



TEMAT PRACY: Ocena wpływu oddziaływań drgań dynamicznych wywołanych pokazem pirotechniki na zabytkowy obiekt - "Zamek z XIV w" w Olsztynie k/Częstochowy

**ZLECENIODAWCA: 'GOLDREGEN' Firma Handlowo-Usługowa,
42-200 Częstochowa, Al. NMP 11.**

Zlecenie znak: -

z dnia 12.09.1996

Numer umowy: L-4/821/96-5.04.4.099

ZESPÓŁ AUTORSKI

**prof.dr hab.inż. Roman Ciesielski
inż. Antoni Abratański
wraz z Zespołem pracowników
laboratorium IMB PK**

DYREKTOR INSTYTUTU

KIEROWNIK ZESPOŁU - ZAKŁADU

prof.dr hab.inż. Roman Ciesielski

Z-ca Dyrektora
Instytutu Mechaniki Budowli
z/s Badań Naukowych i Współpracy z Przemysłem
[Signature]
Dr inż. Krzysztof Stypała

Kraków, listopad, 1996

OBCIĄŻENIA DYNAMICZNE BUDOWLI WYWOŁANE ODPALENIAMI (ODSTRZAŁAMI, WYBUCHAMI) RAKIET PIROTECHNICZNYCH

Opracowanie niniejsze składa się z 2 części. Pierwsza zawiera wiadomości podstawowe (rozdz. 1 do 7), druga podaje analizę dla przypadku ruin zamku w Olsztynie.

1. Źródło

Urządzenia odpalające rakiety ,pirotechniczne umieszczone są bezpośrednio na podłożu gruntowym i kierowane w górę pionowo lub ukośnie. Główną charakterystykę odpalenia stanowi ładunek MW, średnica wylotu raketnicy oraz okres czasu pomiędzy odpaleniem a wybuchem w powietrzu. Równoczesność lub następstwo odpalania w czasie są na ogół przypadkowe. Z reguły odstępy przekraczają kilka sekund, stąd efekty nie nakładają się bezpośrednio na siebie.

2. Mechanika efektów odpalań

Odpalanie wywołuje trzy rodzaje efektów na budowie nadziemne.

- 2.1. Fale powierzchniowe przekazujące się w górnej warstwie podłoża mają charakter fal podłużnych (Rayleigh'a) i poprzecznych (ścinających, Love'a). Propagują się powierzchniowo z prędkością charakterystyczną dla rodzaju podłoża. Prędkości te wynoszą (por.np. [1]) od 150 do 2000 m/sek.
- 2.2. Wystrzelony w górę ładunek po osiągnięciu określonej wysokości „odpala” wywołując powstanie ciśnieniowej fali akustycznej. Fala ta propaguje się przestrzennie z prędkością dźwięku dochodząc do obiektu odbierającego i obciążając go na powierzchni ekspozycji. W uproszczeniu można przyjąć, że

główne natarcie przekazuje się równoległe do linii łączącej źródło z miejscem odbioru.

- 2.3. Fala ciśnienia wywołana odpaleniem w powietrzu propaguje się również w dół i dochodzi do podłoża wywołując przez nacisk pionowy (prostopadły do podłoża) powstanie kolejnej fali powierzchniowej propagującej się w podłożu z prędkością charakterystyczną w kierunkach poziomych i dochodzącej do obiektu odbierającego.
- 2.4. W przypadkach bardzo silnych wybuchów w powietrzu (bomby) występują dodatkowe efekty próżni po pierwszej fali ciśnieniowej, przede wszystkim tzw. efekty powrotne por. np.[2], lub akustycznego odbicia (tzw. efekt echa), wynikających również z ukształtowania terenu lub jego pokrycia. Efektów tych nie bierze się pod uwagę w rozważanym przypadku wybuchów .

3. Model holograficzny przebiegu drgań w miejscu dojścia do obiektu

Przyjmując na początku dla uproszczenia, że:

- a/ odpalenie raket następuje pionowo w górę
- b/ teren jest w miarę płaski (nie ma efektów echa) i jednolity geotechnicznie
- c/ odbierający obiekt ma przeciętne wymiary i kształt (to jest np.budynek 10/10/10m)
- d/ odległości odbioru nie są większe niż ok. 1000m co pozwala na przyjęcie równoczesności dojścia fali podłużnej i poprzecznej, można w następujący sposób przedstawić hologram dojścia drgań do miejsca odbioru (por. rys.1). Układ współrzędnych czasu umieszczony jest z zerem w chwili odpalenia na powierzchni podłoża.

- ad. 2.1 Dojście fali powierzchniowej do obiektu w odległości „l” przez podłoże następuje po okresie czasu Δt_{1gr} powodując drganie obiektu

$$\Delta t_{1gr} = l/V_{gr} \quad (1)$$

ad.2.2 Wystrzelony w powietrze ładunek wybuchu po czasie t_w , wobec czego fala akustyczna generowana w tej chwili czasu dochodzi do punktu odbioru w odległości l_p po okresie czasu $\Delta t_{2\text{pow}}$ a całkowity odstęp czasu wynosi Δt_2

$$\Delta t_2 = t_w + \Delta t_{2\text{pow}} = t_w + l_p/V_{\text{ak}} \quad (2)$$

ad 2.3 Odbita fala akustyczna skierowana po wybuchu na wysokości h w dół dochodzi do podłoża w czasie $\Delta t_{3\text{ak}}$ W uproszczeniu przyjęto, że położenie środka nacisku na podłoże jest zgodne z miejscem odpalenia. Do obiektu odbioru fala poprzez podłoże dochodzi po czasie $\Delta t_{3\text{gr}}$ a sumarycznie po czasie Δt_3

$$\Delta t_3 = t_w + \Delta t_{3\text{ak}} + \Delta t_{3\text{gr}} = t_w + h/V_{\text{ak}} + l/V_{\text{gr}} \quad (3)$$

Prędkość przebiegu fal powierzchniowych w podłożu V_{gr} można zaczerpnąć z literatury jak w p.2.1, prędkość akustyczna V_{ak} wynosi ok. 330m/s

4. Kształt fali wzbudzonej w podłożu

Fala propagowana w podłożu ma typowy kształt fali wzbudzonej impulsem podlegającej procesowi tłumienia (t.j. zmniejszenia w czasie) oraz procesowi absorpcji (dysypacji) t.j. zmniejszenia z odległością (por.rys.2).

Decydująca jest początkowa największa amplituda drgania w źródle i do niej odnoszą się wszystkie następne amplitudy drgań. Charakterystyki drgań podaje się w opisie przemieszczeń, prędkości lub przyspieszeń. Przyjmuje się (odcinkowo) ważną dla drgań harmoniczných zależność:

$$V_y = dy/dt, \quad a_y = d^2y/dt^2 = dV_y/dt \quad (4)$$

