

dr inż. Maciej Yan Minch¹⁾

Wzmocnienie budynków wysokich uszkodzonych w wyniku wstrząsu górniczego o dużej energii

Strengthening of a tall buildings damaged by high energy mining impact

DOI: 10.15199/33.2015.06.17

(Studium przypadku)

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób wzmocnienia żelbetonowych budynków wysokich uszkodzonych w wyniku wstrząsu górniczego o dużej energii. Omówiono zakres uszkodzeń oraz przedstawiono analizę zagrożenia stateczności konstrukcji. Przedstawiono sposób wzmocnienia konstrukcji budynku oraz zamieszczono szkice niezbędnych wzmocnień.

Słowa kluczowe: szkody górnicze, wzmocnienie konstrukcji, budynek wysoki.

Abstract. This article shows strengthening of a tall buildings damaged by high energy mining impact. The extent of the damages and analysis of the structure stability risk were discussed. The ways to strengthen the structure, as well as sketches of necessary structural reinforcements were presented.

Keywords: mining damage, strengthening of structure, tall building.

Spośród kopalń KGHM PM S.A., najwyższy poziom szkodliwości oddziaływania wstrząsów górniczych na budynki (oddziaływania parasejsmiczne) występuje w Zakładach Górniczych Rudna. Przeglądy obiektów po wstrząsach górniczych wykonywane są na podstawie:

- zarządzenia nr 06/III/2008 Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego O/ZG Rudna [1];
- pisemnego lub w trybie wyjątkowym telefonicznego zgłoszenia powstałych uszkodzeń.

Zgodnie z zarządzeniem [1] przeglądy dokonywane są w przypadkach wystąpienia wstrząsów górotworu o energii $1,0 \times E_6$ Joula i w analizie zasięgu szkodliwego poziomu oddziaływania danego wstrząsu na obiekty powierzchniowe. Obecnie poziom szkodliwości sejsmicznej w przypadku zabudowy powierzchniowej określony jest za pomocą Górniczej Skali Intensywności GSI-2004 [2]. Skala ta bazuje na parametrach drgań gruntu PGV i PGA oraz czasie ich trwania t_H , na podstawie których wyznacza się stopień intensywności sejsmicznej, a w konsekwencji poziomy szkodliwości oddziaływania wstrząsów górniczych na obiekty budowlane. Druga z wymienionych podstaw przeglądów dotyczy uszkodzeń w budynkach lub mieszkaniach, które zostały stwierdzone przez właścicieli po wstrząsie górniczym. Komisja dokonująca oględzin kwalifikuje uszkodzenia do szkód górniczych lub wyklucza ich związek ze wstrząsami górniczymi.

W artykule przedstawiono sposób wzmocnienia czterech budynków 13-kondygnacyjnych (fotografia) usytuowanych w Polkowicach, które wzniesiono w systemie WBL (Wrocławski Blok lub Wielki Blok) charakteryzujących się krótkimi, jednokondygnacyjnymi segmentami o poprzecznym układzie ścian nośnych.



Fot. 1. Cztery wieżowce w Polkowicach uszkodzone w wyniku wstrząsu górniczego o dużej energii [Fot. Autor]
Photo 1. Four tall building located in Polkowice damaged by high energy mining impact

Wstrząs o bardzo dużej energii

20 lutego 2002 r. w filarze ochronnym miasta Polkowice nastąpił bardzo silny wstrząs górniczy o energii $1,5E9$ Joula. Jego epicentrum oddalone było ok. 600 m od najbliższych budynków przedstawionych na fotografii. W dotychczasowej historii oddziaływania wstrząsów górniczych na Polkowice było to zdarzenie wyjątkowe i miało charakter małego trzęsienia ziemi. Wstrząs ten spowodował bardzo dużą liczbę uszkodzeń w budynkach oraz liczne uszkodzenia w infrastrukturze miasta. W odczuciu mieszkańców był to pierwszy wstrząs, który wywołał strach, a niekiedy nawet panikę. Ludzie w szoku opuszczali

budynki, w mieszkaniach przewracali się meble. Zaskakująco dużą liczbę szkód zanotowano w przypadku sprzętu domowego. Po wstępnych przeglądach technicznych budynków lokatorzy mogli wrócić do mieszkań. W trybie pilnym wykonano kompleksowe ekspertyzy budowlane oceniające bezpieczeństwo obiektów. W końcowych

wnioskach stwierdzono, że uszkodzenia budynków nie mają charakteru awaryjnego i nie zmniejszają ich odporności na następne wstrząsy. Po tym wstrząsie powstało wiele rysowań i pęknięć ścian w miejscach systemowych połączeń prefabrykatów, spękań okładzin ceramicznych, tynków itp. Z uwagi na różne uszkodzenia w zabudowie kubaturowej, zniszczenia rzeczy ruchomych i z powodu reakcji ludności, wstrząs zakwalifikowano do 6+ i 7 stopnia intensywności sejsmicznej, wg skali MSK-64 [3]. Podjęte zostały działania w celu wzmocnienia 4 wieżowców. Wykonano analizę sztywności konstrukcji [4] oraz projekt wzmocnień [5]. Wykorzystując dane pomiarowe uzyskane ze stanowiska badawczego usytuowanego na jednym z wieżowców, przyjęto dla kierunku poziomego X następujące założenia do obliczeń:

- maksymalną amplitudę przyśpieszenia gruntu $a = 570 \text{ mm/s}^2$;
- maksymalną amplitudę przyśpieszenia fundamentu $a = 490 \text{ mm/s}^2$;
- maksymalną amplitudę przyśpieszenia na poziomie 11. kondygnacji $a = 1000 \text{ mm/s}^2$;

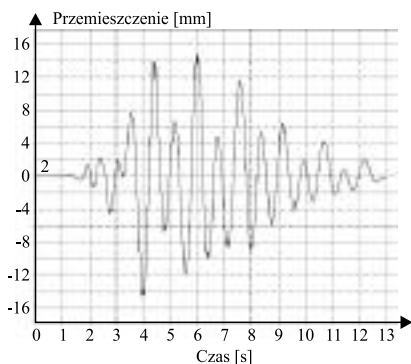
¹⁾ Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego; e-mail: maciej.minch@pwr.edu.pl

■ maksymalną amplitudę przemieszczeń gruntu $d = 0,25$ mm, fundamentu $d = 5,5$ mm i 11. kondygnacji $d = 15$ mm;

■ okres drgań własnych budynku odczytano z końcowej fazy wykresu drgań ostatniej kondygnacji (drżania swobodne) $T = 0,89$ s; $f = 1,12$ Hz.

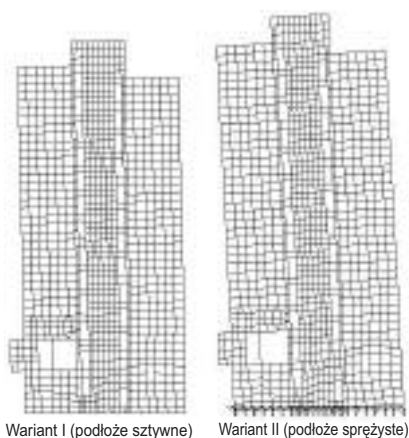
Przykładowy wykres przemieszczeń 11. kondygnacji przedstawiono na rysunku 1. Maksymalne przemieszczenia poziome wyniosły 15 mm. Na potrzeby analizy skutków wstrząsu górniczego zbudowano przestrzenny model obliczeniowy budynku, przyjmując rzeczywiste wymiary i parametry sztywności. Dzięki analizie numerycznej uzyskano częstotliwości drgań własnych budynku w przypadku dwóch wariantów zamocowania budynku w podłożu (rysunek 2). Wariant I dotyczył sztywnego utwierdzenia budynku w gruncie. Otrzymano $T = 0,55$ s; $f = 1,82$ Hz (wartości niezgodne z pomiarami). W wariacie II uwzględniono podatność podłoża i otrzymano $T = 0,92$ s; $f = 1,09$ Hz (czyli zbliżone do uzyskanych z pomiarów). Model II posłużył do dalszych obliczeń, na podstawie których wyznaczono wartość przyspieszenia jako wymuszenia kinematycznego dającego, łącznie ze współczynnikiem dynamicznym, przemieszczenia na poziomie 11. kondygnacji wynoszące 15 mm.

Na podstawie analizy wyników obliczeń wykonano wzmocnienia konstrukcji [5], które polegały m.in. na wprowadzeniu żelbetowej ściany zespolonej ze ścianą zewnętrzną w obrębie klatki schodowej. Połączyła ona tarcze stropowe budynku przesunięte o połowę wysokości kondygnacji. W ten sposób uzyskano sztywną pionową tarczę w miejscu lokalnego osłabienia sztywności wieżowców. Dodatkowo zakotwiono prefabrykowane biegi schodowe do płyt spocznikowych, aby zapobiec kata-



Rys. 1. Wykres przemieszczeń poziomych 11. kondygnacji w czasie wstrząsu; maksymalne przemieszczenie wyniosło 15 mm

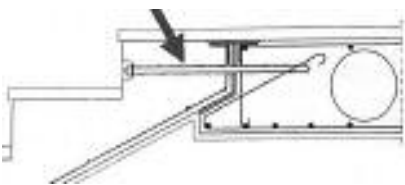
Fig. 1. Horizontal displacements diagram of the 11 floor during impact; maximum displacement was 15 mm



Rys. 2. Model obliczeniowy i pierwsze postacie drgań własnych

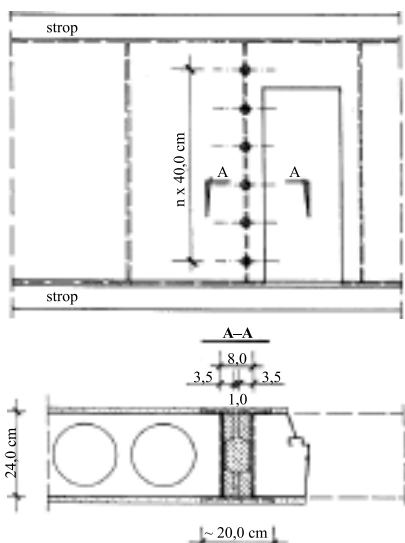
Fig. 2. The computational model and the first forms of free vibrations

strofie kaskadowej biegów schodowych (rysunek 3). Wykonano również dyblowanie pionowych zarysowań na styku prefabrykowanych elementów ściennych (rysunek 4). Prace te miały charakter profilaktycznego wzmocnienia. Miały one w przyszłości chronić przed pojawieniem się uszkodzeń, które ujawniały się w tych budynkach po wstrząsie z 20 lutego 2002 r.



Rys. 3. Dodatkowe kotwienie biegów schodowych do płyt spoczników

Fig. 3. Additional anchoring flights of stairs to the landings plates



Rys. 4. Zdyblowanie styków prefabrykowanych ściennych w budynkach wieżowców [5]

Fig. 4. Dowel of joint in prefabricated walls [5]

Wnioski

21 maja 2006 r. w Polkowicach wystąpił drugi wstrząs górniczy o energii $1,9E9$ Joula (najsilniejszy z dotychczasowych wstrząsów). Jego epicentrum znalazło się na granicy filara ochronnego miasta w odległości ok. 1300 m od wzmocnionych wieżowców. Budynki dobrze zniosły ten wstrząs, co potwierdziło zasadność wykonanych wzmocnień po wstrząsie z 20 lutego 2002 r. Analiza obliczeniowa po tym wstrząsie określiła, że iloczyn przyspieszenia i współczynnika dynamicznego wynosił 650 mm/s^2 (dla miasta Polkowice przyjmując się wartość przyspieszenia 350 mm/s^2 [4]). Przy tych założeniach współczynnik dynamiczny opisujący wzbudzenie drgań budynku od drgań wymuszających w gruncie osiąga 1,86. Norma sejsmiczna Eurokod 8 [6] dla przyspieszeniowego spektrum odpowiedzi określa tę wartość jako 1,96. Są to więc wartości zbliżone. Warto zaznaczyć, że wzorcowe spektrum odpowiedzi opracowane dla LGOM daje wartość współczynnika dynamicznego 1,3, zaś standardowe spektrum odpowiedzi wg ITB wynosi 1,15 [7]. Standardowe spektra odpowiedzi są więc mało przydatne w przypadku wstrząsów o dużej energii przypominające raczej słabe trzęsienia ziemi, a nie typowe wstrząsy górnicze. Zatem do obliczeń powinno się stosować Eurokod 8 [6].

Literatura

- [1] Zarządzenie 6/III/2008 Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego O/ZG Rudna z 7.02.2008 r.
- [2] Zembaty Z., Chmielewski T.: Opisowe intensywności trzęsień ziemi i możliwości ich stosowania do oceny wstrząsów górniczych., Inżynieria i Budownictwo, nr 9/2002.
- [3] Dubiński J., Mutke G.: Zweryfikowana skala GSI-2004. Prace Naukowe GIG., Górnictwo i Środowisko, wydanie specjalne: Bezpieczeństwo obiektów budowlanych na terenach górniczych – szkody górnicze, Wydawnictwo GIG, Katowice 2006.
- [4] Król P., Król M.: Analiza statyczna budynku w Polkowicach przy ul. Hubala podczas wstrząsu z 20.02.2002, Moduł – Zakład Projektowania i Realizacji, Lubin 2002.
- [5] Król P.: Dokumentacja projektowa na wprowadzenie dodatkowych elementów konstrukcyjnych w budynkach w Polkowicach przy ul. Hubala, Moduł – Zakład Projektowania i Realizacji, Lubin 2003.
- [6] PN-EN 1998-1:2005. Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym. Część 1: Reguły ogólne, oddziaływania sejsmiczne i reguły dla budynków.
- [7] Instrukcja 325. Projektowanie budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej podlegających wpływom wstrząsów górniczych. ITB Warszawa 1993.

Otrzymano 29.04.2015 r.