1998 Nr kol.1404

Ryszard WALENTYŃSKI, Marcin KOGUT

OBLICZENIA STATYCZNE I DYNAMICZNE METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH CIENKOŚCIENNEGO ELEMENTU OBUDOWY KOMPENSUJĄCEJ WYBUCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono propozycję modelowania numerycznego elementu lekkiej obudowy w pomieszczeniu zagrożonym wybuchem. Wyniki badań eksperymentalnych wielkości obciążenia niszczącego porównano z wynikami obliczeń numerycznych i oszacowano numerycznie czas impulsu niszczącego oraz wielkość współczynnika dynamicznego. Do analizy wykorzystano system ROBOT V6.

STATICAL AND DYNAMICAL COMPUTATIONS OF THIN-WALLED ELEMENT OF THE BLAST COMPENSATING WALL USING FINITE ELEMENT METHOD

Summary. There is presented a proposal of the numeric modelling of the cladding wall element in the shop threatened with explosion. Results of experimental research of breaking load were compared to numeric computations and the time of breaking impulse was estimated as well as value of dynamic coefficient. The ROBOT V6 system was applied.

1. Wprowadzenie

W normalnej praktyce inżynierskiej spotyka się na ogół szacowanie nośności konstrukcji z dołu. Nietypowym zadaniem jest natomiast ocena udźwigu konstrukcji z góry. Tego typu zagadnienie napotkano w związku z wykonaniem projektu ścian osłonowych z kaset ściennych typu "Florprofile" w pomieszczeniu zagrożonym wybuchem. Propozycję rozwiązania konstrukcyjnego takiej ściany przedstawiono na rys.1. Postawione zadanie polegało na wykazaniu, że zastosowane rozwiązanie spełnia wymagania nośności przy normalnej eksploatacji – przenosi obciążenia własne oraz obciążenia wiatrem, natomiast

ulega zniszczeniu w wyniku obciążenia dynamicznym impulsem wywołanym wybuchem o wartości impulsu rzędu 0,75 kPa. Wymagania powyższe wynikają z postanowień przepisów [1] i [2] oraz wymagań inwestora – fabryki samochodów OPEL-POLSKA, gdyż zadanie dotyczyło obudowy mieszalni farb i lakierów w zakładach samochodowych w Gliwicach. Zaproponowane rozwiązanie techniczne, polegające na zastosowaniu zaczepów zamiast śrub mocujących, powinno zapewnić możliwość wysunięcia się kasety w momencie utraty nośności przez kasetę i rozszczelnienie ściany.



- Rys. 1. Elementy obudowy z wykorzystaniem kasety ściennej K120/600 grubość 0,88 mm, zamocowanych do słupów przy użyciu podatnych zaczepów
- Fig. 1. Cladding wall elements with appliance made of cassettes K120/600, 0.88 mm thick, fastened to the columns with flexible catches.

2. Opis eksperymentu

Określenie obciążenia niszczącego kasetę ścienną przeprowadzono eksperymentalnie [5]. Badania zostały przeprowadzone na miejscu budowy obiektu malarni fabryki OPEL Gliwice w dniu 23.09.1997 r. Obciążenie było realizowane przy użyciu 50 kg worków z cementem na uproszczonym stanowisku badawczym, (rys. 2).



Rys. 2. Stanowisko badawcze do badań obciążenia niszczącego kasety ściennej Fig.2. Test stand for experimental research of the wall cassette breaking load

Wykonano 4 fazy obciążania kasety. W pierwszej fazie obciążono kasetę dwoma workami (100 kg). Nie zaobserwowano żadnych istotnych zniszczeń kasety. W drugiej fazie obciążono kasetę dodatkowo dwoma workami (razem 200 kg). Zaobserwowano niewielkie wygięcie blachy w zaczepach. Ugięcie kasety przyrosło liniowo. W trzeciej fazie obciążono kasetę dodatkowo dwoma workami (razem 300 kg). Zauważono widoczne wygięcie blachy w zaczepach. Ugięcie kasety przyrosło nieliniowo. Wobec zauważonego stanu krytycznego kolejny worek cementu położono w środku rozpiętości. Obciążenie to okazało się niszczące. Kaseta uległa zwichrzeniu w środku rozpiętości. Po zdjęciu obciążenia kaseta nie powróciła do poprzedniego kształtu.

Na podstawie otrzymanych wyników statycznego obciążenia niszczącego kasetę, wykorzystując współczynnik dynamiczny, przyjęty jak dla obciążenia nagle przyłożonego β =2,0, przeliczono obciążenia statyczne na odpowiadające im obciążenia dynamiczne równomiernie rozłożone [5]. Wykazano, że kaseta ulega zniszczeniu pod obciążeniem dynamicznym równomiernie rozłożonym, mniejszym niż 0,75 kPa. Eksperyment nie dał jednak odpowiedzi na pytanie dotyczące długości trwania impulsu wzbudzającego. Współczynnik β =2,0 można bowiem uwzględnić jedynie wtedy , gdy czas impulsu jest rzędu długości okresu drgań własnych. Do wyznaczenia tych parametrów posłużono się metodą elementów skończonych z wykorzystaniem systemu ROBOT V6.

3. Opis modelu numerycznego

Kasetę ścienną K120/600 podzielono siatką elementów skończonych typu powłokowego (rys 3).



Rys. 3. Model kasety ściennej K120/600 Fig. 3. Model of the cassette K120/600

Ze względu na warunki zamocowania kasety siatkę elementów zagęszczono w miejscach występowania podpór. Podparcia na kierunkach osi X i Z (na końcach kasety) wynikają ze sposobu zamocowania kasety do słupów obudowy, natomiast na kierunku osi Y (podłużne żeberka usztywniające) z zamocowania do żeber kasety ściennej blachy trapezowej R 35/207 (rys. 3). Otrzymano model złożony z 2350 elementów. W celu sprawdzenia zgodności modelu z rzeczywistością zamodelowano obciążenie kasety ściennej workami z cementem jak w przeprowadzonym doświadczeniu. Przykładowo pierwszą fazę obciążenia przedstawiono na rys. 4.

Obliczenia statyczne ...



119

Rys. 4. Schemat obciążenia kasety ściennej odpowiadający obciążeniu kasety w doświadczeniu niszczącym Fig. 4. Static model of the cassete coresponding to the scheme in breaking experiment

Stwierdzono pełną zgodność z wynikami eksperymentu dla 1 i 2 fazy obciążenia. Wyniki porównania można znależć w pracy [7].

4. Określenie okresów i postaci drgań wlasnych

W celu określenia okresów drgań własnych przeprowadzono analizę zagadnienia własnego modelu. Otrzymano wyniki częstości, okresów oraz postaci drgań własnych. Rysunek 5 pokazuje postacie drgań odpowiadające trzem pierwszym częstościom drgań własnych. W tabeli 1 zamieszczono wartości częstości, częstotliwości oraz okresów drgań własnych dla tych postaci.

Tabela 1

				I doord I
	Forma	Pulsacja	Częstotliwość	Okres
l		ω (rad/s)	F (Hz)	T (s)
	1	30,6861	4,8839	0,2048
	2	52,3900	8,3381	0,1199
	3	70,3490	11,1964	0,0893



Rys. 5. Pierwsze 3 częstości i postaci drgań własnych modelu kasety ściennej Fig. 5. The first 3 vibration periodicities and vibration shapes

5. Określenie współczynnika dynamicznego

Model kasety ściennej K120/600 obciążono statycznym i dynamicznym obciążeniem równomiernie rozłożonym, działającym na górną powierzchnię kasety (rys. 6) o wartości 0,75 kPa. Dla obciążenia statycznego uzyskano ugięcie w środku rozpiętości równe U_{ZS} =-0,09625 m.



Rys. 6. Równomiernie rozłożone obciążenie kasety Fig. 6. Uniformly distributed load of the cassette

Biorąc pod uwagę okresy drgań obliczone na podstawie analizy zagadnienia własnego, zamodelowano następujący przebieg impulsu (rys. 7):



Rys. 7. Przebieg obciążenia równomiernie rozłożonego, działającego na górną powierzchnię kasety Fig. 7. Function of the uniform load value applied on the top surface of the cassete Przyjęto czas impulsu prostokątnego t = 0,5 s większy od podstawowego okresu drgań oraz liczbę tłumienia (zgodnie z nazewnictwem systemu ROBOT V6) $\alpha_t = 0,01$.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń numerycznych MES uzyskano wartości przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń każdego węzła oraz naprężeń i odkształceń każdego elementu w kolejnych chwilach czasowych. Maksymalne przemieszczenia wystąpiły w środku rozpiętości kasety (węzeł 156) w chwili t=10 (ms) (rys. 8). Wyniosły one U_{ZD} =-0,19085 m. Porównując ten wynik do przemieszczenia UZ węzła 156, otrzymanego przy obciążeniu statycznym kasety, otrzymamy wartość współczynnika dynamicznego K_d:

$$K_d = \frac{0,19085}{0,09625} = 1,983$$



Rys. 8. Przemieszczenia U_z węzła 156 w funkcji czasu Fig. 8. Displacement U_z of the 156 node as a function of time

6. Uwagi i wnioski końcowe

Modelowanie obciążenia kasety ściennej K120/600 potwierdziło wyniki przeprowadzonej próby doświadczalnej. Wyniki ugięć są zgodne z wynikami otrzymanymi eksperymentalnie w fazie I i II.

W wyniku analizy zagadnienia własnego wyznaczono okresy drgań własnych, a na ich podstawie - czas impulsu równy t = 0.5 s, odpowiadający realnemu czasowi trwania wybuchu.

W modelowaniu obciążenia dynamicznego kasety otrzymano współczynnik dynamiczny $K_d=1,983$, co potwierdza przyjęty w analizie doświadczalnej poziom dynamicznego obciążenia niszczącego.

Z analizy wynika, że kaseta spełniła wymagania techniczne określone przez [1], [2], a przyjęty model numeryczny w sposób zadowalający przyczynił się do scharakteryzowania pracy kasety.

LITERATURA

- Rozporządzenie Ministra Budownictwa i Gospodarki Przestrzennej "Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie".
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 3 listopada 1992 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.
- 3. PN-80/B-03040 "Fundamenty i konstrukcje wsporcze pod maszyny".
- 4. "Podręcznik użytkownika programu ROBOT V6", praca zbiorowa.
- Walentyński R.: Sprawozdanie z przebiegu doświadczenia niszczącego kasetę ścienną. Materiały archiwalne GBPBP "Projprzem" S.A.
- 6. Program komputerowy ROBOT V6. Nr licencji 1266.
- Kogut M.: "Analiza statyczna i dynamiczna elementów ściany lekkiej obudowy w pomieszczeniu zagrożonym wybuchem", Praca dypłomowa

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Feliks Andermann

Abstract

There is presented an example of calculation of a dynamical problem carried out in program ROBOT V6.

The results are compared to experiment which was performed in connection with real engineer task. Solution of a computer model in sufficient way characterizes behaviour of the element.

The vibrations natural periods and vibrations shapes were evaluated for 3 first frequencies. According to that the impulse time and dynamic coefficient were estimated.