

Beispiel 7.2 Nichtlineare Berechnung von ausmittig belasteten Rechteckfundamenten

1 Aufgabenstellung

Zum Vergleich mit komplexen Fundamentformen ist noch keine analytische Lösung vorhanden. Deshalb wird zur Überprüfung der gegenwärtigen nichtlinearen Berechnung von Fundamenten ein einfaches Annahmemodell betrachtet, und zwar das Rechteckfundament im Bild 7.5, mit den Kantenlängen $L = 8.0$ [m] und $B = 6.0$ [m]. Die x - und die y -Achse sind Hauptachsen, die sich im Schwerpunkt s der Rechteckfläche schneiden. Die Stellung von N ist durch die Ordinaten $x = e_x$ und $y = e_y$ festgelegt. Das Fundament ist ausmittig belastet mit $N = 2000$ [kN]. Innerhalb der Rechteckfläche sind 5 Zonen dargestellt. Je nach der Stellung von N in einer dieser Zonen errechnet sich ein anderer Sohldruckkörper nach *Irles/ Irles* (1994). In diesem Beispiel wird die maximale Eckpressung $\max q_o$ bei Anwendung der gegenwärtigen Berechnung mit dem Programm *ELPLA* für jede Zone erhalten und mit anderen analytischen Lösungen verglichen, die für ein rechteckiges Fundament verfügbar sind.

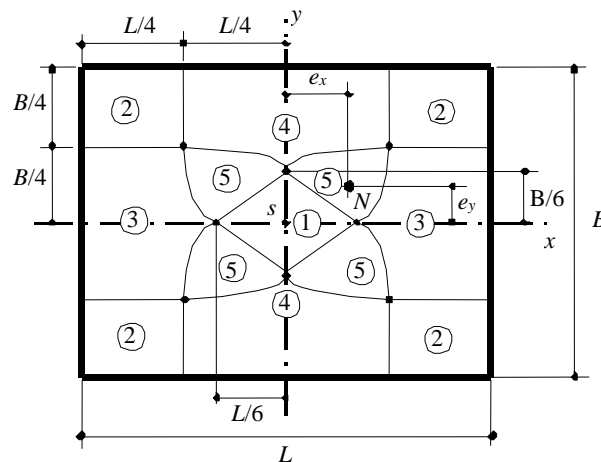


Bild 7.5 Einteilung der rechteckförmigen Sohlfläche in 5 Zonen für die Stellung der Lastkomponenten N

2 Handberechnung der maximalen Eckpressung $\max q_o$

Zone (1)

Die maximale Eckpressung $\max q_o$ für die Zone (1) kann direkt mit Verwendung der Gleichung 7.1 erhalten werden, wobei in diesem Fall die Resultierende N im Fundamentkern liegt und keine Trennung vorkommen wird. Die maximalen Eckpressungen $\max q_o$ der anderen vier Zonen können bei Verwendung der verfügbaren analytischen Lösungen nach *Irles/ Irles* (1994), *Teng* (1962) und *Graßhoff/ Kany* (1997) wie folgt erhalten werden:

Zone (2)

Drei abgetrennte Ecken; $e_x = 3.0$ [m], $e_y = 2.25$ [m]

Die maximale Eckpressung $\max q_o$ für Zone (2), Bild 7.6a, kann nach *Irles/ Irles* (1994) aus der folgenden Gleichung errechnet werden

$$\max q_o = \frac{3N}{2(L-2e_x)(B-2e_y)}$$
$$\max q_o = \frac{3 \times 2000}{2(8-2 \times 3)(6-2 \times 2.25)} = 1000 [\text{kN/m}^2]$$

Zone (3)

Zwei abgetrennte Ecken; $e_x = 3.0$ [m], $e_y = 0.0$ [m]

Die maximale Eckpressung $\max q_o$ für Zone (3), Bild 7.6b, kann nach *Teng* (1962) aus der folgenden Gleichung errechnet werden

$$\max q_o = \frac{N}{LB} \left(\frac{4L}{3L-6e_x} \right)$$
$$\max q_o = \frac{2000}{8 \times 6} \left(\frac{4 \times 8}{3 \times 8 - 6 \times 3} \right) = 222.22 [\text{kN/m}^2]$$

Zone (4)

Zwei abgetrennte Ecken; $e_x = 1.0$ [m], $e_y = 2.25$ [m]

Die maximale Eckpressung $\max q_o$ für Zone (4), Bild 7.6c, kann nach *Graßhoff/ Kany* (1997) aus der folgenden Gleichung errechnet werden

$$t = \frac{L}{12} \left(\frac{L}{e_x} + \sqrt{\frac{L^2}{e_x^2} - 12} \right) = \frac{8}{12} \left(\frac{8}{1.0} + \sqrt{\frac{8^2}{1.0^2} - 12} \right) = 10.141 [\text{m}]$$
$$\tan \beta = \frac{3}{2} \left(\frac{B-2e_x}{t+e_x} \right) = \frac{3}{2} \left(\frac{6-2 \times 2.25}{10.141+1.0} \right) = 0.202$$
$$\max q_o = \frac{12N}{L \tan \beta} \frac{L+2t}{L^2+12t^2} = \frac{12 \times 2000}{8 \times 0.202} \frac{8+2 \times 10.141}{8^2+12 \times 10.141^2} = 323.58 [\text{kN/m}^2]$$

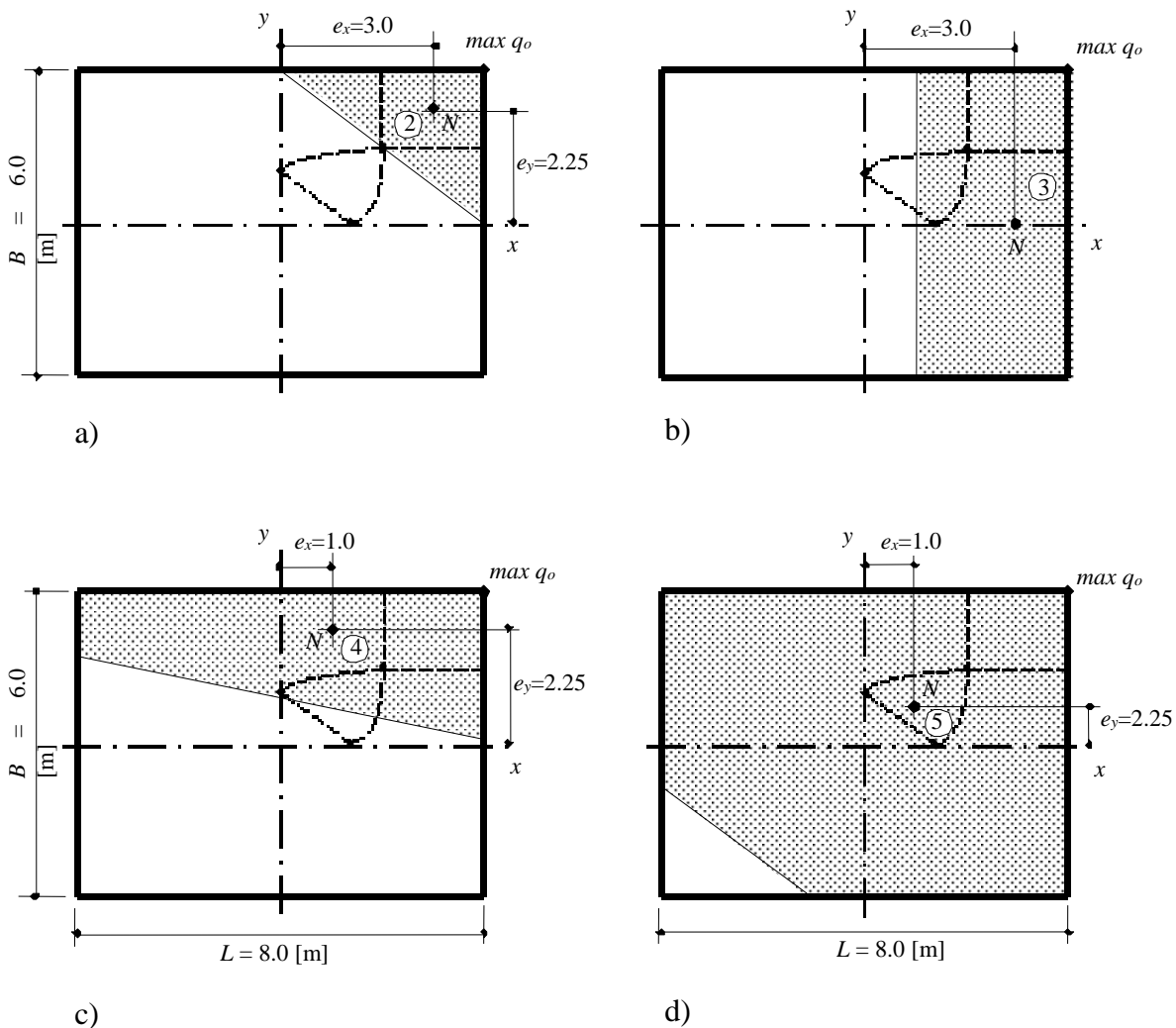


Bild 7.6 Die Resultierende N liegt in den vier Zonen (2) bis (5)

Zone (5)

Nur eine abgetrennte Ecke; $e_x = 1.0$ [m], $e_y = 0.75$ [m]

Die maximale Eckpressung $max q_o$ für Zone (5), Bild 7.6d, kann nach *Graßhoff/ Kany* (1997) aus der folgenden Gleichung errechnet werden

$$K = \frac{e_x}{L} + \frac{e_y}{B} = \frac{1.0}{8} + \frac{0.75}{6} = 0.25$$

$$max q_o = \frac{N}{LB} K [12 - 3.9(6K - 1)(1 - 2K)(2.3 - 2K)]$$

$$max q_o = \frac{2000}{8 \times 6} K [12 - 3.9(6 \times 0.25 - 1)(1 - 2 \times 0.25)(2.3 - 2 \times 0.25)]$$

$$max q_o = 106.72 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

3 Berechnung der maximalen Eckpressung $max q_o$ beim Programm *ELPLA*

Zum Vergleich der gegenwärtigen Berechnung beim Programm *ELPLA* mit anderen analytischen Lösungen für die maximale Eckpressung $max q_o$ wird das Rechteckfundament in verfeinerte Quadratelemente unterteilt.

Jedes Element hat eine Seite von 0.1 [m]. Die Ergebnisse der Berechnung mit den verfügbaren analytischen Lösungen werden in Tabelle 7.3 verglichen. Sie zeigt, dass die Ergebnisse der analytischen Berechnung und des Iterationsverfahrens gut übereinstimmen.

Tabelle 7.3 Vergleich zwischen gegenwärtiger Berechnung und analytischen Lösungen für die maximale Eckpressung $max q_o$ [kN/m²]

	Zone (2)	Zone (3)	Zone (4)	Zone (5)
Berechnung	<i>Irles/ Irles</i> (1994)	<i>Teng</i> (1962)	<i>Graßhoff/ Kany</i> (1997)	
	1000	222	324	107
<i>ELPLA</i>	1017	223	325	106
Differenz [%]	1.67	0.45	0.31	0.94