

Przykład oddziaływania procesów geodynamicznych na stan konstrukcji budynku. Cz. 1. Analiza stanu uszkodzeń

LUCYNA FLORKOWSKA, IZABELA BRYT-NITARSKA

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

Posadowienie obiektu budowlanego na terenie objętym zagrożeniem uruchomienia procesów geodynamicznych prowadzić może do wystąpienia niebezpiecznych stanów w konstrukcji obiektu, łącznie z zagrożeniem jego bezpieczeństwa. Właściwe rozwiązania projektowe mogą zabezpieczyć budowlę przed niekorzystnym oddziaływaniem ruchów podłoża, jednak błędy poczynione na etapie rozpoznania geotechnicznego, projektowania i wykonania skutkują poważnymi, negatywnymi konsekwencjami.

W pracy przedstawiono analizę wpływu ruchów masowych przypowierzchniowych warstw górotworu na stan konstrukcji wielosegmentowego budynku użyteczności publicznej. Stan budynku, w którym w wyniku uruchomienia procesów geodynamicznych powstały liczne uszkodzenia, poddany został monitorowaniu za pomocą dwóch niezależnych sieci obserwacyjnych. Praca zawiera wyniki obserwacji stanu kilkudziesięciu rys zinventaryzowanych w budynku oraz wykonaną na ich podstawie analizę stanu obiektu.

Celem prowadzonych badań było wyznaczenie głównych kierunków oddziaływań obciążających konstrukcję budynku, ocena charakteru pracy ustroju nośnego pod wpływem dodatkowych obciążeń oraz ocena dynamiki ujawniania się procesów deformacji i niszczenia konstrukcji.

Słowa kluczowe: ruchy masowe, osuwiska, budynek, rysy, podłoże

1. Wstęp

W klasycznym ujęciu projektowym podłoże stanowi dla obiektu budowlanego podporę przejmującą obciążenia działające na konstrukcję oraz zapewniającą zachowanie stateczności. Z zasady unika się zatem lokowania zabudowy na terenach występowania realnego zagrożenia ruchami warstw przypowierzchniowych – zarówno wywołanymi procesami antropogenicznymi, jak i powodowanymi działalnością człowieka. Jeśli okoliczności wymuszają posadowienie obiektu budowlanego na tego typu obszarach konieczne jest specjalne zaprojektowanie i wykonanie konstrukcji z uwzględnieniem odpowiednich zabezpieczeń.

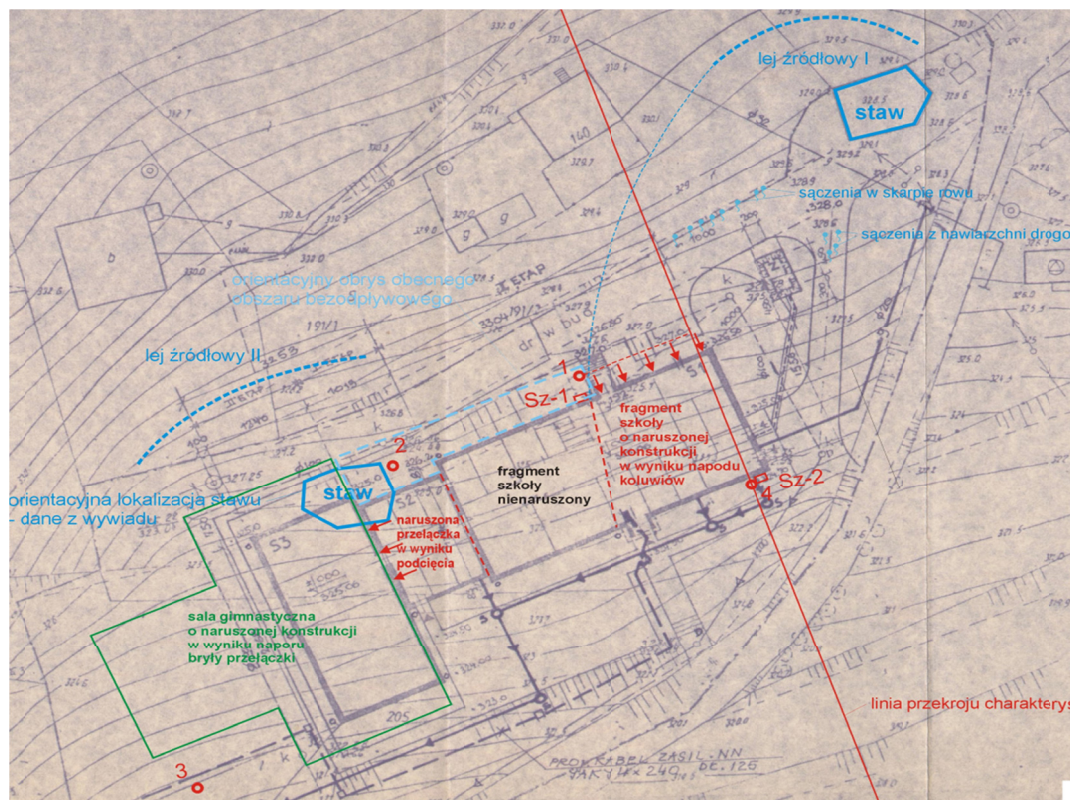
Sytuacje, w których podłoże, zamiast pełnić funkcję stabilizującą i przejmującą obciążenia stanowi źródło dodatkowych obciążeń konstrukcji, należą do grupy zagadnień złożonych w aspekcie naukowym a także skomplikowanych w kontekście inżynierskim.

Badania naukowe obiektów poddanych oddziaływaniu deformacji podłoża pozwalają na śledzenie zachowania się konstrukcji pracujących w takich warunkach i dostarczają cennych informacji, które stanowią podstawy opracowywania procedur odpowiedniego projektowania i zabezpieczania budowli. Badania prowadzone na obiektach rzeczywistych opierają się na obserwacjach i pomiarach stanu deformacji. Analizy oparte na wynikach tych obserwacji pozwalają następnie, przy wykorzystaniu modeli obliczeniowych i wnioskowania indukcyjnego (typu: od następstw do racji), określać stan naprężenia, będący odpowiedzią konstrukcji na deformacje podłoża [Florkowska, 2010].

2. Charakterystyka obiektu

2.1. Sytuacja geologiczna posadowienia obiektu

Budynek posadowiony został w niekorzystnych warunkach geologicznych i hydrologicznych. Teren lokalizacji w Systemie Ochrony Przeciwoświsowej SOPO oznaczony został jako obszar predestynowany do wystąpienia ruchów osuwiskowych [Wójcik, 2016]. Dodatkowo w pobliżu budynku zlokalizowane są dwa leje źródłowe, a wzniesienie obiektu zaburzyło naturalny spływ wody gruntowej i opadowej po zboczu (Rys. 1) [Murzyn, 2015]. Powstały wokół budynku teren bezodpływowy kumulował dodatkowe niekorzystne zjawiska, które zachodziły w podłożu budynku powodując powstanie deformacji i uszkodzeń elementów nośnych konstrukcji obiektu.



Rys. 1. Lokalizacja i warunki hydrogeologiczne obiektu

2.2. Ogólny opis konstrukcji budynku

Budynek zaprojektowano w 1991 r., jako zespół trzech niezależnych segmentów, powiązanych ze sobą funkcjonalnie. Realizację zadania inwestycyjnego zaplanowano w dwóch etapach. Etap I – wzniesienie budynku szkoły i przewiązki komunikacyjnej, Etap – II – wzniesienie sali widowiskowo-sportowej z zapleczem świetlicowym. Etap I zrealizowano z początkiem lat 90-tych. Budynek sali sportowej wraz z zapleczem socjalnym wzniesiono w 2011r., według projektu budowlanego zmienionego w stosunku do założeń pierwotnych.

Budynek szkoły o wymiarach rzutu poziomego wynoszących ok. 33,5 m × 15,5 m oraz budynek przewiązki o wymiarach ok. 11,0 m × 15,0 m posadowiono na układzie żelbetowych ław fundamentowych, bez podpiwniczenia. Segment szkoły posiada dwie pełne kondygnacje naziemne z użytkowym poddaszem.

Ściany przyziemia, w północnej, zagłębionej części budynku na wysokości zagłębienia projektowano do wykonania, jako betonowe monolityczne. Ściany zewnętrzne budynku są murowane, warstwowe, z elementów drobnowymiarowych. Stropy między-kondygnacyjne zrealizowano, jako monolityczne, żelbetowe oraz gęstożebrowe typu „Fert”.

Segment sali widowiskowo-sportowej o ogólnych wymiarach rzutu poziomego wynoszących ok. 33,0 m × 18,0 m wzniesiono wraz z częścią socjalną o wymiarach ok. 18,0 m × 18,0 m. W części sali gim-

nastycznej i zaplecza socjalnego posadowienie wykonano w postaci wysokiego rusztu fundamentowego. Ściany nadziemia murowane są z bloczków ceramicznych i usztywnione poprzez układ monolitycznych słupów i rygli wylewnych na mokro.

Z uwagi na różne okresy realizacji Etapów I i II brak jest dokładnych informacji na temat relacji poziomu posadowienia poszczególnych segmentów budynku.

3. Obserwacje stanu budynku

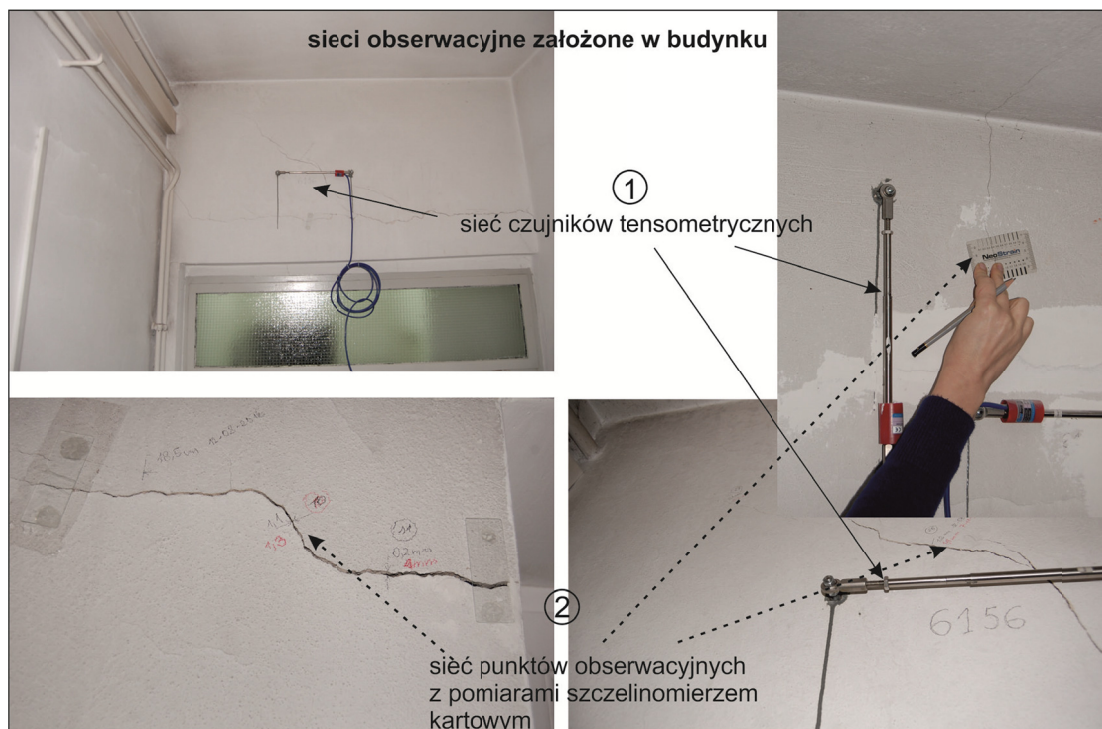
Dla zbadania przebiegu zmian w stanie uszkodzenia obiektu zaprojektowano dwie, niezależne sieci obserwacyjne (Rys. 2).

- (1) Sieć pomiarowa oparta na strunowych sensorach tensometrycznych firmy Geokon. Sieć złożona jest z pięciu „punktów” pomiarowych usytuowanych nad wyselekcjonowanymi rysami o różnej orientacji, zlokalizowanymi w obszarach objętych największą koncentracją uszkodzeń. Miejsca instalacji czujników wytypowano uwzględniając występowanie ekstremalnych rozwarości szczelin w kondygnacji przyziemia budynku.

Wyniki pomiarów zrealizowanych za pomocą sieci (1) omówiono w pracy E. Włosińskiej *Przykład oddziaływania procesów geodynamicznych na stan konstrukcji budynku. Analiza pomiarów deformacji* [2016].

- (2) Sieć obserwacyjna złożona ze zbioru punktów obserwacyjnych założonych na zinwentaryzowanych szczelinach o różnej rozwarości, rozpiętości i orientacji, rozłożonych w całym budynku. Obserwacja polegała na cyklicznych pomiarach rozwarości rys za pomocą szczelinomierza kartowego, wykonywanych na dwudziestu pięciu szczelinach (ozn. I÷XV), łącznie w około dziewięćdziesięciu punktach pomiarowych.

W okresie obejmującym dziewięć miesięcy wykonano łącznie 6 cykli pomiarowych na obu sieciach, z częstotliwością dostosowaną do okresów możliwego nasilania się ruchów osuwiskowych tj. po gwałtownych opadach deszczy, w okresach długotrwałych opadów atmosferycznych, w okresie wiosennych roztopów.

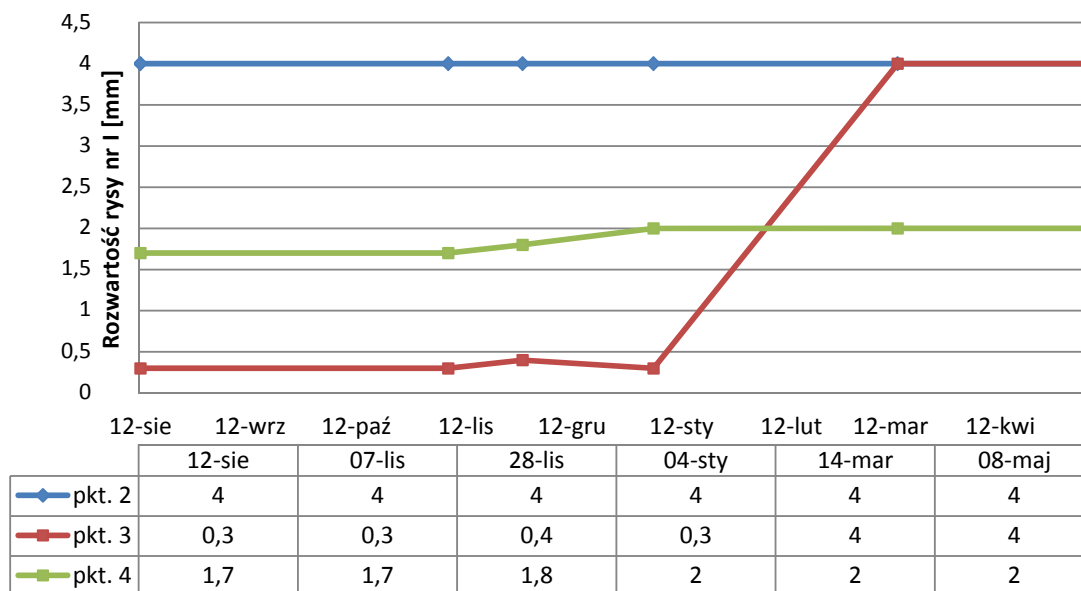


Rys. 2. Wybrane punkty sieci obserwacyjnych założonych w budynku: (1) sieć oparta na czujnikach tensometrycznych Geokon, (2) punkty sieci pomiarowej rozwarości rys, pomiar szczelinomierzem kartowym

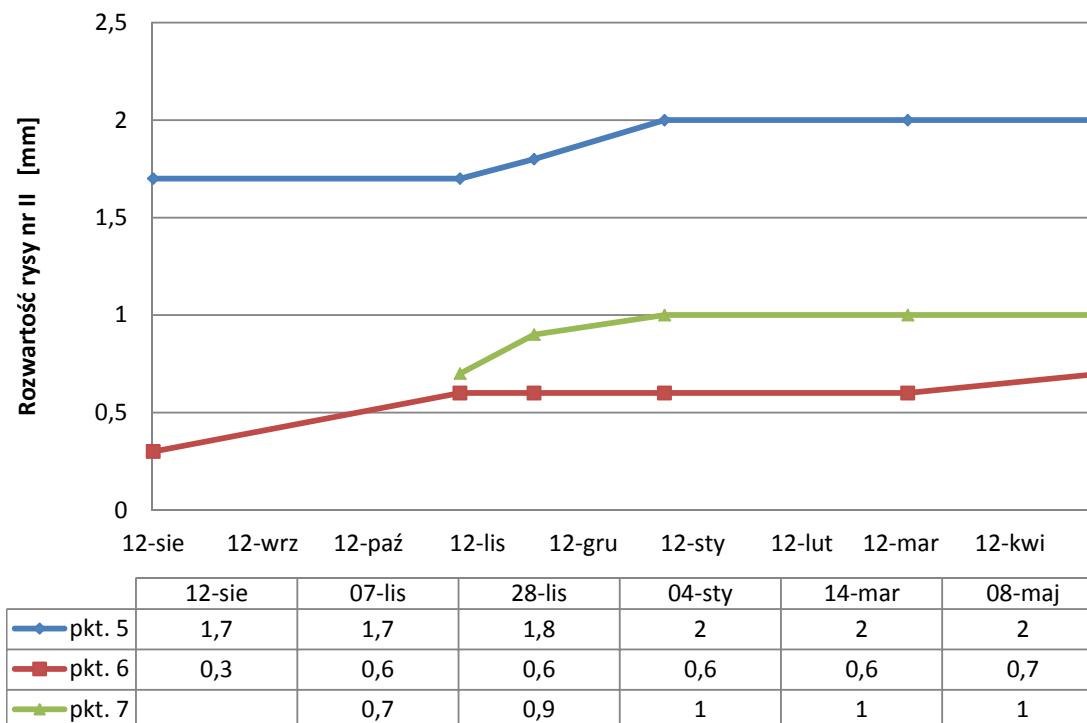
Na sieci ozn. (2) monitorowaniu podlegały następujące parametry rys: rozwarość [mm], zasięg mierzony w płaszczyźnie ściany, orientacja rysy w odniesieniu do płaszczyzny ściany, charakter przebiegu

ozn.: ukośna, pionowa i pozioma. Inwentaryzacja rys i spękań obejmowała również rejestrację graficzną ich przebiegu wraz z opisem szerokości rozwarcia w miejscach charakterystycznych. Uzupełnieniem inwentaryzacji graficznej była wykonywana cyklicznie dokumentacja fotograficzna rys i innych uszkodzeń.

Rejestr zmian poszczególnych rys analizowano w czasie z wykorzystaniem pomiarów punktowych ich rozwarć w miejscach charakterystycznych tj. największego rozwarcia, zmiany przebiegu: pozioma – ukośna. Przykład rejestru dla rys ozn. I i II przedstawiają rysunki 3 i 4.



Rys. 3. Rejestr zmian rozwarć rysy ozn. I w punktach obserwacyjnych: 2, 3,4



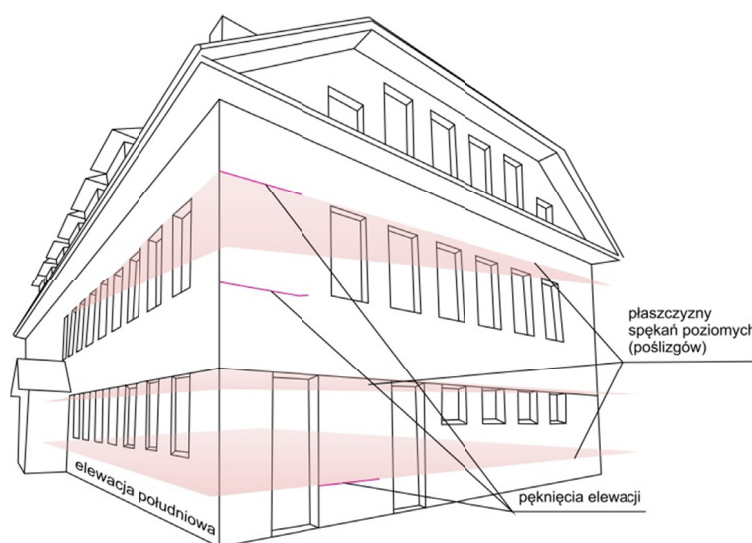
Rys. 4. Rejestr zmian rozwarć rysy ozn. II w punktach obserwacyjnych: 2, 3,4

Analizie podlegały również: układu zarysowań i spękań, identyfikacja miejsc występowania największych rozwarć rys na ich długości, głębokości zarysowań. Prowadzone w powyższy sposób obserwacje pozwoliły na rejestrację przebiegu zmian rozwartości rys, charakteru ich propagacji na powierzchni ścian i elementów konstrukcyjnych, ocenę aktywności i prędkości procesu niszczenia konstrukcji [Bryt-Nitarska, 2013].

4. Analiza wyników obserwacji

Przeprowadzone za pomocą sieci nr 2 obserwacje zbioru zarysowań wykazują, że uszkodzenia te mają tendencję postępującą (Tab. 1). Około 30% zinwentaryzowanych rys w okresie trzech miesięcy zwiększyło swoją rozwartość. W kilku rysach poziomych dodatkowo odnotowano propagację. Zauważono również pęknięcia świeżych łat gipsowych, którymi naprawiane były poziome rysy przebiegające w poziomie nadproży okiennych kondygnacji przyziemia od strony południowej, co świadczy o bieżącej aktywności tych rys.

Ogólny obraz uszkodzeń wskazuje, że w wyniku procesów zachodzących w podłożu w bryle budynku uformowały się horyzontalne płaszczyzny poślizgu (Rys. 3), przebiegające na granicach poziomych elementów konstrukcyjnych. Kierunek i charakter poziomych i ukośnych rys w nadprożach i ścianach równoległych do kierunku nachylenia stoku oraz zdeplanacja powierzchni ścian przy powierzchniach tych rys świadczą o wymuszonym ruchem podłoża gruntowego deformowaniu się bryły.



Rys. 3. Przebieg płaszczyzn poślizgu i lokalizacja głównych zarysowań zewnętrznych

Charakter uszkodzeń wskazuje na wystąpienie zmian oddziaływania podłoża na część fundamentową konstrukcji i zagłębione ściany przyziemia. Na obecnym etapie wnioskować można o złożonym oddziaływaniu zwiększonego parcia gruntu oraz poziomego przemieszczania się całej bryły budynku.

5. Podsumowanie i wnioski

Zaplanowany zakres badań obiektu pozwolił na ocenę głównych kierunków oddziaływań, charakteru pracy ustroju nośnego oraz dynamiki procesów deformacji i niszczenia.

Wykonane badania wskazują, że trwające w podłożu ruchy warstw przypowierzchniowych powodują powiększanie się zakresu uszkodzeń budynku. Uszkodzenia te mają charakter rys i spękań przebiegających głównie w poziomych płaszczyznach poślizgu. Uwidaczniają się także na ścianach o orientacji S-N jako poziome i ukośne, zdeplanowane rysy skrośne (obejmujące całą grubość ściany), o poszarpanym przebiegu świadczącym o ścinaniu oraz przesuwie z tarcie.

Stan powyższy sklasyfikować należy jako niebezpieczny dla pracy konstrukcji. Uszkodzenia elementów nośnych wymagają remontu i przywrócenia nośności projektowej. Konieczne jest również podjęcie działań zmierzających do ustabilizowania podłoża, bądź zakotwienia fundamentów budynku w głębiej położonych, stabilnych warstwach gruntów, zalegających poniżej wyznaczonej granicy poślizgu i zsuwu.

Literatura

- Florkowska L., 2010: *Zastosowanie mechaniki nieliniowej w zagadnieniach ochrony budynków na terenach górniczych*. Archives of Mining Sciences. Monografia. Nr 11. Kraków.
- Murzyn R.: *Opinia geotechniczna „Rozpoznanie warunków posadowienia obiektu w związku z wystąpieniem rys i pęknięć murów Szkoły Podstawowej w (...)”*. 2015 (dokument niepublikowany).

- Wójcik A., 2016: *Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000*. <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO> [dostęp 29 sierpnia 2016].
- Włosińska E. 2016: Przykład oddziaływania procesów geodynamicznych na stan konstrukcji budynku. Analiza pomiarów deformacji. *Prace IMG PAN*, t. 4 s. 89-95.
- Bryt-Nitarska I., 2013: *Ocena stanu technicznego budynków murowanych na terenach górniczych*. Poradnik ITB nr 485/2013. Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej Warszawa.

The impact of the landslide on the state of building construction example. Part 1. The state of stress analysis

Abstract

Placing a building on a landslide site may result in dangerous conditions in its construction; including the occurrence of a threat to the safety of the building. Appropriate design solutions can protect the structure from adverse effects of substrate movements, however, mistakes made in the geotechnical, design and performance phase result in serious negative consequences.

The paper presents an analysis of the influence of mass movements of surface layers of rock mass on the state of multi-segment structure of mixed structure. The state of the building, where due to the start of geodynamic processes numerous damages have been caused was monitored by two independent observation networks. The work includes the results of observing the behavior of dozens of cracks in the inventory and the analysis of the condition of the object.

Keywords: landslide, damage, building, subsoil