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

Band: 7 (1964)

Artikel: L'emploi des boulons à haute résistance dans la construction métallique; leur comportement dans les conditions de sollicitations répétées

Autor: Goffi, Luigi

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-7854

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: 16.07.2025

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

IIb6

L'emploi des boulons à haute résistance dans la construction métallique; leur comportement dans les conditions de sollicitations répétées

Die Anwendung von HV-Schrauben im Stahlbau; ihr Verhalten bei Schwellbeanspruchung

The Use of High-Strength Bolts in Steel Structures; Their Behavior Under Repeated Loading

LUIGI GOFFI
Dr Ing., Ecole Polytechnique de Turin

1. Généralités

Dans cette brève communication, l'auteur se propose de présenter les essais en cours à l'*Istituto di Costruzioni e Ponti* de l'Ecole Polytechnique de Turin, qui sont effectués parallèlement sur des assemblages métalliques réalisés avec des boulons HR et des boulons de caractéristiques normales[1]).

Les boulons HR (fabriqués par la Société LOBO de MILAN) sont de la catégorie 8 G et présentent les caractéristiques suivantes:

— diamètre	12 mm
— section résistante	80 mm^2
— résistance à la rupture	95 kg/mm^2
— limite élastique	64 kg/mm^2

Les boulons de caractéristiques normales essayés parallèlement sont de la catégorie As 44 et présentent les mêmes caractéristiques géométriques.

2. Essais statiques

Les essais statiques ont été effectués sur des assemblages soumis à la flexion pure.

L'assemblage a été monté sur le dispositif expérimental de la fig. 1 de façon à solidariser, à mi-portée, les deux moitiés d'une poutre métallique appuyée à ses extrémités.

La poutre a été chargée symétriquement, à l'aide de deux vérins, de façon à soumettre la partie médiane comprenant l'assemblage (fig. 2) à une flexion pure, provoquant dans les boulons des efforts normaux, de compression ou de traction.

---

[1]) Les essais ont été financés par le C.N.R. (Consiglio Nazionale delle Ricerche).

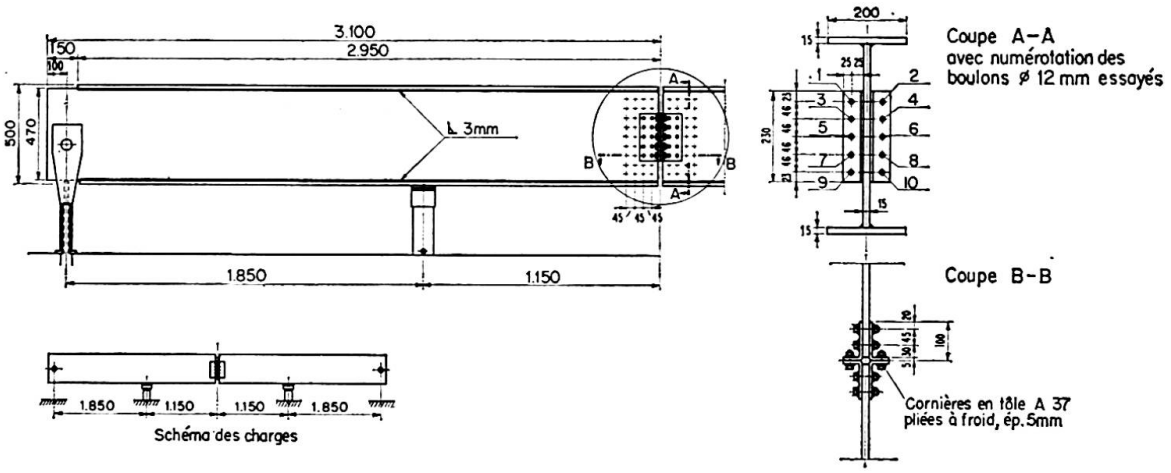

Fig. 1.

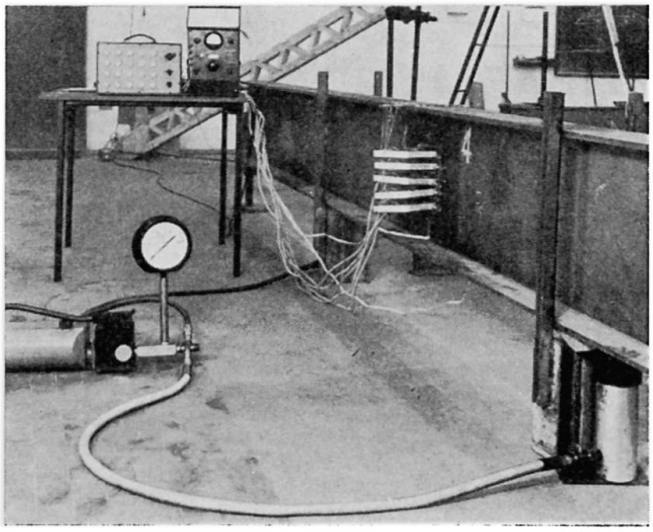

Fig. 2.

L'essai a été conduit parallèlement sur les deux types de boulons, dont le serrage préalable avait été effectué à l'aide d'une clé dynamométrique; ce serrage a développé, sur les boulons ordinaires, une contrainte de 1300 kg/cm², sur les boulons HR une contrainte de 4400 kg/cm² [2]).

La répartition des contraintes dans les boulons de l'assemblage a été mesurée à l'aide du comparateur représenté à la fig. 3; ce dispositif, fixé par ses extrémités à celles de la tige du boulon, pouvait en évaluer l'allongement ou le raccourcissement dû aux contraintes.

Chaque appareil a été étalonné pour donner, en fonction des lectures des jauges ohmiques, les valeurs des déplacements correspondant aux points extrêmes du comparateur et, dans notre cas, la mesure de la variation de longueur de la tige du boulon.

---

[2]) Pour les boulons HR, on a suivi les indications de la Société LOBO, en particulier pour le couple de serrage. Les boulons normaux et HR étaient munis des rondelles prévues pour les boulons HR (⌀ intérieur 13 mm, ⌀ extérieur 27 mm, épaisseur 3 mm).

Pour établir la relation donnant la contrainte correspondante effective du boulon à partir de l'allongement mesuré, on utilise le même dispositif de charge (fig. 1 et 2), et on réalise l'assemblage avec seulement deux paires de boulons (fig. 4), une au haut et une au bas de l'attache, de façon à définir le bras de levier du moment fléchissant extérieur appliqué par les vérins[3]).

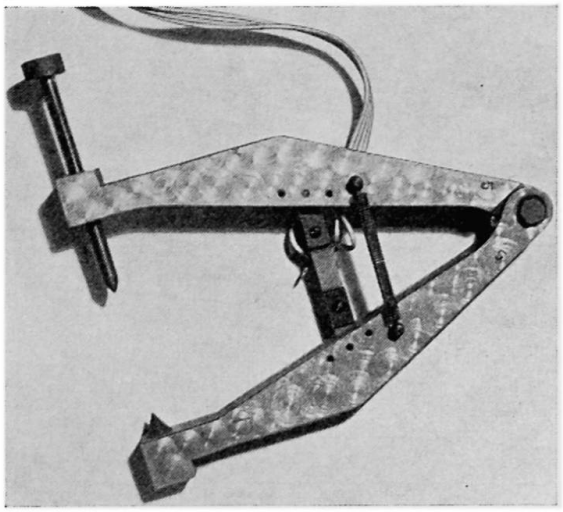

Fig. 3.

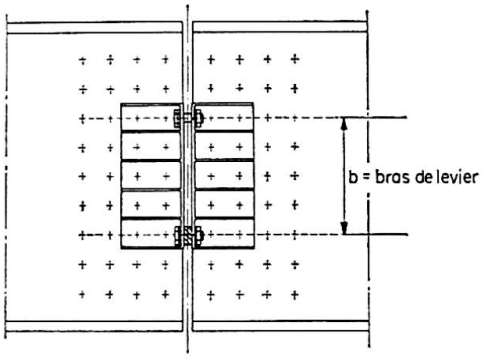

Fig. 4.

On peut ainsi établir une relation entre la valeur de l'effort appliqué et l'allongement du boulon en traction; il est alors possible, dans le domaine élastique, de déterminer la contrainte introduite dans chaque boulon à partir de la mesure de son allongement. Cette relation, dans le domaine élastique, est toujours valable, que le boulon soit précontraint ou simplement ajusté.

Les résultats des essais sont présentés aux figures 5 et 6 où l'on a tracé, pour les différents niveaux de charge, les diagrammes des allongements des boulons; pour la partie élastique de l'essai, on peut en déduire les diagrammes des contraintes; à cette fin, on a tracé, à côté de l'échelle des allongements, l'échelle des contraintes, qui sont proportionnelles aux allongements.

En étudiant les diagrammes, on pourra faire les remarques suivantes:

Les essais ont été conduits en appliquant préalablement une charge correspondant à un moment fléchissant de 0,5 tm de façon à équilibrer le moment dû au poids propre de la poutre dans sa section médiane au droit de l'assemblage.

On a alors effectué le serrage des boulons avec une clé dynamométrique, développant ainsi des contraintes de 1300 et 4400 kg/cm^2 pour les deux types de boulons.

---

[3]) Cet essai d'étalonnage a été effectué en laissant un espace très réduit du côté tendu, de façon à éviter tout contact des cornières et à reprendre ainsi les efforts de traction par la seule section des boulons. A cause de cet espace (2 mm sur une longueur tendue d'environ 16 mm), l'étalonnage s'est fait sur des boulons dont la tige tendue était plus longue que celle des boulons serrés et précontraints. On a tenu compte de cette différence de longueur dans la relation d'étalonnage.

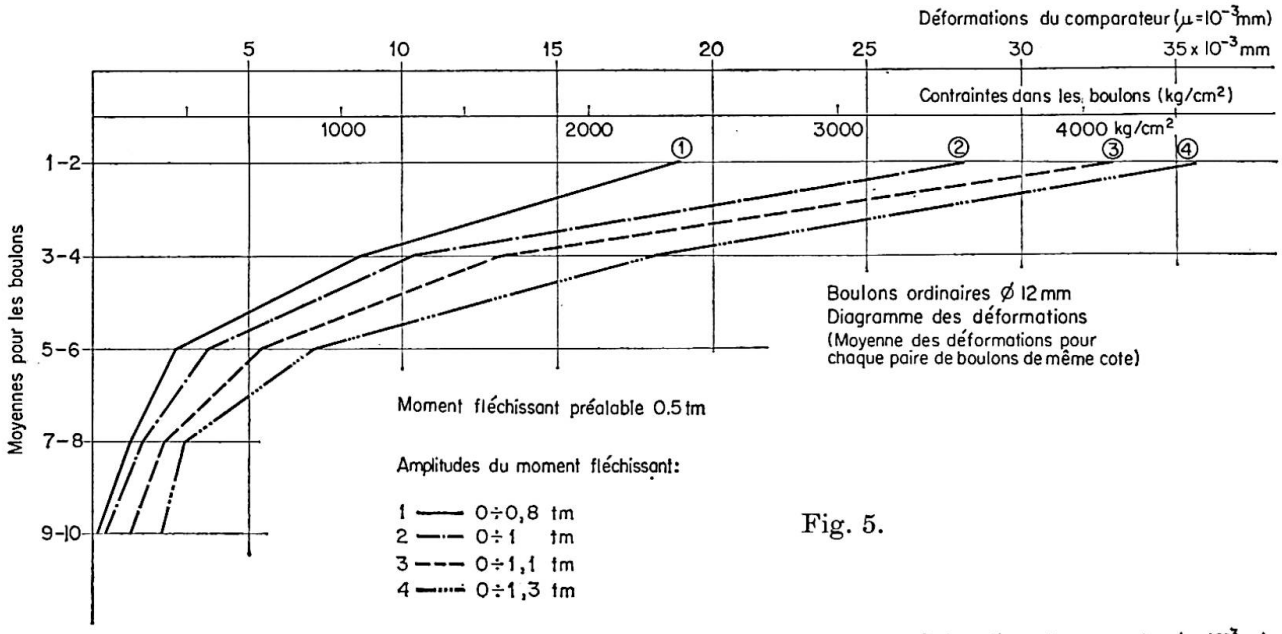

Fig. 5.

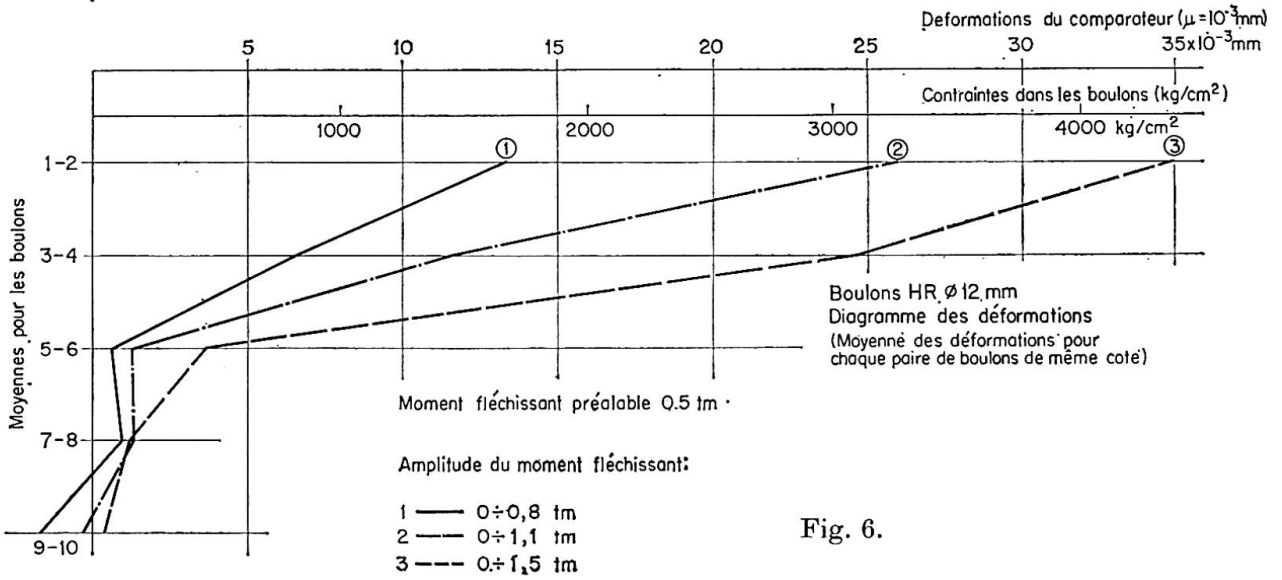

Fig. 6.

A la charge initiale on a superposé des moments fléchissants de valeur croissante, comme indiqué dans les fig. 5 et 6 où l'on a reporté, à l'échelle, les moyennes des allongements de chaque paire de boulons se trouvant à la même cote sur les deux parties de l'assemblage.

Les valeurs reportées sont les moyennes de plusieurs cycles de charge et de décharge de la poutre pour chaque amplitude de moment fléchissant considérée.

L'essai et les mesures des contraintes ont été poursuivis, dans les deux cas, jusqu'à ce que les cycles de charge et de décharge répétés ne donnent plus de déformations plastiques appréciables.

Les allongements (et, par conséquent, les contraintes) provoqués par les charges extérieures ne sont guère différents pour les deux types de boulons, bien que les efforts de précontrainte aient été fort différents dans les deux cas.

Il est d'autre part possible d'établir une comparaison entre les données expérimentales et les efforts calculés.

Le calcul peut être fait de la façon suivante: on considère l'assemblage soumis à un effort normal N (dû au serrage de la clé dynamométrique) avec différentes excentricités e (dues au moment fléchissant extérieur: $e = M/N$). La section de l'assemblage est réduite en ne considérant, dans la zone tendue, que les boulons, dont la présence est schématisée par une bande continue de section équivalente (fig. 7).

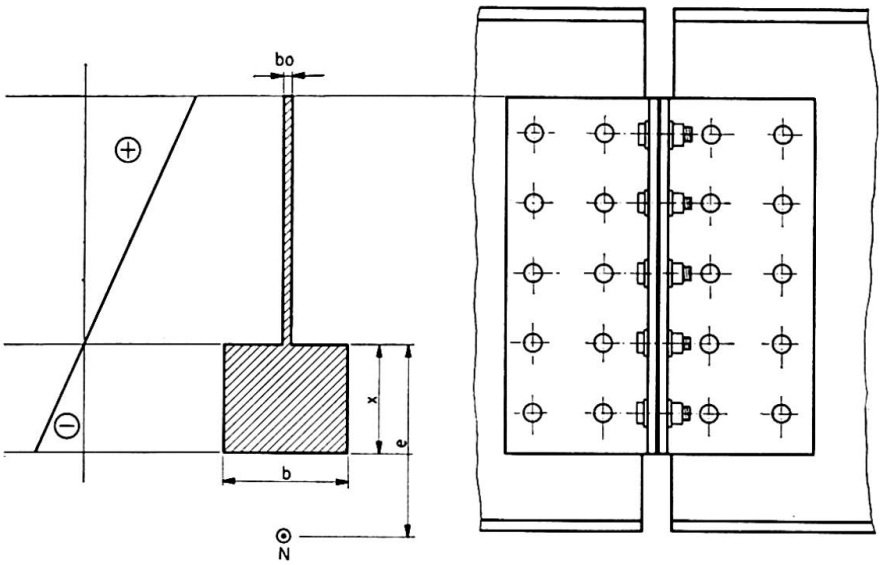

Fig. 7.

Le calcul, dont nous omettons le développement pour des raisons de brièveté, nous montre que, pour une attache réalisée avec des boulons HR et soumise à un moment extérieur de 1,5 tm, on aurait encore une faible excentricité par rapport à la précontrainte théorique obtenue par le serrage de la clé dynamométrique. Il en résulterait une section d'assemblage presque totalement comprimée, ce qui signifierait que les charges extérieures n'influent pas sur les contraintes dans les boulons.

Ceci est contredit par les résultats des essais, au cours desquels les boulons HR ont présenté des allongements considérables.

Les données expérimentales, en effet, s'expliquent mieux si l'on admet qu'il n'y a pas de précontrainte du tout, c'est-à-dire que seul le moment fléchissant a sollicité l'assemblage.

Une explication de ce phénomène pourrait être trouvée dans la souplesse de la tôle des cornières, souplesse qui provoquerait, dans la zone tendue, une réaction d'appui supplémentaire au bord extérieur de la cornière (vue en section horizontale).

L'influence des déformations des cornières d'assemblage aurait donc caché complètement l'effet de la précontrainte considérable des boulons HR.

Cette même raison pourrait expliquer les allongements que l'on remarque même pour les boulons de la zone comprimée de l'attache. Dans ce cas, les cornières d'assemblage sont également fléchies parce que les efforts de com-

pression sont transmis en dehors de la région du pli; cela entraînerait une mise en traction des boulons, à cause des considérables déformations des cornières.

Bien que les résultats des essais puissent être expliqués par les considérations exposées ci-dessus, il ne reste pas moins que, dans les conditions de l'essai, les contraintes supplémentaires dues aux charges extérieures sont peu différentes pour les deux types de boulons.

Ce résultat comparatif mérite peut-être d'être signalé, bien que sa validité soit limitée au domaine élastique des charges.

3. Essais sur des assemblages soumis à des sollicitations répétées

Le problème de la résistance à la fatigue des assemblages réalisés avec des boulons HR a déjà été étudié, en particulier pour ce qui concerne les assemblages courants.

Dans la plupart des cas, on n'a pas constaté de réduction sensible de la résistance à la suite d'essais dynamiques de longue durée. Cela se conçoit puisque les boulons n'étaient pratiquement pas cisaillés, les charges étant transmises par frottement entre les surfaces des tôles pressées l'une contre l'autre par les boulons eux-mêmes.

Dans les assemblages frontaux fléchis, au contraire, les efforts dynamiques provoquent des contraintes de traction ou de compression dans les boulons de l'assemblage, contraintes qui se superposent aux précontraintes de serrage.

Les charges répétées appliquées à l'assemblage introduisent donc des sollicitations de fatigue dans les boulons, déjà soumis à des efforts de traction très importants.

Mais le problème ne se pose pas seulement dans le sens d'un essai à la fatigue; il intervient aussi à l'égard des modifications possibles de l'état de précontrainte de l'assemblage à la suite d'un nombre élevé de cycles de charge — décharge, modifications qui pourraient se traduire par une variation de la répartition des contraintes dans l'assemblage ou une variation de la rigidité et donc de la période propre de la structure, etc.

En vue de mettre au point un programme d'essais de fatigue systématiques sur les boulons HR, nous avons effectué quelques essais préliminaires de mesure des contraintes dynamiques sur les boulons HR.

L'essai a été exécuté sur les mêmes assemblages et à l'aide du même dispositif que dans les essais statiques, avec les vérins d'un pulsateur AMSLER, capable d'appliquer une charge répétée allant jusqu'à 5 tonnes à la fréquence maximale de 800 alternances à la minute.

Le premier problème qui se pose est la connaissance de la valeur des contraintes que l'essai dynamique introduit dans les boulons, dans le domaine élastique, valeur qui dépend soit des charges dynamiques, soit des inerties du système constitué par les deux demi-poutres solidarisées par l'assemblage.

Nous avons alors mis au point le dispositif de la fig. 8, qui est constitué par

un anneau métallique fendu, comprimé par le boulon tendu et capable d'en mesurer l'effort à l'aide d'une jauge ohmique fixée, par l'intermédiaire d'une plaquette de celluloïd, aux deux extrémités de la coupure.

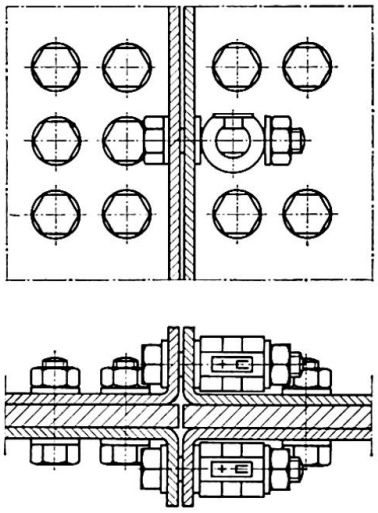

Fig. 8.

Le système de mesure se révèle très sensible, bien qu'il ne donne pas lieu à un accroissement appréciable de la souplesse de l'assemblage par comparaison avec celui réalisé par boulonnage direct des tôles. Le dispositif de la fig. 8 a été relié à un oscillographe Visicorder qui a effectué l'enregistrement des contraintes.

Nous présentons ici quelques données préliminaires sur ces essais: en particulier, les diagrammes enregistrés (fig. 9) relatifs aux boulons dans les positions 1, 2, 3, 4 au bord extrême supérieur de l'assemblage.

L'essai s'est déroulé de la façon suivante; on a appliqué, à l'aide de deux vérins dynamiques placés à 1 m de distance des appuis, une flexion préalable statique d'environ 0,8 tm, de façon à équilibrer, au droit de la section médiane de la poutre, le moment dû au poids propre (0,5 tm) et de disposer de surcroît d'une certaine marge initiale d'environ 0,3 tm.

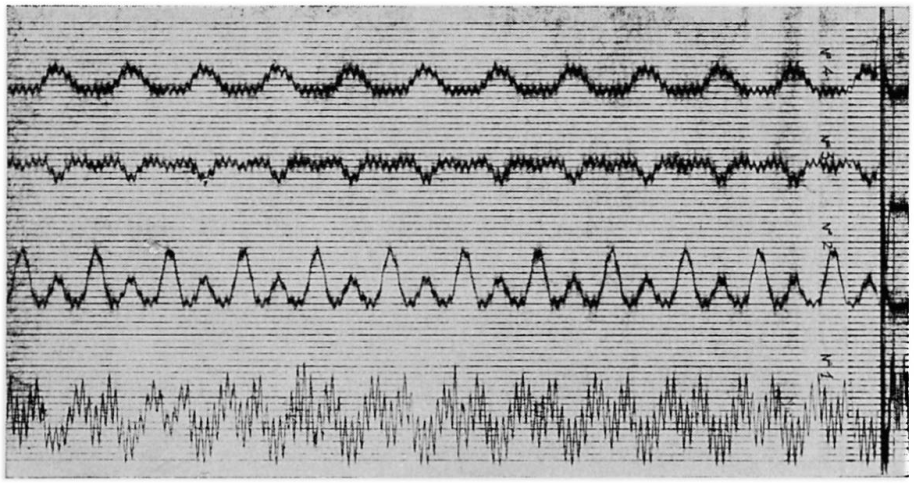

Fig. 9.

On a alors appliqué dynamiquement, par l'intermédiaire des vérins, une charge pulsatoire sinusoïdale comprise entre 0 et 0,5 t; si l'on néglige l'inertie du système, cette charge correspond, au droit de l'assemblage, à un moment fléchissant variant de 0 à 0,5 tm.

A la fig. 9 est présenté un enregistrement des contraintes dans les boulons en fonction des variations sinusoïdales de la charge pour une fréquence de 4 Hz. Ce même diagramme comporte en outre l'échelle d'étalonnage de chaque appareil.

Bibliographie

H. Beer: «Einige Gesichtspunkte zur Anwendung hochfester, vorgespannter Schrauben.» 6e Congrès de l'AIPC, «Rapport Final», 1961.

O. Steinhardt: «Zur Anwendung von HV-Schrauben im Stahlbau.» 6e Congrès de l'AIPC, «Rapport Final», 1961.

B. Thürlimann: "Research on Large Compact Joints with High Strength Steel Bolts." 6e Congrès de l'AIPC, "Rapport Final", 1961.

D. T. Wright / E. M. Lewis: "Fundamental Concepts, and the Development of Specifications for High-Tensile Bolted Joints." 6e Congrès de l'AIPC, «Publication Préliminaire», 1960.

B. Alemany: «Les boulons à haute résistance et leur emploi dans la construction métallique.» «Construction» n° 12, décembre 1960.

Résumé

L'auteur présente les résultats d'essais en cours sur des assemblages réalisés avec des boulons HR, en comparaison avec des essais similaires entrepris sur des boulons de caractéristiques normales.

Leur comportement dans les conditions de sollicitations répétées est en outre étudié à l'aide d'un pulsateur et d'un oscillographe enregistreur.

Zusammenfassung

Es werden die ersten Ergebnisse einiger Versuche über HV-Schraubenverbindungen im Vergleich mit gleichartigen Versuchen an Anschlüssen mit normalen Schrauben dargestellt.

Das Verhalten der HV-Schrauben unter Schwellbeanspruchung wird mit einem Pulsator und einem Spannungsoszillograph untersucht.

Summary

The author describes the first results obtained in tests on high strength bolted connections, compared with results of identical tests with ordinary bolts.

The behavior of the bolts under repeated loading conditions is studied by means of a pulsator and a stress recording device.