

Dies dürfte in erster Linie darauf zurückzuführen sein, daß die Sicherheitsverhältnisse derart beanspruchter Eisenbetonkonstruktionen noch nicht genügend geklärt sind.

Die nachfolgenden Ausführungen befassen sich deshalb mit der Frage des Sicherheitsgrades von hochbeanspruchten Eisenbetonkonstruktionen. Dabei werden zur Erzielung eines möglichst einwandfreien Bildes über diesen Sicherheitsgrad neben rein rechnungsmäßigen Ermittlungen auch Versuchsergebnisse angeführt und nötigenfalls einander derart gegenübergestellt, daß das unterschiedliche Verhalten des Verbundes unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen einesteils bei Verwendung von gewöhnlichem Beton und handelsüblichem Bewehrungsseisen, andernteils jedoch bei Verwendung von hochwertigem Beton und gleichwertigem Bewehrungsseisen oder hochgestrecktem Baustahl erkennbar ist.

II. Die Grundlagen der Untersuchung.

1. Allgemeines über den Sicherheitsgrad von Eisenbetonkonstruktionen.

Bekanntlich ändert sich bei Eisenbetonkonstruktionen das Zusammenwirken der beiden Baustoffe Beton und Eisen mit zunehmender Belastung derart, daß zwischen Belastung und Beanspruchung dieser Baustoffe keine Verhältnisgleichheit besteht. Aus diesem Grunde ist es auch nicht möglich, den Sicherheitsgrad solcher Konstruktionen ohne weiteres aus dem Verhältnis der tatsächlichen Beanspruchung des die Zerstörung des Verbundes einleitenden Baustoffes unter der Bruchlast zur tatsächlichen Beanspruchung dieses Baustoffes unter der Gebrauchslast abzuleiten.

Der Sicherheitsgrad wird vielmehr am zweckmäßigsten auf das Verhältnis der Bruch- zur Gebrauchslast bezogen, wenn er in seiner tatsächlichen Größe erfaßt werden soll.

Da aber die für die Ableitung des Sicherheitsgrades von Eisenbetonkonstruktionen als bekannt vorauszusetzenden Bezugsgrößen meistens Spannungswerte darstellen (z. B. die Würfelfestigkeit des Betons oder die Streckgrenze der Eiseneinlagen), ist eine Bezugnahme des Sicherheitsgrades auf diese Lasten nicht üblich. Er wird vielmehr gewöhnlich auf das Verhältnis der unter diesen Lasten vorhandenen Beanspruchungen des für die Sicherheit des Verbundes maßgebenden Baustoffes bezogen, schon deshalb, weil sich die üblichen rechnungsmäßigen Ansätze für das Verhältnis der Bruch- zur Gebrauchslast auf das Verhältnis dieser Beanspruchungen vereinfachen lassen.

Soweit demnach der Sicherheitsgrad auf das Verhältnis der tatsächlichen Beanspruchung des die Zerstörung des Verbundes einleitenden Baustoffes unter der Bruchlast zur Beanspruchung dieses Baustoffes unter der Gebrauchslast bezogen wird, ist zu beachten, daß er sich in seiner tat-

schaftlicher Bedeutung sind (hinsichtlich der Ausführungen über die vom Verfasser unabhängig von der Größe der jeweils in Rechnung gestellten zulässigen Beanspruchungen vorgenommene Annahme eines gleichbleibenden Preisverhältnisses zwischen Eisen und Beton vgl. Abschnitt III, C 4).

In konstruktiver Hinsicht wurden in der genannten Zeitschrift die sich für bestimmte zulässige Beanspruchungen ergebenden Grenzlaster von Decken abgeleitet und gefolgert, daß hohe Beanspruchungen für Decken lediglich beschränkt verwendbar sind, weil die sich ergebenden großen Deckenlasten nur ausnahmsweise vorhanden sind. Dies trifft jedoch nicht zu. Wird z. B. der jetzt zulässige Schlankheitsgrad $l:h=35$ berücksichtigt, so errechnen sich folgende Grenzlaster q_s :

σ	40/1200	60/1200	60/1500	80/1500	80/1800	80/2000	100/1500	100/1800	100,2000	kg/cm ²
q_s	0,385	0,728	0,648	0,995	0,910	0,860	1,365	1,260	1,190	t/m ² .

Dieselben können gewiß nicht als nur ausnahmsweise vorhanden bezeichnet werden.

sächlichen Größe nur dann erfassen läßt, wenn letztere Beanspruchung rechnermäßig unter Annahme einer Kräfteverteilung zwischen Beton und Eisen ermittelt wird, wie sie im Bruchzustand oder in dessen Nähe vorhanden ist. Diese kann gegenüber der tatsächlichen Kräfteverteilung allerdings manchmal recht erheblich abweichen, so daß sich unter der Gebrauchslast beträchtliche Unterschiede zwischen den rechnermäßig ermittelten und den tatsächlich vorhandenen Querschnittsbeanspruchungen ergeben können.

Die genannten Möglichkeiten zur Bestimmung des Sicherheitsgrades setzen auf jeden Fall die Kenntnis der tatsächlichen Bruchlast voraus. Im letzteren Falle deshalb, weil es erst mit Kenntnis derselben und mit Hilfe der als bekannt vorauszusetzenden Kräfteverteilung zwischen Beton und Eisen¹⁾ möglich ist, die tatsächliche Beanspruchung des die Zerstörung des Verbundes einleitenden Baustoffes unter der Bruchlast zu ermitteln²⁾.

Da aber die jeweils zu erwartende tatsächliche Bruchlast $P_{t_{\max}}$ gewöhnlich nicht bekannt ist, ergibt sich bereits eine Schwierigkeit für die Bestimmung des bei Eisenbetonkonstruktionen tatsächlich vorhandenen Sicherheitsgrades. Bekannt ist vielmehr lediglich die mit Hilfe der für die Berechnung von Eisenbetonkonstruktionen heute üblichen oder vorgeschriebenen Annahmen rechnermäßig abzuleitende Bruchlast $P_{r_{\max}}$, die gewöhnlich von $P_{t_{\max}}$ abweicht. Beträgt diese Abweichung, auf $P_{r_{\max}}$ bezogen, $\mathcal{A}^0/0$, so ist

$$P_{t_{\max}} = P_{r_{\max}} \cdot (1 \pm \mathcal{A}).$$

Wird die Ableitung des Sicherheitsgrades auf das Verhältnis der Bruch- zur Gebrauchslast bezogen und bezeichnet P die Gebrauchslast, sowie ν_t und ν_r den tatsächlichen und rechnermäßigen Sicherheitsgrad, so ermittelt sich aus

$$(1a) \quad \nu_t = \frac{P_{r_{\max}} \cdot (1 \pm \mathcal{A})}{P}$$

und

$$(1b) \quad \nu_r = \frac{P_{r_{\max}}}{P}$$

$$(2) \quad \nu_t = \nu_r \cdot (1 \pm \mathcal{A}).$$

Wird die Ableitung des Sicherheitsgrades auf das Verhältnis der Beanspruchungen unter Bruch- und Gebrauchslast bezogen, so gilt ebenfalls Gl. 2. Dabei ist unter ν_r das Verhältnis der für die Ermittlung von $P_{r_{\max}}$ angenommenen größtmöglichen Beanspruchung des die Zerstörung des Verbundes einleitenden Baustoffes unter der Bruchlast zur rechnermäßigen Beanspruchung dieses Baustoffes unter der Gebrauchslast abgeleitet, unter Annahme der gleichen Kräfteverteilung zwischen Beton und Eisen wie bei der Ermittlung von $P_{r_{\max}}$ ³⁾, und unter \mathcal{A}

¹⁾ Diese Kräfteverteilung geht aus den weiteren Ausführungen hervor.

²⁾ Diese im Bruchzustand vorhandene Beanspruchung kann natürlich von der aus direkten Versuchen nach bestimmten Prüfungsverfahren ermittelten größtmöglichen Beanspruchung des in Frage stehenden Baustoffes (z. B. der Würfel- oder Prismenfestigkeit des Betons oder der Streckgrenze der Eiseneinlagen) wesentlich abweichen. Dies ist bei den weiteren Ausführungen besonders zu beachten.

³⁾ Dieser Weg zur Ableitung des Sicherheitsgrades wird bekanntlich am häufigsten eingeschlagen, wobei als größtmögliche Beanspruchung gewöhnlich die Würfel- oder Prismenfestigkeit des Betons bzw. die aus derselben in üblicher Weise rechnermäßig abgeleitete Prismen- oder Biegedruckfestigkeit des Betons oder die Streckgrenze der Eiseneinlagen und als Beanspruchung unter der Gebrauchslast deren rechnermäßige Größe eingesetzt wird.

entweder die vorgenannte Abweichung zwischen $P_{t_{\max}}$ und $P_{r_{\max}}$ oder aber, was auf das gleiche hinausgeht, die Abweichung zwischen der tatsächlichen Beanspruchung des die Zerstörung des Verbundes einleitenden Baustoffes und der für die Ermittlung von $P_{r_{\max}}$ angenommenen größtmöglichen Beanspruchung dieses Baustoffes zu verstehen (vgl. auch die Ausführungen S. 26).

An Stelle der Lasten $P_{t_{\max}}$, $P_{r_{\max}}$ und P sind bei biegungsbeanspruchten Eisenbetonkonstruktionen die jeweils zugehörigen Momente $M_{t_{\max}}$, $M_{r_{\max}}$ und M zu setzen. Der Sicherheitsgrad solcher Konstruktionen leitet sich damit ebenfalls aus Gl. 2 ab, wenn

$$\nu_r = \frac{M_{r_{\max}}}{M}$$

beträgt und

$$M_{t_{\max}} = M_{r_{\max}} \cdot (1 \pm \mathcal{A})$$

gesetzt wird.

Die Größe der sich bei den verschiedenen Eisenbetonkonstruktionen ergebenden und mit Hilfe von Versuchen abzuleitenden Abweichungen \mathcal{A} , mit denen sich die weiteren Ausführungen in der Hauptsache befassen werden, ist ein Maßstab dafür, inwieweit mit den für die Berechnung solcher Konstruktionen heute üblichen oder vorgeschriebenen Annahmen die Tragfähigkeit des Verbundes oder, wenn diese bekannt ist, die tatsächliche Beanspruchung des die Zerstörung des Verbundes einleitenden Baustoffes unter der Bruchlast bzw. bei Biegung unter dem zugehörigen Moment und damit der tatsächliche Sicherheitsgrad erfaßt werden kann.

Da der abzuleitende Sicherheitsgrad auch auf die Gebrauchslast bzw. das zugehörige Moment oder auf die unter dieser Last vorhandene rechnungsmäßige Beanspruchung des für die Sicherheit maßgebenden Baustoffes zu beziehen ist, wird darauf verwiesen, daß die Gebrauchslast im allgemeinen als gegeben anzusehen ist. Soweit sie abgeleitet wird, ist auf jeden Fall zu beachten, daß sowohl Erschütterungen infolge Verkehrslasten oder schwere Maschinen durch einen Stoßzuschlag, wie im Zeitraum der voraussichtlichen Lebensdauer des Bauwerkes mögliche Lastensteigerungen entsprechend berücksichtigt werden.

Hinsichtlich der Größe des bei Eisenbetonkonstruktionen im allgemeinen vorhandenen Sicherheitsgrades ist anzuführen, daß dieser bei den durch eine Druckkraft mittig oder geringer außermittig belasteten Säulen gewöhnlich einen etwa 3- bis 6fachen, bei den auf Biegung beanspruchten Platten, Balken und Plattenbalken, soweit dieser bei üblicher Bewehrungsstärke durch den Zugwiderstand der Eiseneinlagen begrenzt wird, einen etwa 2- bis 4fachen und, soweit dieser bei starker Zugbewehrung durch die Druckfestigkeit des Betons begrenzt wird, einen etwa 4- bis 8fachen Betrag erreicht. Ist die Zerstörung des Verbundes infolge zu großer Querkräfte zu erwarten, so liegt gewöhnlich ein etwa 2- bis 6facher Sicherheitsgrad gegenüber einer solchen Zerstörung vor.

2. Festlegung einer unteren Begrenzung des Sicherheitsgrades von hochbeanspruchten Eisenbetonkonstruktionen.

Wie den vorstehenden Ausführungen zu entnehmen ist, sind in Eisenbetonkonstruktionen vielfach Sicherheitszahlen vorhanden, die weit über jedes notwendige Maß hinausgehen. Es ist klar, daß diese sowohl in wirtschaftlicher wie in konstruktiver Hinsicht in keiner Weise zu rechtfertigen sind.