

Liegt z. B. der in Abb. 33a im Querschnitt dargestellte Plattenbalken mit $h = 54$ cm und $F_e = 30,2$ cm² vor, dessen Beanspruchungen sich für ein Gebrauchsmoment von $M = 30\,000$ mkg mit $n = 15$ zu $\sigma = 80/2000$ kg/cm² ermitteln, so errechnet sich für diesen Querschnitt nach Zustand I mit $n = 15$, ein Widerstandsmoment $W_i = 38\,000$ cm³ und für dieses Gebrauchsmoment eine Zugbeanspruchung des Betons von $\sigma_{b_2} = 79,6$ kg/cm².

Wird das gleiche Gebrauchsmoment beibehalten und darf die zulässige Betondruckspannung von $\sigma_b = 80$ kg/cm² beim Spannungsnachweis nach Zustand II mit $n = 10$ nicht überschritten werden, so muß die wirksame Querschnittshöhe auf $h = 59$ cm vergrößert werden, und es ergibt sich der in Abb. 33b im Querschnitt dargestellte Plattenbalken, dessen Eisenquerschnitt $F_e = 28,0$ cm² beträgt. Das zu diesem Querschnitt gehörige Widerstandsmoment errechnet sich, wenn — lediglich

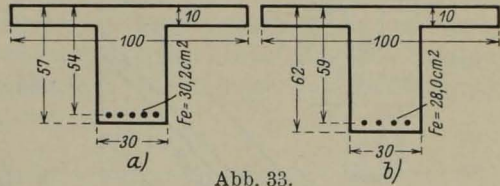


Abb. 33.

zu Vergleichszwecken — der Zustand I mit $n = 15$ berücksichtigt wird, jedoch zu $W_i = 43\,500$ cm³, und die Zugbeanspruchung des Betons unter dem Gebrauchsmoment beträgt $\sigma_{b_2} = 68,5$ kg/cm².

Der Querschnitt nach Abb. 33b weist demnach eine um 14% größere Rissesicherheit auf als der Querschnitt nach Abb. 33a.

Dabei ist der Kostenunterschied zwischen diesen beiden Querschnitten gering. Wird z. B. das S. 103 angeführte Preisverhältnis $\eta = 50$ zwischen Eisen und Beton berücksichtigt, so ergibt sich der Kostenbeiwert der Rippe

für den Querschnitt nach Abb. 33a zu $c = 47 \cdot 30 + 50 \cdot 30,2 = 2920$ cm³ und

„ „ „ „ „ 33b „ $c = 52 \cdot 30 + 50 \cdot 28 = 2960$ cm³.

Die Rippe nach Abb. 33b ist also nur um 2% teurer als jene nach Abb. 33a.

Im übrigen sei hinsichtlich der für die Erhöhung der Rissesicherheit sonst zu berücksichtigenden Umstände auf die früheren Ausführungen verwiesen.

5. Die Schubsicherheit.

α) Allgemeines.

Wie aus den früheren Ausführungen hervorgeht, erreichen die Schubspannungen bei Platten und meistens auch bei Balken recht geringe Werte. Beim Plattenbalken bewirkt jedoch die im Verhältnis zur Plattenbreite gewöhnlich recht geringe Rippenbreite b_0 , daß die aus der Gleichung

$$(59) \quad \tau_0 = \frac{Q}{b_0 \cdot z}$$

ermittelten Schubspannungen beträchtlich sein können.

Der Gl. 59 ist zu entnehmen, daß bei gleichbleibender Querkraft für die Veränderlichkeit von τ_0 mit zunehmenden zulässigen Beanspruchungen der jeweilige Wert z , der gewöhnlich mit $z = h - \frac{d}{2}$ berücksichtigt wird, maßgebend ist.

Wie Vergleichsrechnungen zeigen, ergibt sich diese Veränderlichkeit unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen in ähnlicher Weise, wie sie in Abb. 23 für Rechteckquerschnitte dargestellt wurde. Wird demnach ein Plattenbalken statt mit $\sigma = 40/1200$ kg/cm²

z. B. mit $\sigma = 80/1200 \text{ kg/cm}^2$ beansprucht, so erhöht sich τ_0 auf das etwa 1,8fache. Wird er dagegen mit $\sigma = 80/2000 \text{ kg/cm}^2$ beansprucht, so erhöht sich τ_0 auf das etwa 1,5fache.

Inwieweit das Schlankheitsverhältnis von Plattenbalken für bestimmte zulässige Beanspruchungen zu begrenzen ist, damit $\tau_0 = 18 \text{ kg/cm}^2$ nicht überschritten wird, geht für den allgemeinsten Belastungsfall der gleichmäßig verteilten Belastung $q \text{ (kg/lfdm)}$ aus folgender Ableitung hervor.

Wird

$$Q = \frac{q \cdot l}{2}$$

und

$$M = \frac{q \cdot l^2}{k}$$

in Gl. 59 eingesetzt, so ermittelt sich

$$\tau_0 = \frac{q \cdot l}{2 \cdot b_0 \cdot z} = \frac{k \cdot M}{2 \cdot b_0 \cdot l \cdot z}$$

Da mit $d = \beta \cdot h$ und $x = s \cdot h$ nach Mörsch (25), S. 300,

$$\frac{M}{b} = \frac{\sigma_e \cdot \beta}{n \cdot (1-s)} \cdot \left(s - \frac{\beta \cdot s}{2} - \frac{\beta}{2} + \frac{\beta^2}{3} \right) \cdot h^2$$

beträgt und sich mit

$$r'^2 = \frac{n \cdot (1-s)}{\beta \cdot \sigma_e \cdot \left(s - \frac{\beta \cdot s}{2} - \frac{\beta}{2} + \frac{\beta^2}{3} \right)}$$

wie beim Rechteckquerschnitt

$$M = \frac{h^2}{r'^2} \cdot b$$

ergibt, so geht vorstehende Gleichung für τ_0 mit $b = \alpha \cdot b_0$ über in

$$(60) \quad \tau_0 = \frac{\alpha \cdot k}{2 \cdot r'^2 \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2} \right)} \cdot \frac{h}{l} = c_2 \cdot \frac{h}{l}$$

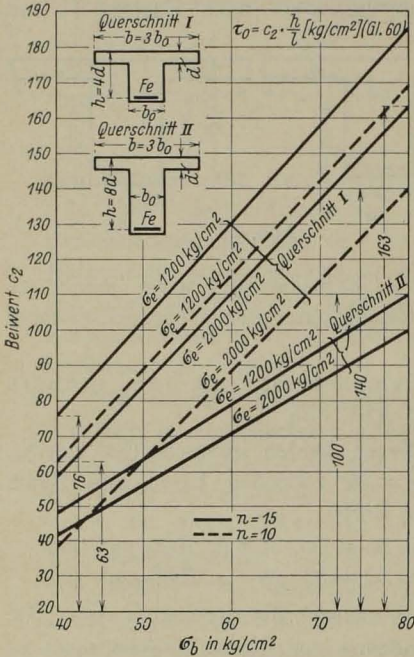


Abb. 34. Darstellung der Beiwerte c_2 zur Ermittlung der Schubspannungen τ_0 von biegebeanspruchten Plattenbalken bei gegebenen zulässigen Beanspruchungen σ_b/σ_e und gegebenem Schlankheitsverhältnis h/l .

Die für Beanspruchungen von $\sigma = 40/1200 \text{ kg/cm}^2$ bis zu $\sigma = 80/2000 \text{ kg/cm}^2$ bei freier Endauflagerung mit $n = 15$ und $n = 10$ ermittelten Beiwerte c_2 sind in Abb. 34 für Plattenbalken dargestellt, bei denen entweder $\alpha = 3$ und $\beta = 0,25$ (Querschnitt I) oder aber $\alpha = 3$ und $\beta = 0,125$ (Querschnitt II) beträgt.

Wird für den erstgenannten Querschnitt mit Hilfe der Werte c_2 die vorgenannte Begrenzung des Schlankheitsverhältnisses abgeleitet, so ermittelt sich dieselbe z. B. für $\sigma = 40/1200 \text{ kg/cm}^2$ mit $n = 15$ und $c_2 = 76$ zu $h/l = 1/4$, für $\sigma = 80/2000 \text{ kg/cm}^2$ mit $c_2 = 163$ zu $h/l = 1/9$.

Wird mit $n = 10$ gerechnet, so ergibt sich im ersten Falle mit $c_2 = 63$ $h/l = 1/3,5$, im letzten Falle mit $c_2 = 140$ $h/l = 1/8$.

Es darf also für den behandelten Querschnitt bei Inrechnungstellung von $\sigma = 80/2000 \text{ kg/cm}^2$ die Rippenhöhe äußerstenfalls rd. 1/9 bzw. 1/8 der Spannweite betragen.

Ist die Rippenhöhe im Verhältnis zur Plattenstärke größer, so nehmen die Werte c_2 ab. So ermittelt sich für den Querschnitt II der Abb. 34 für $\sigma = 80/2000 \text{ kg/cm}^2$ mit $n = 15$ $c_2 = 100$ und damit $h/l = 1/5,5$.

Mit zunehmender Plattenbreite werden die Werte c_2 im Verhältnis dieser Zunahme größer. Sie können damit beträchtlich werden.

Diese Ableitungen lassen bereits erkennen, daß sich bei hochbeanspruchten Plattenbalken erhebliche Schubspannungen ergeben können. Der Bedarf an abgebogenen Eisen zur Erzielung einer vollen Schubsicherung geht aus folgender Ableitung hervor.

Wird, um einen Maßstab für diesen Bedarf zu erzielen, derselbe auf den Querschnitt F_e der im Bereiche des größten Feldmomentes erforderlichen Zugeisen bezogen, so leitet sich der Querschnitt F_{e_s} der abgebogenen Eisen unter der Voraussetzung gleicher zulässiger Eisenbeanspruchungen $\sigma_e = \sigma_{e_s}$ zu

$$(61) \quad F_{e_s} = \frac{\tau_0 \cdot b_0 \cdot l}{4 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{e_s}} = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{e_s} \cdot z} = \frac{k}{8 \cdot \sqrt{2}} \cdot F_e$$

ab, d. h. dieser Querschnitt ist wie bei Platte und Balken unabhängig von den jeweils in Rechnung gestellten Beanspruchungen und beträgt wie bei denselben z. B. für $k = 8$ das 0,71fache, für $k = 24$ jedoch das 2,13fache des Querschnittes der im Bereiche des größten Feldmomentes erforderlichen Zugeisen.

β) Die Schubsicherheit nach Versuchen.

Die folgenden Ausführungen befassen sich mit Versuchen an Plattenbalken aus hochwertigem Beton mit teilweiser oder voller Schubsicherung, aus denen der Einfluß dieser Sicherung auf die erreichbaren Schubspannungen $\tau_{0\text{max}}$ hervorgeht.

Diese Versuche sind in Tafel 31 zusammengestellt. Die Tafel enthält neben einem Hinweis auf die benutzten Veröffentlichungen die jeweiligen Abmessungen der Versuchskörper, die Bewehrungsstärke derselben, die Würfelfestigkeiten des verwendeten Betons sowie die Versuchsergebnisse.

Zur Erhöhung der Übersicht wurde eine Unterteilung der Versuchskörper je nach Art der Schubsicherung in 5 Gruppen vorgenommen. Gruppe 1 enthält die Versuchskörper mit nur geraden Eisen, Gruppe 2 jene mit einem abgebogenen Eisen, Gruppe 3 und 4 jene mit 2 und 3 abgebogenen Eisen sowie Gruppe 5 jene mit 4 und mehr abgebogenen Eisen.

Die einzelnen Gruppen wurden wiederum derart unterteilt, daß neben der Bezeichnung der Versuchskörper und den erreichten Versuchswerten $\tau_{0\text{max}}$ auch das Verhältnis $\frac{F_{e_s}}{F_e}$ ersichtlich ist.

Das Alter der Versuchskörper betrug bei den Versuchen von Saliger vom Jahre 1928 und von Probst 25 und 28 Tage, bei den Versuchen von Weidert (48) 35 Tage und bei den übrigen Versuchen 40 bis 50 Tage.

Bei den meisten Versuchskörpern erfolgte der Bruch infolge der Wirkung zu großer Querkräfte. Soweit der Bruch auf andere Ursachen zurückzuführen ist, sind die in der Tafel eingetragenen Versuchswerte $\tau_{0\text{max}}$ eingeklammert.

Die Versuchskörper, bei denen Bügel verwendet wurden, sind in der Tafel dadurch gekennzeichnet, daß die erreichten Versuchswerte $\tau_{0\text{max}}$ fett gedruckt wurden.