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

Band: 1 (1932)

Artikel: Discussion

Autor: Reutlinger, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-609

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: 02.07.2025

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

sollten nicht stärker als 30 fach, solche mit optischer Aufzeichnung höchstens 200 fach vergrössern. Bei stärkeren Vergrösserungen ist die elektrisch-optische Aufzeichnung eventl. unter Zuhilfenahme von Röhrenverstärkern zu verwenden. Hierbei werden die mechanischen Schwingungen in Wechselströme umgewandelt, die entweder unmittelbar oder über Röhrenverstärker dem elektrischen Messgerät zugeführt werden. Durch elektrische Hilfsmittel lässt sich auf einfache Weise die Empfindlichkeit ändern. Besonders wichtig ist aber die Möglichkeit der Fernbeobachtung mehrerer Messtellen an einer Stelle und auf einer einzigen Aufzeichnung.

Die Schwingungsplatten (künstliche Fundamente) sind schwingungsfähige Gebilde aus Masse und Rückstellkraft, deren Aufbau aus Bild 4 zu erkennen ist. Die Vertikalschwingungsplatte V. P. wird durch eine an einem Träger befestigte Schraubenfeder R getragen und durch an der Wand befestigte kurze Blattfedern parallel geführt. Die Erregung der Schwingungen erfolgt mittelst umlaufender Unwuchten m_1 u. m_2 oder mittels eines Exzenter-Erregers E durch kleine Schraubenfedern K_f. Die Schwingungsweite wird mittels Messmikroskop M, die Schwingungszahl mittels eingebauten Tachometers T_a bestimmt. Ganz entsprechend ist die Horizontalplatte H. P. aufgebaut. Hier tragen vier Blattfedern B die eigentliche Platte, die von dem Exzenter-Erreger E über Federn K_f in Schwingung versetzt wird. Das Messmikroskop M misst die Schwingungsweite, das eingebaute Tachometer T die Schwingungszahl/min. Durch Aenderung des mechanischen Getriebes ist die Veränderung der Schwingungszahl von 1/2 bis 100 Schwingungen/sec, durch Aenderung der Koppelfedern die Schwingungsweite zwischen 3 und 1/1000 mm möglich. Zur Untersuchung von Spannungsmessern hat die Horizontalplatte einen Ausschnitt, durch welchen ein starr mit dem Betonblock verbundener Gussblock F durchgreift. Der Spannungsmesser wird mit seiner beweglichen Spitze auf den Block F, mit dem festen Teil auf die Schwingungsplatte H. P. aufgesetzt. Die Längenänderung zwischen Gussblok und Platte wird einerseits mit dem Spannungmesser, andererseits mit dem Messmikroskop gemessen. Mit den vom Verfasser entworfenen Eicheinrichtungen wurden eine grosse Anzahl von Schwingungsmessern untersucht und ausserdem umfangreiche Modellversuche duchgeführt.

Literatur vergl. Abhandlungen Bd. I., S. 387-410, 1932.

Traduction.

La plupart des ouvrages peuvent être considérés du point de vue dynamique comme des poutres ou des systèmes de poutres qui exécutent des oscillations (voir Mémoires, 1er volume, pages 387 à 410, 1932). Ces ouvrages exécutent toutefois, soit des oscillations libres lorsqu'ils sont excités puis abandonnés à eux-mêmes, soit des oscillations forcées lorsque le mode d'excitation suit des lois définies. La fréquence propre d'oscillation sert alors à mesurer la résistance de l'ouvrage; plus cette fréquence propre est élevée dans un ouvrage donné, plus grande est la résistance de cet ouvrage. L'amortissement c'est-à-dire la réduction de l'amplitude des oscillations d'un système soumis à des

oscillations libres, par suite des frottements internes, permet de faire des déductions sur la structure interne de l'ouvrage. Une tour en béton armé accuse un frottement interne faible, c'est-à-dire un faible amortissement ; toutefois, lorsque l'ouvrage renferme des fissures, l'amortissement est notablement plus fort, car des efforts de frottement se manifestent le long de ces fissures. La forme de la ligne élastique permet de contrôler les dimensions données à l'ouvrage et son état effectif. En réduisant judicieusement les moments d'inertie des différentes sections avec leur hauteur et avec des fondations suffisantes, on doit obtenir, pour la courbe des déformations maxima sous l'influence des oscillations, une courbe régulièrement incurvée, dont la tangente au point d'encastrement coïncide avec la normale à la tour. Les coudes de la courbe indiquent des fissures dans l'ouvrage et la non-coïncidence entre la tangente à la courbe et la normale à la tour, au sol, révèle l'insuffisance des fondations (voir fig. 1).

Le relevé des caractéristiques dynamiques peut être effectué au moyen de différentes méthodes et appareils.

La méthode de l'oscillation libre repose sur l'excitation de l'ouvrage au moyen des masses tombantes ou par décharge brusque de cet ouvrage préalablement soumis à une contrainte ; elle est assez peu employée. Les oscillations ainsi provoquées peuvent être mises en évidence au moyen d'appareils de mesure des oscillations ou des tensions. A partir des courbes d'amplitude décroissante obtenues, on détermine la fréquence propre et l'amortissement. Il n'est toutefois possible ni de construire la ligne élastique, ni de dresser le bilan de l'énergie oscillatoire.

La méthode des oscillations forcées fait appel à des efforts d'excitation périodiques, la plupart du temps de forme sinusoïdale ; elle est employée presqu'exclusivement actuellement. On peut déjà utiliser comme efforts d'excitation naturels les efforts mis en jeu par les cloches d'un monument, par exemple, ou par des machines tournantes ; on peut également produire ces efforts au moyen d'appareils appelés « rotors » ou « oscillateurs », qui fournissent des efforts d'allure sinusoïdale. La mesure des amplitudes maxima d'oscillation ou des contraintes maxima en fonction de la fréquence des oscillations est effectuée au moyen d'appareils de mesure des oscillations ou des tensions. A partir des courbes de résonance obtenues, on peut déterminer la fréquence propre d'oscillation et l'amortissement (voir Mémoires, volume 1, page 397).

Dans les ouvrages accusant un faible amortissement, l'établissement des courbes de résonance par relevé de l'énergie électrique absorbée par la machine d'excitation en fonction de la fréquence d'excitation ne donne pas une bien grande précision. Pour obtenir, par essai dynamique, des résultats sensiblement plus précis, il convient de relever les courbes de résonance, au moyen d'appareils de mesure d'oscillations, à différents niveaux de l'ouvrage, puis de déterminer à partir de ces courbes les fréquences propres d'oscillation correspondantes, les amplitudes maxima et l'amortissement. En partant des amplitudes maxima d'oscillation pour les différents niveaux, on peut tracer la ligne élastique ; en comparant les valeurs de l'amortissement aux différents points où il a été déterminé on peut obtenir des conclusions sur l'état effectif de l'ou-

vrage et contrôler ainsi les anomalies que peut présenter l'allure de la ligne élastique. L'énergie oscillatoire fournie par l'oscillateur à l'ouvrage peut être déterminée à partir des efforts simples et de la vitesse de rotation ; à partir des indications de l'appareil de mesure d'oscillation on peut déterminer l'énergie mise en jeu dans l'ensemble de l'ouvrage. On peut également établir un bilan d'énergie. Les irrégularités éventuelles mises en évidence par l'interprétation simultanée des différentes caractéristiques dynamiques ainsi déterminées peuvent ainsi être décelées à coup sûr.

Le choix des appareils de mesure présente une très grande importance pour le résultat définitif.

L'appareil de mise en oscillation (rotor-oscillateur) doit être monté d'une manière absolument rigide par rapport à l'ouvrage à étudier ; il ne suffit pas de le poser sur la construction ; il doit au contraire être boulonné sur cette construction ; à défaut, on évitera tout déplacement relatif par addition de poids convenables. Les masses en mouvement, les excentricités et les vitesses de rotation doivent être connues avec précision, car c'est de leurs valeurs que l'on déduira l'énergie oscillatoire fournie.

Pour provoquer l'oscillation d'ouvrages importants, l'auteur emploie un rotor comportant deux systèmes de disques tournant en sens opposés, et qui portent des masses interchangeables et ne mettant en jeu que des efforts simples. Par un choix et une disposition judicieuse des masses l'une par rapport à l'autre, on peut déterminer à volonté la direction et la valeur des efforts simples (fig. 2). Pour la mise en oscillation des éléments d'ouvrages, on emploie un Rotor-Universel de modèle réduit (voir Mémoires, Volume 1, page 401).

Comme indicateur d'oscillations (appareil de mesure des oscillations ou des contraintes) l'auteur emploie un appareil à transmission électrique qui permet, outre la transmission des observations à distance, leur amplification à volonté au moyen de lampes. Le montage intérieur de cet appareil de mesure d'oscillations est représenté sur la figure 3. Dans le champ annulaire produit par un aimant concentrique, oscille une bobine dans laquelle se manifestent des courants induits qui sont proportionnels à la vitesse angulaire. Ses indications ne permettent pas de déterminer l'amplitude des oscillations ; toutefois, la vitesse d'oscillation et la vitesse de modification des contraintes, telles qu'on les mesure au moyen de l'appareil de l'auteur, donnent des renseignements intéressants sur les dégradations provoqués par les trépidations. Les courants induits sont lus directement avec un milliampèremètre à courant alternatif (Gossen & Co., Erlangen), ou bien enregistrés au moyen d'un oscillographe.

Afin de pouvoir déceler les oscillations très faibles, a été mis au point un amplificateur à deux lampes à amplification indépendante de la fréquence, qui comporte également un dispositif incorporé d'étalonnage et de shuntage semi-automatique, afin de permettre l'étalonnage et la modification du coefficient d'amplification. Le milliampèremètre incorporé est étalonné par rapport à une courbe d'étalonnage graduée en amplitudes d'oscillation. Par une simple modification de couplage, on peut adjoindre un oscillographe à cet amplificateur (voir figure 4).

Le contrôle des appareils de mesure d'oscillations et leur étalonnage se font sur une table d'oscillation. L'étude de nombreux appareils a montré que seul l'étalonnage dynamique donne des valeurs utilisables en pratique. Les appareils de mesure d'oscillations comportant l'enregistrement mécanique ne doivent pas comporter une amplification supérieure à 30, cette amplification atteignant au maximum 200 avec les appareils à enregistrement optique. Pour des amplifications plus poussées, on a recours à l'enregistrement électrique-optique, éventuellement avec amplification par lampes. Dans ce dispositif, les oscillations mécaniques sont transformées en courants alternatifs, qui sont envoyés aux appareils de mesure soit directement, soit par l'intermédiaire d'amplificateurs à lampes. Au moyen d'organes électriques auxiliaires, il est facile de modifier la sensibilité du système. Ce dispositif offre en particulier la possibilité très intéressante de permettre l'observation à distance, sur plusieurs points, à partir d'un même poste et d'effectuer un enregistrement multiple unique.

Les tables d'oscillation, qui constituent des reproductions de fondations ou bâtis, sont des éléments susceptibles d'entrer en oscillations sous l'influence de la masse et d'un effort en retour ; leur constitution est représentée sur la figure 5. La table d'oscillation verticale V. P. est supportée par un ressort à boudin R fixé sur une poutre ; elle est guidée par des ressorts à lame de courte longueur fixés au mur. L'excitation est effectuée au moyen de masses tournantes m_1 et m_2 ne faisant intervenir aucune énergie cinétique ou au moyen d'un excitateur excentrique E par l'intermédiaire de petits ressorts à boudin K_f. L'amplitude des oscillations est déterminée au moyen d'un microscope de mesure M et la fréquence au moyen d'un tachymètre incorporé Ta. La table d'oscillation horizontale H. P. est conçue d'une manière analogue. Ici, quatre ressorts à lame B supportent la table elle-même, qui est mise en oscillation au moyen d'un excitateur excentrique E, sur des ressorts K_f. Le microscope de mesure M permet de mesurer l'amplitude des oscillations et le tachymètre incorporé T les nombres d'oscillations à la minute. Par modification de la commande mécanique, on peut faire varier la fréquence d'oscillation de 1/2 à 100 oscillations par seconde ; par modification des ressorts d'accouplement, on peut faire varier leur amplitude entre 3 et 1/1.000 de millimètre. Pour permettre le contrôle des appareils de mesure des efforts, la table horizontale comporte une fenêtre à travers laquelle passe un bloc de fonte F, assemblé d'une manière rigide avec le socle de béton. L'appareil de mesure des efforts est placé avec sa pointe mobile sur ce bloc F et relié à la table d'oscillation avec le câble fixe. La variation de distance entre le bloc de béton et la table est mesurée d'une part avec l'appareil de mesure d'efforts, d'autre part avec le microscope. Avec le dispositif d'étalonnage mis au point par l'auteur, un grand nombre d'appareils de mesure d'oscillations ont déjà été étalonnés ; ce dispositif a également permis d'effectuer des essais extrêmement fructueux sur modèles.

(Pour la bibliographie, voir Mémoires, Volume 1, pages 387 à 410, 1932).

Zusammenfassung.

Nach einer kurzen Betrachtung der Aufgaben und Messergebnisse der dynamischen Verfahren zur Untersuchung von Bauwerken, werden die Geräte zur Ermittlung der dynamischen Bestimmungsstücke (Eigenschwingungszahl, Masse, Rückstellkraft = Festigkeit, Dämpfung = Innere Reibung, Form der elastischen Linie) behandelt. Rotore = Oszillatore zur Erregung der erzwungenen Schwingungen, Schwingungs- und Spannungsmesser zur Messung der Schwingungsweite bzw. der, infolge der Schwingungen auftretenden zusätzlichen Spannungen werden beschrieben. Den Abschluss bildet die Betrachtung der dringend erforderlichen Untersuchungs- und Eicheinrichtung für Schwingungs-und Spannungsmesser, sowie zur Durchführung von Modellversuchen.

Résumé.

Après un court aperçu sur les objectifs à atteindre et sur les résultats que peuvent donner les mesures, dans l'étude du comportement dynamique des ouvrages, l'auteur aborde la description des appareils utilisés pour la détermination des caractéristiques dynamiques des ouvrages (fréquence propre d'oscillation ; Masses : Effort en retour — résistance ; amortissement — frottement interne ; forme de la courbe élastique) : Rotor-oscillateur pour la production des oscillations forcées ; appareils pour la mesure des oscillations et des efforts, pour la détermination des amplitudes d'oscillation et des contraintes additionnelles mises en jeu par les oscillations. En conclusion l'auteur aborde le contrôle extrêmement nécessaire et l'étalonnage des appareils de mesure d'oscillations et d'efforts, ainsi que l'exécution des essais sur modèles.

Summary.

After a short survey of the problems and measured results of dynamic methods of testing structures, the apparatus for determining the dynamic characteristics (natural frequency, masses, power of recovery = strength, damping = Internal friction, form of the elastic line) is spoken of : Rotors = oscillators for causing forced vibration, vibration measurers and stress measurers for measuring the amplitudes of vibrations and the additional stresses caused by the vibrations, are described. Finally the author speaks of the urgent necessity of having testing and calibrating devices for vibration and stress measurers, and also of carrying out tests on models.