

In Tafel 3 sind noch die unter verschiedenen Belastungsstufen als tatsächlich vorhanden zu bezeichnenden Querschnittsbeanspruchungen der Eiseneinlagen  $\sigma'_{e_t}$  angeführt. Diese wurden dadurch ermittelt, daß aus den gemessenen gesamten Stauchungen des Betons unmittelbar auf die Stauchungen der Längseisen und mit  $E_e = 2\,100\,000 \text{ kg/cm}^2$  auf deren Beanspruchungen geschlossen wurde. Diese Art der Ermittlung erscheint zulässig, nachdem die durch die Druckplatten der Prüfungsmaschine bewirkten Stauchungen von Beton und Eisen gemeinsam stattfinden. Überdies wurde bei den bisherigen Versuchen festgestellt, daß bei zweckentsprechender Anordnung der Bewehrung die Stauchungen des Betons und der Längseisen bis zu hohen Belastungsstufen gleich groß sind<sup>1)</sup>.

Weiter sind in Tafel 3 auch die zu  $\sigma'_{e_t}$  jeweils zugehörigen, aus der Beziehung

$$(6a) \quad \sigma'_{e_r} = n \cdot \sigma_{b_r}$$

rechnungsmäßig ermittelten Eisendruckspannungen angeführt.

Wie der Tafel 3a zu entnehmen ist, sind die für verschiedene Belastungsstufen ermittelten Eisendruckspannungen bei Verwendung von hochwertigem Beton mit  $\sigma_{w_{20}} = \sim 250 \text{ kg/cm}^2$  durchweg beträchtlich größer als die tatsächlichen Eisendruckspannungen. So ergaben sich zwischen  $\sigma'_{e_t}$  und  $\sigma'_{e_r}$  mit zunehmender Belastung Abweichungen, die von rd. 160 bis 90% abnehmen.

Bei Verwendung von höchstwertigem Beton mit  $\sigma_{w_{20}} = \sim 415 \text{ kg/cm}^2$  werden, wie aus Tafel 3b hervorgeht, diese Abweichungen erheblich geringer. Sie schwanken nur noch zwischen rd. 55 und 25%.

#### d) Folgerungen.

Als wichtigstes Ergebnis der Ermittlungen ist anzuführen, daß die aus den Gl. 4 mittels der zu  $\sigma_p = \frac{3}{4} \cdot \sigma_{w_{20}}$  bzw.  $\frac{2}{3} \cdot \sigma_{w_{20}}$  festgelegten Prismenfestigkeit des Betons sowie mittels dem zu  $\frac{\sigma_q}{\sigma_p}$  festgelegten Verhältnis  $n$  abgeleiteten Bruchlasten mit den tatsächlichen Bruchlasten recht gut übereinstimmen, auch dann, wenn für die Herstellung der Säulen hoch- oder höchstwertiger Beton sowie hochwertiger Baustahl verwendet wird. Damit kann unter der Voraussetzung sorgfältiger Bauausführung der beabsichtigte 3fache Sicherheitsgrad auf jeden Fall eingehalten werden, wenn z. B. an Würfeln von 20 cm Kantenlänge eine Betondruckfestigkeit nachgewiesen wird, die etwa dem 4,5fachen Betrag der in Rechnung gestellten zulässigen Betondruckspannung entspricht. Die Ausführung von hochbeanspruchten Säulen ist demnach nur beim Vorliegen beträchtlicher Würfelfestigkeiten des Betons möglich. Z. B. muß für  $\sigma_{b_{\text{zul}}} = 80 \text{ kg/cm}^2$  nach einer etwa 28tägigen Erhärtungszeit des Betons  $\sigma_{w_{20}} = \sim 360 \text{ kg/cm}^2$ , für  $\sigma_{b_{\text{zul}}} = 100 \text{ kg/cm}^2$  sogar  $\sigma_{w_{20}} = \sim 450 \text{ kg/cm}^2$  betragen.

Der Nachweis solcher Würfelfestigkeiten ist voll berechtigt, nachdem Säulen zu den weitaus wichtigsten Bauteilen gehören und deshalb eine ausreichende Sicherheit gegenüber irgendwelchen Mängeln bei der Ausführung unbedingt erforderlich ist. Es darf auch nicht übersehen werden, daß sich bei der durch eine Inrechnungstellung von erhöhten zulässigen Betondruckspannungen ergebenden erheblichen Verkleinerung der Querschnittsabmessungen schon geringe Ausführungsfehler den beabsichtigten Sicherheitsgrad stark beeinträchtigen können.

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Handb. f. Eisenbetonbau, 4. Aufl., I. Bd., S. 94.

Die rechnungsmäßigen Betondruckspannungen ergaben sich für Beton mit  $\sigma_{w,0} = \sim 250 \text{ kg/cm}^2$  bis zu 13% und für Beton mit  $\sigma_{w,0} = \sim 415 \text{ kg/cm}^2$  bis zu 6% geringer als die tatsächlichen Betondruckspannungen. Die unter verschiedenen Belastungsstufen vorhandenen Abweichungen zwischen rechnungsmäßigen und tatsächlichen Betondruckspannungen sind also bei Verwendung von hochwertigem und besonders bei Verwendung von höchstwertigem Beton gering.

Die sich zwischen rechnungsmäßigen und tatsächlichen Eisendruckspannungen ergebenden Abweichungen sind demgegenüber, selbst bei Verwendung von höchstwertigem Beton, erheblich.

## 2. Säulen mit Knickgefahr.

Bei normal beanspruchten Säulen mit einfacher Bügelbewehrung ist die Gefahr des Ausknickens bekanntlich nur ausnahmsweise zu berücksichtigen. Werden dagegen erhöhte zulässige Betondruckspannungen in Rechnung gestellt, so können sich im Verhältnis zur Säulenhöhe so geringe Querschnittsabmessungen ergeben, daß die Gefahr eines vorzeitigen Ausknickens besteht. Es wird deshalb bei Behandlung des Sicherheitsgrades von hochbeanspruchten Säulen auch der Frage der Knick-sicherheit näherzutreten sein.

Ist diese nachzuweisen, so wird gewöhnlich von der Berechnungsweise nach Euler ausgegangen. Nach derselben ist die Knicklast  $P_k$ , welche die Säule zum Bruche oder zu einer bleibenden seitlichen Ausbiegung bringt, bestimmt durch die Beziehung

$$(8) \quad P_k = \frac{\pi^2}{l^2} \cdot E_b \cdot J_i.$$

In derselben bezeichnet  $l$  die Knicklänge der Säule,  $E_b$  das Verformungsmaß des Betons und  $J_i$  das Trägheitsmoment des Querschnitts unter Berücksichtigung der Eisen-einlagen, bezogen auf jene Schwerachse, um die bei der Ausbiegung die Verdrehung des Querschnitts erfolgt.

Bei Spitzen- oder Gelenklagerung entspricht die Knicklänge der vollen Säulenhöhe. Gewöhnlich stehen jedoch Kopf und Fuß der Säulen in Verbindung mit anderen Tragwerken, so daß eine Verringerung der Knicklänge gegenüber der Säulenhöhe zulässig erscheint. Eine solche Verringerung kommt jedoch nur bei nicht zu hohen und nicht zu schlanken Säulen in Betracht, bei denen eine besonders gute Ausführung der Anschlüsse vorliegt. Diese Einschränkung ist darauf zurückzuführen, daß einestei ls bei sehr schlanken Säulen in den verhältnismäßig kleinen Endflächen nur Momente übertragen werden können, welche einer unvollkommenen Einspannung entsprechen, daß andernteils aber bei kürzeren und gedrun genen Säulen, bei denen die breiten Endflächen die Übertragung eines Momentes in die Säulen wirksam verhindern können, eine genau mittige Belastung selten vorhanden ist.

In der Regel wird mit der Säulenhöhe als Knicklänge gerechnet. In den D. B. ist diese Berechnungsweise sogar vorgeschrieben (§ 27, 2).

Das Verformungsmaß  $E_b$  ist von wesentlicher Bedeutung für die Anwendung der Gl. 8. Dasselbe muß möglichst der Wirklichkeit entsprechend eingesetzt werden, wenn diese Gleichung überhaupt brauchbare Ergebnisse liefern soll.

Damit ergibt sich bereits eine Schwierigkeit für die Untersuchung der Knick-sicherheit von hochbeanspruchten Säulen. Denn dieses Verformungsmaß kann je nach Beschaffenheit, Alter und Beanspruchung des Betons bekanntlich außerordentlich schwanken. Es wird deshalb zu versuchen sein, die Veränderlichkeit von  $E_b$  gesetz-mäßig zu erfassen.