ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: BUDOWNICTWO z. 81 Nr kol. 1292

Zbigniew LIPSKI

SPOSÓB WYSZUKIWANIA W ZBIORZE WIELOELEMENTOWYM MAKSYMALNYCH KINEMATYCZNYCH OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH OBIEKTU BUDOWLANEGO

Streszczenie. Przedmiotem pracy jest sformułowanie oraz sprawdzenie przydatności sposobu przeszukiwania zbioru empirycznych lub symulowanych obciążeń dynamicznych typu kinematycznego w celu określenia wymuszeń wywołujących w danym obiekcie budowlanym maksymalną odpowiedź dynamiczną. Podano zasady stosowania sposobu.

METHOD OF SEEKING MAXIMUM KINEMATIC LOADS OF A BUILDING IN A MULTI-ELEMENT SET

Summary. The subject of the paper is mathematical justification and verification of the method of seeking dynamic loads of kinematic type in empirical or simulated multi-element set in order to determine excitations producing the maximum dynamic response of the real building. The principles of the method application are presented.

DIE METHODE DES AUSSUCHENS DER KINEMATISCHEN HOCHSTEBELASTUNG DES GEBAUDES IN DER VIELEELEMENTENMENGE

Zusammenfassung. In dieser Bearbeitung wurde die Formullierung und die Überprüfung der Nützlichkeit der Methode des Aussuchen der Menge von den empirischen oder simullierten, dynamischen vom kinematischen Typ, Belastungen zwecks Bestimmung der Erzwingungen, die maximale dynamische Antwort in bestimmten Gäbaude verursachen, vorgestellt. Es wurde das Anwendungprinzip der Methode angegeben.

1. WPROWADZENIE

Celem obliczeń dynamicznych obiektów budowlanych jest określenie wytężenia konstrukcji nośnej związanego z działaniem odpowiednich obciążeń zmiennych w czasie. W przypadku

przeprowadzania tych obliczeń metodami numerycznymi za pomoca odpowiednich programów komputerowych, istnieje możliwość wykorzystania licznego zbioru obciażeń, które uzyskano na drodze pomiarów "w naturze" lub przez symulacje z wykorzystaniem pewnych danych empirycznych. W sytuacji takiej problemem technicznym obliczeń może być nakład pracy związanej z przygotowaniem danych wejściowych i przeprowadzeniem analiz. W przypadku prowadzenia analizy jednego obiektu poddanego działaniu wielu realizacji obciążeń dynamicznych korzystna może być redukcja liczby obciążeń polegająca na wyselekcjonowaniu tych obciążeń, które wywołają w analizowanym obiekcie maksymalną odpowiedź dynamiczną lub zbliżoną do niej. W niniejszej pracy przedstawiono sposób takiej redukcji zbioru obciążeń dynamicznych o charakterze wymuszeń kinematycznych, tzn. przekazywanych przez grunt (przemysłowe, komunikacyjne, sejsmiczne, parasejsmiczne). W związku z tym, że sposób dotyczy jednego, konkretnego obiektu budowlanego poddanego działaniu zbioru obciążeń nazwano go "indywidualizacją obciążeń" zgodnie np. z sugestiami wyrażonymi w dyskusji nad [1]. Istotą sposobu jest kryterium sformułowane następująco: odpowiedź dynamiczną obiektu zbliżoną do maksymalnej wywołują te obciążenia, dla których średnia energia obciążanego obiektu przyjmuje wartość maksymalną. W celu określenia zakresu skuteczności przyjętego kryterium przeprowadzono analizy numeryczne kilku wybranych budynków poddanych działaniu obciążeń kinematycznych, badanych niezależnie za pomocą wspomnianego kryterium.

2.TEORETYCZNE UZASADNIENIE SPOSOBU

Dany jest skończony zbiór realizacji pewnego procesu losowego

$$a_1(t),\ a_2(t),\ldots,\ a_N(t) \tag{1}$$

którym mogą być wyniki rejestracji drgań powierzchni ziemi związane z wpływami parasejsmicznymi lub analogiczne przebiegi otrzymane w wyniku symulacji. Niezależnie dany jest obiekt budowlany. W niniejszych rozważaniach przyjęto dyskretny liniowy model tego obiektu, zakładając, że charakteryzuje go tłumienie wiskotyczne. Opisany jest on układem równań ruchu o postaci:

$$\boldsymbol{M}\ddot{\boldsymbol{q}} + \boldsymbol{C}\dot{\boldsymbol{q}} + \boldsymbol{K}\boldsymbol{q} = \boldsymbol{P} \tag{2}$$

gdzie:

$\boldsymbol{M} = diag(m_1, m_2, \ldots, m_N)$ - macierz mas dyskretnych układu (modelu) dynamicznego,

$\boldsymbol{C} = diag(c, c, \ldots, c)$ - macierz współczynnikow tłumienia,

$$\boldsymbol{K} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & .. & k_{1n} \\ .. & .. & .. & .. \\ k_{n1} & k_{n2} & .. & k_{nn} \end{bmatrix}$$ - macierz sztywności

$\boldsymbol{P} = -a(t)\, col(m_1,\ldots,m_N) = -a(t)\, \boldsymbol{M}\, \boldsymbol{1}$ - macierz wymuszenia kinematycznego.

Poszukuje się takiej realizacji procesu losowego $a_{i,\max}(t) = A(t)$, która traktowana jako wymuszenie kinematyczne układu wywołuje w nim ekstremalny stan wytężenia. W uproszczeniu można przyjąć, że charakteryzowany jest on nastepująco:

$$WW[A(t)] = sup\{W^M\} = W^{M_{\max}} = [M_{1\max} \;\; M_{2\max} \;\; .. \;\; M_{p,\max}] \tag{3}$$

gdzie przez M oznaczono maksymalne wartości momentów zginających w "p" przekrojach obiektu. Rozwiązanie zagadnienia własnego dla (2) ma postać:

$[\omega] = [\omega_1 \;\; \omega_2 \;\; .. \;\; \omega_d]$ - częstości drgań własnych,

$$W = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & .. & \mu_{1d} \\ .. & .. & .. & .. \\ \mu_{n1} & \mu_{n2} & .. & \mu_{nd} \end{bmatrix}$$ - współczynniki postaci drgań własnych.

Układ równań (2) rozwiązuje się we współrzędnych modalnych (głównych) stosując transformacje współrzędnych wg zależności:

$$q = Wy \tag{4}$$

Otrzymuje się:

$$W^T B W\ddot{y} + W^T C W\dot{y} + W^T K W y = W^T P = Y \tag{5}$$

przyjmując przy tym: $$W C W^T = \gamma (k^o m^o)^{0.5}$$

$$C = aB + bK \tag{6}$$

czyli $$\gamma_1 = \gamma_2 = const., \quad \gamma_i = b\omega_i + \frac{a}{\omega_i}$$

gdzie:

m_i^o, k_i^o - odpowiednio masy i sztywności główne odpowiadające i-tej postaci drgań własnych,

a,b - współczynniki liczbowe,

γ_i - współczynnik tłumienia odpowiadający i-tej postaci drgań,

$k_i^o = \omega_i^2 m_i^o$

Po rozsprzęgnięciu układu równań (5) i uporządkowaniu go otrzymuje się [2]:

$$\ddot{y}_i + 2\varsigma\omega_i\dot{y}_i + \omega_i^2 y_i = \frac{1}{m_i^o} Y_i = X_i \quad , \quad i = 1, 1, 3, ..., d \tag{7}$$

gdzie:

$$\omega_i = \frac{k_i^o}{m_i^o} ,$$

$$m_i^o = \boldsymbol{W}^T \boldsymbol{B} \boldsymbol{W} = \sum_{j=1}^{n} \mu_{ji}^2 m_j \ ,$$

$$k_i^o = \boldsymbol{W}^T \boldsymbol{K} \boldsymbol{W} = \sum_{k=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} k_{kj} \mu_{ji} \mu_{ki} \ ,$$

$$Y_i = \boldsymbol{W}^T \boldsymbol{P} = -a(t) \sum_{j=1}^{n} \mu_{ji} m_j \ ,$$

d - liczba postaci modalnych układu dynamicznego uwzględnianych w obliczeniach,

$\varsigma_i = \dfrac{C}{C_{kr}}$ - współczynnik tłumienia krytycznego,

$$\varsigma_1 = \varsigma_2 \ , \quad \varsigma_i = b_1 \omega_i + \frac{a_1}{\omega_i} \tag{8}$$

Każdemu z równań (7) odpowiada transmitancja. W dalszych obliczeniach stosowano kwadrat modułu tej funkcji [3],[4] w postaci:

$$|F(\omega)|^2 = \frac{1}{(\omega_i^2 - \omega^2)^2 + 2\varsigma_i^2(\omega_i^2 + \omega^2) + \varsigma_i^4} \tag{9}$$

Wykorzystując funkcje (9) wyznaczono średnią energię odpowiedzi układu dynamicznego o n-stopniach swobody z wykorzystaniem następującej zależności [5]:

$$\begin{aligned} V_{sr} = E\{V(t)\} &= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{d} k_i^o E\{y_i^2(t)\} = \\ &= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{d} k_i^o \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{y_i y_i}(\omega) d\omega = \\ &= \frac{1}{4\pi}\sum_{i=1}^{d} k_i^o \frac{1}{(m_i^o)^2} \left(\sum_{j=1}^{n} \mu_{ji} m_j^2 \right) \int_{-\infty}^{\infty} S_{aa}(\omega) \, |F(\omega)|^2 \, d\omega = \end{aligned} \tag{10}$$

$$= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{d} \frac{\omega_i^2}{m_i^o} \left(\sum_{j=1}^{n} \mu_{ji} m_j^2 \right) \int_0^{f_1} G_a(f) \, |F(2\pi f)|^2 \, df$$

gdzie:

$S_{aa}(\omega)$ - widmowa funkcja gestości mocy własnej wymuszenia kinematycznego,

$G_a(\omega)$ - jednostronna funkcja widmowa gęstości mocy własnej wymuszenia,

f_1 - górna granica pasma widma mocy uwzględniana w obliczeniach.

Całka występująca we wzorze (10) obliczana jest numerycznie według wzoru Simpsona. W celu odniesienia amplitud badanych wymuszeń do wspólnego poziomu sprawdzono dwie wersje ich unormowania :

- sprowadzenie każdego wymuszenia do jednakowej wartości maksymalnego przyspieszenia a_{max}^{gl} przez multiplikacje wszystkich próbek poszczegolnych wymuszeń przez współczynnik:

$$k_i = \frac{a_{max}^{gl}}{a_{max}^{i}} \tag{11}$$

gdzie:

a_{max}^{i} - amplituda i-tego wymuszenia,

- sprowadzenie każdego wymuszenia do jednostkowej mocy średniej poprzez podzielenie funkcji widmowej gęstości mocy przez wariancję.

3.CHARAKTERYSTYKA DANYCH WEJŚCIOWYCH DO OBLICZEŃ SPRAWDZAJĄCYCH

Do obliczeń sprawdzających wykorzystano dane konstrukcyjne 7 istniejących budynków o konstrukcji ścianowej i wysokości 5 lub 11 kondygnacji. Dwa z nich zlokalizowane są na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, a pozostałe w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym. Parametry dyskretnego modelu dynamicznego w postaci sztywności giętnych oraz mas skupionych zaczerpnięto z prac wykonanych przez autora w Oddziale Instytutu Techniki Budowlanej w Gliwicach. Podstawowe dane budynków zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Opis budynku
Descrition of buildings

Oznaczenie bud.	Lokalizacja	System technologiczny	Wymiary poziome [m]	Liczba kondyg. nadziemnych
L1	Polkowice	WWP	29.0*11.0	5
L2	"	WWB	14.0*11.9	5
L3	"	Wk-70	28.9*10.9	5
L4	"	WBl	13.8*11.7	5
L5	"	WBl	11.9*13.2	5
G1	Katowice	W70-SG	24.0*10.8	5
G2	"	W70-SG	24.0*10.8	11

W obliczeniach wykorzystano 53 sygnały zarejestrowane w Polkowicach i kilku stacjach pomiarowych na terenie GOP. Budynki zlokalizowane na terenie LGOM obliczano stosując sejsmogramy z terenu LGOM, budynki z GOP badano wykorzystując sejsmogramy z GOP. Sejsmogramy rejestrowane w Polkowicach wykonano w Zakładzie Doświadczalnym

$$m_i^o = W^T B W = \sum_{j=1}^{n} \mu_{ji}^2 m_j \ ,$$

$$k_i^o = W^T K W = \sum_{k=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} k_{kj} \mu_{ji} \mu_{ki} \ ,$$

$$Y_i = W^T P = -a(t) \sum_{j=1}^{n} \mu_{ji} m_j \ ,$$

d - liczba postaci modalnych układu dynamicznego uwzględnianych w obliczeniach,

$\varsigma_i = \dfrac{C}{C_{kr}}$ - współczynnik tłumienia krytycznego,

$$\varsigma_1 = \varsigma_2 \ , \quad \varsigma_i = b_1 \omega_i + \frac{a_1}{\omega_i} \tag{8}$$

Każdemu z równań (7) odpowiada transmitancja. W dalszych obliczeniach stosowano kwadrat modułu tej funkcji [3],[4] w postaci:

$$|F(\omega)|^2 = \frac{1}{(\omega_i^2 - \omega^2)^2 + 2\varsigma_i^2(\omega_i^2 + \omega^2) + \varsigma_i^4} \tag{9}$$

Wykorzystując funkcje (9) wyznaczono średnią energię odpowiedzi układu dynamicznego o n-stopniach swobody z wykorzystaniem następującej zależności [5]:

$$\begin{aligned} V_{sr} &= E\{V(t)\} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{d} k_i^o E\{y_i^2(t)\} = \\ &= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{d} k_i^o \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{y_i y_i}(\omega) d\omega = \\ &= \frac{1}{4\pi}\sum_{i=1}^{d} k_i^o \frac{1}{(m_i^o)^2} \left(\sum_{j=1}^{n} \mu_{ji} m_j^2 \right) \int_{-\infty}^{\infty} S_{aa}(\omega) \, |F(\omega)|^2 \, d\omega = \\ &= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{d} \frac{\omega_i^2}{m_i^o} \left(\sum_{j=1}^{n} \mu_{ji} m_j^2 \right) \int_{0}^{f_1} G_a(f) \, |F(2\pi f)|^2 \, df \end{aligned} \tag{10}$$

gdzie:

$S_{aa}(\omega)$ - widmowa funkcja gestości mocy własnej wymuszenia kinematycznego,

$G_a(\omega)$ - jednostronna funkcja widmowa gęstości mocy własnej wymuszenia,

f_1 - górna granica pasma widma mocy uwzględniana w obliczeniach.

Całka występująca we wzorze (10) obliczana jest numerycznie według wzoru Simpsona. W celu odniesienia amplitud badanych wymuszeń do wspólnego poziomu sprawdzono dwie wersje ich unormowania :

- sprowadzenie każdego wymuszenia do jednakowej wartości maksymalnego przyspieszenia a_{max}^{gl} przez multiplikacje wszystkich próbek poszczegolnych wymuszeń przez współczynnik:

$$k_i = \frac{a_{max}^{gl}}{a_{max}^{i}} \tag{11}$$

gdzie:

a_{max}^{i} - amplituda i-tego wymuszenia,

- sprowadzenie każdego wymuszenia do jednostkowej mocy średniej poprzez podzielenie funkcji widmowej gęstości mocy przez wariancję.

3.CHARAKTERYSTYKA DANYCH WEJŚCIOWYCH DO OBLICZEŃ SPRAWDZAJĄCYCH

Do obliczeń sprawdzających wykorzystano dane konstrukcyjne 7 istniejących budynków o konstrukcji ścianowej i wysokości 5 lub 11 kondygnacji. Dwa z nich zlokalizowane są na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, a pozostałe w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym. Parametry dyskretnego modelu dynamicznego w postaci sztywności giętnych oraz mas skupionych zaczerpnięto z prac wykonanych przez autora w Oddziale Instytutu Techniki Budowlanej w Gliwicach. Podstawowe dane budynków zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Opis budynku
Descrition of buildings

Oznaczenie bud.	Lokalizacja	System technologiczny	Wymiary poziome [m]	Liczba kondyg. nadziemnych
L1	Polkowice	WWP	29.0*11.0	5
L2	"	WWB	14.0*11.9	5
L3	"	Wk-70	28.9*10.9	5
L4	"	WBl	13.8*11.7	5
L5	"	WBl	11.9*13.2	5
G1	Katowice	W70-SG	24.0*10.8	5
G2	"	W70-SG	24.0*10.8	11

W obliczeniach wykorzystano 53 sygnały zarejestrowane w Polkowicach i kilku stacjach pomiarowych na terenie GOP. Budynki zlokalizowane na terenie LGOM obliczano stosując sejsmogramy z terenu LGOM, budynki z GOP badano wykorzystując sejsmogramy z GOP. Sejsmogramy rejestrowane w Polkowicach wykonano w Zakładzie Doświadczalnym

Kombinatu Górniczo-Hutniczego Miedzi w Lubinie w 1989 r. Sejsmogramy z terenu GOP uzyskano z Laboratorium Sejsmologicznego Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach. Sejsmogramy charakteryzują się nastepującymi własnościami:
- wykonane zostały na powierzchni ziemi za pomocą czujników mocowanych na betonowym postumencie posadowionym na gruncie,
- rejestrowano dyskretne przebiegi przyspieszenia drgań powierzchni ziemi wywołane wstrząsami górniczymi,
- dyskretyzacja akcelerogramów przeprowadzona była z okresem 3.9 ms (LGOM) lub 12.5 ms (GOP) przy pasmie przenoszenia ok. 0.5-30 Hz,
- przyspieszenie maksymalne wynosiło od 1,0 do 30,8 cm/s^2.

4.OBLICZENIA DYNAMICZNE BUDYNKÓW

Obliczenia dynamiczne konstrukcji nośnych budynków wykonano wykorzystując model obliczeniowy w postaci wspornika utwierdzonego w kondygnacji piwnicznej z masami skupionymi na poziomach stropów. Na taki układ dynamiczny oddziałuje : wymuszenie kinematyczne. Układ dynamiczny rozwiązywany był metodą step-by-step. Do obliczeń wykorzystano program komputerowy pod nazwą SAMP. Do wyznaczenia mas skupionych i sztywności giętnych modelu dynamicznego wykorzystano:
- dla budynkow L1-L3,G1 i G2 pasmowy schemat obliczeniowy,
- dla budynkow L4 i L5 przestrzenny, tarczowy schemat obliczeniowy.

Obliczenia powyższe wykonano niezależnie dla kierunku podłużnego i poprzecznego konstrukcji (z wyjatkiem L4 i L5).
W ogółem 40 obliczeniach dynamicznych konstrukcji nośnych budynków wykorzystano wymuszenia kinematyczne wyselekcjonowane z ogólnego zbioru według kryterium maksimum energii średniej. Jako ekstremalne wielkości wewnętrzne układu dynamicznego ważne w analizie przydatności sposobu przyjęto chwilowy, maksymalny moment zginający w przekroju utwierdzenia schematu obliczeniowego budynku, odpowiadający mu układ sił bezwładności oraz poziome przemieszczenie dachu. Obliczenia te wykonano dla współczynnika tłumienia 2% lub 3% krytycznego oraz przy uwzględnieniu jednej, dwóch lub trzech postaci modalnych (głównych). Uwzgledniono przy tym fakt, że wymuszenia były normowane tak, żeby każde z nich miało moc średnią (własną) M_{wym}=1 lub maksymalne przyspieszenie wynoszące a_{max}=1 m/s . Budynki powyższe charakteryzują się częstotliwościami drgań własnych zestawionymi w tablicy 2.
Szczegółowych wyników obliczeń nie przedstawia się z powodu ich liczebności. Ich syntezę ze względu na ocenę przydatności sposobu analizy zbioru obciążeń kinematycznyh stanowi zestawienie kolejności wymuszeń ustalonej wg badanego kryterium i obliczeń dynamicznych poczynając od najsilniej oddziałującego na obiekt. Przykładowe takie zestawienie podano w tablicy 3. Zamieszczono w niej także stosunki energii średniej odpowiedzi dla danego, i-tego w kolejności wymuszenia V_{bi} i wymuszenia pierwszego V_{b1}.

Na podstawie kompletu analogicznych wyników oceniono otoczenie energii średniej odpowiedzi pierwszego lub drugiego wymuszenia kinematycznego, w którym znajduje się rzeczywiste (określone na podstawie obliczeń dynamicznych) pierwsze lub drugie wymuszenie

Tablica 2

Częstotliwość drgań własnych budynków
Natural frequancis of buildings

Oznaczenie budynku	Kierunek	Częstotliwość drgań własnych [Hz]		
		1	2	3
L1	X	2.67	16.83	
	Y	8.93	56.31	
L2	X	2.77	17.55	
	Y	8.53	54.08	
L3	X	5.39	34.26	
	Y	7.73	49.14	
L4	X	0.59	3.67	10.29
L5	X	0.63	3.91	10.97
G1	X	4.05	25.74	
	Y	12.39	78.85	
G2	X	3.07	19.32	
	Y	1.86	11.72	32.91

kinematyczne. Otoczenie to wyrażone jest zależnością:

$$s = \frac{V_{bj}}{V_{bI}} - \frac{V_{bi}}{V_{bI}} \tag{12}$$

gdzie:

j=1,2 - numer wymuszenia wg kryterium maksimum energii średniej odpowiedzi,

i - numer wymuszenia kinematycznego według kryterium, jednocześnie wymuszenie to wywołuje maksymalną odpowiedź obiektu wg obliczeń dynamicznych.

Wyniki tych obliczeń zamieszczono w tablicy 4.

Powyższe obliczenia dynamiczne budynków wykonano głównie z uwzględnieniem jednej postaci modalnej. Związane to jest z tym, że zastosowane sejsmogramy rejestrowane były przez aparaturę o pasmie przenoszenia w granicach 1.0 - 25 Hz. W przypadku gdy częstotliwości drgań własnych budynków przekraczały górną granicę tego pasma, nie przeprowadzano odpowiednich obliczeń.

5.WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i analiz można stwierdzić, co następuje:

- Sposób bazujący na kryterium maksimum energii średniej odpowiedzi obiektu poddanego oddziaływaniu wymuszenia kinematycznego może być stosowany do podziału wieloelementowego zbioru realizacji wymuszeń kinematycznych na dwa zasadnicze podzbiory:
  - pierwszy mało liczny zawierający wymuszenie ekstremalne i zbliżone do niego oraz drugi utworzony przez pozostałe realizacje, nieistotne w analizie dynamicznej. Wykorzystuje się przy tym funkcje widmowych gęstości mocy tych wymuszeń.

Tablica 3

Przykładowe wyniki obliczeń
Exemplary comutation results

Oznaczenie budynku	Kierunek	Liczba modów	Kolejność wymuszenia kinematycznego wg				
			oblicz. dynam.	kryterium max. energii śr.			
				$M_{wym}=1$	V_{bi}/V_{b1}	$a_{max=1}$	V_{bi}/V_{b1}
L5X	Z67	1	2	1	1.00	1	1.00
	Z64		1	2	0.32	2	0.58
	Z64	2	1	1	1.00	1	1.00
	Z76		2	2	0.69	2	0.43
	Z67		3	3	0.62	3	0.34
	Z63		4	4	0.11	4	0.10
	Z69		5	5	0.03	5	0.01
	Z64	3	1	1	1.00	1	1.00
	Z67		3	2	0.63	2	0.35
	Z63		2	3	0.34	3	0.30
	Z69		4	4	0.05	4	0.02
G1X	Z96	1	3	1	1.00	3	0.87
	Z95		1	2	0.91	1	1.00
	Z89		4	3	0.88	4	0.62
	Z80		2	4	0.79	2	0.96
	Z88		5	5	0.60	5	0.25
G1Y	Z78	1	1	1	1.00	1	1.00
	110		2	2	0.80	2	0.86
	111		3	3	0.33	3	0.41
	Z99		4	4	0.03	4	0.07
G2Y	101	1	2	1	1.00	3	0.41
	Z99		3	2	0.96	2	0.94
	100		1	3	0.76	1	1.00
	104		4	4	0.08	4	0.02
	101	2	2	1	1.00	3	0.41
	Z78		4	2	0.98	4	0.33
	Z99		3	3	0.96	2	0.94
	100		1	4	0.76	1	1.00
	Z77		5	5	0.34	5	0.05

- Sposób może służyć do "indywidualizacji" obciążeń dynamicznych propagujących się przez grunt, tzn. podzbiór maksymalnych wymuszeń kinematycznych określony jest dla konkretnego obiektu.
- Podzbiór realizacji istotnych określony może być z zastosowaniem unormowania wymuszenia tak, żeby a_{max} =const (np. 1m/s^2) w całym zbiorze i otoczenia wartości maksymalnej energii średniej 0,5. Pozwola to na wyodrębnienie podzbioru o liczebności ok. 20% zbioru badanego. Zawiera on wymuszenia maksymalne, a także drugie w kolejności określone dla wskazanego obiektu budowlanego. W przypadku unormowania M=1 i otoczenia 0.33 otrzymać można analogiczny podzbiór, lecz o liczebności ok. 30% zasadniczego.
- Kryterium może być stosowane do obiektów budowlanych o częstotliwościach drgań własnych uwzględnianych w analizie, znajdujących się w pasmie widma, dla którego zarejestrowano badane akcelerogramy.

Tablica 4

Wyniki obliczenia otoczenia
The computation results of the surroundings

Oznaczenie budynku	Liczba modów	Otoczenie wym. pierwszego zawierające rzeczyw. wym. maksymalne		Otoczenie wym. drugiego zaw. rzeczywiste drugie wymusz. kinem.	
		$M_{wym}=1$	$a_{max}=1$	$M_{wym}=1$	$a_{max}=1$
L1X	1	0	0	0	0.06
L1Y	1	0.18	0.44	0.18	0.33
L2X	1	0	0	0.27	0.13
L2Y	1	0	0.06	0	0.06
L3X	1	0.16	0.33	0.07	0.25
L3Y	1	0.17	0.17	0.17	0.06
L4X	1	-	-	-	-
L5X	1	-	-	-	-
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0.29	0.05
G1X	1	0.09	0	0.12	0
G1Y	1	0	0	0	0
G2X	1	0.16	0.09	0.04	0.36
G2Y	1	0.24	0	0.04	0.53
	2	0.24	0	0.02	0.53

LITERATURA

[1] Mendera Z.,Murzewski J.:Rozwój fortologii-statystycznej teorii obciążenia. AIL,vol XXVII,z 4,1981.
[2] Rakowski G. (red.):Mechanika budowli z elementami ujęcia komputerowego. Arkady,Warszawa 1984.
[3] Gabel R.,Roberts R.:Sygnały i systemy liniowe.WNT,Warszawa 1978
[4] Cannon R.H.: Dynamika układów fizycznych.WNT,Warszawa 1973.
[5] Papoulis A.: Prawdopodobieństwo, zmienne losowe i procesy stochastyczne. WNT,Warszawa 1972.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Stanisław Bielak

Wpłynęło do Redakcji dnia 5.06.1995

Abstract

The paper presents mathematical justification and verification of the method of seeking dynamic loads of kinematic type in empirical or simulated multi-element set in order to determine excitations producing the maximum dynamic response of the real building.The

author used spectral density of power characterizing the dynamic load and transmittance of multi-degree of freedom dynamic system modelling the building. The testing computation for five prefabricated buildings was performed using real signals of acceleration of earth surface recorded in the Upper Silesia. The global set can be fractionized to two sets using the described method. One of them contains 20 % elements of global set and extreme dynamic load of the real building is in it. This division is possible for normalized signals of set in order that maximum acceleration of all signals was constant. The results of testing calculations and the principles of method use are presented. The method is called "individualization" of dynamic loads.