

ENTWICKLUNG EINER PRÜFVORRICHTUNG FÜR DAUERSCHWINGVERSUCHE MIT EINER OBERLAST BIS ZU 20.000 KN

KURZFASSUNG

Belastungen, selbst wenn diese weit unter der statischen Festigkeit des Materials liegen, führen zu Schädigungen des Materialgefüges. Treten diese Beanspruchungen häufig auf, können diese zu einem Ermüdungsversagen des Werkstoffes führen. Aus diesem Grund muss der Werkstoff einen ausreichenden Widerstand gegen Ermüdungsversagen aufweisen, welcher durch Dauerschwingversuche nachgewiesen wird. Die vorliegende Arbeit bietet neben einer Auflistung der bestehenden Prüfeinrichtungen für Dauerschwingversuche einen Einblick in die Entwicklung einer neuen Prüfvorrichtung für Dauerschwingversuche im Labor des Instituts für Tragkonstruktionen an der TU Wien.

Die Entwicklung der neuen Prüfeinrichtung basiert auf der Theorie des linearen Einmassenschwingers. Die Eigenkreisfrequenz ω des linearen Einmassenschwingers berechnet sich nach der Gleichung (1.1) zu:

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{ges}}{m}} \quad (1.1)$$

Dabei entspricht k_{ges} der Gesamtsteifigkeit des Systems und m der Gesamtmasse. Legt man diese Erkenntnisse auf die zu errichtende Prüfeinrichtung um, entspricht die Gesamtsteifigkeit k_{ges} den parallel wirkenden Steifigkeiten des Prüfkörpers und des Behelfskabels und die Gesamtmasse m resultiert aus dem Gewicht der Verankerungseinheit, dem Schwingungserreger inklusive Antriebsmotor und den optionalen Zusatzmassen.

Zu Beginn der Arbeit wurde die Realisierbarkeit der theoretischen Überlegungen anhand einer vertikalen und einer horizontalen Versuchsanordnung überprüft. Die Ergebnisse der Eigenfrequenzen der Vorversuche stimmten sehr gut mit den Ergebnissen der analytischen Berechnung nach dem Model des linearen Einmassenschwingers überein. Als Verankerungseinheit wurde ein geschweißter Stahlrahmen verwendet, der zusätzlich zur Funktion der Koppelstelle des Prüfkörpers und des Behelfskabels, auch zur Befestigung des Schwingungserregers (mechanischer Unwuchterreger mit gegenläufig rotierenden Unwuchtmassen) verwendet wurde. Für die Lagerung der Verankerungseinheit der horizontalen Versuchsanordnung wurde eine aus vier Drahtseilen bestehende höhenjustierbare Abhängung gewählt, welche keinen Einfluss auf die Versuche ausübte.

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten im Labor des Instituts in der Gußhausstraße wurde der horizontalen Anordnung der Vorzug gegeben. Die in den Vorversuchen gewonnenen Erkenntnisse flossen in die Entwicklung der Prüfeinrichtung für Dauerschwingversuche, die einer Oberlast bis 20.000 kN Widerstand leisten kann, ein. Die Prüfeinrichtung wurde als Finite Elemente Model generiert. Mit dem Programm ABAQUS war es möglich einen Dauerschwingversuch zu simulieren und so einen Überblick über die vorhandene Eigenfrequenz (Prüffrequenz) und die entstehenden dynamische Kräfte zu gewinnen. Im Vergleich zu den in Europa bereits existierenden Prüfeinrichtungen zeichnet sich die zukünftige Prüfanlage für Dauerschwingversuche im Labor des Instituts für Tragkonstruktionen durch sehr große Prüffrequenzen (Versuchsdauer < 24 Stunden für 2 Millionen Lastwechsel) und dem niedrigen Energieaufwand aus.

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Diplomarbeit wird die Ausschreibung für den Bau der Prüfeinrichtung vorbereitet. Mit dem Beginn der Bauarbeiten ist im Jänner 2006 zu rechnen.

ABSTRACT

Repeated loads, which cause stresses well below the static strength of the material, can cause damage and failure through fatigue. For this reason the material must exhibit a sufficient resistance against fatigue failure, which can be proven by dynamic fatigue tests. The following thesis offers apart from a review of the existing testing facilities in Europe a detailed view of the development of a testing machine for dynamic fatigue tests in the laboratory of the Institute for Structural Engineering of the Vienna University of Technology.

In Europe three testing laboratories are able to do dynamic fatigue tests on large units like stay cables. All of them apply the dynamic load by the means of servo hydraulic controlled jacks. If high test loads are required the possible testing frequency is very low (1 – 4 Hz). Therefore a lot of energy is needed for cooling the hydraulic oil.

The Institute for Structural Engineering has developed a new method for dynamic fatigue tests. The development is based on the theory of a single-degree-of-freedom-system (SDOF). The resonance frequency ω of a single-degree-of-freedom-system depends on two parameters of the system and is defined with the following equation:

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{ges}}{m}}$$

The total stiffness of the system k_{ges} corresponds to the stiffness of the specimen and the auxiliary cable. The total mass m results from the mass of the coupling unit, which includes the masses of the vibration generator and the propulsion engine.

After pre-stressing of the system the vibration generator applies the dynamic loading. If the testing frequency is equal to the first eigenvalue of the testing unit the applied load of the vibration generator is multiplied depending on the damping of the system. If damping is 0,5% the vibration generator has to apply only one hundredth of the required stress range. The new method allows increasing the testing frequencies up to 50 Hz.

At the laboratory of the Institute for Structural Engineering vertical and horizontal configurations of dynamic fatigue tests have been realized. Both configurations can be reduced to a single-degree-of-freedom-system. The results of the tests show that this method is superior to conventional servo hydraulic controlled dynamic fatigue tests.

For further investigations a finite element model of the new testing machine was built to simulate a fatigue test. The results of the numerical investigations offer a general survey of the developing dynamic forces and the associated resonant frequencies.

In comparison to the existing testing facilities, the planned testing machine distinguishes itself by high testing frequencies and concurrent low energy consumption.