

Feliks ANDERMANN  
Zbigniew LIPSKI  
Zdzisław TROJAN

## ANALIZA DYNAMICZNA BUDYNKÓW O KONSTRUKCJI ŚCIANOWEJ NARAŻONEJ NA WPŁYWY WSTRZĄSÓW GÓRNICZYCH

**Streszczenie.** Przedstawiono sposób obliczania budynków o konstrukcji ścianowej poddanych wpływom wstrząsów górniczych.

### 1. WSTĘP

Wysokie budynki o konstrukcji ścianowej, głównie jako budynki mieszkalne, są powszechnie stosowane na terenach objętych wpływami wstrząsów górniczych i w związku z tym powinny być na te wpływy obliczane w celu odpowiedniego ich wzmocnienia. Poniżej przedstawiono przykład analizy dynamicznej budynku o konstrukcji ścianowej poddanego wpływowi wstrząsów górniczych, przy wykorzystaniu istniejących programów na EMC typu Odra 1305, służących do analizy wysokich konstrukcji szkieletowych poddanych dowolnemu wymuszeniu kinematycznemu.

### 2. PROGRAMY SAMPOL I GENEWSEJS

Do analizy dynamicznej konstrukcji szkieletowych służyć mogą programy Sampol i Genewsejs [1], [2].

Program Sampol przeznaczony jest przede wszystkim do określania wielkości dynamicznych - w zakresie sprężystym - wielokondygnacyjnych i wielonawowych ram płaskich, będących elementem rzeczywistych, przestrzennych konstrukcji budowli, przy wymuszeniu kinematycznym, działającym w kierunku głównym (asymetrycznego) rzutu poziomego budowli. Taką ramę płaską zastępuje się dwusłupową ramę zastępczą o odpowiednio dobranych momentach bezwładności elementów i odpowiednich masach, skupionych w jej węzłach. Istotne ze względu na wykorzystanie tego programu do obliczeń budowli o konstrukcji ścianowej jest to, że wstrząs górniczy jest dla tego ustroju obciążeniem antysymetrycznym i można ostatecznie rozpatrywać ramę jednosłupową, którą z kolei łatwo zastąpić wspornikiem.

Program Genewejs służy do generowania prawdopodobnego wstrząsu górniczego na podstawie istniejących zapisów wstrząsów górniczych z zachowaniem zgodności parametrów zapewniających dostateczne podobieństwo wymuszenia obliczeniowego i rzeczywistego. W wyniku działania programu otrzymuje się dyskretne wartości funkcji wymuszenia. Funkcja ta traktowana jest w programie Sampil jako wymuszenie kinematyczne analizowanej konstrukcji.

### 3. SCHEMAT ZASTĘPCZY BUDYNKU O KONSTRUKCJI ŚCIANOWEJ

W celu wykorzystania programów Sampil i Genewejs sprowadzono rzeczywisty budynek wielokondygnacyjny o ścianowej konstrukcji nośnej do schematu wspornika, który poddany będzie wymuszeniu kinematycznemu. Oparto się przy tym na pracy [3] oraz pracach [4] i [5]. Schemat zastępczy budynku podany w [3] jest wspornikiem o sztywności na zginanie  $EJ_z$ , sprężystości utwierdzonej w podłożu i posiadającym na poziomie stropów sprężyste utwierdzenia o sztywności na obrót  $K$ , zastępujące efekt działania nadproży na pasma ścienne, w ścianach perforowanych. W przypadku występowania pasm ściennych połączonych złączami pionowymi wyznacza się dla ich układu sztywność zastępczą  $EJ$ . Przyjmując analogiczny schemat dynamiczny budynku założono ponadto, że rzut poziomy budynku jest symetryczny lub zbliżony do symetrycznego, kierunek wymuszenia pokrywa się z jedną z osi symetrii. Stropy są nieodkształcalne w swojej płaszczyźnie, masa kondygnacji ekwipona jest na poziomie danego stropu, podłoże i materiał ścian pracują w zakresie sprężystym oraz że rozpatruje się tylko drgania poziome układu.

Parametry ramy zastępczej programu Sampil łatwo określić po obliczeniu wielkości charakteryzujących "wspornik". Sztywność na zginanie słupów  $EJ_s = EJ_z$ , sztywność rygli ( $EJ_r$ ) wynika ze sztywności  $K$  więzi sprężystych wspornika i z założenia, że rygle nie powinny przekazywać sił poprzecznych na "trzon budynku" ( $l_r$  bardzo duże). Wartości mas skupionych winny być równe średnim wartościom obciążeń materiałowych danej kondygnacji oraz np. [6], 50% jej obciążeń użytkowych. Stopień utwierdzenia budynku w gruncie określają: rodzaj gruntu i wymiary rzutu poziomego fundamentu - płyty lub skrzyni fundamentowej.

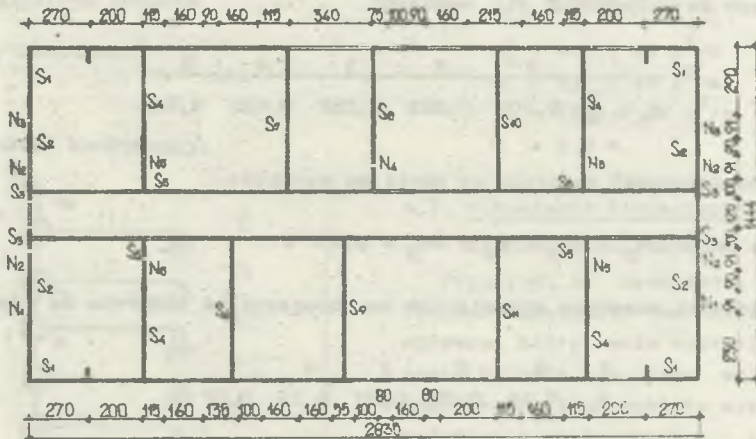
### 4. PRZYKŁAD LICZBOWY

#### 4.1. Podstawowe dane techniczne analizowanego budynku

Do obliczeń wybrano budynek mieszkalny, dziesięciokondygnacyjny, wysokości 30 m ponad poziom terenu, o wymiarach 14,45 x 28,35 m w rzucie poziomym. Wysokość kondygnacji piwnicznej i powtarzalnej wynosiła 2,8 m. Konstrukcję nośną budynku wykonano z elementów wielkopłytowych, zmonolityzowanych złączami dyblowymi - beton konstrukcji klasy 150, stal zbrojeniowa

18G2. Fundament stanowiła skrzynia posadowiona na warstwie pyłów ilastych o średniej grubości 2,5 m, spoczywających na nawodnionych piaskach, sięgających do głębokości 40 m poniżej poziomu terenu.

Rzut kondygnacji powtarzalnej podano na rys. 1.



Rys. 1.

#### 4.2. Sztywność na zginanie wspornika zastępczego

Z rzutu poziomego (rys. 1) wynika jedenaście elementów składowych przekrojów ścian pełnych i pasm ściennych. Zastępczy moment bezwładności układu ścian w kierunku krótszego boku rzutu poziomego budynku wynosi:

$$J_z = 4(J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5) + J_6 + J_7 + J_8 + J_9 + J_{10} + J_{11}.$$

$$J_z = 54,89 \text{ m}^4,$$

gdzie:

$J_i$  ( $i = 1, \dots, 11$ ) - moment bezwładności elementu składowego względem jego osi środkowej, prostopadłej do kierunku wymuszenia.

Rozdzielniki momentów zginających na poszczególne ściany składowe są równe:

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$100 \times S_i$	1,281	0,016	0,023	2,509	0,012	19,4	19,9	2,89	10,8	21,2	16,6



#### 4.3. Sztywność na obrót K wieży zastępującej nadproża

Z rzutu poziomego (rys. 1) wynika pięć różnych typów nadproży. Wartości sprowadzonych momentów bezwładności  $J_1$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) obliczone wg wzorów zebranych w [3], bez uwzględnienia współpracy płyt stropowych. Odpowiadające im sztywności  $K_1$  wynoszą:

	1	1	2	3	4	5
$K_1 \cdot \frac{1}{E}$	0,509	0,223	0,228	0,430	0,236	

Sumaryczna sztywność nadproży na obrót ma wartość:

$$K = 2K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4 + 4K_5 = 3,297 E.$$

Rozdzielniki momentów zginających na poszczególne nadproża są równe:

	1	1	2	3	4	5
$N_1$	0,15	0,07	0,07	0,13	0,07	

#### 4.4. Sztywność na obrót $K_g$ w podłożu gruntowym

Według PN-80/B-3040 "Fundamenty i konstrukcje wsporcze pod maszyny" dla ilłów pylastych i fundamentu, którego pole powierzchni  $A = 50 \text{ m}^2$ , dynamiczny współczynnik podłoża dla gruntu w stanie naturalnego zalegania wynosi  $C_z = 35 \text{ MPa/m}$ , a sztywność utwierdzenia

$$K_g = 2C_z J = 2C_z \cdot 7240,5 = 50,68 \cdot 10^4 \text{ MN.m.}$$

Sztywność złączy ścian nie obliczano, gdyż wykonane były w postaci dybli i zgodnie z [5] można je uważać za nieodkształcalne.

#### 4.5. Wartości mas skupionych

Wartości mas skupionych obliczone w oparciu o projekt techniczny analizowanego budynku wynoszą:

- kondygnacja piwniczna	1806,7 kN s <sup>2</sup> /m,
- kondygnacja powtarzalna	412,3 kN s <sup>2</sup> /m,
- dach	443,7 kN s <sup>2</sup> /m.

#### 4.6. Dane do programu Sempol

Podstawowe dane do programu Sempol (rys. 2) przygotowane w oparciu o wartości obliczone powyżej są następujące:

moduł sprężystości materiału konstrukcji	$E = 16 \cdot 10^5 \text{ kPa,}$
moment bezwładności słupów	$J_y = J_z = 54,69 \text{ m}^4,$
rozpiętość rygla	$l_r = 10^4 \text{ m.}$

moment bezwładności rygła

$$J_r = \frac{K_1 l_r^2}{3 E} = 1,1 \cdot 10^4 \text{ m}^4,$$

moment bezwładności rygła zastępującego  
sprężystość podłoża

$$J_{rf} = \frac{K_1 l_r}{3} = 10,3 \cdot 10^4 \text{ m}^4,$$

masy skupione:

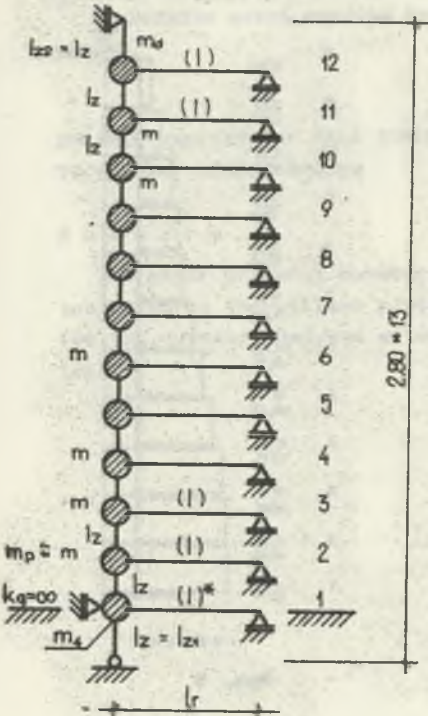
$$m_d = 443,7 \text{ kN s}^2/\text{m}$$

$$m = 412,3 \text{ kN s}^2/\text{m},$$

$$m_f = 1806,7 \text{ kN s}^2/\text{m},$$

$$h = 2,8 \text{ m}.$$

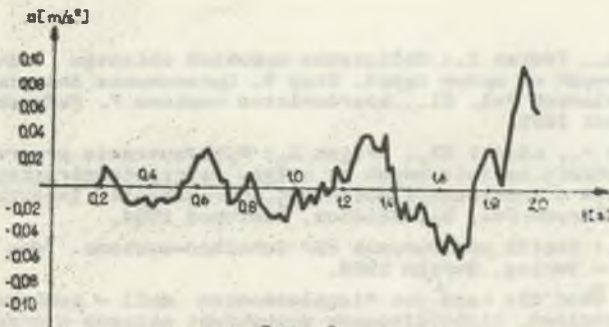
wysokość kondygnacji



Rys. 2

4.7. Wymuszenia kinematyczne, dane do programu Genewsejs

Przyjęto, że wymuszenie kinematyczne odpowiadało wstrząsowi górniczemu, który może wystąpić w rejonie Bytozia, a jego epicentrum znajdowało się w pobliżu miejsca posiedzenia analizowanego budynku. Podstawowe parametry tego wstrząsu to: maksymalne przyspieszenie swobodnej powierzchni ziemi  $a = 0,78 \text{ m/s}^2$ , energia wstrząsu  $E = 10^9 \text{ J}$ . Generowanie dyskretnej funkcji wymuszenia za pomocą programu Genewsejs dokonano przy założeniu, że okres dyskretyzacji wynosi  $0,002 \text{ s}$ , a jego zbiór wartości liczy 5000 próbek, co odpowiada  $10 \text{ s}$  czasu jego działania na budowlę. Na rys. 3 przedstawiono wykres funkcji wymuszenia kinematycznego w ciągu dwóch początkowych sekund jego trwania.

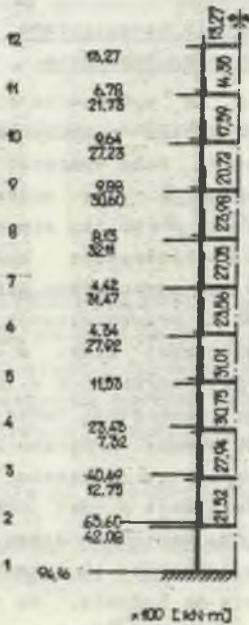


Rys. 3

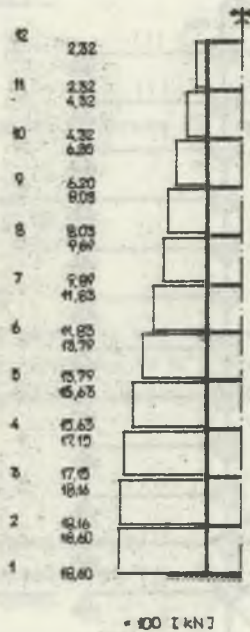
#### 4.8. Wyniki obliczeń

Ekstremalne momenty w przekrojach pod i nad słupami oraz w przekrojach przywęzłowych rozpór zastępujących nadproża podano na rys. 4, a wykresy sił poprzecznych na "odcinkach" międzystropowych na rys. 5. Siły poprzeczne w rozpórach są zgodnie z przyjęciem  $l_r = 10^4$  m, bliskie zeru.

Stosując podane rozdzielniki, można określić wielkości wewnętrzne przypadające na poszczególne elementy składowe ścian lub na nadproża i obliczyć naprężenia.



Rys. 4



Rys. 5

#### LITERATURA

- [1] Lipski Zb., Trojan Z.: Obliczanie wysokich obiektów mieszkalnych i przemysłowych na wpływ tępań. Etap V. Opracowanie Instytutu Konstrukcji Budowlanych Pol. Śl., kierownictwo naukowe F. Andermann, Gliwice, październik 1979.
- [2] Andermann F., Lipski Zb., Trojan Z.: Wykorzystanie programów do obliczania budowli szkieletowych na wpływy wstrząsów górniczych do analizy budynków o konstrukcji ścianowej. Opracowanie Instytutu Konstrukcji Budowlanych Pol. Śl. Gliwice, listopad 1984.
- [3] Rossmen R.: Statik und Dynamik der Scheiben-systems des tlochbaues. Springer - Verlag, Berlin 1968.
- [4] Haas E.: Über die Lage des Riegelementes null - punktes bei gegliederten Scheiben. Niepublikowany manuskrypt opisany w pracy 3.



- [5] Lewicki B. i inni: Budynki wznieszone metodami uprzemysłowionymi. Arkady, Warszawa 1978.
- [6] Norma CSN 730036 "Seismické ztížení staveb", 1973.

### ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ГОРНЫМ УДАРОМ

#### Резюме

Приводится метод анализа стеновых конструкций подвергавшихся горным ударом.

#### DYNAMIC ANALYSIS OF WALL STRUCTURES SUBJECTED TO VIOLENT MINING SHOCKS

#### Summary

The paper presents dynamic response of multistorey wall structures subjected to the violent mining shocks using existing computer programs for the dynamic analyses of skeleton structures put to the same kind of loads.