann die Sohldruckverteilung unter dem Fundament mit Handberechnung wie folgt erhalten werden:

Schritt 1: Berechnung der neuen x -, y -Achse

$$\bar{x} = \frac{-15.75}{95.5} - 0.165[\text{m}]$$

$$\bar{y} = \frac{-19.13}{95.5} - 0.2[\text{m}]$$

Damit wird die Lage der neuen Achsen $x!$ und $y!$ angegeben, wie im Bild 17 gezeigt.

Schritt 2: Berechnung der neuen Eigenschaften I_x , I_y und I_{xy}

Die Bestimmung der Eigenschaften von Fundamentteilen wird in der Tabelle 14 gelistet.

Tabelle 14 Eigenschaften von Fundamentteilen

Teil	Fläche A [m ²]	x [m]	y [m]	Ax ² [m]	Ay ² [m]	I _{ox} [m ⁴]	I _{oy} [m ⁴]
Ohne Aussparung	100	-0.165	-0.20	2.72	4.00	833.3	833.3
Aussparung	-4.5	3.66	4.45	-60.3	-89.1	-0.84	-3.38
Gesamt	95.5						

$$I_{x'} = I_{ox} - I_{ox\ notch} + A y^2$$

$$I_{x'} = 833.3 - 0.84 + 4.0 - 89.0 = 747.5 \text{ [m}^4\text{]}$$

$$I_{y'} = I_{oy} - I_{oy\ notch} + A x^2$$

$$I_{y'} = 833.3 - 3.38 + 2.73 - 60.5 = 772.15 \text{ [m}^4\text{]}$$

$$I_{x'y'} = I_{oxy} + A \bar{x} \bar{y}$$

$$I_{x'y'} = 0 + (-4.5) \times 3.66 \times 4.45 + 100 \times (-0.2) \times (-0.165) = -70.0 \text{ [m}^4\text{]}$$

Schritt 3: Berechnung der Momente

$$M_y = 540 \times 0.165 = 89.1 \text{ [kN.m]}$$

$$M_x = 540 \times 0.2 = 108.0 \text{ [kN.m]}$$

Schritt 4: Berechnung des Sohldrucks an gewählten Positionen

Den Sohldruck q_i im Punkt (x_i, y_i) des Geometrieflächenschwerpunkts unter der Platte erhält man mit

$$q_i = \frac{N}{A_f} + \frac{M_y I_x - M_x I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2} x_i + \frac{M_x I_y - M_y I_{xy}}{I_x I_y - I_{xy}^2} y_i$$

$$q_i = \frac{540}{95.5} + \frac{89.1 \times 747.5 - 108 \times (-70)}{747.5 \times 772.15 - (-70)^2} x_i + \frac{108 \times 747.5 - 89.1 \times (-70)}{747.5 \times 772.15 - (-70)^2} y_i$$

Beispiele zur Überprüfung des Programms *ELPLA*

$$q_i = 5.65 + 0.13 x_i + 0.157 y_i$$

3 Sohldruck mit dem Programm *ELPLA*

Das verfügbare Verfahren "Spannungstrapezverfahren 1" im Programm *ELPLA* kann hier verwendet werden, um die Sohldruckverteilung unter der Platte zu bestimmen. Ein Netz von gleichen Quadratelementen ist gewählt. Jedes Element hat eine Seite von 0.5 [m], wie im Bild 17 gezeigt. Die Sohldrücke an den Fundamentecken, die vom Programm *ELPLA* erhalten werden, werden mit denen von *Bowles* (1977) in der Tabelle 15 verglichen. Es ist deutlich zu sehen, dass die Sohldrücke vom Programm *ELPLA* denen der Handberechnung gleichen.

Tabelle 15 Sohldrücke an Fundamentecken

Punkt	<i>Bowles</i> (1977)						<i>ELPLA</i>
	x_i [m]	y_i [m]	N/A_f [kN/m ²]	$0.13 x_i$ [kN/m ²]	$0.157 y_i$ [kN/m ²]	q [kN/m ²]	q [kN/m ²]
<i>A</i>	-4.84	5.20	5.65	-0.63	0.82	5.84	5.84
<i>B</i>	2.16	5.20	5.65	0.28	0.82	6.75	6.75
<i>C</i>	2.16	3.70	5.65	0.28	0.58	6.51	6.52
<i>D</i>	5.16	3.70	5.65	0.67	0.58	6.90	6.90
<i>E</i>	5.16	-4.80	5.65	0.67	-0.75	5.57	5.57
<i>F</i>	-4.84	-4.80	5.65	-0.63	-0.75	4.27	4.28