

der vorliegenden Versuche von der am Beton in der Nähe der Eiseneinlagen gemessenen Längenänderung auf die Dehnung der Zugeisen geschlossen wurde, sei darauf verwiesen, daß eine derartige Ermittlung der Dehnung zu groben Fehlern führen kann. Dies ist auf die bekannte Beobachtung zurückzuführen, daß mit zunehmender Belastung Verschiebungen der Eiseneinlagen im Beton eintreten können. Solche Fehler lassen sich aber dadurch vermeiden, daß zum Zwecke der Messung die Eiseneinlagen entweder bloßgelegt oder mit eisernen Zapfen, die aus dem Beton herausreichen, versehen werden. Dabei ist die jeweils gesamte Dehnung zu messen, nachdem bekannt ist, daß die Eiseneinlagen bei Beanspruchungen unterhalb der Streckgrenze nur federnde Formänderungen aufweisen, solange nicht durch zu raschen Lastwechsel die Formänderungen plötzlich herbeigeführt werden.

Vorstehende Ausführungen gelten sinngemäß auch für Eiseneinlagen, die auf Druck beansprucht sind.

### 5. Der Einfluß häufig wiederholter Belastungen auf den Sicherheitsgrad.

Die Zerstörung einer Eisenbetonkonstruktion kann nicht nur durch einmaliges Aufbringen einer langsam bis zur Bruchlast anwachsenden Belastung, sondern schon durch eine weit geringere Belastung herbeigeführt werden, wenn diese oft genug aufgebracht und wieder entfernt wird. Dabei ist die Anzahl der hierzu erforderlichen Wiederholungen um so geringer, je größer diese Belastung ist. Es gibt aber eine Grenze — die sog. Dauer- bzw. Ursprungsfestigkeit — unterhalb der selbst bei einer unendlichen Anzahl von Wiederholungen der Belastung keine Zerstörung mehr herbeigeführt wird.

Wie aus Versuchen von Ornum<sup>1)</sup>, Graf<sup>2)</sup> und Mehmel<sup>3)</sup> hervorgeht, beträgt die Dauerfestigkeit des Betons etwa das 0,4- bis 0,6fache der Würfelfestigkeit. Bei den Eiseneinlagen beträgt dieselbe nach Versuchen von Graf<sup>2)</sup> etwa das 0,8fache der Streckgrenze.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die bei den genannten Versuchen vorgenommenen Wiederholungen der jeweiligen Belastung übertrieben rasch erfolgten. So wurden bei den Versuchen von Ornum in der Minute 10, bei den Versuchen von Mehmel sogar 30 bis 90 Be- und Entlastungen vorgenommen. Außerdem erfolgten ohne Unterbrechung 1,3 bis 1,5 Millionen Wiederholungen der Belastung. Die Versuchskörper wurden also innerhalb eines nur etwa 1 bis 2 Wochen dauernden Zeitraumes Belastungen unterworfen, wie sie in Wirklichkeit erst im Laufe vieler Jahre eintreten können.

Nachdem somit, entsprechend den Ausführungen auf S. 6, sowohl die zulässigen Betondruckspannungen wie die zulässigen Eisenzugspannungen von hochbeanspruchten Eisenbetonkonstruktionen bedeutend kleiner sind als die Dauerfestigkeit dieser Baustoffe, ergibt sich die Folgerung, daß häufig wiederholte Gebrauchslasten die Bruchlast solcher Konstruktionen keineswegs beeinflußt.

Diese Folgerung wird durch die bisher vorliegenden Versuche mit Balken und Plattenbalken aus Eisenbeton, soweit diese unter Einhaltung bestimmter zulässiger Beanspruchungen häufig wiederholten Belastungen unterworfen wurden, bestätigt. So ergab sich z. B. bei den Balkenversuchen von Ornum und Berry (13), S. 189,

<sup>1)</sup> Proceedings 1906.

<sup>2)</sup> Bautechn. 1926, S. 529.

<sup>3)</sup> Mehmel, Untersuchungen über den Einfluß häufig wiederholter Druckbeanspruchungen auf Druckelastizität und Druckfestigkeit von Beton. Berlin 1926.

daß selbst bei einer Million und mehr Belastungswiederholungen die Bruchlast sich nicht gegenüber jenen Balken änderte, die durch eine einmalige, langsam anwachsende Belastung zerstört wurden. Zum gleichen Ergebnis führten auch die Versuche von Homann<sup>1)</sup> und Amos<sup>2)</sup> an Plattenbalken. Dabei wurden bei letzteren Versuchen innerhalb von drei Jahren 7,4 Millionen Wiederholungen der Belastung vorgenommen.

Die zulässigen Querschnittsbeanspruchungen schwankten bei den angeführten Versuchen zwischen  $\sigma = 40/760$  und  $\sigma = 47/1900$  kg/cm<sup>2</sup>.

Es sei noch angeführt, daß sich nach Versuchen von Probst (3), S. 492, die Dauerfestigkeit des auf Zug beanspruchten Betons nur mit der etwa 0,4fachen Biegezugfestigkeit ergab. Allerdings ist dieses Ergebnis unter außerordentlich ungünstigen Verhältnissen erzielt worden, nachdem in der Minute 20 bis 180 Be- und Entlastungen vorgenommen wurden. Trotzdem atmeten die Risse, selbst nach einer Million Belastungswiederholungen und bei Beanspruchungen bis zu  $\sigma = 100/2000$  kg/cm<sup>2</sup> noch, d. h. sie schlossen sich nach der Entlastung fast vollständig.

Im übrigen werden Bauwerke, z. B. Brücken unter Eisenbahngleisen, vor einer nachteiligen Wirkung häufig wiederholter Belastungen gewöhnlich durch besondere Maßnahmen geschützt. Derartige Bauwerke werden sich deshalb günstiger verhalten, als den angeführten Versuchen zu entnehmen ist.

### III. Die Untersuchung an den einzelnen Konstruktionsteilen.

#### A. Der durch eine Druckkraft mittig belastete Eisenbetonquerschnitt.

##### a) Säulen mit einfacher Bügelbewehrung.

##### 1. Säulen ohne Knickgefahr.

##### α) Allgemeines.

Nach Versuchen setzt sich die Tragfähigkeit der durch eine Druckkraft mittig belasteten Säulen mit einfacher Bügelbewehrung unter gewissen noch näher anzuführenden Bedingungen aus der Prismenfestigkeit des Betons und dem Lastanteil der bis zur Quetschgrenze beanspruchten Längseisen zusammen.

Bezeichnet  $F_b$  den gesamten Querschnitt einer Säule,  $F_e$  den Querschnitt der Längseisen,  $\sigma_p$  die Prismenfestigkeit des Betons und  $\sigma_q$  die Quetschgrenze der Längseisen, so beträgt die zu erwartende Bruchlast der Säule

$$(3a) \quad P_{r_{\max}} = \sigma_p \cdot F_b + \sigma_q \cdot F_e.$$

Gewöhnlich wird  $\frac{\sigma_q}{\sigma_p} = n$  und  $(F_b + n \cdot F_e) = F_i$  gesetzt. Es ergibt sich dann

$$(3b) \quad P_{r_{\max}} = \sigma_p \cdot F_i.$$

Da es üblich ist, mit dem Querschnitt  $F_b$  ohne Abzug des Querschnitts der Längseisen zu rechnen, ist zu beachten, daß diese Berechnungsweise eine Erhöhung der Verhältniszahl  $n$  um eins bewirkt. Die dadurch bedingte Ungenauigkeit der Berechnung ist jedoch ohne praktische Bedeutung.

Die Anwendbarkeit der Gl. 3 ist zunächst an die Bedingung geknüpft, daß die Stauchungen des Betons unter der Bruchlast ebenso groß sind wie die Stauchungen

<sup>1)</sup> Arm. Beton 1909, S. 153. — <sup>2)</sup> D. A. f. E., Heft 53 u. 54.