

4B
5344

Lehrmeinungen für die Ausfertigung
von Hauptkationen mit Eisen.
betont bei Gesteinen.

4B 5344

Dat. Berlin 16. April 1924

Amtliche Ausgabe.



Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten.

I. Allgemeine Vorschriften.

A. Prüfung.

§ 1.

1. Der Ausführung von Bauwerken oder Bauteilen aus Eisenbeton hat eine besondere baupolizeiliche Prüfung voranzugehen. Zu diesem Zwecke sind bei Nachsuchung der Bauerlaubnis für ein Bauwerk, welches ganz oder zum Teil aus Eisenbeton hergestellt werden soll, Zeichnungen, statische Berechnungen und Beschreibungen beizubringen, aus denen die Gesamtanordnung und alle wichtigen Einzelheiten zu ersehen sind.

Falls sich der Bauherr oder Unternehmer erst im Verlaufe der Bauausführung über die Wahl der Konstruktionsart schlüssig macht, hat die Baupolizeibehörde darauf zu halten, daß die vorbezeichneten Unterlagen für die Prüfung nachträglich beigebracht werden.

2. In der Beschreibung ist der Ursprung und die Beschaffenheit der zum Beton zu verwendenden Baustoffe und ihr Mischungsverhältnis anzugeben.

3. Die Vorlagen sind von dem Bauherrn und dem Unternehmer, der die Ausführung bewirkt, zu unterschreiben.

§ 2.

1. Die Eigenschaften der zum Beton zu verwendenden Baustoffe sind erforderlichenfalls durch Zeugnisse einer amtlichen Prüfungsanstalt nachzuweisen. Diese Zeugnisse sollen im allgemeinen nicht älter als ein Jahr sein.

2. Es darf nur Portlandzement verwendet werden, der den preußischen Normen entspricht. Die Zeugnisse über die Beschaffenheit müssen Angaben über Raumbeständigkeit, Bindezeit, Mallfeinheit, sowie über Zug- und Druckfestigkeit enthalten.

3. Zur Herstellung des Betons ist nur scharfer Sand, Kies oder ein sonstiger, erfahrungsgemäß geeigneter Zuschlag von zweckentsprechender Korngröße zu verwenden.

4. Die Druckfestigkeit, die der zu verwendende Beton in dem vorgesehenen Mischungsverhältnis nach 28 Tagen erreichen soll, ist in der Beschreibung (§ 1 Ziff. 1) anzugeben.

§ 3.

1. Das Verfahren der statischen Berechnung muß mindestens dieselbe Sicherheit gewähren, wie die Berechnung nach den Leitsätzen in Abschnitt II dieser Bestimmungen.

2. Bei noch unerprobter Bauweise kann die Baupolizeibehörde die Zulassung von dem Ausfalle zuvoriger Probeausführungen und Belastungsversuche abhängig machen.

B. Ausführung.

§ 4.

1. Die Baupolizeibehörde kann die Eigenschaften der in der Verarbeitung begriffenen Baustoffe durch eine amtliche Prüfungsanstalt oder in einer sonst ihr geeignet scheinenden Weise feststellen sowie eine Festigkeitsprüfung des fertigen Betons vornehmen lassen. Die Prüfung der Festigkeit kann auch auf der Baustelle mittels einer Betonpresse, deren Zuverlässigkeit durch eine amtliche Prüfungsanstalt bescheinigt ist, erfolgen.

2. Die für die Prüfung bestimmten Betonkörper müssen Würfel-form erhalten, und zwar je nach der Korngröße des Zuschlages mit



52. 1702

20 oder 30 cm Seite. Die Probekörper sind mit der Bezeichnung des Anfertigungstages zu versehen, durch ein Siegel zu kennzeichnen und bis zu ihrer Erhärtung nach Anweisung der Baupolizeibehörde aufzubewahren.

3. Der Zement ist in der Ursprungspackung anzuliefern.

§ 5.

1. Der Beton ist in der Regel nach Gewichtseinheiten zu mischen.
2. Die Zumessung beim Mischen kann aber auch mit Hohlmaßen und zwar mit je einem Hohlmaß für jeden Baustoff geschehen. Jedes dieser Hohlmaße soll vollgefüllt und glatt abgestrichen die dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis entsprechenden, durch eine zuverlässige Wage nachzuweisenden Gewichtseinheiten enthalten.

§ 6.

Der Beton ist nur in den Mengen zu bereiten, die für die unmittelbare Verwendung erforderlich sind. Er muß nach dem Mischen sofort eingebracht und gleichmäßig eingestampft werden, bei erdfeuchtem Zustande mindestens solange, bis sich an der Oberfläche Wasser zeigt. Zum Einstampfen sind passend geformte Stampfen von angemessenem Gewicht zu verwenden.

§ 7.

1. Mit besonderer Sorgfalt ist darauf zu achten, daß die Eisenlagen die richtige Lage erhalten und dicht mit Zementmörtel umkleidet werden.
2. Der Beton ist in einzelnen Schichten einzubringen, die nicht stärker als 15 cm sein dürfen und für sich gehörig eingestampft werden müssen.
3. Durchgehende Wände sind in ihrer ganzen Länge in Angriff zu nehmen und gleichmäßig hochzuführen. Dabei ist auf einen guten Verband mit anschließenden Querwänden Bedacht zu nehmen. Schichten, die den Abschluß eines Geschosses bilden, müssen wagerecht abgeglichen werden.
4. Die Schalungen müssen hinreichenden Widerstand gegen Durchbiegungen sowie gegen Erschütterungen beim Stampfen bieten und so angeordnet sein, daß sie unter Belassung der notwendigen Stützen gefahrlos entfernt werden können.
5. Beim Entfernen der Schalungen und Stützen muß jede Erschütterung vermieden werden.

§ 8.

1. Soll auf frische Betonschichten eine neue Schicht aufgebracht werden, so genügt es, die alte Oberfläche gut anzunässen.
2. Beim Weiterbau auf erhärtetem Beton muß die alte Oberfläche aufgeraut, sauber abgekehrt und angeätzt werden.

§ 9.

Bei der Herstellung von Wänden und Pfeilern in mehrgeschossigen Gebäuden darf mit der Ausführung dieser Bauteile in dem höheren Geschos erst nach Abnahme des darunter liegenden Geschosses begonnen werden.

§ 10.

1. Bei Frostwetter darf nicht gearbeitet werden, sofern nicht schädliche Einwirkungen des Frostes ausgeschlossen sind.
2. Nach längeren Frostzeiten (§ 12) darf beim Eintritt milderer Witterung die Arbeit erst wieder aufgenommen werden, nachdem die Zustimmung der Baupolizeibehörde dazu eingeholt ist.

§ 11.

1. Bis zur genügenden Erhärtung des Betons sind die Bauteile gegen die Einwirkungen des Frostes und gegen vorzeitiges Austrocknen zu schützen sowie vor Erschütterungen und Belastungen zu bewahren.
2. Die seitlichen Schalungen von Betonbalken und die Schalungen von Deckenplatten bis zu 1,50 m Spannweite dürfen frühestens nach 3 Tagen, die übrigen Schalungen und die Stützen frühestens nach 14 Tagen vom Schlusse des Einstampfens ab gerechnet entfernt werden.
3. Ist das Einstampfen erst kurze Zeit vor Eintritt von Frost beendet, so ist beim Entfernen der Schalung und der Stützen besondere Vorsicht zu beobachten.
4. Tritt während der Erhärtungsdauer Frost ein, so sind mit Rücksicht darauf, daß die Erhärtung des Betons durch den Frost verzögert wird, die in Absatz 2 genannten Fristen um die Dauer der Frostzeit zu verlängern.

§ 12.

Über den Gang der Arbeiten ist ein Tagebuch zu führen und auf der Baustelle stets zur Einsichtnahme bereit zu halten. Frosttage sind darin unter Angabe der Kältegrade und der Stunde ihrer Messung besonders zu vermerken.

C. Abnahme.

§ 13.

1. Bei der Abnahme müssen die Bauteile an verschiedenen von dem abnehmenden Beamten zu bestimmenden Stellen freiliegen, sodaß die Art der Ausführung zu erkennen ist. Auch bleibt es vorbehalten, die einwandfreie Herstellung, den erreichten Erhärtungsgrad und die Tragfähigkeit durch besondere Versuche festzustellen.

2. Zur Feststellung des Erhärtungsgrades können Proben aus den fertigen Bauteilen zur Prüfung nach den Vorschriften des § 4 Ziff. 2 entnommen werden.

3. Werden Probebelastungen für nötig erachtet, so sind diese nach Angabe des abnehmenden Beamten vorzunehmen. Dem Bauherrn und dem Unternehmer ist rechtzeitig davon Kenntnis zu geben und die Beteiligung anheimzustellen.

4. Wird ein aus einem Deckenfelde herausgelöster Streifen einer Probebelastung unterworfen, so soll die gleichmäßig auf dem ganzen Streifen zu verteilende Auflast das Gewicht der Decke und der doppelten Nutzlast nicht überschreiten. Wird ein solcher Streifen ohne Loslösung aus dem Deckenfelde zur Probe belastet, so ist die Auflast um die Hälfte zu erhöhen. Demnach ist, wenn g das Eigengewicht und p die Nutzlast bezeichnet, die Auflast im ersten Falle $g + 2p$, im zweiten Falle $1,5g + 3p$.

II. Leitsätze für die statische Berechnung.

A. Eigengewicht.

1. Das Gewicht des Betons einschließlich der Eiseneinlagen ist zu 2400 kg für das Kubikmeter anzunehmen, sofern nicht ein anderes Gewicht nachgewiesen wird.

2. Bei Decken ist außer dem Gewicht der tragenden Bauteile das Gewicht der zur Bildung des Fußbodens dienenden Baustoffe nach bekannten Einheitssätzen zu ermitteln.

B. Ermittlung der äußeren Kräfte.

1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen sind die Angriffsmomente und Auflagerkräfte je nach der Art der Belastung und Auflagerung den für frei aufliegende oder durchgehende Balken geltenden Regeln gemäß zu berechnen.

2. Bei frei aufliegenden Platten ist die Freilänge zuzüglich der Deckenstärke, bei durchgehenden Platten die Entfernung zwischen den Mitten der Stützen als Stützweite in die Berechnung einzuführen.

3. Bei Platten, die über mehrere Felder durchgehen, darf das Biegemoment in den Feldmitten zu vier Fünfteln des Wertes angenommen werden, der bei einer auf zwei Stützen frei aufliegenden Platte vorhanden sein würde, falls nicht die wirklich auftretenden Momente und Auflagerkräfte rechnerisch oder durch Versuche nachgewiesen werden.

4. Dieselbe Regel gilt auch für Balken, Plattenbalken und Unterzüge, jedoch mit der Ausnahme, daß ein Einspannungsmoment an den Enden nicht in Rechnung gestellt werden darf, wenn nicht besondere bauliche Anordnungen zur sicheren Einspannung getroffen werden. Als Stützweite gilt die um eine Auflagerlänge vergrößerte freie Spannweite.

5. Bei Plattenbalken darf die Breite des plattenförmigen Teiles mit nicht mehr als einem Drittel der Balkenlänge in Rechnung gestellt werden.

6. Bei Stützen ist auf die Möglichkeit einseitiger Belastung Rücksicht zu nehmen.

C. Ermittlung der inneren Kräfte.

1. Das Elastizitätsmaß des Eisens ist zu dem Fünfzehnfachen von dem des Betons anzunehmen, wenn nicht ein anderes Elastizitätsmaß nachgewiesen wird.

2. Die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Körpers sind unter der Annahme zu berechnen, daß sich die Ausdehnungen wie die Abstände von der Nulllinie verhalten und daß die Eiseneinlagen sämtliche Zugkräfte aufzunehmen vermögen.

3. Schubspannungen sind nachzuweisen, wenn Form und Ausbildung der Bauteile ihre Unschädlichkeit nicht ohne weiteres erkennen lassen. Sie müssen, wenn zu ihrer Aufnahme keine Mittel in der Anordnung der Bauteile selbst gegeben sind, durch entsprechend gestaltete Eiseneinlagen aufgenommen werden.

4. Die Eiseneinlagen sind möglichst so zu gestalten, daß die Verschiebung gegen den Beton schon durch ihre Form verhindert wird. Soweit dies nicht geschieht, ist die Haftspannung rechnerisch nachzuweisen.

5. Die Berechnung der Stützen auf Knicken soll erfolgen, wenn ihre Höhe mehr als das Achtehnfache der kleinsten Querschnitts-abmessung beträgt. Querverbände, welche geeignet sind, die eingelegten Eisenstäbe unveränderlich gegeneinander festzulegen, sind in Abständen von höchstens dem dreißigfachen Betrage des Eisenstab-durchmessers anzubringen.

6. Zur Berechnung der Stützen auf Knicken ist die Eulersche Formel anzuwenden.

D. Zulässige Spannungen.

1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen soll die Druckspannung des Betons den fünften Teil seiner Bruchfestigkeit, die Zug- und Druckspannung des Eisens den Betrag von 1200 kg/qcm nicht übersteigen.

Dabei sind folgende Belastungswerte anzunehmen:

- bei mäßig erschütterten Bauteilen, z. B. bei Decken von Wohnhäusern, Geschäftsräumen, Warenhäusern: die wirklich vorhandene Eigen- und Nutzlast,
- bei Bauteilen, die stärkeren Erschütterungen oder stark wechselnder Belastung ausgesetzt sind, wie z. B. bei Decken in Versammlungsräumen, Tanzsälen, Fabriken, Lagerhäusern: die wirkliche Eigenlast und die bis zu fünfzig vH. erhöhte Nutzlast,
- bei Belastungen mit starken Stößen, wie z. B. bei Kellerdecken unter Durchfahrten und Höfen: die wirkliche Eigenlast und die bis zu hundert vH. erhöhte Nutzlast.

2. In Stützen darf der Beton mit nicht mehr als einem Zehntel seiner Bruchfestigkeit beansprucht werden. Bei Berechnung der Eiseneinlagen auf Knicken ist fünffache Sicherheit nachzuweisen.

3. 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.

4. Die Haftspannung darf die zulässige Schubspannung nicht überschreiten.

III. Rechnungsverfahren mit Beispielen.

A. Reine Biegung.

Bei einfacher Eiseneinlage vom Querschnitt f_e auf die Platten- oder Balkenbreite b ergibt sich, wenn das Verhältnis der Elastizitätsmaße des Eisens und des Betons mit n bezeichnet wird, der Abstand der Nulllinie von der Oberkante aus der Gleichung der statischen Momente der Flächenelemente für die Nulllinie:

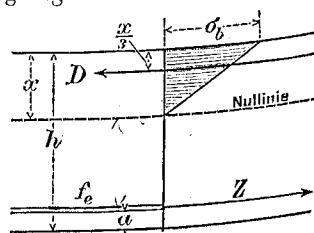


Abb. 1.

$$1) \quad \frac{bx^2}{2} = n f_e (h - a - x) \quad \text{zu}$$

$$2) \quad x = \frac{n f_e}{b} \left[\sqrt{1 + \frac{2b(h-a)}{n f_e}} - 1 \right].$$

Aus der Gleichsetzung der Momente der äußeren und inneren Kräfte folgt dann

$$3) \quad M = \sigma_b \cdot \frac{x}{2} \cdot b \left(h - a - \frac{x}{3} \right) = \sigma_e f_e \left(h - a - \frac{x}{3} \right),$$

worin σ_b die größte Betondruckspannung und σ_e die mittlere Eisenzugspannung bedeutet.

Hieraus folgt:

$$4) \quad \sigma_b = \frac{2M}{bx \left(h - a - \frac{x}{3} \right)},$$

$$5) \quad \sigma_e = \frac{M}{f_e \left(h - a - \frac{x}{3} \right)}.$$

Bei T-förmigen Querschnitten, sogenannten Plattenbalken, unterscheidet sich die Berechnung nicht von der vorigen, wenn die Nulllinie in die Platte selbst oder in die Unterkante der Platte fällt.

Geht die Nulllinie durch den Steg, so können die geringen, im Steg auftretenden Druckspannungen vernachlässigt werden.

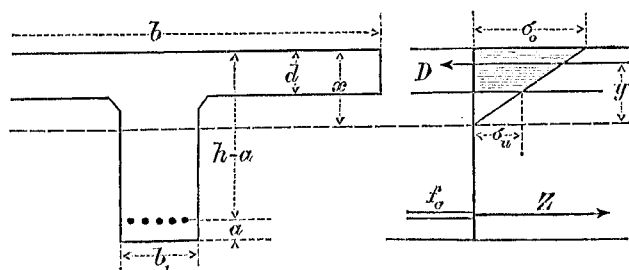


Abb. 2.

Dann ist (vergl. Abb. 2):

$$\sigma_u = \sigma_o \cdot \frac{x-d}{x},$$

$$\sigma_e = n\sigma_o \frac{h-a-x}{x},$$

$$\frac{\sigma_o + \sigma_u}{2} \cdot \frac{bd}{2} = \sigma_e f_e$$

oder nach Einsetzen der angegebenen Werte von σ_o , σ_u und σ_e :

$$6) \quad x = \frac{(h-a)n f_e + \frac{bd^2}{2}}{bd + n f_e}.$$

Da der Abstand des Schwerpunktes des Drucktrapezes von der Oberkante

$$x-y = \frac{d}{3} \frac{\sigma_o + 2\sigma_u}{\sigma_o + \sigma_u}$$

ist, so wird nach Einsetzen des obigen Wertes von σ_u :

$$7) \quad y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2x-d)},$$

$$8) \quad \sigma_e = \frac{M}{f_e(h-a-x+y)},$$

$$9) \quad \sigma_o = \sigma_e \cdot \frac{x}{n(h-a-x)}.$$

B. Zentrischer Druck.

Ist F der Querschnitt der gedrückten Betonfläche und f_e der der gesamten Eiseneinlage, so wird die zulässige Belastung

$$10) \quad P = \sigma_b (F + n f_e),$$

also

$$11) \quad \sigma_b = \frac{P}{F + n f_e},$$

$$12) \quad \sigma_e = n \sigma_b = \frac{n \cdot P}{F + n f_e}.$$

C. Exzentrischer Druck.

Die Berechnung erfolgt wie bei homogenem Baustoff, wenn in den Ausdrücken für die Querschnittsfläche und das Trägheitsmoment der Querschnitt der Eiseneinlagen mit seinem n -fachen Werte zum Betonquerschnitt hinzugerechnet wird. Auftretende Zugspannungen müssen durch die Eiseneinlagen aufgenommen werden können.

D. Beispiele.

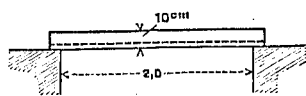


Abb. 3.

1. Bei einer 2 m weit gespannten Wohnhausdecke von 10 cm Stärke und Eiseneinlagen von 5 qcm Querschnitt auf 1 m Deckenbreite und 1,5 cm Abstand der Eiseneinlagen von der Unterkante sollen

die auftretenden größten Spannungen im Beton und im Eisen ermittelt werden.

Das Eigengewicht der Decke für 1 qm ist

0,1 . 2400 =	240 kg
dazu Überschüttung mit gewalzter Schlacke in 10 cm	
Stärke	60 "
3,3 cm starker Holzfußboden mit Lagern	20 "
1,2 cm starker Putz	20 "
Nutzlast	250 "
	zusammen 590 kg;

dann ist

$$M = \frac{590 \cdot 2,1^2 \cdot 100}{8} = 32\,500,$$

$$x = \frac{15 \cdot 5}{100} \left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 8,5}{15 \cdot 5}} - 1 \right] = 2,9 \text{ cm},$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 32\,500}{100 \cdot 2,9 \cdot (8,5 - 0,97)} = 30 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_e = \frac{32\,500}{5 \cdot 7,53} = 865 \text{ kg/qcm}.$$

Die Betondruckspannung 30 kg/qcm ist zulässig, wenn der verwendete Beton eine Bruchfestigkeit von $5 \cdot 30 = 150 \text{ kg/qcm}$ besitzt.

2. Es sei eine frei aufliegende ebene Deckenplatte mit einfacher Eiseneinlage und von der Spannweite 2,00 m gegeben. Die Nutzlast sei 1000 kg/qcm für ein Fabrikgebäude. Die erforderliche Stärke der Betonplatte und der Eiseneinlage soll unter der Voraussetzung ermittelt werden, daß der verwendete Beton eine Druckfestigkeit von 200 kg/qcm besitzt.

Für die Berechnung des Eigengewichts werde die Dicke der Platte einstweilen zu 15 cm angenommen, so daß die in Rechnung zu stellende Stützweite 2,15 m ist.

Das Eigengewicht der Platte für 1 qm ist

0,15 . 2400 =	360 kg
dazu Überschüttung mit gewalzter Schlacke in 20 cm	
Höhe	120 "
2 cm starker Zementestrich	40 "
	zusammen 520 kg;

dann ist

$$M = \frac{520 + 1,5 \cdot 1000}{8} \cdot 2,15^2 \cdot 100 = 116\,700.$$

Da $\sigma_b = \frac{200}{5} = 40,$

und $\sigma_e = 1200,$

so ist, weil $\sigma_e : \sigma_b = n (h - a - x) : x,$

$$1200 : 40 = 15 (h - a - x) : x,$$

$$h - a = 3x;$$

dies in Gleichung 5) eingesetzt, ergibt

$$1200 = \frac{M}{\frac{5}{3} x \left(3x - \frac{x}{3} \right)},$$

$$x^2 = \frac{116\,700}{5333} = 21,8826,$$

$$x = 4,68 \text{ cm},$$

$$h - a = 3 \cdot 4,68 = 14,04;$$

also

$$h = 15,54 \text{ cm},$$

$$f_e = \frac{5}{3} x = 7,8 \text{ qcm}.$$

Es genügen 10 Stück 10 mm starke Rundisen mit einem Querschnitt von 7,85 qcm auf 1 m Deckenbreite.

3. Ein Plattenbalken von nebenstehenden Abmessungen sei bei 9,6 m Lichtweite und 10,0 m Stützweite durch eine Nutzlast von 500 kg/m in einem Geschäftshause belastet. Die Eiseneinlagen, bestehend aus acht Rundisen von 2,2 cm Durchmesser, haben einen Gesamtquerschnitt von 30,4 qcm.

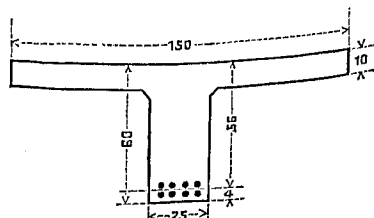


Abb. 4.

Es sollen die größten Spannungen im Beton und im Eisen gefunden werden.

Das Eigengewicht setzt sich zusammen aus dem Gewicht des Plattenbalkens mit

$(1,5 \cdot 0,10 + 0,5 \cdot 0,25) \cdot 2400 =$	660 kg
dem Gewicht der Überschüttung, 6 cm hohe gewalzte Schlacke	36 kg
dem Gewicht des Zementfußbodens von 2 cm Stärke	40 "
dem Gewicht des Deckenputzes	14 "
für 1 qm zusammen	90 kg
also für 1,5 qm $1,5 \cdot 90 =$	135 "
dazu Nutzlast	500 "
zusammen	1295 kg

oder rund 1300 kg für 1 m Balkenlänge.

Daher ist

$$M = \frac{1300 \cdot 10^2 \cdot 100}{8} = 1\,625\,000,$$

$$x = \frac{56 \cdot 15 \cdot 30,4 + \frac{150 \cdot 10^2}{2}}{150 \cdot 10 + 15 \cdot 30,4} = 16,88 \text{ cm},$$

$$y = 16,88 - 5 + \frac{10^2}{6(33,76 - 10)} = 12,58 \text{ cm},$$

$$\sigma_e = \frac{1\,625\,000}{30,4 \cdot 51,7} = 1034 \text{ kg/qcm},$$

$$\sigma_b = 1034 \cdot \frac{16,88}{15 \cdot 39,12} = \text{rund } 30 \text{ kg/qcm}.$$

Die Querkraft am Auflager ist

$$V = \frac{9,6 \cdot 1300}{2} = 6240 \text{ kg}.$$

Daher ist die Schubspannung im Beton:

$$\tau_o = \frac{V}{b_1(h - a - x + y)} = \frac{6240}{25(56 - 16,88 + 12,58)} = \text{rund } 5 \text{ kg/qcm}.$$

Der zulässige Wert der Schubspannung wird also etwas überschritten. Es empfiehlt sich, die Enden der vier oberen Eiseneinlagen aufzubiegen. Die Stelle, wo mit dem Aufbiegen zu beginnen ist, findet sich aus der Bedingung, daß an dieser V_1 nur sein darf $\frac{6240 \cdot 4,5}{5} = 5616 \text{ kg}$. Dies ist erfüllt, wo

$$x = \frac{6240 - 5616}{1300} = \text{rund } 0,5 \text{ m}$$

ist.

Die Haftspannung an den vier unteren Drähten beträgt am Auflager

$$\tau_1 = \frac{25 \cdot 5}{4 \cdot 3,14 \cdot 2,2} = 4,5 \text{ kg/qcm}.$$

4. Ein durchgehender Plattenbalken auf vier Stützen mit untenstehendem Querschnitt werde mit 500 kg/m in einem Geschäftshause

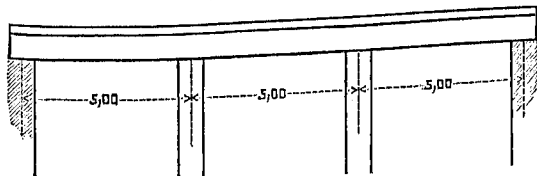


Abb. 5.

belastet. Es sollen die größten auftretenden Spannungen im Beton und im Eisen ermittelt werden.

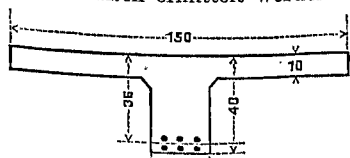


Abb. 6.

Das Eigengewicht für 1 m Balkenlänge beträgt $(1,50 \cdot 0,10 + 0,30 \cdot 0,25) \cdot 2400 =$ 540 kg
 dazu die übrige ständige Belastung wie im vorigen Beispiel 135 "
 zusammen 675 kg;

dann sind die Momente:

a) bei 0,4 l der ersten Öffnung:

$$\begin{aligned} M_g &= + 0,08 \cdot 675 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 134\ 800 \\ - M_p &= - 0,02 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 25\ 000 \\ + M_p &= + 0,10 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 125\ 000 \\ \text{daher } M_{\max} &= + 259\ 800, \end{aligned}$$

b) über der Mittelstütze:

$$\begin{aligned} M_g &= - 0,10 \cdot 675 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 168\ 750 \\ - M_p &= - 0,11667 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 145\ 838 \\ + M_p &= + 0,01667 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 20\ 838 \\ \text{daher } M_{\max} &= - 314\ 588, \end{aligned}$$

c) in der Mittelloffnung:

$$\begin{aligned} M_g &= + 0,025 \cdot 675 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 42\ 188 \\ - M_p &= - 0,05 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = - 62\ 500 \\ + M_p &= + 0,075 \cdot 500 \cdot 5,0^2 \cdot 100 = + 93\ 750 \\ \text{also } + M_{\max} &= + 135\ 938 \\ - M_{\max} &= - 20\ 312. \end{aligned}$$

Hiernach berechnen sich die Spannungen:

a) bei 0,4 l der ersten Öffnung:

Die Eiseneinlagen bestehen aus sechs Rundeisen von 11 mm Durchmesser und 7,6 qcm Gesamtquerschnitt mit 4 cm Abstand von der Unterkante.

Da die Nulllinie in die Platte fällt, wird ihre Lage mit Hilfe der Gleichung 2) gefunden aus

$$x = \frac{15 \cdot 7,6}{150} \left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 150 \cdot 36}{15 \cdot 7,6}} - 1 \right] = 6,69 \text{ cm.}$$

σ_b und σ_e ergeben sich dann aus der Gleichung 4) und 5) zu

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 259\ 800}{150 \cdot 6,69 \cdot 33,77} = 15,3 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = \frac{259\ 800}{7,6 \cdot 33,77} = 1011 \text{ kg/qcm,}$$

b) über der Zwischenstütze:

Für das negative Stützenmoment kommt, da der Beton keine Zugspannungen aufnehmen soll, nur der balkenförmige Teil des Querschnitts mit den nach oben verschobenen Eiseneinlagen in Betracht.

Die Ermittlung der Nulllinie folgt wiederum aus Gleichung 2)

$$x = \frac{15 \cdot 7,6}{25} \left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 36}{15 \cdot 7,6}} - 1 \right] = 14,1 \text{ cm,}$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 314\ 588}{25 \cdot 14,1 \cdot 31,3} = 57 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = \frac{314\ 588}{7,6 \cdot 31,3} = 1322 \text{ kg/qcm.}$$

Diese Spannungen überschreiten die zulässigen Grenzen; zu ihrer Herabminderung kann eine Vergrößerung der Eiseneinlagen vorgenommen werden. Vermehrt man sie um zwei weitere Rundeisen von demselben Durchmesser, so würde die Betonspannung 52 kg und die Eisenspannung 1072 kg/qcm betragen.

c) In der Mittelloffnung:

Das $+ M_{\max} = 135\ 938$ ist erheblich geringer als bei 0,4 l der ersten Öffnung. Es genügen drei Rundeisen mit dem Gesamtquerschnitt 3,8 qcm. Dann ist

$$x = \frac{15 \cdot 3,8}{150} \left[\sqrt{1 + \frac{300 \cdot 36}{15 \cdot 3,8}} - 1 \right] = 4,86 \text{ cm,}$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 135\ 938}{150 \cdot 4,86 \cdot 34,38} = 11 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = \frac{135\ 938}{3,8 \cdot 34,38} = 1046 \text{ kg/qcm.}$$

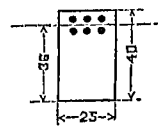


Abb. 7.

Für das $M_{\max} = -20\,312$ genügt es, einen Draht von 1,13 qcm Querschnitt in den oberen Teil zu legen. Dann wird

$$x = \frac{15 \cdot 1,13}{25} \left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 36}{15 \cdot 1,13}} - 1 \right] = 6,33 \text{ cm,}$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 20\,312}{25 \cdot 6,33 \cdot 33,89} = 8 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = \frac{20\,312}{1,13 \cdot 33,89} = 530 \text{ kg/qcm.}$$

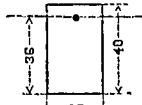


Abb. 8.

5. Ein Eisenbetonpfeiler von 30 · 30 cm Querschnitt mit 4 Rundeisenstäben von 16 qcm Gesamtquerschnitt sei mit 30 000 kg zentrisch belastet. Die auftretenden Beton- und Eisenspannungen sollen ermittelt werden.

$$30\,000 = \sigma_b (30 \cdot 30 + 15 \cdot 16),$$

$$\sigma_b = \frac{30\,000}{1140} = 26,3 \text{ kg/qcm,}$$

$$\sigma_e = 15 \cdot 26,3 = 395 \text{ kg/qcm.}$$

6. Derselbe Pfeiler soll auf Knicken untersucht werden, wenn seine Höhe 4 m beträgt.

In der Eulerschen Formel

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

ist für den Beton

$$E = \frac{2\,100\,000}{15} = 140\,000,$$

$s = \text{Sicherheitsgrad} = 10$

anzusetzen.

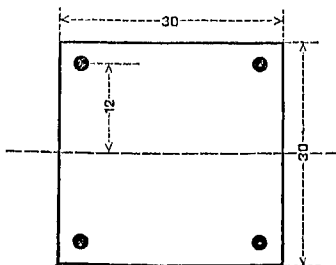


Abb. 9.

$$J = \frac{30^4}{12} + 15 \cdot 4 \cdot 4,00 \cdot 12^2 = 102\,060,$$

also
$$P = \frac{10 \cdot 140\,000 \cdot 102\,060}{10 \cdot 160\,000 \cdot 4^2} = 89\,303 \text{ kg.}$$

Da P nach dem vorigen Beispiel nur 30 000 kg ist, so ist hinsichtlich des Betons keine Knickgefahr vorhanden. Damit auch bei den Eiseneinlagen ein Knicken nicht eintritt, muß sein:

$$\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{5 l^2} = F \cdot k.$$

Die Spannung k des Eisens hatte sich oben zu 395 kg/qcm gefunden. Da beim Rundeisen

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{und} \quad J = \frac{\pi d^4}{64}$$

ist, so ist

$$\frac{J}{F} = \frac{d^2}{16},$$

und es wird die zulässige Knicklänge der Eisenstäbe

$$l = d \sqrt{\frac{10 \cdot 2\,100\,000}{80 \cdot 395}} = 25,8 d.$$

Um daher ein Knicken der Eisenstäbe zu vermeiden, sind sie in Abständen von $25,8 \cdot 2,26 = 58$ cm durch Quereisen zu verbinden.

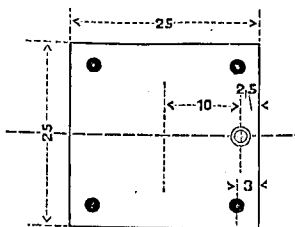
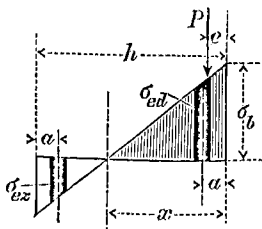


Abb. 10.



7. Ein Eisenbetonpfeiler von 25 · 25 cm Querschnitt und mit vier Eiseneinlagen von 2 cm Durchmesser werde mit 5000 kg exzentrisch, und zwar 10 cm aus der Mitte belastet. Es sollen die auftretenden Beton- und Eisenspannungen ermittelt werden.

Zur Lösung stehen die beiden Bedingungsgleichungen zur Verfügung:

1. Die Summe der äußeren und inneren Kräfte muß Null sein.
 $\Sigma V = 0.$

2. Die Summe der statischen Momente der auf den Querschnitt wirkenden Kräfte muß Null sein. $\Sigma \text{ Mom.} = 0$.

Ferner kommt die Bedingung in Betracht, daß die Spannungen sich verhalten wie die Abstände von der Nulllinie, multipliziert mit dem Elastizitätsmaße, d. h.

$$\begin{aligned}\sigma_b : \sigma_{ed} &= x : n(x - a), \\ \sigma_b : \sigma_{ez} &= x : n(h - a - x).\end{aligned}$$

Aus der Bedingung 1) ergibt sich dann:

$$\begin{aligned}\text{a) } P &= \frac{bx}{2} \sigma_b + n f_e \sigma_b \left(\frac{x-a}{x} - \frac{h-a-x}{x} \right) \\ &= \sigma_b \left[\frac{bx}{2} + \frac{n f_e}{x} (2x - h) \right],\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b) } P(x - e) &= \sigma_b \frac{x^2 b}{3} + n f_e \sigma_b \left[\frac{(x-a)^2}{x} + \frac{(h-a-x)^2}{x} \right] \\ &= \sigma_b \left[\frac{bx^2}{3} + \frac{n f_e}{x} (2x^2 - 2hx + 2a^2 - h^2 - 2ah) \right].\end{aligned}$$

Setzt man die aus diesen beiden Gleichungen sich ergebenden Werte von σ_b einander gleich, so ergibt sich durch weitere Zusammenziehung

$$\frac{b}{6 n f_e} x^3 - \frac{b \cdot e}{2 n f_e} x^2 - (2e - h)x = 2a^2 + h^2 - (2a + e)h$$

oder unter Einsetzung der Werte $b = 25$; $n = 15$; $f_e = 6,28$; $e = 2,5$; $h = 25$; $a = 3$:

$$\begin{aligned}\frac{25}{6 \cdot 15 \cdot 6,28} x^3 - \frac{25 \cdot 2,5}{2 \cdot 15 \cdot 6,28} x^2 + 20 \cdot x &= 2 \cdot 3^2 + 25^2 - 8,5 \cdot 25, \\ x^3 - 7,5 x^2 + 452,16 x &= 9734.\end{aligned}$$

Die Auflösung geschieht am einfachsten durch Versuchen, und es findet sich so genau genug $x = 16,3$ cm.

Dann ist mittels Gleichung a):

$$5000 = \sigma_b \left(\frac{25 \cdot 16,3}{2} + \frac{15 \cdot 6,28}{16,3} \cdot 7,6 \right)$$

$$\sigma_b = 20,2 \text{ kg/qcm.}$$

Dann wird

$$\sigma_{ed} = \frac{15 \cdot 16,3 \cdot 20,2}{16,3} = 249 \text{ kg/qcm.}$$

$$\sigma_{ez} = 249 \cdot \frac{5,7}{16,3} = 107 \text{ kg/qcm.}$$

Berlin, den 16. April 1904.

Der Minister der öffentlichen Arbeiten.

Budde.

III B. 2786.