

Modelowanie wpływu odkształceń podłoża na budynki

# Nie do udźwignięcia

**LUCYNA FLORKOWSKA**Instytut Mechaniki Górotworu  
Polskiej Akademii Nauk, Kraków  
florko@img-pan.krakow.pl

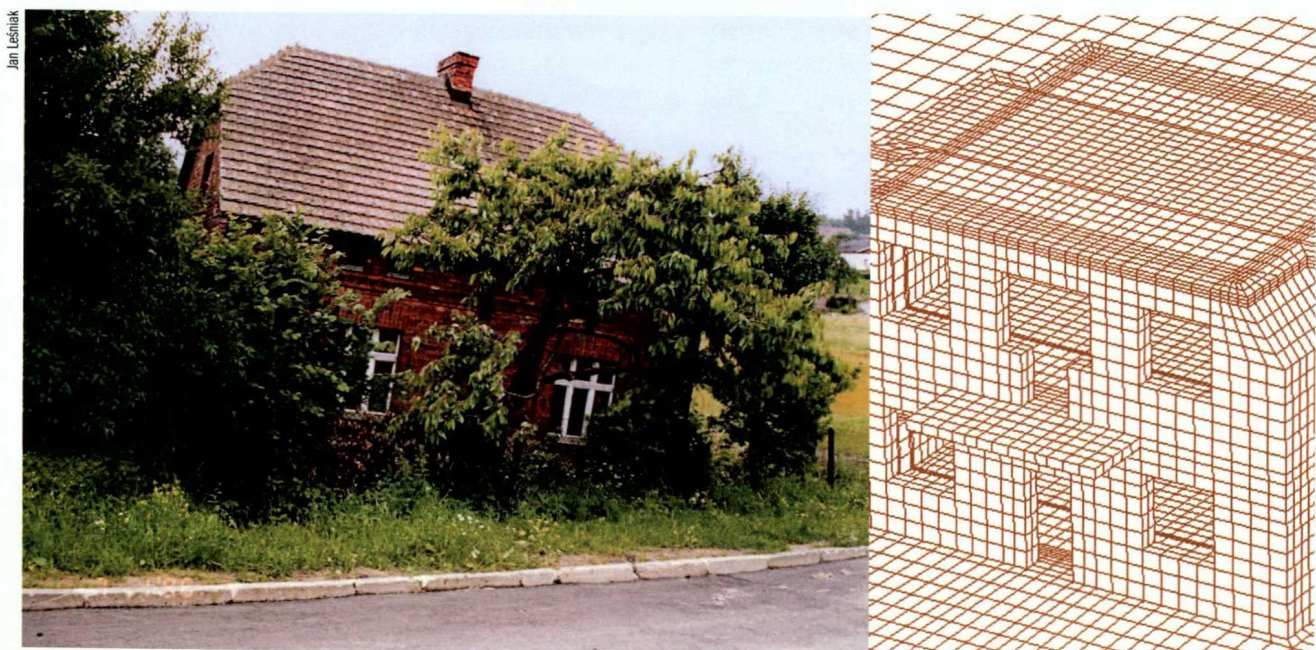
**Wszyscy znamy przypowieść o domu zbudowanym na piasku i domu utwierdzonym na skale. Wskazuje ona, że już tysiące lat temu człowiek miał świadomość, jak istotne dla bezpieczeństwa budowli jest odpowiednie podłoże**

Wszystkie obciążenia działające na budynek „zbierane są” przez jego konstrukcję (a więc stropy, ściany nośne, nadproża, belki czy słupy) i za pośrednictwem fundamentu przekazywane na grunt. Grunt powinien więc być wytrzymały i mało odkształcalny, by zdołał te obciążenia przejąć. Nie zawsze jednak tak bywa. Nasza planeta ma długą historię geologiczną, dlatego podłoże prawie zawsze składa się z warstw i zawiera warstwy zarówno mocne, jak i słabe. Te słabe, łatwo odkształcające się grunty często nie wytrzymują obciążenia budowlą. Najpopularniejszym chyba przykładem zgubnego wpływu posadowienia konstrukcji na nieodpowiednim podłożu jest słynna dzwonnica w Pizie. Ale odkształcenia

gruntu mogą wynikać nie tylko z przyczyn naturalnych, ale i z działalności człowieka. Najczęściej są wynikiem prowadzenia różnego rodzaju działalności wydobywczej. Z tzw. szkodami górniczymi spotkać się można nągminnie w otoczeniu kopalń.

## Grunt się odkształca

W Instytucie Mechaniki Górotworu PAN opracowana została nowoczesna metodyka komputerowej symulacji wpływu odkształceń podłoża na budowlę. Metodyka ta opiera się na pakiecie oprogramowania ABAQUS. Modelowanie rozpoczyna się od zgromadzenia możliwie największej ilości informacji o stanie rzeczywistym. Jeżeli budynek już istnieje, to wykonywane są jego dokładne obmiary oraz sprawdzanie stanu technicznego. Zbierane są również dane na temat materiałów, z których został wykonany. Jeżeli zadanie dotyczy obiektu projektowanego, to dane wprowadza się z dokumentacji technicznej. Informacje dotyczące podłoża uzyskiwane są poprzez badania geologiczne. Wykonuje się odpowiednią liczbę odwiertów, aby ustalić układ warstw geologicznych i pobrać ich próbki. Następnie w laboratorium określone są własności gruntów. Jest to bardzo ważna część pracy, ponieważ nawet najlepiej zbudowany model komputerowy da niewiarygodne wyniki, jeżeli



Typowe uszkodzenia budynków wywołane eksploatacją w rejonie Kopalni Węgla Kamiennego „Jankowice”. Obok: siatka przestrzennego modelu komputerowego wykorzystywanego w symulacji szkód górniczych w budynkach

podamy mu błędne informacje. Wprowadzanie danych rozpoczyna się zwykle od wyrysowania geometrii zadania. W przypadku budynku jest to tym trudniejsze, im bardziej skomplikowana jest jego bryła. Ale dla podłoża zadanie jest znacznie bardziej złożone, ponieważ w porównaniu z budynkiem ma ono, praktycznie rzecz biorąc, rozmiary nieskończone. Posługujemy się więc matematyczną koncepcją tzw. elementów nieskończonych, które pozwalają tę nieskończoność do pewnego stopnia odwzorować. Koncepcja elementów nieskończonych polega w uproszczeniu na tym, że „koncentrują” one rozwiązanie zadania w pobliżu obciążanego obszaru, powodując jednocześnie jego zanikanie wraz z oddaleniem się od tego „centrum”.

### Płynie czas, płynie grunt

Kolejny etap modelowania to dobór odpowiedniego prawa materiałowego, czyli określenie sposobu zachowania się materiału (np. żelbetu, muru ceglanego, gruntu) pod wpływem obciążenia. Niektóre materiały, a szczególnie grunty, zmieniają się z upływem czasu i to także należy uwzględnić. Stosowany w IMG PAN algorytm modelowania uwzględnia sprężyste i plastyczne zachowanie gruntów oraz ich własności reologiczne. Opracowana procedura w odniesieniu do gruntu przebiega następująco. W stanie początkowym w podłożu występują tylko naprężenia geostatyczne – pochodzące od ciężaru własnego gruntu. Obciążanie podłoża powoduje jego odkształcanie się – początkowo sprężyste, następnie plastyczne. Proces ten może mieć charakter konsolidacyjny (zagęszczający), kiedy następuje umocnienie gruntu, lub kohezyjny (rozluźniający), kiedy grunt zostaje osłabiony. Oprócz tego, w modelu podłoża funkcjonuje zależny od czasu mechanizm pełzania. Dzięki niemu możliwe jest odwzorowanie powolnych zjawisk, których skutki ujawniają się na powierzchni dopiero po latach. Fundament łączy budynek z podłożem i przekazuje wszystkie obciążenia z konstrukcji na grunt, i odwrotnie – wszystko, co dzieje się z podłożem, przekazuje na budynek. Dlatego bardzo ważne jest też jak najwierniejsze opisanie warunków panujących na styku fundamentu z gruntem.

### Wirtualna niecka

Najistotniejszym problemem jest właściwe odwzorowanie procesu odpowiedzialnego za deformacje podłoża (np. filtracja wody, osuwisko, kurzawka, przechodzenie niecki górniczej, powstawanie uskoku itp.). W IMG PAN specjalizujemy się w rozwiązywaniu zagadnień związanych ze szkodami górniczymi. Dysponujemy specjalnie opracowanym przez nas podprogramem, który symuluje proces formowania się niecki górniczej w podłożu budynku. Niecka ta kształtuje się w przestrzeni górotworu i zmienia się w czasie. Po wprowadzeniu wszyst-

Gary Feuerstein



Słynna krzywa wieża w Pizie stanowi znakomity przykład zgubnego wpływu odkształceń podłoża na budowlę

kich informacji do komputera i utworzeniu siatki elementów skończonych modelu następuje seria żmudnych obliczeń. Rozwiązywane są układy nawet kilkuset tysięcy równań algebraicznych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdza się, czy budynkowi grozi uszkodzenie, bądź zniszczenie. Jeżeli tak, to otrzymane wartości naprężeń, odkształceń i przemieszczeń pozwalają zaprojektować odpowiednie zabezpieczenia konstrukcji lub wzmocnienie podłoża. ■

#### Chcesz wiedzieć więcej?

- Florkowska L., Walaszczyk J. (2004). *On the possibilities of computer modeling in the interaction between a building and actively deforming mining ground*. Archives of Mining Sciences 49, Special Issue, 83-98.
- Florkowska L. (2003). *Wybrane problemy współdziałania budowli z górotworem*. Prace IMG PAN, Rozprawy, monografie, 3.