

Zagrożenia wynikające z wystąpienia liniowych nieciągłych deformacji podłoża na terenach górniczych

Dr inż. Izabela Bryt-Nitarska

Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski w Katowicach

Spodziewanym efektem podziemnej eksploatacji górniczej jest kształtowanie się na powierzchni terenu regularnej niecki obniżeniowej. Powstaje ona w wyniku pionowego i poziomego przemieszczania się skał stropowych i cząstek gruntu w kierunku przestrzeni wyrobiska wybranej pod powierzchnią terenu. Zasięg niecki na powierzchni jest uzależniony od wielkości pola eksploatacyjnego, wysokości wybranej parceli i lokalnych warunków geologicznych. Czasami jednak, w obszarze terenów górniczych, na powierzchni ujawniają się nieciągłości o różnej genezie i możliwości przewidywania ich powstania.

Stosowane w praktyce metody prognozowania wskaźników deformacji ciągłych, pomimo obserwowanego rozproszenia losowego ich wartości, dają dobrą informację na temat przebiegu obniżeniowej niecki górniczej. Stanowią równocześnie podstawę przy wyznaczaniu zakresu profilaktyki budowlanej, wymaganej przepisami prawa [1, 3]. Nieciągłe deformacje powierzchni to zwykle trudne do prognozowania zjawiska o charakterze losowym, a ich występowanie jest lokalne, ściśle związane z tektoniką warstw karbonu produktywnego i budową nadkładu. W razie ujawnienia się pod obiektem budowlanym, skutki ich oddziaływania są zazwyczaj poważne. Dlatego też, w przypadku możliwości powstania deformacji nieciągłej, która może oddziaływać na budynek istniejący lub projektowany, jest konieczna indywidualna ocena poziomu zagrożenia konstrukcji ze wskazaniem sposobu ograniczenia niekorzystnego oddziaływania tej deformacji. W takiej sytuacji podstawę działań z zakresu profilaktyki budowlanej powinna stanowić szczegółowa opinia geologiczno-górnicza. W ramach opinii wykonuje się ocenę

poziomu zagrożenia powierzchni z powodu wystąpienia deformacji nieciągłej i oszacowanie rozmiaru możliwej deformacji. W procesie projektowym opinia ta powinna stanowić część dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wymaganej w przypadku obiektów znajdujących się w skomplikowanych warunkach gruntowych [4].

W artykule scharakteryzowano liniowe i powierzchniowe nieciągłości terenu, powstawanie których można wiązać z eksploatacją górniczą. Przedstawiono sposób ustalenia kategorii geotechnicznej obiektu zagrożonego wystąpieniem w podłożu tego rodzaju nieciągłości. Zidentyfikowano zagrożenia dla budynków wynikające z wystąpienia pod ich częścią fundamentową nieciągłych liniowych deformacji podłoża.

CHARAKTERYSTYKA NIECIĄGŁYCH DEFORMACJI TERENU GÓRNICZEGO

Ujawniające się na terenach górniczych deformacje nieciągłe można sklasyfikować jako deformacje powierzchniowe lub liniowe.

Deformacje powierzchniowe to lokalne zapadliska, zagłębienia, niecki i leje, które powstają na powierzchni terenu wskutek występowania pod powierzchnią pustek w górotworze. Pustki te, to wybrane, zwykle niewypełnione materiałem podsadzkowym, przestrzenie po prowadzonej dawnej płytkiej eksploatacji surowców skalnych. Aktywacja nieciągłości powierzchniowych może następować niezależnie od realizacji w ich rejonie bie-



Rys. 1. Przykłady deformacji liniowych progów ujawnionych w terenie

żącej eksploatacji górniczej, która wzrusza nadkład. Już sama obecność pustek w podłożu stwarza ryzyko powstania nieregularnych obniżen na powierzchni.

Wstępnie istnienie pustek w górotworze stwierdza się na podstawie analizy map pokładowych płytkich wyrobisk górniczych, dokumentacji geologicznej, rejestru powstałych nieciągłości powierzchni i wywiadu terenowego. W przypadkach uzasadnionych, np. koniecznością rozpoznania podłoża budowlanego, obecność pustek potwierdza się badaniami geologicznymi z wykorzystaniem metod geofizycznych, w szczególności geoelektrycznych i grawimetrycznych. Możliwe jest wówczas zlokalizowanie ich położenia oraz oszacowanie wielkości. W przypadku prawdopodobnego występowania w obrębie rzutu poziomego obiektu wielkość pustek określa się na podstawie odwiertów geologicznych. W miejscach stwierdzonych anomalii jest możliwe wykonanie otworów iniekcyjnych i ich wypełnienie w celu likwidacji pustek. Prowadzenie prac iniekcyjnych polega na wtłaczaniu do otworów mieszanin pyłowo-cementowo-wodnych. Po wykonaniu prac uzdatniających należy przeprowadzić ponowne badania geofizyczne w celu określenia ich skuteczności. Należy mieć na uwadze fakt, że zabiegi konsolidacji górotworu nie likwidują jednak całkowicie stref występujących rozluźnień. Dlatego też decyzję o podjęciu takich działań należy poprzedzić analizą ich celowości i możliwości do osiągnięcia skuteczności.

Nieciągłości ujawniające się na powierzchni jako liniowe powstają wskutek prowadzenia eksploatacji górniczej w sąsiedztwie stref naturalnych dyslokacji tektonicznych warstw geologicznych, tzw. uskoków lub wskutek prowadzenia eksploatacji w kilku pokładach usytuowanych na różnych głębokościach do jednej granicy. W obu przypadkach w otoczeniu granicy parcel wybierkowych powstają na powierzchni terenu strefy sumowania się odkształceń poziomych, co może doprowadzić do przekroczenia stanu równowagi granicznej w przypowierzchniowej warstwie górotworu. W zależności od rodzaju gruntu mogą powstać wówczas płaszczyzny poślizgu i progi terenowe – w grun-

tach niespoistych (rys. 1) lub szczeliny pionowe – w gruntach spoistych. Wysokości progów i szerokości szczelin mogą dochodzić do kilkudziesięciu centymetrów. Oba rodzaje deformacji przebiegają zwykle na długości od kilku do kilkudziesięciu metrów, jako deformacje pojedyncze lub w grupie, równoległe.

Do oceny możliwości powstania deformacji liniowych wykorzystuje się obserwacje skutków eksploatacji dokonanej, w tym przede wszystkim wyniki geodezyjnych pomiarów obniżen, wykonywanych cyklicznie na terenowych liniach obserwacyjnych. Cechą charakteryzującą aktywność uskoku geologicznego są anomalie występujące w rozkładzie wskaźników deformacji powierzchni wynikających z kształtowania się regularnej niecki obniżeniowej. W warunkach tworzenia się progu terenowego szczeliny lub fleksury może występować zwiększenie lub zmniejszenie się ich wartości. Na powierzchni terenu próg, szczelina lub fleksura tworzą się w sąsiedztwie pionowego odrzutowania krawędzi wychodni uskoku na stropie karbonu. Ogólną miarą aktywności tego rodzaju deformacji jest wartość prawdopodobieństwa, że dany uskok okaże się aktywny w warunkach prowadzenia eksploatacji górniczej. Aktywność dyslokacji zależy od kąta nachylenia płaszczyzny uskokowej i odległości krawędzi parceli eksploatacyjnej od uskoku. Zasadniczo, prawdopodobieństwo wystąpienia deformacji na powierzchni wzrasta w przypadku uskoków pionowych i mało nachylonych, a także w sytuacji występowania w górotworze wielu sąsiadujących ze sobą dyslokacji w warstwach geologicznych.

USTALENIE KATEGORII GEOTECHNICZNEJ OBIEKTU ZAGROŻONEGO WYSTĄPIENIEM DEFORMACJI NIECIĄGŁEJ

Obecność lub możliwość aktywacji nieregularnych deformacji powierzchniowych i liniowych w przypowierzchniowej warstwie górotworu, która stanowi równocześnie podłoże bu-

dowlane, ma wpływ na warunki posadowienia obiektów budowlanych. Na terenach górniczych rozpoznawanie geologiczne należy prowadzić zawsze z uwzględnieniem skutków dokonanych robót wybiórczych, gdyż wskutek deformacji przypowierzchniowej warstwy górotworu następuje zmiana cech mechanicznych podłoża. Przy rozpoznaniu warunków posadowienia do celów projektowych należy brać pod uwagę stopień wzruszenia górotworu eksploatacją już dokonaną. Aktualnie bowiem, najczęściej podziemną eksploatację pokładów węgla prowadzi się poprzez wybieranie złóż położonych na coraz większych głębokościach w granicach tych samych obszarów górniczych. Oznacza to powstawanie rejonów o silnie naruszonej i przeobrażonej strukturze geologicznej, na których wzrasta ryzyko wystąpienia nieciągłości powierzchni terenu. Dotyczy to również terenów pogórniczych.

Uwzględniając wymogi formalne Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej [4], w przypadku występowania na obszarach szkód górniczych możliwych nieciągłych deformacji górotworu warunki gruntowe należy uznać za skomplikowane. W przypadkach tych, poza wymaganą opinią geotechniczną, dokumentacją badań podłoża gruntowego i projektem geotechnicznym jest wymagane dodatkowo sporządzenie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej zgodnie z przepisami Ustawy: Prawo geologiczne i górnicze [2]. Dokumentacja ta ma określić w szczególności budowę geologiczną, warunki geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne podłoża

budowlanego lub określonej przestrzeni, a także przydatność badanego terenu do realizacji zamierzonych przedsięwzięć. Zakres dokumentacji geologiczno-inżynierskiej w sposób szczegółowy omawia się w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [5]. W praktyce, w dokumentacji tej powinien znajdować się opis warunków geologiczno-górniczych zawierający:

- cechy górotworu, charakterystyczne dla danego rejonu (obecność wyrobisk płytkich eksploatacji, szczeliny, zapadliska, występujące deformacje nieciągłe z ustaleniem ich charakteru i aktywności, lokalizację blisko położonych szybów, szybków, otworów wiertniczych, zwałowisk, hałd),
- określenie wpływów eksploatacji dokonanej, w tym obniżenie powierzchni ustalonych na podstawie pomiarów geodezyjnych prowadzonych na terenowych liniach obserwacyjnych przebiegających w rejonie lokalizacji inwestycji,
- analizę zaistniałych i przewidywanych zmian stosunków wodnych w przedmiotowym rejonie,
- charakterystyki wstrząsów indukowanych eksploatacją górniczą, w tym prognozowane przyspieszenia drgań powierzchni terenu wyrażone w mm/s^2 ,
- wartości prognozowanych wskaźników przewidywanych ciągłych deformacji powierzchni od eksploatacji projektowanej w rozwinięciu czasowym,



Rys. 2. Uszkodzenia budynku położonego na wypukłym obrzeżu niecki górniczej, przy równoczesnym oddziaływaniu progu terenowego pod budynkiem
a) spękanie i zabezpieczenie nadproża klatki schodowej, b) spękania ściany frontowej– stan w 2002 roku, c) stan budynku w 2014 roku

- określenie kategorii deformacji terenu z uwzględnieniem lokalnych warunków geologiczno-górnictwowych i sumowanie się wpływów kolejnych eksploatacji i możliwą aktywację starych zrobów płytkich wyrobisk.

ZAGROŻENIA DLA BUDYNKÓW SPOWODOWANE LINIOWYMI NIECIĄGLYMI DEFORMACJAMI PODŁOŻA

Obiekty budowlane zagrożone wystąpieniem nieciągłych deformacji podłoża są narażone na powstanie uszkodzeń w obrębie części fundamentowej i nadziemnej, a także na wystąpienie nadmiernego wychylenia konstrukcji.

Powstanie progu terenowego pod budynkiem w zaawansowanym wieku technicznym i mało sztywnych rozwiązaniach

materiałowo-konstrukcyjnych prowadzi zwykle do powstania sytuacji awaryjnej. Ze względu na dynamikę ujawniania się nieciągłości terenowych często zachodzi konieczność podejmowania w trybie natychmiastowym prac zabezpieczających w tych budynkach. W szczególnie trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych może nawet dochodzić do czasowego lub całkowitego wyłączenia obiektu z użytkowania. Na rys. 2 przedstawiono przykład budynku, który znalazł się w zasięgu oddziaływania wychodni aktywnego uskoku warstw geologicznych. Aktywację strefy uskoku wywołała eksploatacja górnicza, która w kilku kolejnych wybieranych pokładach podbierała płaszczyznę dyslokacji. W 2002 roku pod budynkiem powstał próg terenowy, a w konstrukcji pojawiły się znaczne uszkodzenia ścian w miejscu osłabienia sztywności konstrukcji klatki schodowej (rys. 2a, 2b). Wskutek wielokrotnego wybierania złożeń w sąsiedztwie aktywnego uskoku geologicznego w budynku tym, pomimo



Rys. 3. Spękania ścian budynku powstałe wskutek aktywacji progu terenowego
a) ściana przyziemia, b) ściana parteru



Rys. 4. Budynek, w którym pod częścią garażową powstał próg terenowy
a) widok bryły budynku, b) poziome spękania ściany w garażu



Rys. 5. Budynek o konstrukcji przystosowanej do wykonania rektyfikacji

podejmowania zabezpieczeń i napraw, zakres uszkodzeń pojawiających się przez kolejne lata doprowadził do konieczności wyłączenia go z użytkowania (rys. 2c).

Oddziaływanie na budynek nieciągłej deformacji podłoża powoduje nierównomierne obniżenia części fundamentowej, co może prowadzić do powstania znacznego zakresu uszkodzeń w obrębie kondygnacji posadowienia i uszkodzeń w kondygnacjach nadziemnych na skutek deformowania się całej bryły budynku. Na rys. 3 i 4 przedstawiono przykłady budynków, pod fundamentami których wystąpiły progi terenowe, a ich konstrukcje w krótkim czasie uległy znacznym uszkodzeniom. Budynek na rys. 3 to willa z XIX wieku, podpiwniczona, dwukondygnacyjna, o murowanej z cegły konstrukcji ścian i betonowym stropie piwnic na belkach stalowych. Strop nad parterem budynku i schody wewnętrzne są drewniane. Ukształtowanie bryły budynku jest charakterystyczne dla budownictwa willowego, w części budynku znajduje się reprezentacyjny duży holl i schody na antresolę. W warunkach oddziaływania na konstrukcję deformacji nieciągłej rozwiązanie to znacznie osłabiło sztywność konstrukcji, co spowodowało poważny zakres uszkodzeń w kondygnacji piwnicznej i w ścianach nadziemna budynku (rys. 3a, 3b).

Budynek przedstawiony na rys. 4 wykonano o zróżnicowanej sztywności w obrębie bryły i posadowiono na zmiennym poziomie, bez wykształcenia dylatacji. W trakcie prowadzenia prac wykończeniowych pod niepodpiwniczoną częścią garażową ujawnił się próg terenowy o wysokości około 0,5m. W budynku, pomimo monolitycznych żelbetonowych łąw fundamentowych, wieńców stropowych i wzmocnionych warstwą nadbetonu stropów gęstożebrowych, w wyniku oddziaływania progu powstały poważne uszkodzenia ścian murowanych. Poziomym spękaniami uległy ściany niepodpiwniczonej części garażowej, która znalazła się po stronie upadu progu (rys. 4b). W zasadniczej części budynku wystąpiły zaś ukośne spękania ścian kondygnacji nadziemna, głównie użytkowego poddasza.

W budynkach o sztywnej konstrukcji, przystosowanych do przejścia ciągłych górniczych deformacji podłoża, w wyniku oddziaływania progu terenowego można spodziewać się również powstania nadmiernych wychyleń konstrukcji, zagrażających jej stateczności czy stwarzających dużą uciążliwość w użytkowaniu [6]. Dotyczy to szczególnie sytuacji, kiedy usuw

gruntu następuje pod znaczną częścią powierzchni rzutu poziomego budynku. W istniejących obiektach, w takich przypadkach jest możliwe przywrócenie pionowego położenia poprzez tzw. rektyfikację. W obiektach planowanych do wzniesienia, które są zagrożone możliwością wystąpienia nieciągłości terenowej, możliwym sposobem postępowania jest uwzględnienie na etapie ich projektowania przystosowania konstrukcji do procesu rektyfikacji. Przykład tego rodzaju działania może stanowić budynek o funkcji publicznej wzniesiony na działce zagrożonej powstaniem progu terenowego o wysokości około 0,5 m (rys. 5). W obrębie posadowienia budynku wykonano podwójny ruszt fundamentowy obliczony na obciążenia projektowe i fazy podnoszenia konstrukcji, który przygotowano na montaż podnośników hydraulicznych. Zwiększono także sztywności konstrukcji nadziemna.

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono podstawowe zagrożenia dla budynków, które są następstwem oddziaływania liniowych nieciągłości podłoża budowlanego, głównie ujawnienia się progu terenowego pod częścią fundamentową. Omówiono przykłady wskazujące na możliwość powstania sytuacji:

- 1) zniszczenia mało sztywnych budynków o zaawansowanym wieku technicznym w wyniku wielokrotnego oddziaływania deformacji terenu powodowanych eksploatacją górnictw, w tym również progu terenowego,
- 2) wystąpienia odrywania części konstrukcji w budynkach o różnym poziomie posadowienia nieoddylatowanych od siebie części o zmiennej sztywności,
- 3) nadmiernego wychylenia się budynku wskutek usuwu gruntu pod fundamentem.

W sytuacjach (1) i (2) jest wymagane podejmowanie napraw przywracających nośność elementów konstrukcji. W przypadku, kiedy wartość deformacji w terenie narasta dynamicznie, a zakres uszkodzeń w budynku zagraża stateczności elementów konstrukcji, jest konieczne wykonanie doraźnych jej zabezpieczeń. W przypadku wystąpienia sytuacji (3) pod budynkiem istniejącym może być wymagane przywrócenie pionowego położenia bryły w przestrzeni. Przystosowanie konstrukcji do

rektyfikacji na etapie jej realizacji ułatwia proces i przyspiesza decyzję o podjęciu prac oraz bezpośrednio przekłada się na skrócenie okresu trwania obniżonych właściwości użytkowych w budynku.

LITERATURA

1. Prawo budowlane. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku (Dz. U. 2010 nr 243 poz. 1623).
2. Prawo geologiczne i górnicze. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku (Dz. U. nr 163 poz. 981).

3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami).
4. Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych z dnia 25 kwietnia 2012 roku (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 463).
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej z dnia 23 grudnia 2011 roku (Dz. U. 2011 nr 291 poz. 1714).
6. Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych. Instrukcja Głównego Instytutu Górnictwa nr 12. Katowice 2000.