

dr inż. Marta Kadela^{1*)}dr hab. inż. Lidia Fedorowicz, prof. WST²⁾dr hab. inż. Jan Fedorowicz, prof. Pol. Śl.³⁾

Wpływ eksploatacji górnictwa na budynki wykonane w technologii tradycyjnej

Impact of mining on buildings constructed in traditional technology

DOI: 10.15199/33.2015.06.18

(Artykuł przeglądowy)

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania modeli numerycznych w analizach wyężenia konstrukcji murowych eksploatowanych na terenach szkód górnictwa. Zaprezentowano wybrane wyniki obliczeń uzyskane przy wykorzystaniu modeli sprężysto-plastycznych w przypadku konstrukcji budynku i podłoża gruntowego.

Słowa kluczowe: tereny górnictwa, konstrukcje murowe, modele konstytutywne, analizy numeryczne.

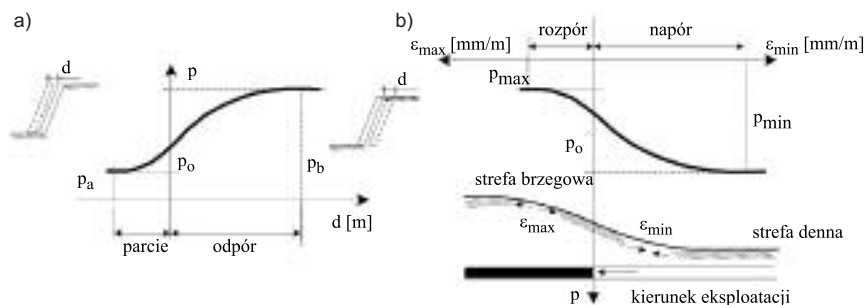
Abstract. The paper presents the possibilities of using numerical models in the analysis of the existing masonry structures effort in the areas of mining damage. Selected results of the numerical calculations obtained by using elastic-plastic models for the building structure and the subsoil were presented.

Keywords: mining areas, constitutive models, numerical analyses, masonry structures.

Eksploatacja górnictwa powoduje deformacje powierzchni terenu oraz zjawiska dynamiczne o charakterze parasejsmicznym, wynikające z wstrząsów górnictwa [1, 2]. Zjawiska te należy uwzględniać w procesie projektowania nowych obiektów lub zabezpieczania zabudowy istniejącej. Stopień zmian w podłożu powodowany eksploatacją górnictwa zależy od intensywności i prędkości deformacji podłoża, a także od konstrukcyjnej i materiałowej charakterystyki obiektów. Deformujący się ośrodek gruntowy powoduje w budowni powstanie dodatkowych sił wewnętrznych, wynikających głównie z tarcia gruntu o fundamenty, wpływu zróżnicowanych przemieszczeń pionowych i poziomych podłoża, nachylenia terenu i parcia gruntu na pionowe powierzchnie konstrukcji w nim zagłębionej [3]. Wywoływane eksploatacją górnictwa wstrząsy podłoża powodują natomiast pojawienie się poziomych sił bezwładności obciążających konstrukcję.

Problemy tradycyjnego budownictwa na terenach górnictwa

Dwie podstawowe przyczyny pojawienia się dodatkowych sił wewnętrznych w budynkach na terenach górnictwa przedstawiono na rysunkach 1 i 2. W obu przypadkach ściana budynku poddawana jest intensywnym deformacjom postaciowym. Pojawienie się dodatkowych sił w projektowanych budynkach na terenach eksploatacji górnictwa



Rys. 1. Przejście parcia spoczynkowego w parcie czynne p_a i bierne p_b w zależności od przesunięcia ściany d (a) i rozpór p_{max} lub napór p_{min} gruntu w zależności od odkształceń poziomych gruntu ϵ (b) [1]

Fig. 1. The rest pressure transition in active pressure p_a and passive pressure p_b depending on the wall displacement d (a) and thrust ground pressure p_{max} or p_{min} depending on the horizontal ground deformations ϵ (b) [1]

stwarza problemy w zapewnieniu ich bezpieczeństwa i zachowania walorów użytkowych. Możliwe są dwa rozwiązania: wykorzystanie na etapie projektowania możliwości profilaktyki górnictwa lub (co jest najczęstszym przypadkiem) profilaktyki budowlanej. W tym przypadku znaczna część problemów może być rozwiązana środkami konstrukcyjnymi, opisanymi w [1, 2, 4, 5].

Z odmienną sytuacją mamy do czynienia w przypadku istniejącej zabudowy. Wówczas możliwe jest odpowiednie zaprojektowanie wzmocnienia konstrukcji (kotwy stalowe, opaski żelbetowe, wzmocnienia lokalne itp.) lub odcięcie budowli od wpływów ruchu deformującego się podłoża górnictwa (np. przez wykonanie rowów kompensacyjnych). W obu przypadkach należy określić poziom wyężenia konstrukcji i wyznaczyć siły wewnętrzne, które powinny być przeniesione przez projektowane zabezpieczenia i wzmocnienia.

Rola modelu obliczeniowego w analizie wyężenia konstrukcji i podłoża

Właściwa ocena zachowania się konstrukcji murowej wymaga analizy numerycznej, z zastosowaniem zaawansowanych modeli konstytutywnych. Na rysunku 3 pokazano wybrane wyniki obliczeń numerycznych zadania zaczerpniętego z literatury technicznej, gdzie praca muru analizowana jest przy wykorzystaniu izotropowego modelu sprężysto-plastycznego z degradacją (e-p-d). Tło stanowią wyniki badań laboratoryjnych ściany murowej [6] oraz wyniki analiz [7 ÷ 9].

Do oceny stanu wyężenia konstrukcji na terenach eksploatacji górnictwa można zastosować dwa podejścia: tradycyjne (rysunek 4a) lub rozbudowane, uwzględniające obszar podłoża górnictwa (rysunek 4b). Jako sposób wyznaczania kinematycznych

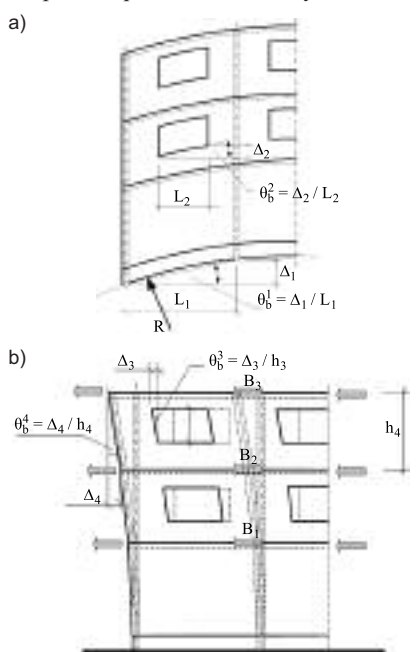
¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski

²⁾ Wyższa Szkoła Techniczna

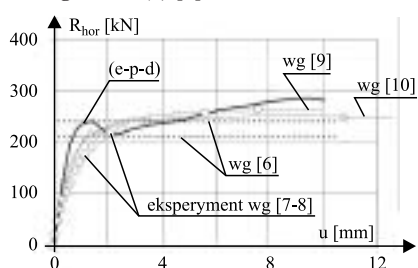
³⁾ Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

^{*} Autor do korespondencji: e-mail: m.kadela@itb.pl

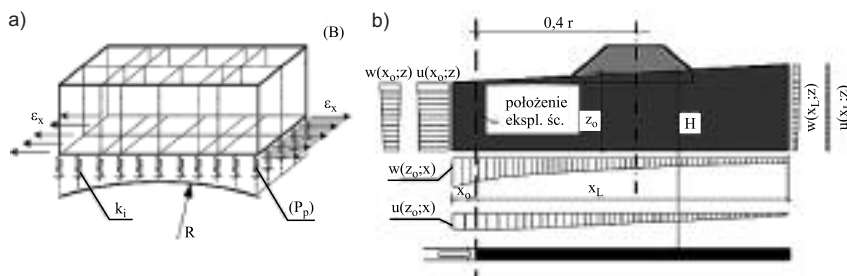
warunków brzegowych w analizach obliczeniowych można przyjąć metodę opartą na geometryczno-całkowej teorii Budryka-Knothego [4]. W celu przekazania skutków deformacji podłoża na konstrukcję budowlaną, w modelu ciągłym podłoża należy uwzględnić stany jego deformacji. Wysokość modelu podłoża H wpływa bezpośrednio na wyniki analiz zagadnienia kontaktowego (B) – (P_g) [10]. Efekty obliczeniowe przeprowadzone z zastosowaniem modelu stanu krytycznego MCC do opisu zachowania podłoża przedstawiono na rysunku 5.



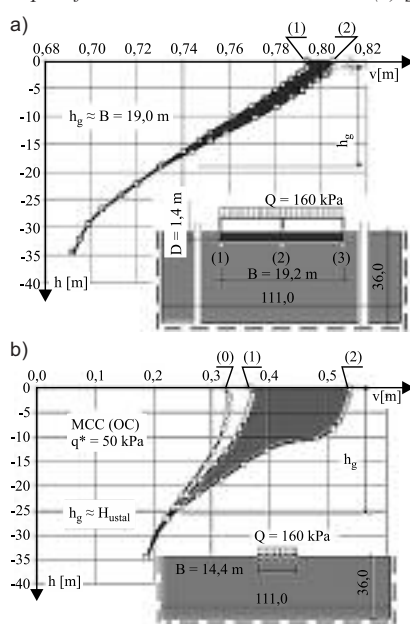
Rys. 2. Deformacja ściany przy wpływie pionowych przemieszczeń podłoża (a) lub wstrząsu górnicego (b) [1]
 Fig. 2. The wall deformation by the impact of vertical displacement of the subsoil (a) or mining tremor (b) [1]



Rys. 3. Numeryczne odtworzenie zadania Ganz-Thürlimanna – zmiana wartości siły poziomej potrzebnej do przesunięcia płyty górnej z obciążeniem pionowym $\sigma_y = 0,61$ MPa [6 ÷ 10]
 Fig. 3. Numerical restoration of Ganz-Thürlimann task – the change of the horizontal force needed to move the upper plate with vertical load $\sigma_y = 0,61$ MPa [6 ÷ 10]



Rys. 4. Tradycyjny sposób przekazywania wpływów górnicznych na konstrukcję budowlaną (a); rozbudowane przekazywanie wpływów górnicznych z podłoża na konstrukcję (b) [11]
 Fig. 4. The traditional way to transfer mining impact on structure (a); complex transfer of mining impact from the subsoil to the structure (b) [11]



Rys. 5. Zasięg obszaru bezpośredniego kontaktu konstrukcji z podłożem górnicy dla konstrukcji sztywnej (a) i wiotkiej (b) [11]
 Fig. 5. The zone of direct structure contact with the ground mining for the rigid structure (a) and slight structure (b) [11]

Podsumowanie

Ocena obliczeniowa stanów granicznych nośności i użyteczności budynków murowanych na terenach eksploatacji górniczej nie jest prosta i jednoznaczna. Wynika to m.in. z faktu, że ocena wiarygodności wyników analiz układów (B) – (P_g) w modelach numerycznych (o różnym poziomie rozbudowania), bezpośrednio wiąże się z wiarygodnością określenia odporności odkształceniowej oraz wytrzymałości konstrukcji obiektu budowlanego, który wchodzi w interakcję z deformującym się podłożem gruntowym.

Podatność podłoża gruntowego w analizowanym układzie ma decydujący wpływ na ocenę zachowania się konstrukcji budowlanej. Wpływ ten jest widoczny w analizach prowadzonych w zakresie sprężystym i nieliniowym. Chcąc uznać rozbudowane analizy numeryczne MES za nową jakość w oce-

nie pracy budowli z podłożem górnicy, należy pamiętać, że zasady budowy numerycznych modeli obliczeniowych MES dla układu (B)-(P_g) z istoty swojej nie mogą być przedmiotem szczegółowych wytycznych. Utworzone modele obliczeniowe powinny podlegać procesowi kalibracji w celu oceny odpowiedniości modelu numerycznego w stosunku do zachowania się konstrukcji w stanie in situ.

Literatura

- [1] Instrukcje, Wytyczne, Poradnik 416/2006. Projektowanie budynków na terenach górniczych. Wydawnictwo ITB, Warszawa 2006.
- [2] Instrukcja 364/2007 Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2007.
- [3] Kadela M., Chomacki L.: Wpływ rodzaju gruntu na stan naprężenia w konstrukcji budynku w obliczu eksploatacji górniczej. Przegląd Górniczy 6/2014, s. 24 – 49.
- [4] Kwiatek J. i inni: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górniczego, Katowice 1997.
- [5] Kawulok M.: Szkody górnicze w budownictwie. Wydawnictwo ITB, Warszawa 2010.
- [6] Ganz H. R., Thürlimann B.: Tests on Masonry Walls under Normal and Shear Loading. Report No. 7502÷4 Zurich: ETH Zurich Institute of Structural Engineering, 1984.
- [7] Marfia S., Sacco E.: Numerical Procedure for Elasto-Plastic No-Tension Model. International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics, vol. 6, 2005, pp. 187 – 199.
- [8] Lourenço P. B.: Recent Advances in Modelling Masonry Structures. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, vol. 44, 1998, s. 27 ÷ 32.
- [9] Milani G., Lourenço P. B., Tralli A.: A simple Micro-Mechanical Model for the Homogenised Limit Analysis of Masonry Walls. XV Congresso Italiano di Meccanica Computazionale, AIMETA 2004, s. 1 ÷ 4.
- [10] Fedorowicz J.: Zagadnienia kontaktowe budowla – podłoże gruntowe. Część I. Kryteria modelowania i analiz podstawowych zagadnień kontaktowych konstrukcja budowlana – podłoże gruntowe. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
- [11] Fedorowicz J.: Zagadnienia kontaktowe budowla – podłoże gruntowe. Cz. II. Kryteria tworzenia i oceny modeli obliczeniowych układów konstrukcja budowlana – podłoże górnicze. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.

Otrzymano 29.04.2015 r.