

Mechanika

z. 102

Nr 349/2013

Zeszyty Naukowe



VII ŚRODOWISKOWE
WARSZTATY DOKTORANTÓW
POLITECHNIKI OPOLSKIEJ

Politechnika Opolska



Opole – Pokrzywna
12–14 czerwca 2013

SPIS TREŚCI

TADEUSZ ŁAGODA, STANISŁAW WITCZAK. Przedmowa	7
ŁUKASZ BLACHA – Zastosowanie koncepcji najsłabszego ogniwa w obliczeniach trwałości zmęczeniowej stalowych złączy spawanych ...	9
PIOTR BOBRA – Analiza sejsmiczna odłącznika wysokiego napięcia .	13
MARTA BOGDAN – Struktura geometryczna powierzchni w skrawaniu materiałów utwardzonych	17
MICHAŁ BÖHM – Przegląd modeli korekcyjnych wartości średniej naprężenia dla obciążeń jednoosiowych.....	19
AGNIESZKA BOK – Katalizatory efektywnego spalania paliw ciekłych i stałych.....	23
ROMAN CHUDY – Struktura geometryczna powierzchni w obróbce sekwencyjnej.....	27
MARIUSZ CZABAK – Szacowanie sztywności podatnego złącza w dwuwarstwowej belce zespolonej oparte na analizie drgań własnych...	29
BEATA CZAPLA – Ocena stanu badań nad przepływomierzami wirowymi.....	31
ADAM DEPTUŁA – Optymalizacja układów maszynowych z zastosowaniem równań logicznych i struktur grafowych.....	35
JOANNA DRATWA – Wpływ udziału oleju na wnikanie ciepła podczas wrzenia CO ₂ w kanałach.....	39
SEBASTIAN FASZYŃKA – Rozwój pęknięć zmęczeniowych przy zginaniu i skręcaniu.....	43
SZYMON GASIŃSKI – Sposób magazynowania energii słonecznej w budynku niskoenergetycznym.....	47
IZABELA GÓRSKA – Strukturalne wyznaczanie niezawodności dowolnego układu szeregowo-równoległego z systemowym doborem elementów.....	49
KAROLINA GOZARSKA – Analiza numeryczna propagacji fal ultradźwiękowych w prostokątnych przekrojach prętów	53
KRYSTIAN JUROWSKI – Obliczenia sejsmiczne budynku hali handlowej.....	57
ALINA KALETA – Wymagania a metody badawcze nasiąkliwości betonu.....	59
SEBASTIAN KAMIŃSKI – Wyznaczenie zmęczeniowego współczynnika działania karbu $K_F(N_F)$ w funkcji liczby cykli dla złącza spawanego poddanego rozciąganiu.....	63
PIOTR KISZKA – Badanie mechanicznych i termicznych oddziaływań w skrawaniu żeliwa sferoidalnego ostrzami z ceramiki azotkowej i CBN	67

MARIUSZ CZABAK

Wydział Budownictwa
Katedra Fizyki Materiałów

Szacowanie sztywności podatnego złącza w dwuwarstwowej belce zespolonej oparte na analizie drgań własnych

Abstract: The paper shows possibilities in testing composite two-layer beams with flexible connectors offered by an analysis of their natural frequencies. It enables an estimation of shear compliance for the interlayer connection if Young's moduli of layers are known thanks to finding the global minimum of error function for model and measured natural frequencies of beam. The considerations are illustrated by the results of own laboratory-tests.

Konstrukcje zespolone (np. stalowo-betonowe) z podatnym złączem są rozwiązaniem coraz chętniej stosowanym w budownictwie, gdyż w efekcie zespolenia uzyskujemy przy pożądanej nośności i sztywności elementu także ekonomiczne wykorzystanie materiału. Należy tu podkreślić, że tego typu konstrukcje pracują prawidłowo, jeśli sztywność połączenia charakteryzuje się odpowiednio wysoką sztywnością. Jej wartość określa się w testach typu push-out [2] lub na podstawie pomiaru przemieszczeń belki pod obciążeniem [3]. Niniejszy artykuł prezentuje inną metodę badania tego parametru, opierającą się na analizie częstotliwości drgań własnych. Rozważania zilustrowano wynikami własnego eksperymentu laboratoryjnego.

1. Matematyczny opis problemu

Zakładając najprostszy model liniowo sprężysty dwuwarstwowej belki z podatnym złączem [3] można uzyskać układ trzech równań różniczkowych względem w , $u_{(1)}$ i $u_{(2)}$ (pionowe przemieszczenie osi belki i poziome przemieszczenia osi poszczególnych warstw):

$$\begin{cases} w^{IV} (E_{(1)} I_{(1)} + E_{(2)} I_{(2)}) - k e^2 w'' - k e^2 w' & + k e u_{(1)}' + k^I e u_{(1)} & - k e u_{(2)}' - k^I e u_{(2)} & = -q - \mu \ddot{w} \\ k e w' & + E_{(1)} A_{(1)} u_{(1)}'' - k u_{(1)} & + k u_{(2)} & = \mu_{(1)} \ddot{u}_{(1)} \\ - k e w' & + k u_{(1)} & + E_{(2)} A_{(2)} u_{(2)}'' - k u_{(2)} & = \mu_{(2)} \ddot{u}_{(2)} \end{cases} \quad (1)$$

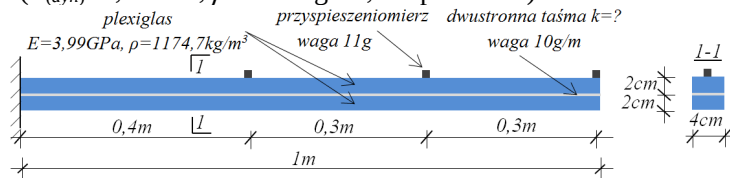
gdzie: k – sztywność złącza (w Nm^{-2}); $E_{(i)}$, $I_{(i)}$, $\mu_{(i)}$ – moduł Younga, moment bezwładności i masa na jednostkę długości warstwy ($i=1,2$); $e=1/2(h_{(1)}+h_{(2)})$ gdzie $h_{(i)}$ jest wysokością warstwy (i); $(\)''$, $(\)^{IV}$ – druga i czwarta pochodna funkcji po x ; $(\)''$ – druga pochodna funkcji po czasie. W sytuacji, gdy częstotliwości drgań rzeczywistej konstrukcji są znane, możliwe jest wyznaczenie parametru sztywności złącza k , znajdując minimum funkcji błędu:

$$F(k) = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\omega_{i(\text{zmierzona})} - \omega_{i(\text{model})}(k)}{\omega_{i(\text{zmierzona})}} \right| \quad \text{lub} \quad F(k) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\omega_{i(\text{zmierzona})} - \omega_{i(\text{model})}(k)}{\omega_{i(\text{zmierzona})}} \right)^2, \quad (2)$$

gdzie: $\omega_{i(\text{zmierzona})}$ – zmierzona i -ta częstotliwość drgań własnych konstrukcji, $\omega_{i(\text{model})}$ – i -ta częstotliwość drgań własnych z modelu obliczeniowego, n – liczba pierwszych częstotliwości drgań własnych wziętych do analizy.

2. Wyniki eksperymentu

Aby zilustrować możliwości wyznaczania sztywności złącza na podstawie drgań własnych, przeprowadzony został eksperyment na belce wspornikowej jak na rys. 1 ($E_{(dyn)}=3,99\text{GPa}$, $\rho=1174\text{kg/m}^3$, temp $20\pm 2^\circ\text{C}$).

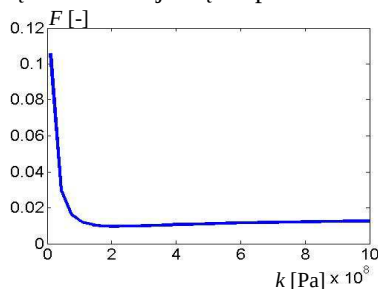


Rys. 1 Schemat statyczny modelowego wspornika z pleksiglasu

Wykorzystując przyspieszeniomierz (PCB 333B52), programy DASYLAB 10.0 i Matlab, wyznaczone zostały dwie częstotliwości drgań własnych testowanego elementu:

$$f_1 = 10,43\text{Hz}, \quad f_2 = 68,69\text{Hz}. \quad (3)$$

Równania (1)-(2) posłużyły do napisania własnego programu w języku Matlab poszukującego minimum funkcji błędu (2_2). Dla przytoczonych danych otrzymano jej wykres jak na rys. 3, gdzie widać, że poszukiwana wartość sztywności modelowego złącza kształtuje się na poziomie $k=2\cdot 10^8\text{Pa}$



Rys. 2 Wykres funkcji błędu (2_2) w funkcji sztywności złącza

3. Wnioski

Zaprezentowana nieniszcząca metoda może być z łatwością wykorzystania do diagnostyki złącz w belkach zespolonych w celu oceny jakości ich wykonania lub postępu degradacji w wyniku eksploatacji.

LITERATURA

- [1] CHMIELEWSKI T. & ZEMBATY Z. Dynamika budowli, Studia i monografie, z. 97, Politechnika Opolska, Opole (Poland) 1998.
- [2] DURATNA P. & BUJNAK J. & BOUCHAIR A. & LACHAL A. Modelling of the steel-concrete push-out tests, In Proceedings of the 8th PhD & DLA Symposium, Pécs (Hungary) 2012.
- [3] KUCZMA B. & KUCZMA M. Badania doświadczalne i modelowanie klejonych stalowo-betonowych belek zespolonych, ZN Politechniki Rzeszowskiej, 283, Bud. i Inżynieria Środowiska, 59 (3/2012/II), Rzeszów (Poland) 2012.