

24. Walczyk J., 2006. Mechanizacja prac leśnych w ochronie bioróżnorodności. [W:] Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych, red. Sabor J. CILP, Warszawa, 473–483.
25. Załęski A., Aniśko E., Kantorowicz W., 2006. Zasady oceny nasion w Lasach Państwowych. [W:] Elementy genetyki i hodowli selekcyjnej drzew leśnych, red. Sabor J. CILP, Warszawa, 317–326.

**Prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz**, Prezes Krakowskiego Oddziału PAN, Kierownik Katedry Automatyki AGH, Absolwent AGH 1971, informatyk, automatyk, biocybernetyk. W latach 1998–2005 Rektor AGH. Doktor Honoris Causa 12 uczelni krajowych i zagranicznych. Pełne dane: [www.Tadeusiewicz.pl](http://www.Tadeusiewicz.pl)

## TRZĘSIENIA ZIEMI I ZJAWISKO REZONANSU – DESTRUKCYJNA SIŁA NATURY

*Barbara Bieta, Sylwia Skreczko (Sosnowiec)*

### Streszczenie

Trzęsienia ziemi związane są z nagłym i gwałtownym rozładowaniem naprężeń w skorupie ziemskiej. Zjawisko to najczęściej spowodowane jest ruchem mas skalnych na granicach tektonicznych, podczas którego wyzwolana jest duża ilość energii rozprzestrzeniającej się w ośrodku geologicznym w postaci fal sprężystych, zwanych falami sejsmicznymi. Niejednokrotnie takie zjawiska mogą prowadzić do uszkodzeń oraz całkowitych zniszczeń budynków i infrastruktury zlokalizowanej na zagrożonym obszarze. Trzęsienia ziemi są zagadnieniem, nad którym nieustannie prowadzone są badania, mające na celu rozpoznanie mechanizmów ich powstawania, przewidywanie prawdopodobieństwa wystąpienia wstrząsu w danym miejscu, czasie i o określonej magnitudzie. Równolegle wprowadzane są coraz nowocześniejsze rozwiązania konstrukcyjne pozwalające chronić zabudowania przed niebezpiecznym działaniem wstrząsów. Wszystkie te prace wiążą się z podniesieniem bezpieczeństwa ludzi zamieszkujących obszary o dużej aktywności sejsmicznej. Oprócz trzęsień ziemi źródłami drgań mogą być również inne zjawiska naturalne (np. wiatr) oraz antropogeniczne (np. ruch drogowy oraz kolejowy), czy też wstrząsy generowane działalnością górniczą. Zarówno tego typu drgania, jak i wstrząsy związane z trzęsieniami ziemi, przekazują wibracje z podłoża na fundamenty konstrukcji, wynikiem czego jest wprowadzenie budynku w ruch. Skutkami tego zjawiska jest powstanie naprężeń na poszczególnych elementach konstrukcji, prowadzących do uszkodzeń lub niejednokrotnie nawet do całkowitego zniszczenia budynków. Związane jest to ze zjawiskiem interakcji systemu budynek – podłoże, czyli wzajemnym oddziaływaniem drgań budynku i gruntu wokół jego fundamentów. Konieczny jest odpowiedni dobór parametrów konstrukcyjnych budynku oraz uwzględnienie geologii obszaru w celu zminimalizowania wpływu drgań na budynek. W szczególności nieodpowiednie dostosowanie parametrów konstrukcji względem jej podłoża może powodować wystąpienie niebezpiecznego zjawiska rezonansu takiego systemu. Zagadnienie interakcji jest wyjątkowo istotne na obszarach o wysokiej aktywności sejsmicznej, a jej odpowiednia interpretacja pozwala minimalizować skutki trzęsień ziemi.

### Abstract

The earthquakes are associated with sudden and rapid discharge of stresses in the Earth's crust. This phenomenon is generally caused by the movement of rock mass at the tectonic boundaries when a large amount of energy is released. The energy is responsible for elastic (seismic) waves propagation. This phenomena can damage or even totally destroy buildings and infrastructure in the affected area. Earthquakes are a subject of advanced research aiming in identify the mechanisms of their formation, predicting the probability of shock in a given place and time of a certain magnitude. Simultaneously, modern construction solutions to protect buildings from dangerous shocks are introduced. All these works are apply to increase the people safety especially in areas with high seismic activity. The sources of vibration can also be other natural phenomena (eg. wind) and anthropogenic activities (eg. road traffic and rail), or shocks generated by mining activities. This

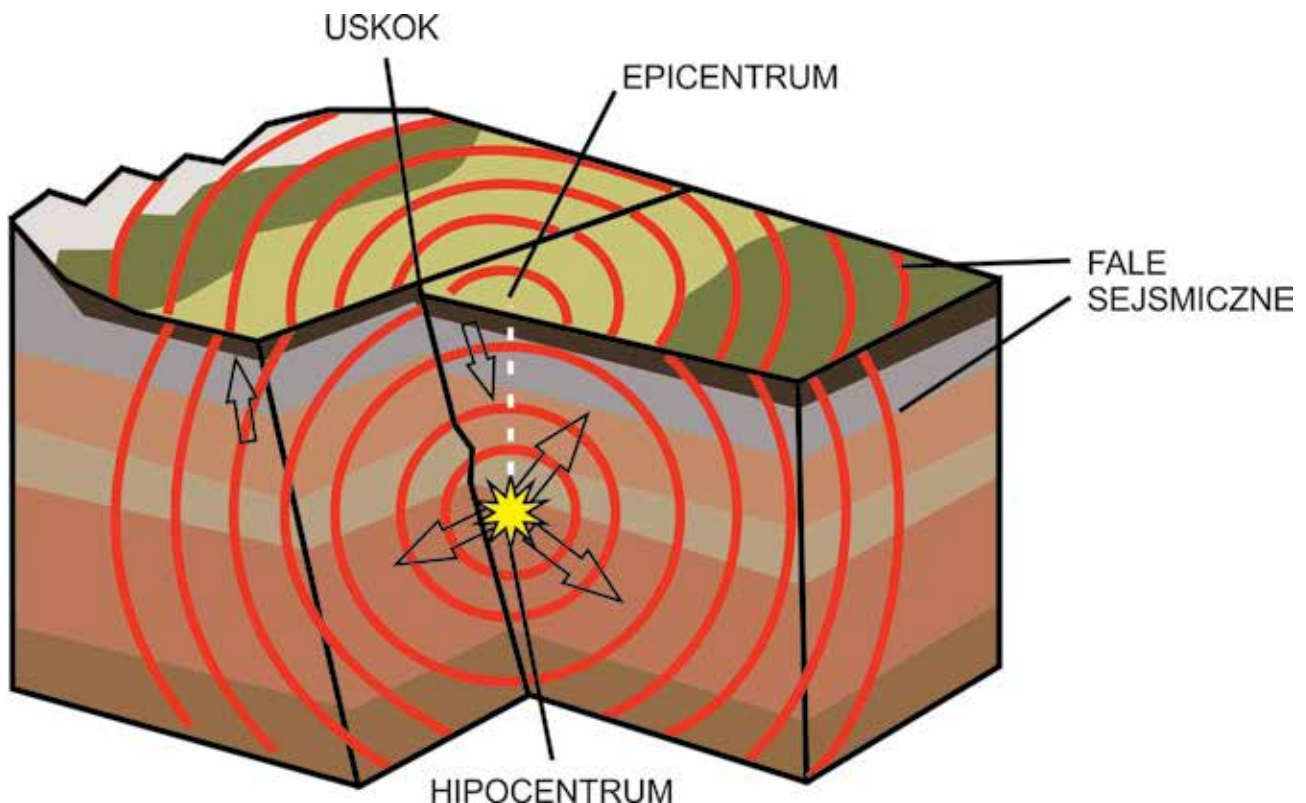
type of vibration, as well as earthquake shocks, transmit vibrations from the ground to the foundations of the structure, may cause the building moving. Effects of this phenomenon is the creation of stress on the structure components leading to damage and sometimes even complete destruction of buildings. This is related to the soil-structure interaction effect that is cooperative influence of the vibration building and the ground around its foundations. It is necessary to appropriate selection of design parameters of the building and included of the area geology to minimize the impact of vibration on the building. Inadequate adjustment of design parameters with respect to the substrate may result in a dangerous resonance phenomena of such a system. The interaction issue is extremely important in areas with high seismic activity and its appropriate interpretation minimizes the effects of earthquakes.

### Czym jest trzęsienie ziemi?

Trzęsienia ziemi to jedno z najgroźniejszych i najbardziej niszczycielskich zagrożeń naturalnych. Wstrząsy są najczęściej powodowane nagłym zerwaniem ciągłości skał wzdłuż płaszczyzny uskoku oraz względnym ruchem bloków skalnych na jego powierzchni. Uwolniona w wyniku trzęsienia ziemi energia, związana z wyzwoleniem zakumulowanych w źródle naprężeń, propaguje we wnętrzu Ziemi w postaci fal sejsmicznych. W źródle trzęsienia ziemi powstają fale objętościowe podłużne (P) generujące drgania ośrodka w kierunku opowiadającym kierunkowi rozchodzenia się fali oraz fale objętościowe poprzeczne (S) powodujące ruch ścinający ośrodka. Fale te docierając do powierzchni Ziemi ulegają wielokrotnym odbiciom i wzajemnemu nakładaniu, co

powoduje powstanie fal powierzchniowych Love'a i Raileigha, charakteryzujących się dużymi amplitudami drgań. To właśnie te fale odpowiedzialne są za zniszczenia powstałe podczas trzęsień ziemi. Znajdujący się w głębi ośrodka skalnego punkt, w którym dochodzi do powstania wstrząsu nazywamy hipocentrum, natomiast miejsce na powierzchni, bezpośrednio nad tym punktem to epicentrum (Ryc. 1).

Trzęsienia ziemi niejednokrotnie wywołują ogromne zniszczenia, jak i powodują liczne ofiary w ludziach. Jednym z najczęstszych i najbardziej niebezpiecznych skutków silnych wstrząsów są różnego stopnia uszkodzenia budynków. Przy dużych trzęsieniach zniszczenia mogą być tak znaczące, że prowadzą do całkowitego zawalenia budowli, co oczywiście stanowi ogromne zagrożenie dla ludzi przebywających w budynku lub w jego okolicy.



Ryc. 1. Lokalizacja epicentrum i hipocentrum trzęsienia ziemi. Źródło: earthquake.usgs.gov, zmienione.

## Od czego zależy intensywność trzęsienia ziemi?

Wielkość drgań gruntu, które przyjdzie nam odczuwać, najczęściej określana jest za pomocą magnitudy bądź też wartości PGA (ang. Peak Ground Acceleration), mówiącej o maksymalnych przyspieszeniach drgań gruntu. Najważniejsze czynniki wpływające na wielkość efektu sejsmicznego na powierzchni to energia trzęsienia ziemi w źródle, odległość od epicentrum oraz rodzaj skał, przez które przechodzą fale sejsmiczne. Oczywiście wydaje się, że im większa energia została wygenerowana w źródle trzęsienia ziemi i im bliżej źródło to się znajdowało, tym trzęsienie ziemi będzie powodować silniejsze drgania. Czasami spotykamy się jednak z przypadkami, kiedy wystąpiło trzęsienie ziemi o dużej energii, ale spowodowało ono niewielkie szkody lub kiedy słaby wstrząs doprowadził do powstania nieporównywalnie

dużych zniszczeń. Zjawisko takie może być związane z płytką budową geologiczną rozważanego obszaru. W przypadku występowania grubej warstwy luźnych osadów przy powierzchni ziemi może dojść do silnego wzmocnienia drgań sejsmicznych (zjawisko amplifikacji). Mówimy w takim przypadku o wpływie tzw. efektów lokalnych. Do wzmocnienia drgań dochodzi dla charakterystycznej dla gruntu częstotliwości – częstotliwości rezonansowej drgań. Zjawisko to jest największe w przypadku wystąpienia nieskonsolidowanego podłoża o dużej miąższości (Tab. 1).

## Czy tylko trzęsienia ziemi powodują powstawanie wibracji?

Nie tylko trzęsienia ziemi generowane głęboko pod powierzchnią ziemi powodują powstawanie drgań. Podobne wibracje do tych, które powstają

Tab. 1. Główne czynniki wpływające na wielkość zniszczeń związanych z trzęsieniami ziemi.

<b>Energia trzęsienia ziemi</b>	Energia trzęsienia generowana w jego źródle bezpośrednio wpływa na wielkość trzęsienia ziemi na powierzchni.
<b>Czas trwania</b>	Długość zależy od ruchu uskoku generującego trzęsienie ziemi. Na ogół czas trwania wzrasta wraz z wielkością trzęsienia ziemi.
<b>Odległość</b>	Wraz z wzrostem odległości od epicentrum maleje energia drgań.
<b>Wpływ lokalnej geologii</b>	Wzmocnienie drgań jest tym większe, im słabiej jest skonsolidowana warstwa osadów przypowierzchniowych oraz im jego miąższość jest większa.
<b>Rodzaj zabudowy</b>	Konstrukcja budynku związana jest z jego odpornością na drgania podczas trzęsień ziemi.



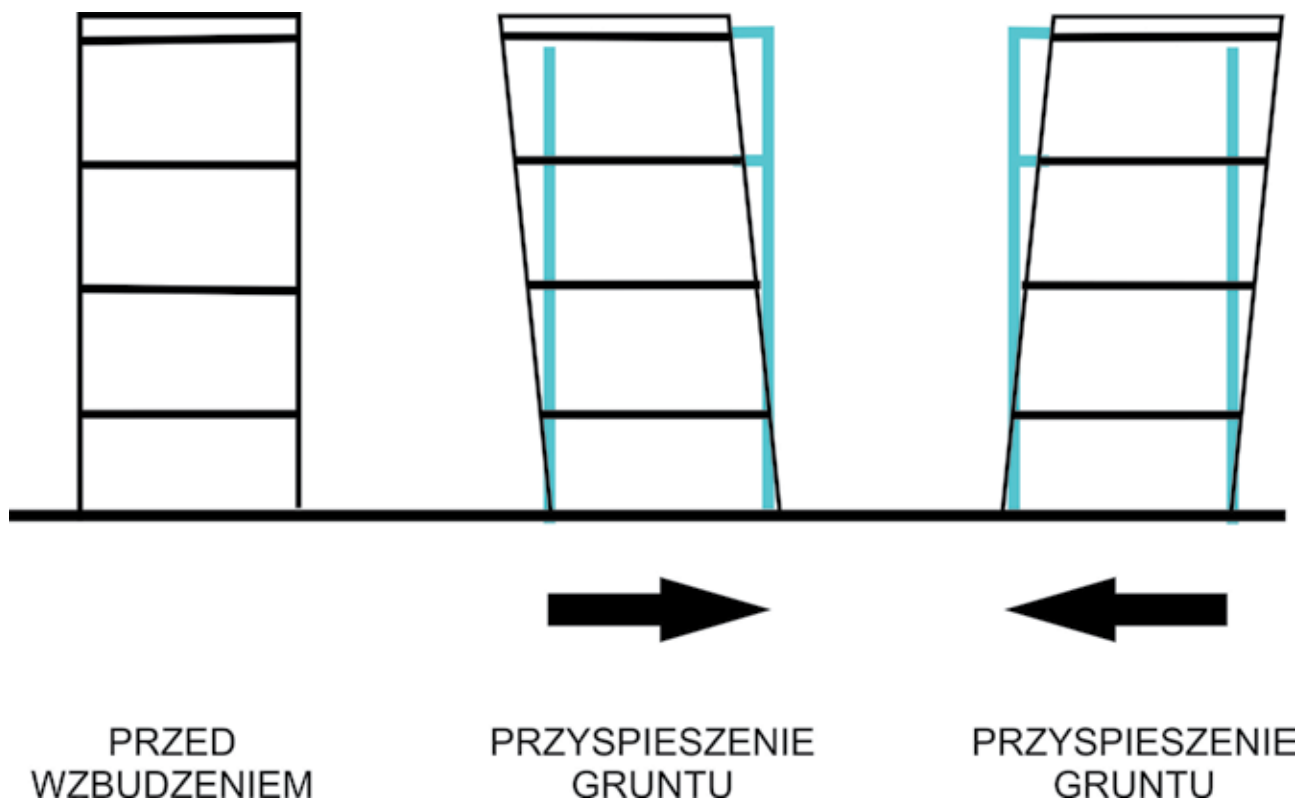
Ryc. 2. Przykładowe źródła generujące drgania sejsmiczne. Źródło: <https://www.map.piib.org.pl/>, zmienione.

podczas naturalnych trzęsień ziemi mogą tworzyć się również w związku z działalnością człowieka. Tego typu drgania nazywamy parasejsmicznymi. Mamy tutaj przykładowo na myśli wstrząsy indukowane działalnością górniczą. Również różnego rodzaju prace budowlane, np. wyburzania budowli, drażnienie tuneli (drogowych, kolejowych, metra) powodują powstawanie drgań propagujących przez ośrodek geologiczny. Szczególnie duże wibracje powstają w skutek podziemnych eksplozji związanych z testowaniem broni nuklearnej. Tego typu działania generują fale o energii porównywalnie dużej do tych powstających podczas trzęsienia ziemi. Istnieje również bardzo wiele czynników powodujących drgania tak słabe, że niejednokrotnie nie są odczuwalne przez człowieka. Tego typu wszechotaczające wibracje to tzw. szum, który występuje ciągle, a generowany jest przez źródła zarówno naturalnie (np. wiatr, pływy), jak i związane z działalnością człowieka (np. ruch uliczny) (Ryc. 2).

oddziaływaniem drgań budynku i jego podłoża gruntowego. W skutek ruchu podłoża na całą masę budynku działają siły bezwładności, jako że struktura usiłuje „podążać” za ruchem podłoża. Działające siły powodują powstawanie złożonych naprężeń i deformacji na elementach konstrukcji, w skutek czego może dojść do powstania pęknięć, a w najgorszych przypadkach całkowitego zniszczenia struktury [4,5] (Ryc. 3).

Oczywiście nie każdy budynek będzie reagował tak samo na wibracje. Możliwe jest zminimalizowanie negatywnego wpływu drgań poprzez odpowiedni dobór parametrów konstrukcyjnych budynku oraz uwzględnienie geologii obszaru.

Ruch budynku opisać możemy jako ruch oscylatora tłumionego, który poddany działaniu sił drga z określoną częstotliwością. Jako częstotliwość drgań ( $f$ ) rozumiemy właściwość informującą nas o liczbie pełnych drgań w czasie jednej sekundy. Odwrotnością częstotliwości jest okres drgań ( $T$ ), który określa



Ryc. 3. Działanie sił bezwładności na budynek. Źródło: <http://eqseis.geosc.psu.edu>, zmienione.

### Jak zachowuje się budynek podczas trzęsienia ziemi?

Podczas trzęsienia ziemi, jak i wstrząsów innego pochodzenia, ruch gruntu przenosi drgania na fundamenty budynków. Związane jest to ze zjawiskiem interakcji systemu budynek – podłoże, czyli wzajemnym

czas trwania jednego pełnego cyklu ruchu, czyli jednego drgania. Inaczej mówiąc, okres drgań budynku mówi nam o tym ile sekund trwa ruch konstrukcji „tam i z powrotem”.

Związek pomiędzy okresem a częstotliwością jest więc następujący:



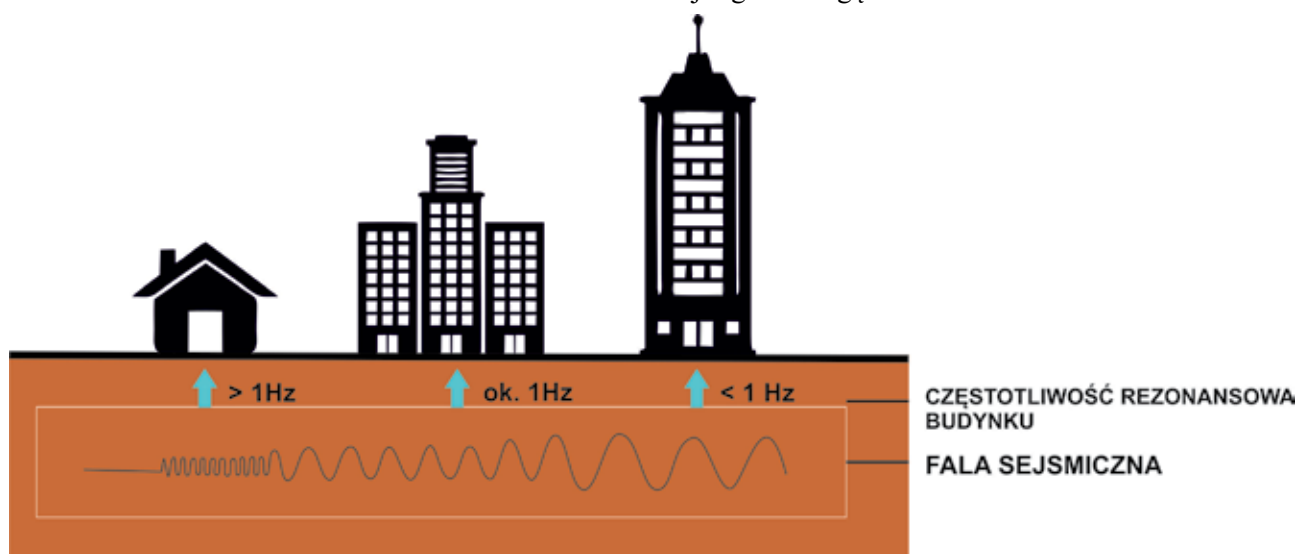
$$f = \frac{1}{T} [Hz]$$

Wszystkie budynki charakteryzują się swoją charakterystyczną **częstotliwością rezonansową (własną)** drgań. Jest to taka częstotliwość, dla której amplituda drgań budynku (jego odchylenie od pionu) będzie największa.

Częstotliwość własna (rezonansowa) drgań budynków w dużej mierze zależy od ich wysokości (Ryc. 4).

Niskie budynki – charakteryzują się stosunkowo wysokimi częstotliwościami rezonansowymi (mała długość fali).

Wysokie budynki - charakteryzują się stosunkowo niskimi częstotliwościami rezonansowymi (duża długość fali).



Ryc. 4. Częstotliwość rezonansowa budynków zależy od ich wysokości. Źródło: <https://www.iris.edu>, zmienione.

W przybliżeniu przyjęło się określać częstotliwość drgań własnych budynku w zależności od liczby jego kondygnacji, kiedy to ich ilość mnożymy przez 0,1 s otrzymując wartość okresu odpowiadającego częstotliwości własnej budynku [4]. Dokładne określenie częstotliwości drgań własnych budynku nie jest jednak takie proste, a stanowi pierwszy krok do przewidzenia reakcji budynków na wstrząsy. Przewidywanie zachowania struktury w takich sytuacjach pozwala na jego odpowiednie zabezpieczenie, co jest niezwykle ważnym zagadnieniem, ponieważ wiąże się z bezpieczeństwem osób użytkujących dany obiekt oraz znajdujących się w jego otoczeniu. Aby w pełni zrozumieć odpowiedź budowli na działanie dynamiczne, należy określić szereg parametrów. Poza częstotliwością drgań własnych budynku istotne jest poznanie również innych składowych wpływających na charakterystykę dynamiczną budowli (np. wartości

parametru opisującego tłumienie drgań). Parametry te związane są z rodzajem materiałów, z których zbudowany jest budynek, jego kształtem i wysokością oraz rodzajem zastosowanych fundamentów [5,6]. Dodatkowo zachowanie budynku w złożony sposób zależy od szeregu parametrów związanych z rodzajem podłoża, wpływającym na sposób przenoszenia drgań (amplitudy, częstotliwości drgań gruntu).

### Kiedy dochodzi do niebezpiecznego zjawiska rezonansu?

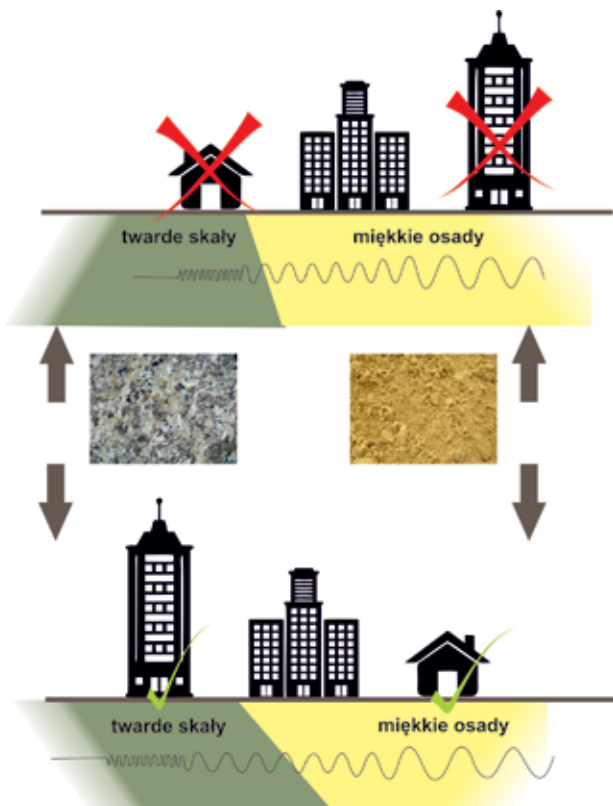
Ważnym czynnikiem wpływającym na zniszczenia powstałe podczas trzęsień ziemi jest wzmacniający wpływ warstwy przypowierzchniowej. Każdy grunt posiada określoną częstotliwość rezonansową, dla której drgania mogą zostać wzmocnione nawet kilkukrot-

nie (największe wzmocnienie zachodzi dla osadów najslabiej skonsolidowanych). Zbite, twarde osady (np. granity) charakteryzują wyższe częstotliwości niż osady luźne (np. piaski). Jeżeli częstotliwość drgań gruntu odpowiada naturalnej częstotliwości drgań budynku, może dojść do niebezpiecznego **zjawiska rezonansu** pomiędzy gruntem i budynkiem, a co za tym idzie wzajemnego wzmocnienia drgań takiego systemu [7, 12]. Zjawisko rezonansu może powodować znaczące szkody, dlatego w strefach zagrożonych trzęsieniami ziemi należy unikać budowania niskich budynków na obszarach, gdzie podłoże zbudowane jest z twardej litej skały, a wysokich budynków na nieskonsolidowanym gruncie (Ryc. 5).

Typowym przykładem oddziaływania płytkiej geologii na budynki usadowione na nieskonsolidowanych osadach jest trzęsienie ziemi, które zniszczyło Mexico City w wrześniu 1985 roku. Jego magnituda

określona została na 8,1, a hipocentrum znajdowało się ponad 280 km od miasta, w strefie subdukcji płyty północnoamerykańskiej i leżącej na południe od niej płyty kokosowej (ang. Cocos Plate) [1,11]. Trzęsienie

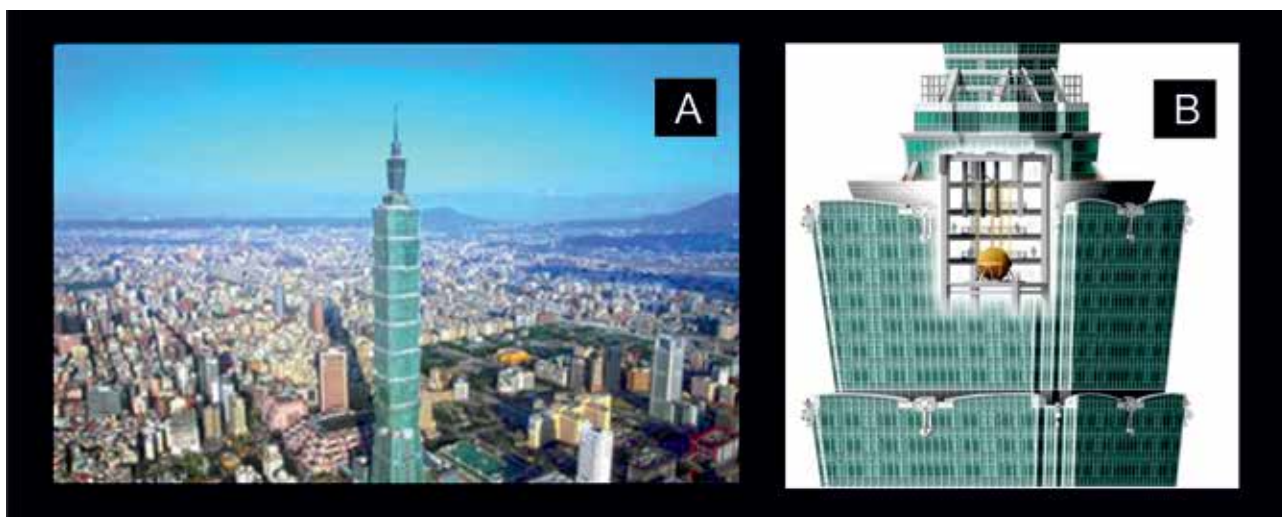
odniosły większych zniszczeń. Szacuje się, że ok. 800 budynków uległo całkowitemu zawaleniu, a tysiące innych mniejszym lub większym uszkodzeniom. Po tym zdarzeniu setki tysięcy ludzi straciło dach nad głową. Co było powodem aż tak dużych zniszczeń? Okazało się, że podczas trzęsienia ziemi najbardziej ucierpiała część miasta usadowiona na osadach jeziornych, które spowodowały znaczne wzmocnienie drgań powstałych podczas trzęsienia ziemi. Jest to najlepszy przykład obrazujący wzmocnienie nieskonsolidowanych osadów na drgania sejsmiczne [2,9].



Ryc. 5. Schemat obrazujący prawidłowe usadowienie budynków związane z unikaniem pokrywania się częstotliwości rezonansowych gruntów i budynków. Źródło: <https://www.iris.edu>, zmienione.

### Czy możemy ustrzec się przed wstrząsami?

Oczywiście chcielibyśmy skutecznie bronić się przed zagrożeniami, które niosą trzęsieniami ziemi. Naukowcy starają się jak najdokładniej określać tzw. **ryzyko sejsmiczne**, czyli niebezpieczeństwo wystąpienia szkodliwych skutków trzęsień ziemi. Ryzyko sejsmiczne zależy od wielu czynników, tj. rodzaju zabudowy, gęstości zaludnienia, ale i przede wszystkim od prawdopodobieństwa wystąpienia samego trzęsienia ziemi (**zagrożenie sejsmiczne**). Prawdopodobieństwo takie określa się statystycznie na podstawie historii występowania wstrząsów na danym obszarze. Na podstawie uzyskanych wyników konstruowane są mapy zagrożeń związanych z trzęsieniami ziemi. Określenie stopnia niebezpieczeństwa związanego ze skutkami trzęsień zmiennych pozwala na skuteczniejsze



Ryc. 6 (A) Wieżowiec Tajpej 101 na Tajwanie oraz (B) kula stanowiąca element konstrukcji tłumiący drgania budynku. Źródło: <https://guidetotaipei.com/>

spowodowało zniszczenia, których nikt się nie spodziewał. Budynki znajdujące się w jednej połowie miasta zostały praktycznie całkowicie zniszczone, natomiast te zlokalizowane w jego drugiej części nie

planowanie przyszłych inwestycji oraz wprowadzanie zabezpieczeń konstrukcyjnych zabudowy danego obszaru. Konstruowanie dokładnych map zagrożenia jest dużym wyzwaniem dla sejsmologów inżynierskich

oraz specjalistów z dziedziny inżynierii budownictwa.

Nie jesteśmy w stanie powstrzymać zjawisk związanych z trzęsieniami ziemi, natomiast duży postęp technologiczny pozwala na tworzenie coraz to skuteczniejszych zabezpieczeń budynków przed zniszczeniami powodowanymi trzęsieniami ziemi.

Te rozwiązania są szczególnie ważne dla wysoko rozwiniętych miast, mających swoje ośrodki w regionach o dużym zagrożeniu sejsmicznym. Stosowane w dzisiejszych czasach zabezpieczenia pozwalają

ważąca 660 ton (Ryc. 6B) [10]. Innym przykładem na ochronę struktury przed trzęsieniami jest siedziba chińskiej telewizji CCTV. Zastosowano tutaj stalową siatkę oplatającą całą konstrukcję w nieregularny sposób. Rozmiar i ułożenie oczek siatki zostało tak zaprojektowane, aby jak najskuteczniej przejmować siły generowane podczas trzęsień ziemi (Ryc. 7).

Ochrona konstrukcji budynków niesie ze sobą ogromne koszty. Najczęściej nie ma więc możliwości budowania każdego obiektu tak, aby wytrzymał



Ryc. 7. Zdjęcie budynku One Wall Centre w Vancouver (A) i budynek chińskiej telewizji CCTV, na którym widoczna jest siatka zabezpieczająca konstrukcję (B). Źródło: Takewaki, 2001; Ventura i in., 2002 [3,13]

na konstruowanie budynków osiągających setki metrów wysokości. Do budowy stosuje się wytrzymałe i lekkie materiały pozwalające zapewnić sprężystość konstrukcji. Sprężysta struktura ulega zniekształceniom, ale w ten sposób pochłaniana jest część energii, co chroni ją przed zniszczeniem. Stosowane są również technologie związane z umieszczaniem pod fundamentami budynków elementów amortyzujących, które ograniczają drgania budynków. Innym rozwiązaniem służącym tłumieniu niebezpiecznych dla budynków częstotliwości własnych jest umieszczenie obciążenia w górnej części konstrukcji. Masa działająca na zasadzie wahadła pozwala na jego stabilizację. Takie rozwiązanie zastosowano w wieżowcu Tajpej 101 znajdującym się na Tajwanie (Ryc. 6A). Budynek ten osiąga wysokość 508 metrów (101 kondygnacji). Pomiędzy 92 a 88 piętrem zamontowana została w celu tłumienia drgań budynku stalowa kula

trzęsienie ziemi bez uszkodzeń. Wspomniane metody stosowane są w inwestycjach wymagających niezwykle dużego nakładu finansowego na terenach wysokorozwiniętych. W biedniejszych regionach rezygnuje się z nich całkowicie, co niejednokrotnie skutkuje dużymi zniszczeniami oraz znaczną ilością wypadków śmiertelnych związanych z trzęsieniami ziemi.

Trzęsienia ziemi są ciągle uważane za jedno z najbardziej niebezpiecznych i najmniej przewidywalnych zjawisk naturalnych. Tworzenie konstrukcji, które potrafią oprzeć się działaniom sejsmicznym i parasejsmicznym staje się jednym z największych wyzwań budownictwa na całym świecie.



## Bibliografia

1. Anderson, J. G., Bodin, P., Brune, J. N., Prince, J., Singh, S. K., Quaas, R., & Onate, M. (1986). Strong ground motion from the Michoacan, Mexico, earthquake. *Science*, 233(4768), 1043–1049.
2. Beck, J. L., & Hall, J. F. (1986). Factors contributing to the catastrophe in Mexico City during the earthquake of September 19, 1985. *Geophysical Research Letters*, 13, 593–596.
3. Carroll, C., Cross, P., Duan, X., Gibbons, C., Ho, G., Kwok, M., & McGowan, R. (2008). Case Study: CCTV Building-Headquarters & Cultural Center. CTBUH Journal Issue III.
4. Coburn A., Spence R. (1992). *Earthquake Protection, Improving Earthquake Resistance of Buildings*, John Eiley and Sons, Chichester, UK: 1–335.
5. Jennings P.C. (2003). An Introduction to the Earthquake Response of Structures, [W:] *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*. International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior, part B, 19: 1097–1125.
6. Kowalska A. (2007). *Analiza wpływu elementów niekonstrukcyjnych na charakterystyki dynamiczne budynków*. Rozprawa doktorska, AGH Kraków.
7. Lomnitz, C. (1999). The end of earthquake hazard, *Seism. Res. Lett.* 70: 387–388.
8. Maciąg E. (1979) Interakcja układu budynek – podłoże podlegającego działaniom sejsmicznym i parasejsmicznym (Praca przeglądowa). *Mechanika teoretyczna i stosowana*, 4, 497 – 536.
9. Pardo, M., & Suárez, G. (1995). Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implications. *J. geophys. Res.*, 100, 357–12.
10. Poon, D. C., Shieh, S. S., Joseph, L. M., & Chang, C. (2004). Structural design of Taipei 101, the world's tallest building. In *Proceedings of the CTBUH 2004 Seoul Conference*, Seoul, Korea: 271–278.
11. Singh, S. K., Mena, E. A., & Castro, R. (1988). Some aspects of source characteristics of the 19 September 1985 Michoacan earthquake and ground motion amplification in and near Mexico City from strong motion data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 78, 451–477.
12. Takewaki, I. (2001). Resonance and criticality measure of ground motions via probabilistic critical excitation method, *Soil Dyn. Earthquake Eng.* 21: 645–659.
13. Ventura, C. E., Lord, J. F., & Simpson, R. D. (2002). Effective use of ambient vibration measurements for modal updating of a 48 storey building in Vancouver, Canada. In *International Conference on “Structural Dynamics Modeling–Test, Analysis, Correlation and Validation*.

Barbara Bieta – Katedra Geologii Stosowanej, Sylwia Skreczko – Katedra Geologii Podstawowej, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec. E-mail: s.skreczko@wp.pl

## KOLEJNE STWIERDZENIA SZCZEŻUI CHIŃSKIEJ W DORZECZU WISŁY

Szczeżuja chińska *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) jest małżem (Mollusca: Bivalvia) należącym do rodziny skójkowatych (Unionidae). Spośród występujących w Polsce małży jest gatunkiem osiągającym największe rozmiary, co czyni ją również największym bezkręgowcem naszych wód. Wyglądem zewnętrznym przypomina szczeżuję pospolitą *Anodonta anatina*. W przeciwieństwie do pozostałych skójkowatych występujących w Polsce jest ona gatunkiem obcym, pochodzi bowiem z Azji.

W Polsce pierwszy raz odnotowano jej obecność w latach 80. XX w. w podgrzanych wodach w okoli-

cach elektrowni Konin. Od tego czasu liczba stwierdzeń tego gatunku stale wzrasta, a osobniki obserwowane są również w wodach o naturalnym dla naszej szerokości geograficznej reżimie temperaturowym.

Podobnie jak wszystkie skójkowate na etapie larwy (glochidium) szczeżuja chińska jest pasożytem żerującym na rybach, osadzającym się najczęściej na ich płetwach i skrzelach. Najbardziej prawdopodobną przyczyną rozprzestrzeniania się gatunku jest dość efektywne przemieszczanie się larw na migrujących rybach.

Ponadto rozprzestrzenianiu skójkowatych, w tym i szczeżui chińskiej, sprzyja gospodarka rybacka