Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 21

Inhaltsverzeichnis

INHALT: Ueber die Anstrengungshypothesen. — Amerikanische Klassenbauordnung und Wohnbau. — Funkenbildung durch austretenden Dampf. — Wettbewerb für eine neue evangelische Kirche in Buchs, Kt. St. Gallen. — Schweizer Baukatalog. — Mitteilungen: Materialuntersuchungen mittels Röntgenstrahlen. Das Auftauen von Wasserleitungen. Die Stony-Gorge-Staumauer. Diskussionsvorträge aus der Elektrotechnik an der E. T. H. Verbot der Heizung mit Auspuffgasen in den New Yorker Autobussen. Kolloquium über Flugwesen an der E. T. H. Uebertragung von Vorlesungen durch Mikrophone an der Universität Leipzig. Die Kirche St. François in Lausanne. — Wettbewerbe: Wiederaufbau der Dörfer Torgon und Lourtier im Wallis. Neues Stadthaus in Locarno. Neubau der Schweizer. Volksbank in Kreuzlingen. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine: Schweizer. Ing.- und Arch.-Verein. Zürcher Ing.- und Arch.-Verein. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 94 Nr. 21

Ueber die Anstrengungshypothesen.

Von Dr. Ing. WLADIMIR v. BURZYŃSKI, Assistent der Technischen Hochschule Lwów, Polen.

Die Frage nach der Beanspruchung der Materialien ist so bekannt, dass eine nähere Erklärung des Thema überflüssig scheint. In dieser Arbeit will ich alle vorliegenden Anschauungen über den Gegenstand zusammenstellen und sie einer kurzen Kritik unterziehen. In Betrachtung gezogen habe ich eine statische Lokalanstrengung bei irgendwelchem Beanspruchungszustande. Der Vergleichszustand, der kurz der kritische heissen soll, wird einheitlich durch Spannungsparameter beschrieben, in erster Linie also durch die Angaben der folgenden Zustände: des einaxigen Zuges (I), des einaxigen Druckes (II) und des einfachen Schubs (III), also durch folgende Schemata:

I. $\sigma_1 = k_z, \quad \sigma_2 = 0, \quad \sigma_3 = 0$
II. $\sigma_1 = 0, \quad \sigma_2 = 0, \quad \sigma_3 = -k_d$
III. $\sigma_1 = k_s, \quad \sigma_2 = 0, \quad \sigma_3 = -k_s$

wobei $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ ist. Offenbar kann man auch kompliziertere Zustände in Betracht ziehen, nämlich:

IV. $\sigma_1 = k_{zz}, \quad \sigma_2 = k_{zz}, \quad \sigma_3 = 0$
V. $\sigma_1 = 0, \quad \sigma_2 = -k_{dd}, \quad \sigma_3 = -k_{dd}$
VI. $\sigma_1 = k_{zzz}, \quad \sigma_2 = k_{zzz}, \quad \sigma_3 = k_{zzz}$
VII. $\sigma_1 = -k_{ddd}, \quad \sigma_2 = -k_{ddd}, \quad \sigma_3 = -k_{ddd}$

Eine der Hauptaufgaben der Theorien über die Beanspruchung ist nun, das Verhältnis $k_z : k_d : k_s : k_{zz} : k_{dd} : k_{zzz} : k_{ddd}$ übereinstimmend mit den Beobachtungen zu bestimmen. Man kann sich nun bei der Kritik der Theorien meist auf die ersten fünf Parameter beschränken, oft genug auch auf die drei ersten, aber niemals auf die beiden ersten Parameter k_z und k_d, denn das Verhältnis dieser beiden $\varkappa = k_d : k_z$ ist spezifisch und charakteristisch für den jeweils vorliegenden Körper.

Halten wir die letzte Bemerkung fest, so können wir daraufhin keinesfalls aus der Gruppe (A) der Spannungstheorien die Hypothese der konstanten, kritischen Zugspannung:

$$\sigma_1 = k_z \qquad \text{(A1)}$$

mit der unannehmbaren Relation $\varkappa = \infty$ zulassen. Ebenso müssen wir aus der Gruppe (B) der Formänderungstheorien die Hypothese der konstanten, kritischen Verlängerung:

$$\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) = k_z \qquad \text{(B1)}$$

wegen des aus ihr herrührenden Zusammenhanges $\varkappa = \frac{1}{\mu}$ als nicht brauchbar abweisen. Es sei schon hier bemerkt, dass die Anpassung an die Beobachtungstatsachen durch die Querkontraktionszahl μ nie einen Wert besitzt. Bei (B1) z. B. lässt die Relation $\varkappa = \frac{1}{\mu}$ nicht zu, den sehr wichtigen Fall $\varkappa = 1$ zu betrachten, denn es ist stets $0 \leq \mu \leq \frac{1}{2}$. Von der Gruppe (C) der sogenannten Energietheorien ist auszuschliessen die Hypothese der konstanten, kritischen Raum-Gestaltänderungsenergie:

$$\left.\begin{aligned} 2G\Phi &= \frac{1}{2(1+\mu)}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2) - \frac{\mu}{1+\mu}(\sigma_2\sigma_3 + \\ &\qquad \sigma_3\sigma_1 + \sigma_1\sigma_2) = k_s^2 \quad \text{bei} \quad \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \geq 0 \\ 2G\Phi_f &= \frac{1}{3}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1 - \sigma_1\sigma_2) \\ &= k_s^2 \quad \text{bei} \quad \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \leq 0, \end{aligned}\right\} \quad \text{(C2)}$$

wo G den Gestaltelastizitätsmodul und $\Phi = \Phi_v + \Phi_f$ die Formänderungsenergiedichte in den Teilen Φ_v und Φ_f (bezogene Raumänderungs- und Gestaltänderungsenergie) bedeutet. Die in der Theorie (C2) enthaltene Gleichheit $\varkappa = \sqrt{\frac{3}{2(1+\mu)}}$ begrenzt die allgemeinen Versuche auf einen engen Bereich $1 \leq \varkappa \leq 1{,}225$ und dabei ist der Uebergang zu $\varkappa = 1$ viel mehr theoretisch möglich als in der praktischen Sache.

Der Reihe nach wollen wir jetzt den dritten Parameter k_s heranziehen. In erster Annäherung können wir annehmen, dass im allgemeinen eine Funktion $k_s = f(k_z, k_d)$ existiert; wenn eine Abhängigkeit des k_s anzunehmen ist, so ist die obige die denkbar einfachste.

Den drei ersten Hypothesen muss vor allem die Theorie der konstanten, kritischen Längsspannungen:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 &= k_z \\ \sigma_3 &= -k_d \end{aligned}\right\} \qquad \text{(A2)}$$

und dann die Hypothese der konstanten, kritischen Längsformänderungen folgen:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) &= k_z \\ \sigma_3 - \mu(\sigma_1 + \sigma_2) &= -k_d \end{aligned}\right\} \qquad \text{(B2)}$$

Die aus ihnen herrührenden unsymmetrischen Zusammenhänge $k_s = k_z$ beziehungsweise $k_s = \frac{k_z}{1+\mu}$ lassen den Parameter $k_d (> k_z)$ unbeachtet. In dem Falle $\varkappa = 1$ also $k_z = k_d = k$ wird es bei (A2) wie bei (B2) nicht besser sein. Schon Experimente von sehr einfacher Natur sind weit davon entfernt, im ersten Falle die Gleichheit $k_s = k$ darzutun, und im zweiten sieht der Bereich $1 \geq \frac{k_s}{k} \geq 0{,}667$ wohl nur an seinem untern Ende bei dem theoretischen Werte $\mu = \frac{1}{2}$ der Wirklichkeit ähnlich.

Im weiteren Verlaufe seien zuerst die Theorien mit einer Konstanten k vorgeführt. Da ist die Hypothese der konstanten, kritischen Hauptschubspannung:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = k \qquad \text{(A3)}$$

mit Relation $k_s = 0{,}5\, k$. Es schliesst sich an die kombinierte Hypothese der konstanten, kritischen Längsformänderung und Pseudoschubspannung (Becker):

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_3 &= \gamma k \\ \sigma_1 - (1-\mu)\sigma_2 - \mu\sigma_3 &= k \\ -\mu\sigma_1 - (1-\mu)\sigma_2 + \sigma_3 &= -k, \end{aligned}\right\} \qquad \text{(B3)}$$

wo $\mu = \frac{1}{3}$ und $\gamma = \frac{6}{5}$ zu setzen sind, woraus $k_s = 0{,}6\, k$ folgt. Als weitere ist da die Hypothese der konstanten, kritischen Formänderungsenergie:

$$2E\Phi = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\mu(\sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1 + \sigma_1\sigma_2) = k^2 \qquad \text{(C1)}$$

(E ist der Längselastizitätsmodul) mit $k_s = \frac{k}{\sqrt{2(1+\mu)}}$ oder $0{,}577 \leq \frac{k_s}{k} \leq 0{,}707$.

Es folgt die Hypothese der konstanten, kritischen Gestaltänderungsenergie:

$$6G\Phi_f = \sigma_f^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1 - \sigma_1\sigma_2 = k^2 \qquad \text{(C3)}$$

mit $k_s = \frac{k}{\sqrt{3}} = 0{,}577\, k$. Theorie (A3) kann man als den Spezialfall $\varkappa = 1$ der allgemeinern Hypothesen (A4), (A5) und (B4) betrachten; (B3) ist eine Kompilation von (A3) und (B2); (C1) ist als Sonderfall der in die vorläufige, mathematische Form gefassten Hypothese (C4) aufzufassen. Hierher gehören noch die Sonderformen der Theorien (C5) und (C5)*:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\nu(\sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1 + \sigma_1\sigma_2) = k^2 \qquad (\text{C5}^0)$$

mit $k_s = \frac{k}{\sqrt{2(1+\nu)}}$ oder wegen $1 \geq \nu \geq 0$: $0{,}5 \leq \frac{k_s}{k} \leq 0{,}707$ und:

$$\begin{aligned} \sigma_1^2 + 2(1-\lambda)\sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2(1-\lambda)\sigma_2\sigma_3 - \\ 2\lambda\sigma_3\sigma_1 - 2(1-\lambda)\sigma_1\sigma_2 = k^2 \end{aligned} \qquad (\text{C5}^0)^*$$

mit $k_s = \frac{k}{\sqrt{2(1+\lambda)}}$ oder wegen $1 \geq \lambda \geq 0$: $0{,}5 \leq \frac{k_s}{k} \leq 0{,}707$.