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

Band: 1 (1932)

Artikel: Discussion

Autor: Campus, F. / Lamoen, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-624

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: 12.07.2025

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

V 4

LA RIGIDITÊ DES GRATTE-CIEL
DIE STEIFIGKEIT DER WOLKENKRATZER
STIFFNESS OF SKY-SCRAPERS

David CUSHMAN COYLE,
Consulting Engineer, New York.

Voir « Publication Préliminaire », p. 535. — *Siehe « Vorbericht »*, *S. 535.*
See " Preliminary Publication ", p. 535.

Participants à la discussion
Diskussionsteilnehmer
Participants in the discussion :

F. CAMPUS, Professeur, et J. LAMOEN, Ingénieur.
Liége.

Nous avons cherché à saisir exactement les principes du rapport de M.D.C. Coyle et ensuite à l'interpréter selon l'esprit d'une méthode que l'un de nous avait résumée dans un rapport présenté au Congrès international de la construction métallique à Liége en 1930 [1].

Ce Congrès avait, lors de la discussion de la question des bâtiments à ossature métallique, exprimé le vœu qu'il fût procédé à des études de comparaison des diverses méthodes de calcul. La présente communication constitue une contribution à cette étude.

La méthode de base est celle du calcul des portiques et des cadres qui peut comporter plusieurs modalités selon les inconnues considérées.

Cette méthode est appliquée en Amérique. Le traité de Johnson, Bryan et Turneaure [2] en contient des exposés et des applications rigoureuses. Les déformations se réduisent par hypothèse à celles déterminées par les moments de flexion, dont les résultats globaux s'apprécient par les distorsions des portiques ou des cadres.

La méthode exposée au Congrès de Liége était établie sur la base ainsi définie.

Cette méthode a été appliquée par l'un de nous à l'étude des grandes ossatures de bâtiments, tant en acier qu'en béton armé. Ces constructions ont été éprouvées et les résultats des épreuves comparés au calcul. Il en ressort que la méthode est correcte et sûre lorsque la construction réalise convenablement la condition de continuité, c'est-à-dire de rigidité des assemblages. On peut

1. Campus, Lemaire et Spoliansky, Les gratte-ciel à carcasse métallique, Congrès de la charpente métallique, Liége, 1930, n° 26, VII f.
2. Johnson, Bryan and Turneaure, Modern Framed Structures, vol. II, 10 th edition.

admettre qu'une méthode de ce genre, quelle que soit la modalité plus ou moins simplifiée, convient pour les ossatures de bâtiments relativement peu élevés par rapport à l'étendue en plan. Pour les gratte-ciel, qu'il conviendrait plutôt d'appeler des tours, afin de définir non seulement la hauteur absolue, mais aussi son rapport à l'étendue en plan, il ressort du rapport de M.D.C. Coyle qu'il convient d'ajouter aux déformations précédemment définies, dues aux moments de flexion, d'autres déformations dues aux tensions longitudinales des colonnes. Cette notion n'intervient toutefois, d'après les études américaines dont nous avons eu connaissance, que pour l'effet des forces transversales, telles que le vent. La flèche y de déplacement horizontal du sommet de la tour comporte selon cette superposition une flèche y_1, provenant de la déformation des cadres selon la théorie définie en premier lieu et une flèche supplémentaire y_2, provenant des variations de longueur des colonnes.

En ce qui concerne le calcul de cette flèche, certaines hypothèses supplémentaires sont introduites, notamment que les planchers restent plans. L'application de la méthode précédemment énoncée en vue de déterminer les déformations de flexion des panneaux, les planchers restant horizontaux, ne présente aucune particularité de principe. Si le nombre d'étages E est élevé, ainsi que le nombre C de colonnes, il y a en principe (C + I) E équations linéaires à résoudre. A titre de simplification, le rapport de M. D. C. Coyle admet que toutes les colonnes aient la même inclinaison. Ceci réduit le nombre d'équations à CE + I et en cas de symétrie à $\frac{C\,E}{2} + I$ ou $\frac{(C+I)}{2} \times E + I$ selon que C est pair ou impair. Ces équations peuvent se résoudre très simplement et très rapidement par la méthode d'approximations successives. L'égale inclinaison ψ des colonnes correspond à des valeurs des forces du vent bien déterminées, qui dépendent des valeurs des rigidités des diverses colonnes du haut au bas de la tour.

En général, si ces rigidités sont déterminées d'avance et si l'on s'impose $\psi =$ cte, on trouve des forces du vent réparties d'une manière incompatible avec les hypothèses usuelles ou plausibles. C'est ainsi que nous avons constaté que la condition $\psi =$ constante n'est pas réalisable dans les conditions envisagées par M. D. C. Coyle d'un vent croissant de 0 à un maximum du bas en haut de la tour et d'une rigidité de celle-ci croissant de 0 à un maximum en sens inverse.

Il n'est pas avantageux de poser le problème sous cette forme et nous pensons qu'il faut au contraire résoudre le problème à partir d'une répartition admise des forces du vent. Moyennant certains artifices de calcul assez simples, que nous ne jugeons pas opportun d'exposer dans cette discussion, on obtient une résolution très facile et très suggestive au point de vue du choix des dimensions. Elle fait constater que les rigidités des poutres des étages et des assemblages de ces poutres aux colonnes jouent un rôle aussi important dans la résistance aux efforts du vent que la rigidité des colonnes. Il importe d'attirer l'attention sur ce point qui est en désaccord avec la répulsion que les auteurs américains manifestent à l'égard de la notion de la continuité [1].

---

1. M. C. Coyle, German Steel Building Practice, Eng. News Record, 28 may 1931.

Rien ne prouve que les artifices de calcul dont j'ai parlé, ni l'hypothèse que les planchers restent plans correspondent aux conditions les plus avantageuses du bâtiment. S'il n'en est pas ainsi et si ces hypothèses ne sont pas réalisées, la théorie générale de la continuité permet toujours de déterminer les déformations quelles qu'elles soient, sans difficultés hors de proportion avec l'importance de l'objet. On peut obtenir la déformation y_1, due à la distorsion des cadres des étages et celle y_2, due aux déformations longitudinales des colonnes. Remarquons d'ailleurs que cette seule subdivision en deux catégories de déformations, adoptée par beaucoup de spécialistes américains [1], est une reconnaissance implicite de la continuité.

Le rapport de y_2 à y_1 dépend de la constitution des éléments de la tour (rigidité des colonnes et des planchers) et de la hauteur.

Donc, la conception de la flèche supplémentaire pour les tours n'est nullement opposée à une théorie générale et rationnelle basée sur le principe de la continuité, mais y est au contraire conforme. Mais, au terme de cet examen et en cherchant à définir le but de la question, nous sommes conduits à une constatation assez décevante.

Les auteurs américains déterminent la flèche élastique totale y des tours en vue de l'étude de leurs vibrations (oscillations) propres sous l'effet du vent. C'est pourquoi d'ailleurs le rapport de M. D. C. Coyle figure sous la rubrique « Actions dynamiques des charges ». Cependant, nous ne trouvons dans ce rapport, ni dans un travail précité de M. Mensch [1], ni dans ce que nous connaissons de la littérature américaine, aucun rapport défini entre cette flèche statique de la tour et ses vibrations. M. D. C. Coyle lui-même reconnaît dans un de ses articles [2] qu'il n'en a aucune idée. Les auteurs se bornent à l'application des formules les plus simples des vibrations des verges sans masse spécifique supportant une masse concentrée oscillante. L'application de ces formules est complètement illusoire, non à cause de leur caractère sommaire, mais surtout à cause de l'incorrection ou de l'indétermination des valeurs numériques [3]. Abstraction faite des vibrations des ossatures nues avant le remplissage, il faut prendre en sérieuse considération, pour ce qui est des oscillations des tours achevées, que le remplissage des parois externes et internes, etc., augmente considérablement la rigidité de la tour et modifie la répartition des masses. Une appréciation quelque peu précise de ces éléments défie tout calcul. Il en est de même de la manière dont s'exerce l'effort du vent [4].

---

1. L. J. Mensch, Deflections and Vibrations in High Buildings, Journal of the American Concrete Institute, février 1932.

2. D. C. Coyle, Measuring the Behavior of Tall Buildings, Eng. News Record, 19 février 1932.

3. J. Lamoen, Sur la sollicitation dynamique des édifices élancés par le vent, Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique, 1932, tome XII.

4. Lord Rayleigh, Phil. Mag (5) 7.160.1879, cité par Felix Auerbach dans Elastische Schwingungen und Wellen, Handbuch der physikalischen und echnischen Mechanik, Band III.

A. Danusso, Sulla statica delle costruzioni asismiche, Estratto dei Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico de Milano, vol. II, 1928, IV, p. 179.

P. Dupin et M. Tessié-Solier, Les tourbillons alternés et les régimes d'écoulement autour d'un obstacle. Paris, 1928, Gauthier-Villars, Publications de l'Institut Electro-

L'expérience seule peut, comme pour les phares [1], permettre de déterminer les périodes et les amplitudes d'oscillations. De pareilles expériences ont été faites par M. D. C. Coyle lui-même [2] ; d'autres sont en cours, notamment sur l'Empire State Building [3]. Nous ignorons si les formules du genre de celles employées par M. D. C. Coyle tiennent compte de l'action du remplissage, nous présumons que non, c'est pourquoi les flèches correspondantes n'ont aucun rapport avec la flèche total y calculée. La connaissance de celle-ci reste néanmoins, nous l'admettons, un élément intéressant de la rigidité de la tour.

En conclusion, nous croyons que les méthodes de calcul européennes peuvent parfaitement s'appliquer aux tours, avec une efficacité aussi grande que les méthodes américaines.

Ensuite, qu'il y a lieu pour apprécier les efforts du vent sur les tours, de procéder surtout à une analyse expérimentale systématique, sur ouvrages réels et sur modèles.

Discussion libre

Freie Diskussion

Free discussion :

AUCLAIR,

Président de la Section mécanique
de l'Office des Recherches et Inventions, Bellevue (Seine).

Dans toute structure formée de pièces assemblées se développe, du fait des liaisons de celles-ci, un système de sollicitations qui se superpose au système de sollicitations que l'on calcule en supposant les pièces articulées. Il est difficilement accessible au calcul, d'où l'intérêt des techniques propres à déterminer les déformations de la structure sous l'action de sollicitations extérieures qui lui seraient appliquées.

La méthode que nous allons décrire permet de définir en tout point d'une structure la relation entre la flèche et la sollicitation qui la détermine.

Elle a pour base la propriété de deux pendules identiques oscillant en prenant appui sur un même support élastique. De nombreux auteurs ont étudié la question au point de vue mathématique : il se produit un échange d'énergie d'un pendule à l'autre, de telle manière que si l'un d'eux est mis en mouvement, son oscillation s'arrête progressivement en même temps que le second entre en oscillation, le phénomène inverse se produit ensuite. Au début, l'arrêt des pendules est complet, ensuite il se produit seulement des minima d'amplitude.

La rigidité locale de la structure, que l'on peut définir l'inverse du rapport de la flèche au point d'application du système pendulaire à la sollicitation sta-

---

technique et de Mécanique appliquée, de l'Université de Toulouse. Les auteurs observent les vibrations d'une verge dans un courant d'eau.

1. Ribière, Phares et signaux maritimes.
2. D. C. Coyle, Eng. News Record, 19 february 1931, op. cit.
3. Stahlbau, 4-3-32.