Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen , Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

§ 10. Druckspannungen in Stützen

urn:nbn:de:hbz:466:1-50294

d) Zulässige Spannungen. 1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen soll die Druckspannung des Betons den sechsten Teil seiner Druckfestigkeit, die Zug- und Druckspannung des Eisens den Betrag von 1000 kg/qcm nicht übersteigen.

2. Wird in den unter Abschnitt c, Ziffer 3 bezeichneten Fällen die Zugspannung des Betons in Anspruch genommen, so sind als zulässige Spannung zwei Drittel der durch Zugversuche nachgewiesenen Zugfestigkeit des Betons anzunehmen. Bei fehlendem Zugfestigkeitsnachweis darf die Zugspannung nicht mehr als ein Zehntel der Druckfestigkeit betragen.

3. Dabei sind folgende Belastungswerte anzunehmen:

a) Bei mäßig erschütterten Bauteilen, z. B. bei Decken von Wohnhäusern, Geschäftsräumen, Warenhäusern: die wirklich vorhandene Eigen- und Nutzlast;

b) bei Bauteilen, die stärkeren Erschütterungen oder stark wechselnder Belastung ausgesetzt sind, wie z. B. bei Decken in Versammlungsräumen, Tanzsälen, Fabriken und Lagerhäusern: die wirkliche Eigenlast und die bis zu fünfzig v. H. erhöhte Nutzlast;

c) bei Belastungen mit starken Stößen, wie z. B. bei Kellerdecken unter Durchfahrten und Höfen: die wirkliche Eigenlast und die bis zu hundert v. H. erhöhte Nutzlast.

4. In Stützen darf der Beton mit nicht mehr als einem Zehntel seiner Druckfestigkeit beansprucht werden[4]). Bei Berechnung der Eiseneinlagen auf Knicken ist fünffache Sicherheit nachzuweisen.

5. Die Schubspannung des Betons darf das Maß von 4,5 kg/qcm nicht überschreiten. Wird größere Schubfestigkeit nachgewiesen, so darf die auftretende Spannung nicht über ein Fünftel dieser Festigkeit hinausgehen.

6. Die Haftspannung darf die zulässige Schubspannung nicht überschreiten.

§ 10. Druckspannungen in Stützen. Wird angenommen, daß sich eine Kraft P, die zentrisch auf einen Eisenbetonpfeiler einwirkt, gleichmäßig über den ganzen Betonquerschnitt verteilt und daß die Eiseneinlage symmetrisch angeordnet ist, so gilt, wenn f_b die Querschnittfläche des Betons, f_e diejenige des Eisens und k_b bzw. k_e die entsprechenden Beanspruchungen beider Materialien bezeichnen;

$$P = f_b \cdot k_b + f_e \cdot k_e .$$

Hierbei muß, wenn der innige Zusammenhang nicht gestört werden soll, die Dehnung bzw. Verkürzung im Beton gleich derjenigen im Eisen sein.

Bezeichnet $\alpha = \frac{1}{E_b}$ den Dehnungskoeffizient des Betons, $\beta = \frac{1}{E_e}$ denjenigen des Eisens und setzt man:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\frac{1}{E_b}}{\frac{1}{E_e}} = \frac{E_e}{E_b} = n,$$

so wird, da $\alpha \cdot k_b = \beta \cdot k_e$ sein muß:

$$k_b = k_e \cdot \frac{1}{n} \quad \text{und} \quad k_e = k_b \cdot n.$$

Führt man diese Werte in die allgemeine Gleichung:

$$P = f_b \cdot k_b + f_e \cdot k_e \quad \text{ein, so wird} \quad P = f_b \cdot k_b + f_e \cdot k_b \cdot n \quad \text{oder}$$

$$P = k_b (f_b + f_e \cdot n). \tag{1}$$

[4]) Die Leitsätze des deutschen Architekten- und Ingenieurvereins empfehlen auf Grund weitgehender Versuchsergebnisse, auch in Stützen die Beanspruchung bis zu $\frac{1}{5}$ der Bruchfestigkeit zuzulassen.

Setzt man den Wert für k_e ein, so wird

$$P = f_b \cdot k_e \cdot \frac{1}{n} + f_e \cdot k_e$$

oder

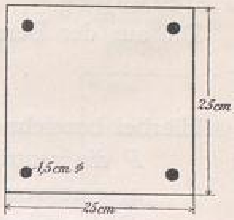
$$P = k_e \left(f_b \cdot \frac{1}{n} + f_e \right). \tag{2}$$

Das Verhältnis der beiden Elastizitätsmodule $n = \frac{E_e}{E_b}$ wird nach den Leitsätzen zu $\frac{2\,100\,000}{140000} = 15$[5]) angenommen.

Beispiel. Welche zentrische Belastung P kann ein quadratischer, 3,2 m hoher Eisenbetonpfeiler von 25 cm Seitenlänge (Abb. 7) aufnehmen, wenn die Armierung durch 4 Rundeisen von 1,5 cm Durchmesser gebildet werden soll?

Die Bruchfestigkeit des betr. Betons sei zu 280 kg/qcm ermittelt. Da nach den Leitsätzen die zulässige Beanspruchung in Stützen nur $\frac{1}{10}$ der Bruchfestigkeit betragen darf, wird:

Abb. 7. Berechnung eines Eisenbetonpfeilers.



$$k_b = \frac{280}{10} = 28 \text{ kg/qcm} \quad \text{und da} \quad P = k_b (f_b + f_e \cdot n)$$

ist, so ergibt sich

$$P = 28 \left(25 \cdot 25 + 4 \cdot \frac{1{,}5^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 15 \right) = 20467 \text{ kg}.$$

Ferner ist die Spannung im Eisen $k_e = k_b \cdot n = 28 \cdot 15 = 420$ kg/qcm.

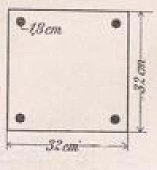
Da der Anfänger meist nicht imstande ist, für eine gegebene Belastung die notwendigen Abmessungen des Betonquerschnittes sowohl als auch des Eisenquerschnittes von vornherein richtig anzunehmen, wurden schon mehrfach besondere Tabellenwerke berechnet, aus denen die betr. Abmessungen entnommen werden können. Im allgemeinen wird man aber auch ohne solche Tabellen rasch und sicher zum Ziele kommen, wenn die Rechnung wie im folgenden Beispiel durchgeführt wird.

Beispiel. Welche Abmessungen muß eine 5,0 m hohe quadratische Eisenbetonsäule erhalten, wenn diese 30300 kg zentrischen Druck aushalten soll und mit 1 % Eiseneinlage versehen wird? Die Bruchfestigkeit des Betons sei 250 kg/qcm. Damit wird die Betonspannung $k_b = \frac{250}{10} = 25$ kg/qcm. Der Eisenquerschnitt $f_e = 1\,\%$ von f_b also $\frac{1}{100} f_b$. Es ergibt sich hiernach $P = k_b \left(f_b + 15 \cdot \frac{f_b}{100} \right)$ und daraus $f_b + \frac{15}{100} f_b = \frac{P}{k_b}$ oder $\frac{115}{100} f_b = \frac{P}{k_b}$; damit wird

$$f_b = \frac{P \cdot 100}{k_b \cdot 115} = \frac{303000 \cdot 100}{25 \cdot 115} = 1054 \text{ qcm}.$$

Mithin ist die Seitenlänge $a = \sqrt{1054} \cong 32{,}0$ cm (Abb. 8) und der erforderliche Eisenquerschnitt $f_e = \frac{1054}{100} = 10{,}54$ qcm.

Abb. 8. Berechnung einer Eisenbetonsäule.



Zweckmäßig wählt man 4 Rundeisen, deren Durchmesser aus der Gleichung $\frac{10{,}54}{4} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ zu $d = \sqrt{\frac{10{,}54}{3{,}14}} \cong 1{,}8$ cm ermittelt wird. Die Spannung im Eisen ist $k_e = k_b \cdot n = 25 \cdot 15 = 375$ kg/qcm.

[5]) Nach Versuchen von BACH schwankt dieser Wert zwischen 6 und 15 und ist abhängig von der Güte der Betonmischung.

Als bekannt ist bei diesen Rechnungen nur die Belastung P, die zulässige Beanspruchung k_b und die anteilige Verwendung der Eiseneinlage anzunehmen. Die erstere ist in jedem praktischen Fall als Stützdruck gegeben, während k_b nach obigem von der Bruchfestigkeit des Betons abhängt und in der Regel mit 20 bis 30 kg/qcm eingeführt wird. Die Eiseneinlage f_e soll nach den Leitsätzen des Ingenieur- und Architekten-Vereins mindestens 0,8 % vom Betonquerschnitt betragen, während Prof. MÖRSCH eine solche von 0,8 bis 2 % empfiehlt. Innerhalb dieser Grenzen kann demnach die Größe der Einlagen ohne weiteres bestimmt werden und zwar wird man dort, wo geringere Säulenstärken erwünscht sind, die Menge des Eisens größer wählen, da dessen Druckbeanspruchung das 15 fache der Betonspannung betragen kann.

§ 11. Knickfestigkeit. Obwohl bei Eisenbetonkonstruktionen infolge der meist vorhandenen Würfelfestigkeit des Betons ein Ausknicken der Stützen und Pfeiler nur ausnahmsweise zu befürchten ist, soll die Knickfestigkeit nach den Bestimmungen doch nachgewiesen werden, wenn die Höhe mehr als das 18 fache der kleinsten Querschnittsabmessung beträgt. Für die Berechnung benutzt man die EULERschen Knickungs-Gleichungen.

Die aus der Berechnung der Baukonstruktionen bekannte EULERsche Formel lautet:

$$P = \frac{a \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J}{s \cdot l^2}.$$

Hierbei bezeichnet

P die zentrische Belastung in kg.
a eine von der Befestigungsart des Stabes abhängende Zahl (vgl. Abb. 9 bis 12).
E das Elastizitätsmodul des Materials.
J das Trägheitsmoment des Querschnittes.
s den Sicherheitsgrad und
l die Länge des Stabes in cm.
π^2 setzt man genau genug = 10.

Für Berechnung der Eisenbetonkonstruktionen läßt sich diese Formel nicht ohne weiteres anwenden, da E und J verschiedene Größen enthalten und zwar ist $E = E_b + E_e$ und $J = J_b + J_e$.

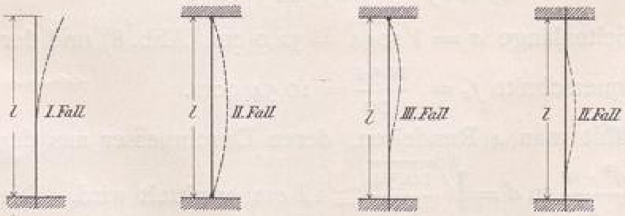
Damit nimmt obige Gleichung folgende Gestalt an:

$$P = \frac{a \cdot \pi^2 \cdot (E_b \cdot J_b + E_e \cdot J_e)}{s \cdot l^2}.$$

Setzt man hierin wieder $\frac{E_e}{E_b} = n$, so wird

$$P = \frac{a \cdot \pi^2 \cdot E_e \left(\frac{J_b}{n} + J_e\right)}{s \cdot l^2}, \tag{3}$$

Abb. 9 bis 12. Befestigungsart der Stützen.



a ist je nach der Befestigungsart (vgl. Abb. 9 bis 12) $\frac{1}{4}$, 1, 2 oder 4. Aus Formel 3 ergibt sich demnach, wenn man $E_e = 2\,000\,000$; $n = 15$; $\pi^2 = 10$ und s, d. h. den Sicherheitsgrad für Beton = 10 setzt, sowie P in Tonnen (t) und l in Metern (m) einführt: