

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 1 (1932)

Rubrik: Free discussion of question I4

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Discussion libre.*Freie Diskussion.***Free discussion.****M. B. BUXTON,**

Captain, Chartered Civil Engineer, London.

Professor Timoshenko's paper on Stability of Plate Girders Subject to Bending, marks a practical advance in structural engineering, because he lays down a theoretical basis for the design and spacing of stiffeners in the webs of plate girders, and for the thickness of the web. Hitherto the rules have been largely empirical.

In Great Britain the Standard Specification for Girder Bridges demands web stiffeners riveted on both sides at the ends and inner edges of the bearing plates, at all points of local and concentrated loads, also at points throughout the length of the girder generally not further apart than the depth of the girder with a maximum spacing of six feet, when the thickness of the web is less than $1/60$ of the unsupported distance between the flange angles. The end stiffeners must have sufficient area to carry the entire shear without exceeding the working stress, while the intermediate stiffeners and the rivets connecting them to the web should be of sufficient area to take $2/3$ of the vertical shear at the point of attachment.

Now these rules, like the American Specification mentioned in the paper, have been based on past experience and are generally satisfactory. The more exact rules of Prof. Timoshenko show an appreciable saving of material and are to be welcomed, and it is hoped that they will be supported by practical experience.

Traduction.

Le Rapport du Professeur Timoshenko sur la Stabilité des poutres sollicitées à la flexion marque un progrès très effectif dans la technique de la construction, car il pose les bases de notions théoriques en vue du calcul des éléments de renforcement et de leur écartement sur l'âme des poutres pleines ainsi que pour le calcul des épaisseurs à donner aux âmes de ces poutres. Jusqu'à maintenant en effet, les règles que l'on adoptait étaient pratiquement empiriques.

En Grande-Bretagne, la « Standard Specification » prescrit pour les ponts à poutres des éléments de renforcement rivés, sur les deux côtés, aux extrémités et sur les bords intérieurs des plaques de tôle constituant les âmes, ainsi qu'en tous les points où peuvent se manifester des charges localisées ou concentrées ; ces éléments de renforcement sont également prévus sur toute la longueur de la poutre, généralement à des écartements non supérieurs à la hauteur de la poutre elle-même, avec un maximum de 6 pieds (1,83 mètre), lorsque l'épaisseur de l'âme est inférieure au $1/60$ de la distance qui sépare les extrémités des cornières des membrures inférieure et supérieure (ce que l'on pourrait appeler la hauteur nette de l'âme). Les éléments de renforcement des extrémités doivent présenter une section suffisante pour pouvoir supporter la totalité du cisaillement sans travailler au-dessus du taux normal ; les éléments de renforcement intérieurs et le rivetage qui les assemble sur l'âme de la poutre

doivent présenter une section suffisante pour pouvoir supporter les $2/3$ du cisaillement vertical qui s'exerce à leur point d'assemblage.

Ces prescriptions, de même que les Spécifications américaines qui sont mentionnées dans le rapport, sont basées sur une longue expérience et donnent généralement des résultats satisfaisants. Les règles plus exactes établies par le Professeur Timoshenko permettent de réaliser une économie très appréciable de matière première ; elles doivent recevoir un chaleureux accueil et il faut espérer qu'elles seront légitimées par l'expérience pratique.

Dr. sc. techn. J. BRUNNER,

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt, Zürich.

Zur Abhandlung von Prof. Dr. Karner möchte ich bemerken, dass mir seine Definition des Knickens zu eng gefasst erscheint.

Prof. Karner sagt : « Wird ein gelenkig gelagerter Stab zentrisch belastet, so bleibt er infolge Belastungen unterhalb der kritischen Knicklast (Euler'sche Knicklast) gerade. Wird die Stabachse durch hinzutreten von äusseren Momenten gebogen (und tritt keine Randspannung über der Proportionalitätsgrenze auf), so kehrt der Stab nach Wegfall der Ausbiegungsursachen wieder in die gerade Lage zurück.

« Der Stab bleibt auch bei weiterer Steigerung der Last gerade, er ist im stabilen Gleichgewicht, bis die kritische Last, die Knicklast, erreicht ist. Der Stab ist bisher nur durch eine Normalkraft beansprucht. Wird nunmehr die Last um einen noch so kleinen Teil gesteigert, so tritt eine Ausbiegung auf, es wird ein Zusatzmoment wirksam. Nur diesen Vorgang sprechen wir als Knickvorgang an. »

Diese Definition erscheint mir, wie gesagt, zu eng, sie ist darauf eingestellt, nur elastische Baustoffe rechnerisch zu erfassen.

Baustoffe, die keine Proportionalitätsgrenze, resp. Elastizitätsgrenze kennen, wie z. B. Kupfer, auch Gusseisen, würden nicht unter den Knickbegriff eingereiht werden können.

Unsere Stäbe der Praxis sind auch immer exzentrisch gedrückt. Auch da würde man nicht von Knicken sprechen können.

Geeigneter scheint es mir, das exzentrische Knicken als Typus zu wählen und das zentrische Knicken als Spezialfall zu bezeichnen.

Gewiss kann man den Begriff « Knicken » so einengen, doch deckt sich dies weder mit der Praxis, noch ist wissenschaftlich damit etwas gewonnen.

Traduction.

Au sujet du Rapport présenté par le Professeur Dr. Karner, je me permettrai de faire cette remarque que sa définition du flambage me semble trop étroite.

Le Professeur dit : Lorsqu'une barre articulée à ses extrémités est soumise à un effort axial centré, elle reste rectiligne si la charge est inférieure à la charge critique de flambage (charge de flambage d'Euler). Si l'axe de la barre subit une flexion sous l'influence de moments extérieurs (et si aucune contrainte périphérique n'arrive à dépasser la limite de proportionalité), la barre revient à sa

forme rectiligne après la disparition des causes ayant provoqué la déformation.

« La barre reste également rectiligne si la charge augmente à nouveau ; elle se trouve en équilibre stable jusqu'à ce que soit atteinte la charge critique, c'est-à-dire la charge de flambage. Cette barre n'a été ainsi soumise, jusqu'à ce moment, qu'à une charge normale, axiale. Si toutefois, à partir de ce moment, la charge continue à augmenter, si peu soit-il, il se produit une déformation par flexion et un moment additionnel entre effectivement en jeu. C'est cette phase seulement du processus de charge que nous considérons comme constituant essentiellement le flambage. »

Ainsi que je l'ai dit, cette définition me paraît trop étroite. Elle ne considère d'une manière mathématique que les matériaux parfaitement élastiques.

Des matériaux tels que le cuivre, la fonte également, qui ne possèdent aucune limite de proportionnalité, aucune limite d'élasticité nettement définie, ne pourraient en effet pas être soumis à cette notion du flambage.

Dans la pratique, les barres que nous employons sont en outre toujours soumises à des charges excentriques. Là encore, il ne serait pas non plus possible de parler de flambage.

Ainsi que je l'ai dit, cette définition me paraît trop étroite. Elle ne considère d'une manière mathématique que les matériaux parfaitement élastiques.

Il me semblerait donc plus judicieux de considérer le flambage sous l'influence de charges excentrées comme constituant le cas général, dont le flambage sous l'influence de charges centrées ne serait qu'un cas particulier.

On peut évidemment maintenir la notion de « flambage » dans ces étroites limites, mais cela ne concorde pas avec la pratique et l'on n'a rien à y gagner scientifiquement.

M. BROSZKO,

Professor an der Technischen Hochschule, Warschau.

Bei der Behandlung des Knickproblems werden oft logische Fehler begangen, welche auf einen gemeinsamen Ursprung zurückgeführt werden können. Zur Aufdeckung der gemeinsamen Ursache dieser Fehler wird man durch die folgenden Ueberlegungen geführt :

Die Eigenart der mathematischen Elastizitätstheorie besteht bekanntlich darin, dass sie, auf die Allgemeingültigkeit ihrer Ergebnisse von vornherein verzichtend, die wirklichen elastomechanischen Eigenschaften der beanspruchten festen Körper durch willkürlich angenommene, unabänderlich festgelegte Eigenschaften ersetzt, und infolgedessen bei Bewertung der Korrektheit ihrer Resultate sich auf die Anwendung der rein mathematischen Kriterien beschränken kann. Im Gegensatz zu der mathematischen Elastizitätstheorie muss die allgemeine, d. h. eine unbeschränkte Gültigkeit ihrer Lösungen anstrebende Knicktheorie die wirklichen elastomechanischen Eigenschaften der festen Körper in ihren Ansätzen voll berücksichtigen, und kann infolgedessen bei der Ueberprüfung der Richtigkeit ihrer Ergebnisse neben der Mathematik auch eines anderen Prüfmittels, nämlich des Versuchs nicht entbehren. Denn die Korrektheit der mathematischen Operationen, mit deren Hilfe die Ergebnisse der vollwertigen physikalischen Theorien gewonnen werden, bildet eine

zwar notwendige, keinesfalls aber auch hinreichende Bedingung für die Richtigkeit der letzteren. Eine vollwertige physikalische Theorie darf vielmehr den Anspruch auf Richtigkeit nur dann erheben, wenn erstens ihre Grundannahmen, und zweitens auch ihre aus diesen Grundannahmen in korrekter Weise abgeleiteten Endergebnisse mit den Erfahrungstatsachen übereinstimmen.

Die Ursache der bei der Behandlung des Knickproblems sich regelmässig wiederholenden logischen Fehler kann nun auf Grund der vorstehenden Erörterungen leicht aufgezeigt werden. Sie liegt darin, dass viele Ingenieure, infolge des ständigen Gebrauches der von unverrückbaren Ansätzen ausgehenden Elastizitätstheorie, sich gewohnheitsmässig von der Pflicht einer gewissenhaften Ueberprüfung der Rechnungsgrundlagen enthoben fühlen, und nur zu leicht zu dem Glauben verführt werden, ein in mathematischer Hinsicht korrektes Rechnungsergebnis stelle unter allen Umständen eine einwandfreie Lösung des Problems dar. Die Richtigkeit dieser Behauptung möge durch einige Beispiele belegt werden :

1) Die formale Korrektheit der Rechnung, mit deren Hilfe v. Kármán seine Knickformel aus einem unrichtigen, weil mit den Erfahrungstatsachen unverträglichen Spannungsverteilungsgesetz abgeleitet hat, wurde bekanntlich von mehreren Forschern dargelegt. Nach der Meinung eines Verfechters der Engesser-v. Kármán'schen Theorie soll nun die Korrektheit der Kármán'schen Rechnung schon an und für sich einen zwingenden Beweis dafür bilden, dass eine andere, auf Grund anders gearteter Annahmen unter Benutzung einer korrekten Rechnung aufgestellte Knicktheorie unbedingt falsch sein müsse !

2) Die von dem hochverdienten Leiter der Dahlemer Knickversuche aufgestellte Knicktheorie wurde aus physikalischen Annahmen abgeleitet, deren Unrichtigkeit durch die in meinen Diskussionsvortrag dargelegte Unrichtigkeit des Engesser-v. Kármán'schen Spannungsverteilungsgesetzes bedingt ist. Auf Grund einer kritischen Ueberprüfung der Rechnungsgrundlagen und der Rechnungsergebnisse der Rein'schen Knicktheorie gelangt nun ein Verfasser zu dem Ergebnis, welches im Falle seiner Richtigkeit geeignet wäre, die in der Physik bis dahin geltenden Kriterien für die Richtigkeit der theoretischen Ableitungen ins Wanken zu bringen : Er findet nämlich, dass die Rein'sche Theorie, trotz ihrer (auch von ihm erkannten) Unrichtigkeit sich mit den Erfahrungstatsachen in voller Uebereinstimmung befinde !

Traduction.

Dans l'étude du problème du flambage, on commet souvent des fautes de raisonnement que l'on peut d'ailleurs attribuer à la même cause générale. Les considérations qui sont exposées ci-après nous permettront de mettre en évidence l'origine commune de ces erreurs.

La théorie mathématique de l'élasticité est caractérisée, ainsi qu'on le sait, par la conception suivante : renonçant par avance à donner aux résultats qu'elle permet d'obtenir un caractère général de validité, elle remplace les propriétés mécano-élastiques effectives des corps solides soumis à des contraintes par des propriétés choisies en quelque sorte arbitrairement et *établies dans un cadre invariable*, ce qui lui permet de se limiter, dans l'interprétation

de la légitimité des résultats obtenus, à l'intervention de critères purement mathématiques. Par contre, et opposée en cela à la théorie mathématique de l'élasticité, la théorie du flambage, qui s'efforce d'aboutir à des solutions générales, c'est-à-dire d'une validité non limitée, doit tenir compte d'une manière intégrale des caractéristiques mécano-élastiques effectives des corps solides ; elle se trouve par suite dans la nécessité de faire appel également au contrôle expérimental pour vérifier la validité des résultats obtenus. L'exactitude des opérations mathématiques auxquelles on a recours pour tirer les conséquences d'une théorie physique qui a toute sa valeur constitue donc une condition nécessaire, mais nullement suffisante pour en assurer la légitimité. Il importe bien davantage, pour confirmer la validité de cette théorie physique, de constater un accord entre les principes sur lesquels elle s'appuie et les résultats définitifs logiquement déduits de ces principes, d'une part, et les faits d'expérience correspondants, d'autre part.

Ces considérations d'ordre général vont nous permettre de dégager facilement l'origine des erreurs d'ordre logique dont on constate la répétition régulière dans les études consacrées au problème du flambage. Elle est la suivante : très fréquemment, les ingénieurs, tout habitués qu'ils sont à appliquer la théorie de l'élasticité, qui découle de propositions *immuables*, ne pensent pas avoir à se soumettre à l'obligation de contrôler d'une manière scientifique les principes de base sur lesquels ils appuient leurs calculs ; ils ne sont que trop enclins à admettre qu'un résultat fourni par le calcul, dans des conditions correctes du seul point de vue mathématique, peut constituer, dans tous les cas, la solution parfaite d'un problème. Quelques exemples permettront de se rendre compte du degré de légitimité de cette tendance.

1. — L'exactitude, dans la forme, du calcul au moyen duquel Kármán a établi sa formule du flambage a été reconnue, ainsi qu'on le sait, par de nombreux investigateurs ; or cette formule est basée en somme sur une loi de répartition des contraintes qui n'est pas rigoureusement correcte, puisqu'elle n'est pas conciliable avec les faits d'expérience pratique. Suivant l'opinion émise par un protagoniste de la théorie d'Engesser-Kármán, l'exactitude du calcul de Kármán, prise en elle-même, constituerait un argument de poids, suivant lequel toute autre théorie du flambage, basée sur d'autres hypothèses et faisant intervenir un calcul correct, serait nécessairement fausse !

2. — La théorie du flambage, telle qu'elle est établie par le très distingué réalisateur des essais de flambage de Dahlem, repose sur des hypothèses d'ordre physique dont on peut dire que le caractère non parfaitement légitime est précisément conditionné par le défaut d'exactitude de la loi de répartition des contraintes d'Engesser-Kármán, défaut que j'ai mis en évidence dans ma communication à la Discussion. L'étude critique des bases sur lesquelles repose le calcul de la théorie du flambage de Rein et des résultats correspondants conduit, en considérant cette théorie comme légitime, à un véritable bouleversement des critères admis jusqu'à maintenant comme susceptibles de justifier, en physique, la légitimité des déductions théoriques : on arrive en effet à constater que malgré son défaut d'exactitude — défaut reconnu par l'auteur lui-même — cette théorie de Rein se trouve en parfait accord avec les faits d'ordre expérimental !