Von der Vornahme eines solchen Spannungsnachweises kann jedoch abgesehen werden, wenn die Stärke der Umschnürung dadurch nach oben begrenzt wird, daß z. B.

$$F_{i_s} \leqq 2\,F_b \tag{20}$$

sein muß. Damit wird erreicht, daß die Belastung einer umschnürten Säule höchstens das Doppelte betragen darf wie für eine solche ohne Umschnürung und ohne Längseisen. Dies hat zur Folge, daß mindestens eine halb so große Sicherheit gegenüber dem Auftreten der ersten Risse in der Betonumhüllung vorhanden ist wie gegenüber dem Bruch. Da letztere Sicherheit bei hochbeanspruchten Säulen mindestens eine 3fache sein soll, so wird mit obiger Begrenzung der Umschnürung für solche Säulen mindestens eine 1,5fache Sicherheit gegenüber dem Auftreten dieser Risse erzielt[1]).

Dies läßt sich z. B. an Hand der vorbehandelten Versuche nachweisen. So ermittelte sich bei der Säule Nr. 8 mit $n = 9{,}5$ und $m = 25$ $F_{i_s} = 600\ \text{cm}^2$ sowie $2\,F_b = 664\ \text{cm}^2$, womit die Bedingung der Gl. 20 erfüllt ist. Da bei dieser Säule der Beginn der Rißbildung unter einer Belastung von etwa 100 t eintrat, ergibt sich mit einer Gebrauchslast von 54,5 t (vgl. weiter oben) eine 1,9fache Sicherheit gegenüber dieser Rißbildung.

Dagegen ermittelt sich bei der Säule Nr. 2 mit $n = 12{,}5$ und $m = 35$ $F_{i_s} = 725\ \text{cm}^2$ sowie wiederum $2\,F_b = 664\ \text{cm}^2$, womit die Bedingung der Gl. 20 nicht erfüllt ist. Da bei dieser Säule der Beginn der Rißbildung bereits unter einer Belastung von etwa 70 t eintrat, ergibt sich mit einer Gebrauchslast von rd. 50 t (vgl. weiter oben) nur noch eine etwa 1,4fache Sicherheit gegenüber dieser Rißbildung.

Auf die tatsächlichen Querschnittsbeanspruchungen der Längs- und Querbewehrung der Säulen soll im Hinblick auf die Ausführungen S. 44 nicht weiter eingegangen werden.

δ) Folgerungen.

Als wichtigstes Ergebnis der Ermittlungen ist anzuführen, daß die aus den Gl. 16 mittels der zu $\sigma_p = \frac{3}{4} \cdot \sigma_{w_{30}}$ bzw. $\frac{2}{3} \cdot \sigma_{w_{20}}$ festgelegten Prismenfestigkeit des Betons sowie mittels des zu $\frac{\sigma_q}{\sigma_p}$ festgelegten Verhältnisses n und des zu der vorgenannten Prismenfestigkeit zugehörigen Beiwertes m der Abb. 6 abgeleiteten Bruchlasten mit den tatsächlichen Bruchlasten recht gut übereinstimmen, auch dann, wenn für die Herstellung der Säulen hochwertiger Beton sowie hochwertiger Baustahl verwendet wird. Der beabsichtigte 3fache Sicherheitsgrad ist damit unter der Voraussetzung sorgfältiger Bauausführung auf jeden Fall vorhanden, wenn an Würfeln von 20 cm Kantenlänge eine Betondruckfestigkeit nachgewiesen wird, die, ebenso wie bei den Säulen mit einfacher Bügelbewehrung, etwa dem 4,5fachen Betrag der in Rechnung gestellten zulässigen Betondruckspannung entspricht. Für z. B. $\sigma_{b_{\text{zul}}} = 80\ \text{kg/cm}^2$ ist somit, bezogen auf eine etwa 28tägige Erhärtungszeit des Betons, $\sigma_{w_{20}} = \sim 360\ \text{kg/cm}^2$, für $\sigma_{b_{\text{zul}}} = 100\ \text{kg/cm}^2$ sogar $\sigma_{w_{20}} = \sim 450\ \text{kg/cm}^2$ nachzuweisen.

Der Nachweis derart großer Würfelfestigkeiten ist voll berechtigt, nachdem sich bei umschnürten Säulen durch eine Inrechnungstellung von erhöhten zulässigen Betondruckspannungen selbst bei großen Belastungen so kleine Querschnittsabmessungen ergeben können, daß schon durch geringe Ausführungsfehler der beabsichtigte Sicherheitsgrad stark beeinträchtigt werden kann.

---

[1]) Vgl. auch Mörsch (25), 6. Aufl., S. 223.

So können bei nicht genügendem Stampfen oder Stochern des Betons die auf einen verhältnismäßig kleinen Querschnitt verteilten zahlreichen Bewehrungseisen der setzenden Bewegung des Betons derart hinderlich sein, daß eine Lockerung des Gefüges und damit eine Minderung der Festigkeit herbeigeführt wird. Auch kann durch unsachgemäßes Stampfen oder Stochern des Betons der Abstand der Ringbügel oder die Ganghöhe der Spiraleisen ungleich werden.

Die mittels Gl. 17a abgeleiteten Betondruckspannungen ergaben sich für Beton mit $\sigma_p = 185$ und $243\ \mathrm{kg/cm^2}$ erheblich geringer als die tatsächlichen Betondruckspannungen. Wird der Spannungsnachweis jedoch mittels der Fläche der Gl. 19 vorgenommen, so errechnen sich Betondruckspannungen, die mit den tatsächlichen Betondruckspannungen recht gut übereinstimmen.

Von besonderer Bedeutung für die Tragfähigkeit der Säulen ist die Umschnürungswirkung der Querbewehrung. Diese ergab sich als veränderlich, und zwar wird sie mit zunehmender Prismenfähigkeit des Betons rasch geringer. Mit zunehmender Streckgrenze wird sie jedoch größer. Für Säulen aus hoch- oder höchstwertigem Beton kommt deshalb zur Erzielung einer besseren Umschnürungswirkung der Querbewehrung in erster Linie die Verwendung von hochwertigem Baustahl in Betracht. Dabei ist jedoch kein zu dünner Stahldraht zu verwenden, da wegen der geringen Scherfestigkeit des Betons bei einer zu starken Anspannung der Umschnürung sich der Stahldraht im Beton einschneiden kann, womit die Umschnürungswirkung der Querbewehrung natürlich verloren geht.

Da für hochbeanspruchte umschnürte Säulen die Sicherheit gegenüber dem Auftreten der ersten Risse in der Betonumhüllung außerhalb der Querbewehrung recht gering ausfallen kann, ergibt sich die Notwendigkeit, diese Sicherheit nach unten zu begrenzen. Eine mindestens 1,5fache Sicherheit läßt sich erzielen, wenn die Bedingung der Gl. 20 eingehalten wird.

2. Säulen mit Knickgefahr.

Der Hauptvorteil der umschnürten Säulen besteht bekanntlich in der außerordentlich großen Tragfähigkeit bei geringen Querschnittsabmessungen. Deshalb erscheint bei gleichbleibender Gebrauchslast und gleichbleibenden zulässigen Beanspruchungen die Knicksicherheit derartiger Säulen gegenüber jenen mit einfacher Bügelbewehrung erheblich vermindert. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie nachstehende Ermittlungen zeigen.

Wird das Schlankheitsverhältnis λ in Beziehung gebracht zur Säulenhöhe l und zum Krümmungsdurchmesser D der Querbewehrungseisen, so ermittelt sich mit

$$J_k = \frac{\pi \cdot D^4}{64}, \quad F_k = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad i = \frac{D}{4}$$

der Beiwert α_2 der Gleichung

$$\lambda = \alpha_2 \cdot \frac{l}{D} \tag{21}$$

zu $\alpha_2 = 4{,}0$, und als untere Schlankheitsgrenze ergibt sich aus Abb. 4

für $\sigma_{b_{\mathrm{zul}}} = 35\ \mathrm{kg/cm^2}\ \frac{l}{D} = 24{,}0$, für $\sigma_{b_{\mathrm{zul}}} = 45\ \mathrm{kg/cm^2}\ \frac{l}{D} = 21{,}8$,

für $\sigma_{b_{\mathrm{zul}}} = 60\ \mathrm{kg/cm^2}\ \frac{l}{D} = 19{,}1$, für $\sigma_{b_{\mathrm{zul}}} = 80\ \mathrm{kg/cm^2}\ \frac{l}{D} = 18{,}1$ und

für $\sigma_{b_{\mathrm{zul}}} = 100\ \mathrm{kg/cm^2}\ \frac{l}{D} = 17{,}7$.