CZASOPISMO TECHNICZNE B
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

z. 2-B/2007
ISSN 0011-4561
ISSN 1897-628X

ZBIGNIEW ZEMBATY*, ROBERT JANKOWSKI**,
ANDRZEJ CHOLEWICKI***, JAROSŁAW SZULC***

TRZĘSIENIA ZIEMI W POLSCE W 2004 ROKU

EARTHQUAKES IN POLAND IN 2004

S t r e s z c z e n i e

W 2004 roku na terenie Polski wystąpiły dwa trzęsienia ziemi o magnitudach ok. 5,3 i 4,7 w skali Richtera. W niniejszym artykule opisano zaistniałe zjawiska oraz dokonano oceny ich intensywności i wpływu na obiekty budowlane, podając przykłady charakterystycznych uszkodzeń.

Słowa kluczowe: trzęsienia ziemi, uszkodzenia budowli, intensywność wstrząsów

A b s t r a c t

Two earthquakes, with the magnitudes of about 5,3 and 4,7 in the Richter scale took place in Poland in 2004. The description of these seismic events as well as the evaluation of their intensities and influence on structures have been discussed in the present paper.

Keywords: earthquakes, structural damage, seismic intensity

* Dr hab. inż. Zbigniew Zembaty, prof. PO, Katedra Mechaniki Budowli, Wydział Budownictwa, Politechnika Opolska.
** Dr inż. Robert Jankowski, Katedra Mechaniki Budowli i Mostów, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska.
*** Prof. dr hab. inż. Andrzej Cholewicki, dr inż. Jarosław Szulc, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1. Wstęp

Z punktu widzenia sejsmologii i inżynierii sejsmicznej 2004 rok był w Polsce bez wątpienia rokiem wyjątkowym. Tektoniczne trzęsienia ziemi, których skutki byłyby odczuwalne na terenie naszego kraju zdarzają się bardzo rzadko. Analizując zapiski historyczne można uznać, że zjawiska sejsmiczne powodujące znaczące uszkodzenia budowli są odnotowywane w Polsce co 50–100 lat. Tym bardziej interesujący był fakt wystąpienia dwu trzęsień ziemi skutkujących uszkodzeniami budowli w odstępie nieco ponad dwu miesięcy:
– trzęsienia ziemi z 21 IX 2004 r. na terenie Obwodu Kaliningradzkiego,
– trzęsienie ziemi z 30 XI 2004 r. na Podhalu.

W niniejszym artykule podjęto próbę syntetycznego ujęcia najważniejszych informacji sejsmologicznych na temat obu trzęsień ziemi i podsumowania ich destrukcyjnego wpływu na budowle. Bardziej szczegółowe informacje na ten temat można znaleźć w innych publikacjach (zob. [1–7]).

2. Trzęsienia ziemi w Obwodzie Kaliningradzkim w dniu 21 IX 2004 r.

2.1. Opis zjawiska

W dniu 21 IX 2004 r. na terenie Obwodu Kaliningradzkiego wystąpiły dwa wstrząsy sejsmiczne. Pierwszy z nich nastąpił o godzinie 13.05 CET (czas środkowoeuropejski). Jego magnituda oszacowana została na 5,0 w skali Richtera, a położenie epicentrum ustalono na bałtyckie wybrzeże Obwodu Kaliningradzkiego. O godzinie 15.32 CET miał miejsce wstrząs drugi o magnitudzie 5,3. W tym wypadku epicentrum wstrząsu zlokalizowano dokładniej – na terenie Obwodu pomiędzy miejscowościami Swietłogorsk i Primorje od północy a miejscowością Primorsk od południowego wschodu (zob. ryc. 1).

Ryc. 1. Epicentrum wstrząsu sejsmicznego z 21 IX 2004 r. (godz. 15.32)

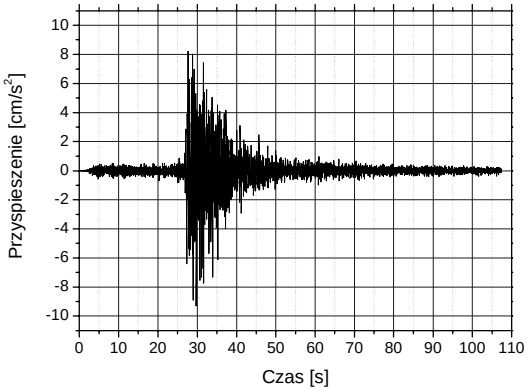
Fig. 1. Epicentre of the earthquake of September 21, 2004 (time 15.32)

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Głębokości obu wstrząsów ustalono na 14,1 km. Szczegółowe ustalenia i krytyczną ocenę parametrów sejsmologicznych obu trzęsień ziemi z Obwodu Kaliningradzkiego można znaleźć w artykule P. Wiejacza [6].

Oba wstrząsy sejsmiczne zostały zarejestrowane przez różne stacje sejsmologiczne na terenie Europy i nie tylko. Najbliżej epicentrum znajdowała się aparatura pomiarowa w Suwałkach. Na rycinie 2 przedstawiono przebieg przyspieszeń silniejszego z obu wstrząsów, tj. z godz. 15.32, uzyskane z tej właśnie stacji sejsmologicznej. Na wykresach zauważyć można stosunkowo długi czas trwania wstrząsów, który częściowo wynika ze znacznej (200 km) odległości epicentralnej. Dla wszystkich zapisów ustalono maksymalne wartości przyspieszeń (PGA) i prędkości (PGV) – osobno dla składowych pionowych i poziomych (maksimum poziome przestrzenne). Dane te zestawiono w tablicy 1.



Ryc. 2. Zapisy przyspieszeń ze stacji sejsmologicznej z Suwałk dla drugiego wstrząsu z 21 IX 2004 r. (godz. 15.32)

Fig. 2. Acceleration time history for the second quake of September 21, 2004 recorded at Suwałki seismological station (time 15.32)

Tablica 1

Maksymalne przyspieszenia i prędkości obu trzęsień ziemi z 21 IX 2004 r. – zapisy z Suwałk

Czas	PGA_{hor} [cm/s^2]	PGA_z [cm/s^2]	PGV_{hor} [cm/s]	PGV_z [cm/s]
13.05	4,3	4,7	0,2	0,1
15.32	10,2	7,0	0,5	0,3

Z punktu widzenia inżynierii sejsmicznej wartości podane w tabl. 1 nie są wartościami dużymi. Jeśli za miarodajną miarę intensywności uznać maksymalną poziomą prędkość, to wartość 0,5 cm/s znajduje się znacznie poniżej wartości uznawanych za niebezpieczne dla budowli, np. wywołanych podczas wybuchów lub wstrząsów górniczych. W tym wypadku jednak czas trwania silnej fazy wstrząsów mógł znacznie zwiększyć ich destrukcyjne skutki, co zostanie bliżej omówione w dalszej części niniejszego artykułu.

2.2. Skutki trzęsień ziemi na terenie Obwodu Kaliningradzkiego

Relacje prasowe i bezpośrednie, choć dość nieprecyzyjne informacje z Rosji, wskazują, że w Obwodzie Kaliningradzkim wstrząsy spowodowały poważniejsze uszkodzenia 17 konstrukcji budowlanych oraz drobne, nieszkodliwe uszkodzenia około 2000 budowli.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Większość tych uszkodzeń dotyczyła starej, blisko stuletniej, poniemieckiej zabudowy Obwodu Kaliningradzkiego. Odnotowano wiele przypadków zawalenia się kominów i osunięcia dachówek w tych budynkach. Takie właśnie zdarzenia spowodowały trzy przypadki lekkich obrażeń wśród przechodniów. Jednak żadnej poważniejszej katastrofy budowlanej nie odnotowano. Wstrząsy wywołały panikę wśród mieszkańców Obwodu. Wielu z nich obawiało się wrócić do domów, oczekując kolejnych, być może jeszcze silniejszych wstrząsów. Takie reakcje i opisane powyżej uszkodzenia budowli wskazują, zdaniem strony rosyjskiej, na maksymalną intensywność wstrząsów w skali EMS-98 około VI lub VI+ (ponad sześć, tj. VI+ ≈ 6,5). Skala EMS jest unowocześnioną wersją dwunastostopniowej, opisowej skali intensywności MSK-64 i nie różni się od niej, gdy w ocenie uwzględnia się uszkodzenia budowli starszych, nie wzmacnianych specjalnie na obciążenia sejsmiczne. Zbliżona do tych skal jest stosowana w USA skala MM (*Modified Mercalli*). Więcej na temat skal intensywności znaleźć można w artykule, który ukazał się w Inżynierii i Budownictwie w 2002 r. [8].

Interesującym, choć dość zagadkowym zjawiskiem, jak na tak umiarkowane trzęsienie ziemi, jest pojawienie się uszkodzeń gruntu (ryc. 3). Doszło nawet do znacznego obsunięcia ziemi na trasie ruchu kolei podmiejskiej w okolicach miejscowości Swietłogorsk, czyli bardzo blisko epicentrum wstrząsów. Obsunięcie to, widoczne na zdjęciu przedstawionym na ryc. 4, miało głębokość ok. 15 m i szerokość ok. 30 m. Ruch pociągów między stacjami Swietłogorsk-1 i Swietłogorsk-2 został wstrzymany. W krajach o bardzo dużej sejsmiczności, jak Chile czy Japonia, podobne efekty powstają na skutek tzw. upłynnienia gruntu (*liquefaction*). Są to jednak zjawiska występujące jedynie podczas wstrząsów o bardzo dużej magnitudzie, na ogół większej od 7. Upłynnieniu gruntu sprzyja długi czas trwania wymuszeń, z jakim często mamy do czynienia podczas największych trzęsień ziemi. Na podstawie posiadanych informacji trudno jest jednoznacznie ocenić, czy mogło tu dojść do upłynnienia gruntu. Gdyby tak było, to uznać można, że zaistniałe zjawisko miało w epicentrum większą intensywność niż na to wskazują inne ustalenia.

Ryc. 3. Uszkodzenia gruntu w okolicach epicentrum wstrząsów

Fig. 3. Ground deformations close to the earthquake epicentre

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Ryc. 4. Obsunięcie ziemi na trasie kolejki podmiejskiej w okolicach miejscowości Swietłogorsk

Fig. 4. Landslide at the suburban railway close to Swietłogorsk

2.3. Skutki trzęsień ziemi na terenie północno-wschodniej Polski

Kilka dni po trzęsieniach ziemi autorzy odwiedzili miasta północno-wschodniej Polski, aby ocenić zakres uszkodzeń budowli. Na podstawie informacji z inspektoratów budowlanych ustalono też ogólną liczbę uszkodzonych obiektów na terenie Polski na około 100 w 23 miejscowościach. Większość tych uszkodzeń powstała w obiektach starych, znajdujących się już wcześniej w złym lub nienajlepszym stanie technicznym. Najwięcej szkód stwierdzono w Suwałkach, gdzie odczuwalność wstrząsów była największa. Tam też uszkodzenia wystąpiły również w budynkach nowych oraz znajdujących się w dobrym stanie technicznym. Zgromadzono dużą dokumentację fotograficzną destrukcyjnych skutków wstrząsów (zob. [3]).

Ryc. 5. Suwałki, Szkoła Podstawowa nr 10, ul. Antoniewicza, pęknięcia tynku na ścianie szczytowej

Fig. 5. Suwałki, Primary School No.10, Antoniewicza street, cracking of plaster of gable wall

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Ryc. 6. Suwałki, Centrum Edukacji Nauczycieli, ul. Reja, charakterystyczne pęknięcia tynku pomiędzy stropem a nadprożem okiennym

Fig. 6. Suwałki, Centre of Teachers Education, Reja street, typical cracking of plaster between slab and window head

Odnotowane uszkodzenia można podzielić na kilka charakterystycznych grup:
- zarysowania szkieletowych konstrukcji żelbetowych,
- różnorodne pęknięcia i odpadnięcia tynków i wypraw, zarysowania ścian i innych konstrukcji murowanych z cegły,
- pęknięcia wzdłuż nadproży okiennych i drzwiowych,
- zarysowania pojawiające się na styku prefabrykatów (np. korytkowych płyt dachowych) oraz pomiędzy płytami stropowymi,
- pęknięcia ścianek działowych,
- odspojenie się stolarki okiennej i drzwiowej,
- pęknięcie lub wypadnięcie szyby, osunięcie dachówek itp.

W kilku przypadkach pojawiły się w budynkach pęknięcia tynku, będące efektem ujawnienia się niepotrzebnie otynkowanej dylatacji (ryc. 7).

W Braniewie, miejscowości znajdującej się najbliżej epicentrum po polskiej stronie granicy, uszkodzeniu uległ stary, ceglany komina mleczarni o wysokości 25 m. Innym uszkodzeniem spowodowanym trzęsieniem ziemi było rozszczelnienie instalacji gazowej w budynku mieszkalnym w Kętrzynie. Jeszcze innymi, wartymi odrębnej wzmianki, uszkodzeniami zgłoszonymi po trzęsieniu ziemi były pęknięcia wzdłużne w studzienkach rewizyjnych i poprzeczne rurociągów betonowych kolektora burzowego w Braniewie oraz wyciek wody z zaplombowanej studni artezyjskiej w budynku gospodarczym, w miejscowości Gutowo (gm. Lubawa).

Więcej szczegółowych informacji i zdjęć uszkodzeń budynków wywołanych trzęsieniem ziemi z 21 IX 2004 r. można znaleźć w pracach [1 i 3].

Analizując odnotowane uszkodzenia budowli i relacje świadków, można ocenić, że obszar bezpośrednio na południe, w odległości około 100 km od epicentrum (Braniewo, Gdańsk, Elbląg, Olsztyn, Kętrzyn) poddany był wstrząsom o maksymalnej intensywności około IV w skali EMS-98 (MSK-64 lub MM), natomiast okolice Suwałk i Augustowa odległe o około 200 km od epicentrum – wstrząsom o intensywności V w tych skalach. Może się to wydać dziwne z powodu dwukrotnej różnicy w odległości od epicentrum obu obszarów. Ze względu jednak na charakter propagacji fal sejsmicznych i różnice w budo-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

wie geologicznej skorupy ziemskiej na drodze tych fal, nie jest rzadkością, że izosejsty (krzywe wokół epicentrum opisujące miejsca o tych samych intensywnościach) mają kształt eliptyczny, wskazując na kierunek lepszej propagacji fal.

Ryc. 7. Suwałki, budynek mieszkalny, ul. Reja, pęknięcie tynku w miejscu dylatacji

Fig. 7. Suwałki, apartment building, Reja street, cracking a of plaster at the expansion joint

Destrukcyjne skutki wstrząsów sejsmicznych na budowle najlepiej opisuje się w inżynierii sejsmicznej za pomocą spektrów odpowiedzi. Ich analizę w odniesieniu do wstrząsów z 21 IX 2004 r. można znaleźć w pracach [1 i 3].

Dodatkowym parametrem wywierającym destrukcyjny wpływ wstrząsów na budowle, którego spektrum odpowiedzi nie ujmuje, jest czas trwania fazy silnych wstrząsów. Dodajmy, że chodzi tu o czas trwania wstrząsów na powierzchni gruntu, a nie o czas trwania trzęsienia ziemi w jego ognisku. Parametr ten doczekał się już szczegółowych analiz w inżynierii sejsmicznej (por. np. [9]). Jak to już zauważono, ten czas bliski jednej minucie mógł być wystarczająco długi, aby wstrząs miał szczególnie destrukcyjny wpływ na budowle. Tak długi czas silnej fazy wstrząsów to cecha typowa dla zapisów trzęsień ziemi z odległych epicentrów. Czy jednak wydłużenie czasu trwania wstrząsów nastąpiło wyłącznie na skutek propagacji fal z odległości 200 km, czy też już w okolicy epicentrum był on długi, trudno jest rozstrzygnąć przy braku zapisów z okolic bliskich epicentrum. Wystąpienie opisanych wcześniej uszkodzeń gruntu, podobnych do jego upłynnienia wskazywałoby jednak na długi czas wymuszeń w strefie epicentralnej.

3. Trzęsienie ziemi na Podhalu w dniu 30 XI 2004 r.

3.1. Opis zjawiska

Do trzęsienia ziemi na Podhalu doszło 30 XI 2004 r. o godzinie 18.18 czasu środkowoeuropejskiego, a więc nieco ponad dwa miesiące po trzęsieniach ziemi z Obwodu Kaliningradzkiego. Magnitudę tego wstrząsu sejsmicznego oszacowano na ok. 4,7 stopnia w skali

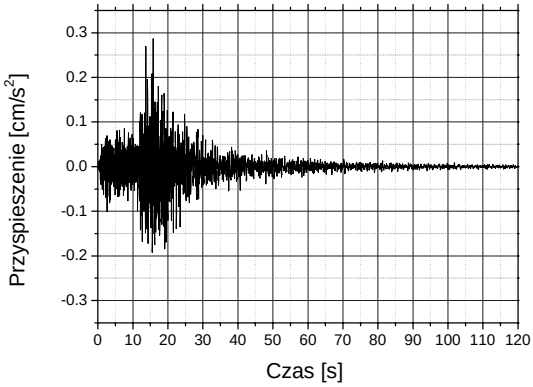
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Richtera. Głębokość ogniska wstrząsu określono na ok. 10 km. Wstrząs odczuwalny był w Małopolsce, na Górnym Śląsku i Słowacji, w promieniu ponad 100 km od epicentrum, które znajdowało się w okolicach Czarnego Dunajca (zob. ryc. 8), ok. 15 km na południowy zachód od Nowego Targu. Według relacji mieszkańców trzeszczały ściany domów, drgały szyby, przesuwały się meble, spadały doniczki z kwiatami i inne przedmioty. Po wstrząsie głównym zaobserwowano liczne słabsze wstrząsy następcze. Występowanie trzęsień ziemi na Podhalu nie jest niczym wyjątkowym, gdyż podobne zjawiska obserwowano na tym terenie w przeszłości. Poprzedni wstrząs sejsmiczny o sile ok. 3,7 stopni w skali Richtera miał miejsce dnia 11 IX 1995 r. (dwa mniejsze wstrząsy następcze wystąpiły 13 X 1995 r.). Zdaniem sejsmologów występowanie trzęsień ziemi na terenie Podhala to efekt ciągłego wypiętrzania się Karpat.

Ryc. 8. Epicentrum trzęsienia ziemi z 30 XI 2004 r. na Podhalu

Fig. 8. Epicentre of the earthquake of November 30, 2004 in Podhale



Ryc. 9. Zapisy przyspieszeń Ojcowa dla trzęsienia ziemi z 30 XI 2004 r. (Ojców, kierunek E-W)

Fig. 9. Acceleration time history for the earthquake of November 30, 2004 (Ojców, E-W direction)

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Wstrząs sejsmiczny z 30 XI 2004 r. był jednak wyjątkowo silny. Został on zarejestrowany przez różne stacje sejsmologiczne w całej Europie i nie tylko. Najbliżej epicentrum znajdowała się stacja pomiarowa IGF PAN w Niedzicy. Niestety, aparatura tam zainstalowana znajdowała się za blisko epicentrum i zapisy te uległy uszkodzeniu wskutek przesterowania rejestrowanych sygnałów. Dlatego też niemożliwe jest oszacowanie maksymalnych prędkości i przyspieszeń pozwalających bezpośrednio ocenić intensywność wstrząsów blisko epicentrum. Najsilniejszy, prawidłowo zarejestrowany zapis tego trzęsienia ziemi pochodzi ze stacji IGF PAN w Ojcowie, tj. z odległości około 90 km od epicentrum. Maksymalne prędkości tam zarejestrowane wynosiły ok. 0,15 mm/s, a przyspieszenia ok. 0,3 cm/s^2. Na rycinie 9 przedstawiono przebieg czasowy przyspieszeń na kierunku poziomym E-W otrzymany na podstawie zapisów prędkości z tej stacji sejsmologicznej. Jak widać, czas trwania silnej fazy wstrząsów wyniósł około 30 s.

3.2. Skutki trzęsienia ziemi i ocena jego intensywności

Kilka dni po trzęsieniu ziemi autorzy odwiedzili Podhale, aby ocenić zakres uszkodzeń konstrukcji budowlanych powstałych w wyniku trzęsienia. Według informacji uzyskanych z Powiatowych Inspektoratów Nadzoru Budowlanego na obszarze dotkniętym trzęsieniem odnotowano różnorodne uszkodzenia w 35 obiektach budowlanych, w 13 miejscowościach na terenie dwóch powiatów: nowotarskiego (23) i tatrzańskiego (12). Zgłoszenia dotyczyły głównie uszkodzeń kominów trzonów kuchennych oraz pęknięć ścian i zarysowań stropów. W wielu przypadkach nadzór budowlany nakazał wstrzymanie użytkowania uszkodzonych części budynków do czasu naprawy. W przypadkach wątpliwych wydano nakazy opracowania szczegółowych ekspertyz technicznych o stanie bezpieczeństwa i ewentualnym wzmocnieniu budowli, jak również doraźny zakaz użytkowania obiektu. Najwięcej uszkodzeń konstrukcji budowlanych (11) stwierdzono w miejscowości Skrzypne, położonej w odległości ok. 10 km od epicentrum wstrząsów. Po kilka zgłoszeń odnotowano w Czarnym Dunajcu oraz w innych okolicznych miejscowościach (Ciche, Zakopane, Biały Dunajec), pojedyncze przypadki uszkodzeń budynków zgłoszono w miejscowościach dalej położonych (Nowy Targ, Krempachy, Czarna Góra). W Skrzypnem najpoważniejszemu uszkodzeniu uległ budynek Zespołu Szkoły Podstawowej i Gimnazjum. W ścianie zewnętrznej oraz w ściankach działowych pojawiły się charakterystyczne ukośne pęknięcia. Ponadto w budynku pojawiły się zarysowania w poziomych stykach ścian i stropów prefabrykowanych. W przypadku tego obiektu PINB z Nowego Targu nakazał ograniczenie użytkowania części budynku i jego naprawę w trybie natychmiastowym.

Charakterystyczne uszkodzenia pochodzenia sejsmicznego zaobserwowano w budynku kościoła oraz domu parafialnego w Cichem-Miętustwie. Poważnemu zarysowaniu uległa ściana wieży dzwonnicy kościoła, na której pojawiły się, w wyniku znacznych odkształceń postaciowych, wyraźne pęknięcia w jej górnej części (rysy ukośne od naroża otworu okiennego). Ponadto powstało pęknięcie na styku pomiędzy niską częścią wejścia bocznego a budynkiem głównym kościoła przechodzące w niebezpieczne pęknięcie nadproża łukowego nad wejściem. Liczne uszkodzenia wystąpiły w budynku domu parafialnego, znajdującego się nieopodal kościoła. Najbardziej spektakularnym, poważnym uszkodzeniem tego obiektu było pojawienie się ukośnych pęknięć w ścianie zewnętrznej (widocznych po obu stronach ściany) w kształcie krzyża św. Andrzeja na całej wysokości pierwszej kondygnacji (ryc. 10).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Ryc. 10. Ciche-Miętustwo – dom parafialny, widok ogólny, i tzw. krzyż św. Andrzeja

Fig. 10. Ciche-Miętustwo – parish house, general view and so called "St Andrew's cross"

Ryc. 11. Uszkodzenia kominów

Fig. 11. Damages to chimneys

Znaczna część zgłoszonych po trzęsieniu ziemi uszkodzeń dotyczyła kominów trzonów kuchennych w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych. Najbardziej ucierpiały górne

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

części kominów wystające ponad połać dachu (ryc. 11). W kilku przypadkach doszło do oderwania się tych części i ich spadnięcia na niżej położony dach lub na ziemię koło domu.

Ponadto na skutek wstrząsu sejsmicznego na Podhalu z 30 XI 2004 r. z wielu dachów pospadały dachówki, a także popękały lub wypadły szyby. W kościele w Skrzypnem całkowitemu zniszczeniu uległa większość szyb na jednej ze ścian tego budynku. Innym uszkodzeniem spowodowanym trzęsieniem ziemi było pęknięcie izolatora linii energetycznej średniego napięcia 15 kV w okolicy miejscowości Maruszyna, co spowodowało automatyczne wyłączenie tejże linii tuż po wstrząsie i przerwę w dostawie prądu do kilku miejscowości na Podhalu. Zdaniem energetyków większość zgłoszonych przypadków spowodowana było zwarciem przewodów elektrycznych, wprawionych w ruch w czasie wstrząsu.

Ze względu na fakt, że nie dysponujemy poprawnymi zapisami wymuszeń sejsmicznych z terenu w pobliżu epicentrum, a jedynie zapisami z Ojcowa odległego o ok. 90 km od epicentrum, gdzie zarejestrowane prędkości wyniosły dużo poniżej 1 mm/s, utrudniona jest obiektywna ocena maksymalnej intensywności wstrząsów. Analiza zapisów wstrząsów prowadzi do wniosku, że nie było to bardzo krótkie trzęsienie ziemi, a czas fazy silnych drgań w epicentrum wynosił zapewne powyżej 15 s. Na podstawie oględzin uszkodzeń oraz relacji mieszkańców można ocenić, że intensywność trzęsienia ziemi w Skrzypnem oraz w sąsiednich miejscowościach była największa i mogła wynosić VI w skali EMS-98. O wystąpieniu tej intensywności świadczą przede wszystkim zniszczenia kominów na dachach domów, poważne krzyżowe uszkodzenia niektórych ścian znajdujących się w poprawnym stanie technicznym, Nie można jednak wykluczyć w niektórych miejscach także wyższej intensywności, tj. VI+ (powyżej VI), jednak brak większych budowli w tych okolicach uniemożliwia wiarygodne potwierdzenie tego faktu. Należy tu dodać, że skala EMS-98 przypisuje uszkodzenia kominów na dachach domów do stopnia VII. Ponieważ jednak uszkodzenia kominów nie wystąpiły masowo i brak było innych cech intensywności VII (np. zawalenia się ścianek działowych wewnątrz budynków), więc ostatecznie autorzy zdecydowali się pozostać przy ocenie maksymalnej intensywności na poziomie EMS = VI.

4. Wnioski

Skutki obu trzęsień ziemi z 2004 r. były bardzo zróżnicowane. Na szczęście nie odnotowano żadnej katastrofy budowlanej. Większość uszkodzeń miała charakter uszkodzeń niekonstrukcyjnych. Niektóre z uszkodzeń uznać można za niegroźne, choć dotkliwe uszkodzenia konstrukcyjne, jak np. uszkodzenia ścian w budynku Zespołu Szkoły Podstawowej i Gimnazjum w Skrzypnem na Podhalu czy zniszczenia kilku kominów. Inne były nawet poważniejsze, jak np. uszkodzenie sklepienia nad wejściem bocznym do kościoła w Cichem-Miętustwie lub poważne uszkodzenie jednej ze ścian budynku domu parafialnego w tej miejscowości.

Większość drobnych uszkodzeń wywołanych trzęsieniami ziemi w północno-wschodniej Polsce dotyczyła budowli znajdujących się w złym stanie technicznym. Co więcej, ze względu na charakter odnotowanych szkód, uznać można, że trzęsienie ziemi na Podhalu miało wyraźnie większą intensywność od skutków wstrząsów odnotowanych w północno-wschodniej Polsce dwa miesiące wcześniej. Stwierdzenie powyższe jest tym bardziej słusznie, że rodzaj dominujących budowli i ich stan techniczny był zdecydowanie bardziej korzystny na Podhalu.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Szczegółowa analiza skutków obu trzęsień ziemi prowadzi do wniosku, że maksymalna intensywność wstrząsów sejsmicznych na terenie Polski osiągnęła w skali EMS-98 wielkość V w odniesieniu do wstrząsów z dnia 21 IX 2004 r. oraz przekroczyła VI w odniesieniu do trzęsienia ziemi na Podhalu. Taka intensywność w dużym przybliżeniu odpowiada najsłabszej strefie współczesnych budowlanych norm sejsmicznych.

Literatura

[1] Zembaty Z., Cholewicki A., Jankowski R., Szulc J., *Trzęsienia ziemi 21 września 2004 r. w Polsce północno-wschodniej oraz ich wpływ na obiekty budowlane*, Inżynieria i Budownictwo, vol. LXI, nr 1, 2005, 3-9.

[2] Zembaty Z., Jankowski R., Cholewicki A., Szulc J., *Trzęsienie ziemi 30 listopada 2004 r. na Podhalu oraz jego wpływ na obiekty budowlane*, Inżynieria i Budownictwo, vol. LXI, nr 9, 2005, 507-511.

[3] Jankowski R., Zembaty Z., *Raport uszkodzeń obiektów budowlanych w wyniku trzęsienia ziemi w pólnocno-wschodniej Polsce z dnia 21 IX 2004* [CD-ROM], Centrum CURE, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2005.

[4] Jankowski R., Zembaty Z., *Raport uszkodzeń obiektów budowlanych w wyniku trzęsienia ziemi na Podhalu z dnia 30 XI 2004* [CD-ROM], Centrum CURE, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2005.

[5] Wiejacz P., *Preliminary investigation of the September 21, 2004, earthquakes of Kaliningrad Region, Russia*, Acta Geophysica, Vol. 52, No. 4, 2004, 425-441.

[6] Wiejacz P., *Trzęsienia ziemi w Okręgu Kaliningradzkim, 21 września 2004*, Przegląd Geofizyczny, vol. 50, 2006, 77-90.

[7] Wiejacz P., Dębski W., Domański B., Zych A., *Podhale, Poland, earthquake of November 30, 2004 and its aftershocks*, Studia Geophysica et Geodaetica, 2006 (in press).

[8] Zembaty Z., Chmielewski T., *Opisowe intensywności trzęsień ziemi i możliwości ich stosowania do oceny wstrząsów górniczych*, Inżynieria i Budownictwo, vol. LVIII, nr 9, 2002, 516-521.

[9] Zembaty Z., *A note on non-stationary stochastic response and strong motion duration*, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol. 16, 1988, 1189-1200.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ