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

Band: 2 (1936)

Artikel: Rôle de la ductilié de l'acier dans la stabilité des constructions

Autor: Aimond, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3012

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

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

I 12

Rôle de la ductilité de l'acier dans la stabilité des constructions.

Der Einfluß der Zähigkeit des Stahles auf die Stabilität der Stahlkonstruktionen.

The Influence of Ductility of the Steel to the Stability of Structures.

F. Aimond,

Docteur ès sciences, Ingénieur des Ponts et Chaussées, détaché au Ministère de l'Air, Paris.

La ductilité est la propriété d'après laquelle un matériau peut subir de grandes déformations lorsque la limite du domaine élastique de ce matériau est atteinte. Pour l'acier doux de construction, les grandes déformations qui se produisent quand la limite du domaine élastique est atteinte, ne modifient pas sensiblement au point de vue mécanique la structure du métal. Cette zone de déformation en bordure du domaine élastique s'appelle le domaine de plasticité.

Depuis longtemps on s'est aperçu que la stabilité des constructions en acier résultait de l'existence de petites zones en déformation plastique se produisant dans toutes les régions où par suite de l'importance des déformations élastiques la limite du domaine d'élasticité était atteinte, de telle sorte que finalement le taux de travail maximum de la matière était moins élevé que celui calculé par les méthodes ordinaires de l'élasticité. La ductilité de l'acier avait donc pour effet, semblait-il, d'augmenter la résistance des constructions, en supprimant les zones de grandes déformations élastiques. C'est cette propriété qui, convenablement généralisée, s'appelle aujourd'hui adaptation.

Mais l'adaptation n'est valable que pour les systèmes de charges fixes ou n'intervenant qu'un très petit nombre de fois, les déformations permanentes répétées de la matière ayant pour effet d'amener rapidement la rupture. L'adaptation n'entre pas en ligne de compte quand il s'agit de résistance à des efforts alternés. On sait même que vis-à-vis de ces efforts le domaine apparent d'élasticité est encore trop vaste et que chaque matériau possède un domaine d'élasticité vrai intérieur au domaine élastique habituel, domaine que l'on appelle encore domaine d'endurance.

Ainsi la ductilité de l'acier ne joue aucun rôle en ce qui concerne la stabilité aux efforts alternés. Elle joue au contraire un rôle essentiel par l'effet de l'adaptation pour tout ce qui touche la stabilité des systèmes de charges fixes ou pratiquement telles.

La ductilité de l'acier intervient en vertu de la loi d'adaptation dans toutes les régions d'une construction où, pour des causes diverses, le domaine élastique est atteint. Les zones de déformation plastique se trouvent par conséquent au voisinage de tous les points de discontinuité géométrique ou mécanique, points innombrables dans une construction, et dans les régions de grandes déformations élastiques. Mais ces zones de déformations plastiques sont en général extrêmement limitées dans une construction bien faite. C'est qu'en effet le surcroit de résistance que donnent les déformations d'adaptation est dû à l'inégalité de répartition des contraintes et à l'existence de zones moins fatiguées qui en résultent. Ces zones sont nécessairement de faible importance dans les constructions bien conçues.

D'où une première conclusion: si la ductilité de l'acier est un phénomène essentiel au point de vue de la stabilité des constructions, elle n'améliore pas la résistance des constructions bien conçues, elle ne fait que corriger les erreurs de construction, les différences d'homogénéité de la matière et l'effet des tassements d'appuis. On ne saurait donc fonder, à notre avis, de méthode nouvelle de calcul des constructions en utilisant les propriétés de la déformation plastique.

Toutefois les méthodes de calculs qui s'appuient sur l'existence des déformations plastiques ne sont pas à rejeter, et pour notre part nous les pratiquons journellement. C'est que, pour des raisons diverses, la forme que l'on donne aux éléments de construction n'est pas celle qui correspond au rendement maximum de la matière. Il est donc tout-à-fait naturel d'utiliser les propriétés de ductilité de l'acier pour corriger en partie l'erreur mécanique due à une mauvaise configuration du milieu. Je m'explique: prenons, par exemple, un arc, un portique ou une poutre continue. Le mieux, si on le peut, est d'exécuter ces pièces de manière que la limite élastique sous la charge dangereuse soit atteinte en tous les points à la fois. La ductilité de la matière n'est alors d'aucune utilité pour le calcul. Mais si on est conduit à adopter des formes mauvaises au point de vue du rendement mécanique, il ne faut pas commettre l'erreur de les calculer dans l'hypothèse élastique sous l'effet des charges fixes, car ce serait ajouter une seconde erreur à la première, il faut les calculer avec les hypothèses de la plasticité, de manière à réduire au minimum la perte de rendement due à un choix défectueux de la forme. A notre avis, par conséquent, les méthodes de calcul par la théorie de la plasticité sont des pis aller que l'on doit utiliser pour le calcul des éléments mécaniques à mauvais rendement, et bien entendu pour les charges fixes seulement.

A ce dernier point de vue il est à souhaiter que les méthodes actuellement employées soient codifiées et qu'on arrive à des formules simples pour traiter les problèmes les plus courants de systèmes hyperstatiques, en particulier les arcs et les portiques. On ne devrait plus voir aujourd'hui calculer ces éléments de charpente courante sous les charges fixes ou peu variables autrement qu'en utilisant la loi d'adaptation.

Pour nous-mêmes nous nous sommes fixé la règle suivante pour le calcul de toute charpente soumise à des charges fixes ou que l'on peut considérer comme telles: tout système de forces et de contraintes maintenant en équilibre un milieu mécanique donné est un système réalisable, compte tenu de l'adaptation. Si ce système dépend d'un certain nombre de paramètres arbitraires on devra

rechercher autant que possible à déterminer ces paramètres de façon à obtenir le minimum de la valeur maxima des contraintes aux différents points du système. En d'autres termes, si un équilibre est possible au point de vue purement statique, la construction est stable sous des charges fixes sans qu'il soit besoin de se demander si le système des contraintes calculées est effectivement le système réel.

Le principe que nous venons d'énoncer a été notre guide dans tous les projets de charpente que nous avons établis. Il s'est révélé d'une aide particulièrement efficace dans les constructions où, à l'inverse de ce qui se produit le plus souvent, ce ne sont pas les déformations qui déterminent les contraintes, les valeurs de celles-ci résultant uniquement de la position des charges et de la nature des appuis.

Il en est ainsi notamment dans les systèmes mécaniques à deux dimensions, c'est-à-dire où les contraintes se propagent sensiblement suivant une surface. Les propriétés de ces systèmes sont étroitement liées aux propriétés mécaniques des surfaces. Or, quand on analyse les phénomènes mécaniques auxquels donne lieu l'équilibre des surfaces, on est rapidement conduit à des systèmes en équilibre comportant de part et d'autre d'une même courbe de la surface des discontinuités dans les contraintes sur des éléments parallèles, discontinuités introduisant de brusques variations de longueur des éléments. Un examen plus approfondi montre qu'en vertu des propriétés élastiques de la matière, de tels équilibres sont impossibles sans rupture de la matière. Or l'expérience montre que de tels systèmes sont parfaitement stables. L'explication de cette contradiction est encore donnée par la théorie de la ductilité.

Lorsque par suite de brusques variations des contraintes l'élément linéaire d'une surface doit subir des déformations importantes, ou bien la surface peut géométriquement se déformer de façon que son élément linéaire subisse la variation considérée, ou bien des allongements permanents se produisent ayant pour effet de contrebalancer les déformations dues à l'action mécanique des contraintes. Pour notre part, nous estimons que la ductilité de l'acier joue dans ces phénomènes un rôle très important, quoiqu'il soit assez difficile de déterminer exactement en quoi il consiste.

Les lignes de discontinuité des contraintes, qui se révèlent ainsi dans l'équilibre des surfaces, partent en général des points de discontinuité du contour ou se confondent avec lui. Il est facile de faire disparaître les lignes de discontinuité dues aux discontinuités du contour, il suffit d'arrondir les angles, tout au moins pour le calcul. Les lignes de discontinuité le long du contour lui-même sont plus difficiles à faire disparaître et c'est là que la ductilité de la matière joue un rôle essentiel.

Parmi ces lignes de discontinuité des contraintes d'une surface, le rôle le plus important est joué par les lignes asymptotiques quand elles existent. Suivant certaines de ces lignes les conditions d'équilibre conduisent à trouver des discontinuités de contraintes, d'où discontinuités d'allongement. Lorsque la surface est suffisamment flexible pour se déformer, la déformation de la surface a alors pour effet, lorsque ces lignes asymptotiques de discontinuité sont sur le contour de la surface, de modifier la position de ces lignes asymptotiques qui quittent alors le contour. On est alors ramené au cas de lignes

asymptotiques de discontinuité ayant leur origine dans un angle du contour. La ductilité de l'acier au voisinage de cet angle a alors pour effet de supprimer cette discontinuité en substituant au contour réel un contour fictif où toute discontinuité a disparu.

L'étude des déformations plastiques de l'acier dans des systèmes tels que ceux que nous venons d'examiner joue un rôle encore plus important peut-être que dans les charpentes ordinaires, car, à l'inverse de ce qui se passe pour celles-ci, il serait impossible de construire des systèmes stables sans faire intervenir l'adaptation de la matière, adaptation rendue possible par la ductilité du matériau. C'est là un exemple paradoxal a priori de système isostatique justifiable de la théorie de la plasticité.