

# Budynki ścianowe na terenach górniczych o deformacjach nieciągłych.

## Część 1 – Rozwiązania analityczne

### Wall buildings in mining areas of discontinuous deformation

#### Part 1 – Analytical solutions



Dr inż. Andrzej Cińcio\*)



Dr hab. inż. Jan Fedorowicz prof. WST\*\*)

**Treść:** W części I pracy przedstawiono uproszczoną metodykę przeprowadzania analizy statycznej budynków o konstrukcji ścianowej w sytuacji, gdy w obrębie rzutu poziomego ich fundamentów może pojawić się lokalna nieciągłość terenu w postaci progów. Sformułowano podstawowe założenia pracy oraz podano rozważania teoretyczne prowadzące do określania dodatkowego obciążenia budowli sztywnej znajdującej się nad uskokiem. Następnie sformułowano sposób pozwalający na rozdzielenie wyznaczonego obciążenia przestrzennej bryły budynku na poszczególne ściany budynku. Przyjęto przy tym założenie, że kierunek przebiegu liniowej nieciągłości powierzchni jest określony, a jej zasięg mierzony w obrębie rzutu poziomego fundamentu, nie przekroczy zdefiniowanej w pracy odległości krytycznej.

**Abstract:** Part 1 of the work presents a simplified methodology for the static analysis of longwall construction buildings, in which case a local area discontinuity may appear in the form of threshold within the horizontal projection of their foundation. This paper provides formulation of the basic assumptions of the work and presents theoretical considerations leading to the determination of additional load on a rigid structure located above the fault. Moreover, a method allowing to separate the determined load of the spatial body of the building on each building wall. It was assumed that the direction of the surface linear discontinuities is known and its reach measured within the horizontal projection of the foundation should not exceed the critical distance defined in the work.

#### Słowa kluczowe:

tereny górnicze, deformacje nieciągłe, szkody górnicze, konstrukcje murowe, obciążenia górnicze konstrukcji murowych

#### Key words:

mining areas, discontinuous deformations, mining damage, masonry structures, load on masonry structure

#### 1. Wstęp

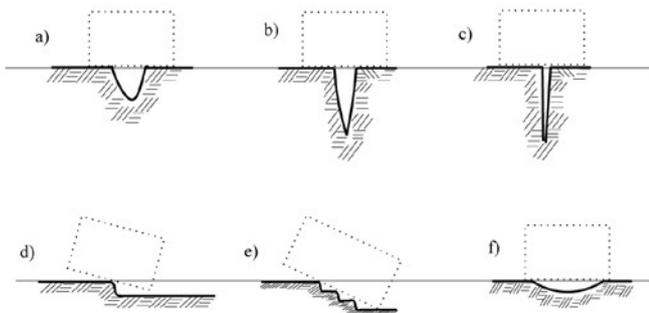
Problemy budownictwa na terenach górniczych dotyczą przede wszystkim projektowania nowych budowli lub ich dostosowywania w fazie projektowania do przewidywanych deformacji terenu. Jednak równie ważnym i obszernym zagadnieniem dotyczącym budownictwa na terenach górniczych jest oddziaływanie eksploatacji górniczej na budowle już istniejące. Eksploatacja płytko zalegających pokładów bądź eksploatacja intensywna, może powodować wystąpienie lokalnych zaburzeń ciągłości powierzchni terenu w postaci np. progów, szczelin, uskoków lub lejów (rys. 1). Zjawiskami takimi zagrożone są przede wszystkim tereny niekorzystnie

„uwarunkowane geologicznie” np. obszary wychodni pokładów i naturalnych uskoków tektonicznych, gdy zachodzi podejrzenie, że kolejna eksploatacja uruchomi w sposób naturalny procesy osuwania się warstw skalnych lub wywoła wpływ wód podziemnych do starych wyrobisk.

Oczywiście, rozważając możliwość zabezpieczenia obiektu budowlanego przed powstaniem stanu zagrożającego bezpieczeństwu użytkowników musimy wykluczyć postacie deformacji powierzchni o charakterze katastrofalnym, jak leje czy zapadliska o wielometrowych głębokościach. Wydaje się jednak, że przypadki takie zawsze wiązały się z błędną i rabunkową gospodarką złożami. Istnieją jednak obszary, gdzie jako jedyną formę lokalnych deformacji obserwuje się powstawanie progów lub uskoków. Są one zwykle konsekwencją kolejnej eksploatacji, która w wyniku istniejących,

\*) Politechnika Śląska, Gliwice \*\*\*) Wyższa Szkoła Techniczna, Katowice

odpowiednich warunków geologicznych uruchamia procesy np. usuwania się naruszonych struktur skalnych, czy spływu wód podziemnych do starych zrobów. Jeżeli zatem istnieje zagrożenie powstaniem na powierzchni uskoków czy progów, przebiegających w zasięgu lokalizacji budowli, należy się zastanowić nad sposobem ich zabezpieczenia. W polskiej literaturze brak jest opracowań zajmujących się tym zagadnieniem.



Rys. 1. Rodzaje deformacji nieciągłych powierzchni terenu: a) zapadlisko, b) lej, c) szczelina (pęknienie), d) i e) progi, f) zapadlisko lokalne

Fig. 1. Types of discontinuous deformations of the surface area: a) sink hole; b) funnel; c) crack; d) and e) ground braces; f) local sink

Niektóre szczególne przypadki wpływu deformacji nieciągłych na budynki murowane rozpatrywano w pracach (Fedorowicz, Fedorowicz 1994, Fedorowicz i in. 1997, Fedorowicz i in. 1995, Szojda 2009, 2015). Pojawiające się co jakiś czas w piśmiennictwie technicznym krótkie opracowania np. (Kruczkowski 2010, Strzałkowski i in. 2006), dotyczą zaistniałych konkretnych sytuacji zagrożenia budowli nieciągłością lub prób prognozowania deformacji nieciągłych (Niemiec 2011, Burtan i in. 2010, Kowalski 2005). Praca Sachsa (1990) porusza natomiast jedynie problem prognozowania możliwych deformacji zapadliskowych na terenach górniczych. Jedyne wskazania dotyczące sposobu oceny sił wewnętrznych w budowlach posadowionych na terenach o deformacjach nieciągłych zawierają publikacje rosyjskie np. (Методические ... 1973) i ukraińskie np. (Указания ... 1971).

W niniejszej pracy omówiono pewną, częściowo już prezentowaną wcześniej w pracach (Fedorowicz, Fedorowicz 1994, Fedorowicz i in. 1997, Fedorowicz i in. 1995), uproszczoną metodykę przeprowadzania analizy statycznej budynków o konstrukcji ścianowej w sytuacji, gdy w obrębie rzutu poziomego ich fundamentów może znaleźć się lokalny próg lub uskok terenu. W części pierwszej przedstawiono sformułowanie podstawowych założeń pracy oraz podano rozważania teoretyczne prowadzące do określania dodatkowego obciążenia budowli sztywnej znajdującej się nad uskokiem. Następnie sformułowano pewien sposób pozwalający na rozdzielenie wyznaczonego obciążenia przestrzennej bryły budynku na poszczególne jego ściany.

Część drugą poświęcono analizie numerycznej zadania oraz weryfikacji otrzymanych analitycznie w tej części pracy wyników obciążenia budowli, a także sformułowaniu wniosków pozwalających na wykorzystanie zawartych w pracy informacji przy projektowaniu konstrukcji ścianowej w warunkach możliwości wystąpienia uskoku terenu.

## 2. Założenia analizy

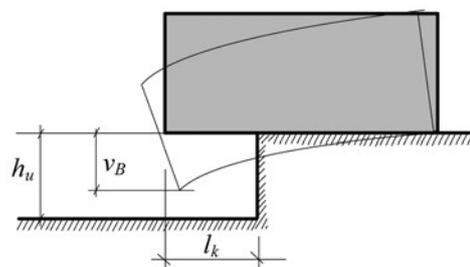
W pracy jako wyjściowe przyjęto, że:

- analizuje się budynki o konstrukcji ścianowej, zaprojek-

towane jako sztywne w myśl wytycznych projektowania (Wytyczne ... 1988, Projektowanie ... 2006),

- budowle zagrożone wystąpieniem w obrębie ich rzutu poziomego deformacji nieciągłych typu próg lub uskok można zabezpieczyć w sposób umożliwiający bezpieczne dla użytkowników przeniesienie przez konstrukcję wywołanych nimi obciążeń,
- kierunek krawędzi możliwego uskoku (progu) jest określony w granicach dopuszczalnego błędu w wyniku np. uwarunkowań geologicznych. Rzeczywiste zaś równoległe położenie krawędzi uskoku ma charakter losowy. Przewiduje się ponadto, że położenie to nie przekroczy tzw. położenia krytycznego uskoku,
- modelem podłoża będzie model liniowo-sprężysty sparametryzowany współczynnikiem pionowej podatności  $C$ , określonym w sposób podany w (Wytyczne ... 1988, Projektowanie ... 2006).

Przez położenie krytyczne uskoku rozumiemy ostatnie możliwe położenie krawędzi uskoku mierzone odległością  $l_k$ , przy którym budynek „zawisnie” nad uskokiem (rys. 2).



Rys. 2. Schemat analizowanego przypadku położenia budynku nad uskokiem

Fig. 2. Scheme of the analyzed case of the position of the building above the fault

Stan ten można, jak wskazują doświadczenia inżynierskie (Ledwoń 1983), stosunkowo łatwo usunąć, nie dopuszczając do obrotu budynku w wyniku osuwania się podłoża. Zbyt mocne bowiem nachylenie budynku powoduje większe uszkodzenia i utratę walorów użytkowych budynku niż uszkodzenia powstałe w wyniku „zawisnięcia” budynku nad uskokiem.

## 3. Sformułowanie problemu i jego rozwiązanie

Rozpatrzmy dowolny rzut poziomy budynku, opisany w globalnym układzie współrzędnych  $(x, y, z)$  – rys. 3. Przyjmijmy, że wypadkowa  $Q$  działających na budynek obciążeń – ciężaru własnego i obciążenia użytkowego znajduje się nad punktem  $\Gamma(\Delta_x, \Delta_y)$ . Załóżmy położenie krawędzi uskoku  $l_u$  opisaną odległością  $l_k$  od początku układu współrzędnych  $(x, y, z)$  oraz kątem  $\Psi$ , zawartym między prostą  $l_k$  prostopadłą do prostej  $l_u$  a osią  $Ox$ . Niech krawędź uskoku  $l_u$  dzieli pole rzutu poziomego budynku na dwie części:  $F_1$  – część pozbawioną kontaktu z podłożem oraz  $F_2$  – pośredniczącą w przenoszeniu obciążenia  $Q$  na podłoże.

Wybermy dowolny punkt  $O_1(x_1, y_1)$  w części  $F_2$  jako początek nowego układu współrzędnych  $(x_p, y_p, z_p)$  równoległego do układu  $(x, y, z)$ . Traktując budynek jako bryłę sztywną, można oddziaływanie liniowo-sprężystego podłoża opisać w układzie  $(x_p, y_p, z_p)$  równaniem:

$$\sigma_{z_1}(x_1, y_1) = a \cdot x_1 + b \cdot y_1 + c \quad (1)$$

gdzie:  $a, b, c$  – na razie nieznanne parametry liczbowe.



Zatem równanie odporu podłoża (1) zapisane w głównym centralnym układzie współrzędnych  $(x_o, O_p, y_o)$  przyjmie postać:

$$\sigma_{z_o}(x_o, y_o) = \frac{Q}{F_2} \cdot \left( \frac{x_o}{\left(\frac{J_{y_o}^{(2)}}{F_2 \cdot \Delta_{x_o}}\right)} + \frac{y_o}{\left(\frac{J_{x_o}^{(2)}}{F_2 \cdot \Delta_{y_o}}\right)} + 1 \right) \quad (11)$$

Można zauważyć, że wyrażenie (11) ma analogiczną postać do wyrażenia opisującego rozkład naprężenia w przekroju poprzecznym pręta ściskanego mimośrodowo. A zatem wyrażenie w nawiasie wzoru (11) przyrównane do zera określa w głównym centralnym układzie współrzędnych  $(x_o, O_p, y_o)$  równanie prostej, wzdłuż której sprężysty odpór gruntu  $\sigma_{z_o}(x_o, y_o)$  jest równy zeru.

Zatem, jeżeli siła  $Q$  znajdzie się w punkcie o współrzędnych  $(\Delta_{x_o}, \Delta_{y_o})$  pewnej – poszukiwanej dalej – prostej, to w wybranym punkcie  $\Gamma_i(x_o, y_o)$  obwodu rzutu poziomego (rys. 3) odpór gruntu  $\sigma_{z_o}(x_o, y_o)$  będzie równy zeru. W głównym centralnym układzie współrzędnych  $(x_o, O_p, y_o)$  wyraża to równanie (12).

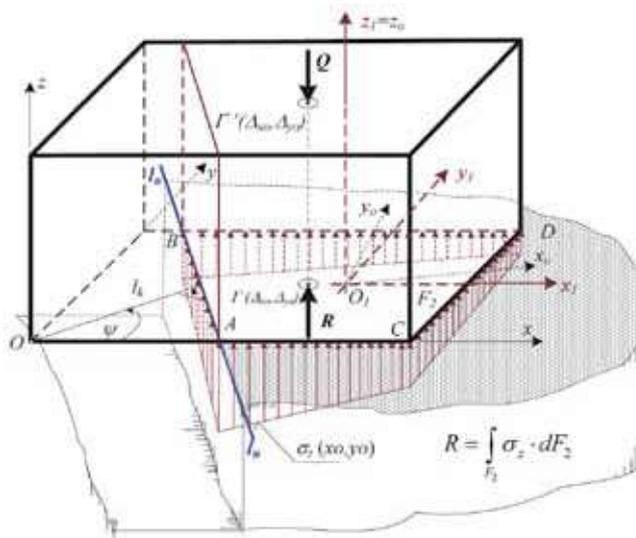
$$\frac{-F_2 \cdot \Delta_{x_o}}{J_{y_o}^{(2)}} \cdot x_o + \frac{-F_2 \cdot \Delta_{y_o}}{J_{x_o}^{(2)}} \cdot y_o = 1 \quad (12)$$

W praktyce inżynierskiej na terenach górniczych często projektowane są budynki o regularnym, prostokątnym obrysie rzutu poziomego fundamentów (rys. 4) i wówczas wystarczy, gdy rozważymy trzy różne, możliwe położenia krawędzi uskoku względem rzutu budynku (rys. 5).

Jeżeli teraz wyznaczymy zbiór prostych typu (12) dla wszystkich punktów  $\Gamma_i(x_o, y_o)$  (rys. 3) – czyli dla całego brzegu obszaru  $F_2$  – otrzymamy w ten sposób zamknięty obszar  $\bar{F}_2$  (rys. 5), taki, że ustawiona w nim siła  $Q$  wywoła odpór podłoża tylko jednego znaku ( $\sigma_{z_o}(x_o, y_o) \geq 0$ ).

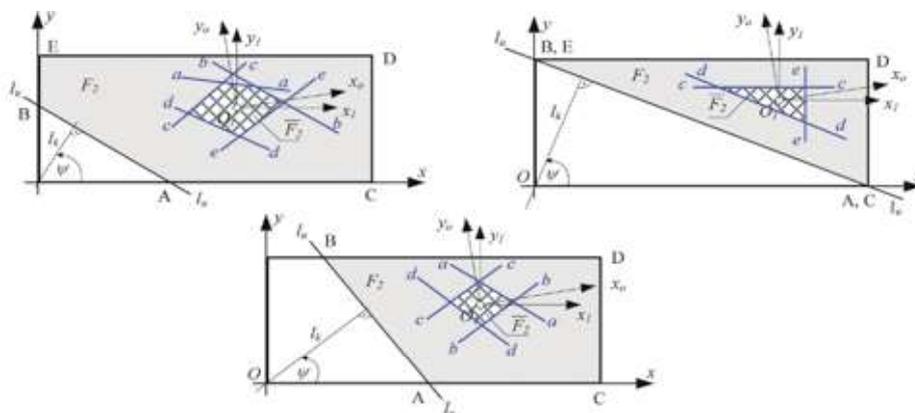
Na rys. 5 pokazano dla każdego z tych przypadków kształty podobzaru  $\bar{F}_2$ , opisane przez proste typu (12), przy czym w każdym przypadku otrzymanej prostej (a-a) odpowiada punkt A na konturze pola  $F_2$ , prostej (b-b) – odpowiada odpowiednio punkt B, prostej (c-c) – punkt C itd.

Z przedstawionego rozwiązania wynika, że dla ustalonego kierunku  $\psi$  uskoku, można określić maksymalną odległość  $l_k$  uskoku odpowiadającą krytycznemu położeniu, przy którym pod budynkiem „zawieszonym” nad uskokiem nie wystąpi



Rys. 4. Widok budynku nad uskokiem i przybliżony charakter odporu podłoża

Fig. 4. View of the building above the fault and approximated nature of the passive pressure subsoil



Rys. 5. Najczęściej występujące przypadki położenia krawędzi uskoku względem rzutu poziomego budynku

Fig. 5. Most common cases of fault edge position in relation to the horizontal projection of the building

jeszcze odrywanie fundamentu od podłoża. Po ustaleniu zaś położenia krytycznego uskoku na podstawie zależności (11) można wyznaczyć pełne obciążenie budowli, traktowanej jako bryła sztywne, wynikające z pojawienia się uskoku, a rozkładając na podstawie warunków równowagi wyznaczone obciążenie budowli na poszczególne ściany, możemy określić z kolei obciążenia każdej ze ścian niezależnie.

Podsumowując rozważania, analizę wyłączenia budowli można zatem przeprowadzić wykorzystując dowolną metodę mechaniki budowli – np. metodę elementów skończonych, przy wykorzystaniu programu pozwalającego na rozwiązywanie modeli przestrzennych lub modeli płaskich (w tym drugim przypadku konieczne jest arbitralne rozdzielanie obciążenia na poszczególne ściany). Przykład takiego rozkładu obciążenia budowli, wynikającego z wystąpienia uskoku na poszczególne ściany, pokazano poniżej.

#### 4. Przykład ilustrujący

Wyznamy obciążenie budowli utworzonej z czterech ścian o geometrii pokazanej na rys. 6 przy pojawieniu się uskoku o wartości  $l_k$  krytycznej przy kącie  $\psi=0^\circ$ . Do obliczeń przyjęto średni nacisk fundamentów budynku na grunt na poziomie  $\sigma_z=100$  kPa. Przy podanej geometrii rzutu fundamentów współczynnik pionowej podatności podłoża wg (Wytyczne ... 1988, Projektowanie ... 2006), jest stały i wynosi  $C_o=0.72E_o$  – gdzie  $E_o$  – pierwotny moduł odkształcenia gruntu.

Przyjmujemy globalny układ współrzędnych  $(x,y,z)$  (jak na rys. 6). Dla kąta  $\psi=0^\circ$  metodą prób, wykorzystując wzór (12), wyznaczamy krytyczną wartość położenia krawędzi uskoku  $l_k=2.3173$  m. Obliczamy kolejno:

- pola całkowite rzutu poziomego fundamentu –  $F=40$  m<sup>2</sup>,
- ciężar budynku wraz z obciążeniem użytkowym –  $Q = \sigma_z \cdot F = 1000 \cdot 40 = 4000$  kN,
- współrzędne położenia wypadkowej  $Q$  obciążenia budowli (ciężaru własnego i obciążeń użytkowych) w układzie współrzędnych  $(x,y,z)$  –  $\Delta_x=5.5$  m,  $\Delta_y=5.5$  m,
- pole rzutu poziomego części odciętej uskokiem –  $F_2=26.3666$  m<sup>2</sup>,
- współrzędne środka ciężkości części  $F_2$  pola –  $x_s=7.9699$  m,  $y_s=5.5$  m,
- momenty bezwładności względem głównych centralnych osi układu współrzędnych  $(x_o,y_o,z_o)$  –  $J_{x_o}=496.3346$  m<sup>4</sup>,

$$J_{y_o}=197.3305 \text{ m}^4,$$

- współrzędne położenia wypadkowej  $Q$  obciążenia budowli (ciężaru własnego i obciążeń użytkowych) w głównym centralnym układzie współrzędnych  $(x_o,y_o,z_o)$  –  $\Delta_{x_o}=-2.4699$  m,  $\Delta_{y_o}=0$ ,

- położenia krawędzi, w których wyznaczamy oddziaływanie podłoża, wyznaczone w głównym centralnym układzie współrzędnych:

$$x_o^{(1)} = 3.0301 \text{ m}, \quad x_o^{(2)} = -5.6526 \text{ m}, \quad x_o^{(3)} = 2.0301 \text{ m}$$

- naprężenie średnie po wystąpieniu uskoku w położeniu krytycznym:

$$\sigma_z^{\text{śred}} = \frac{Q}{F_2} = 151.7134 \text{ kPa},$$

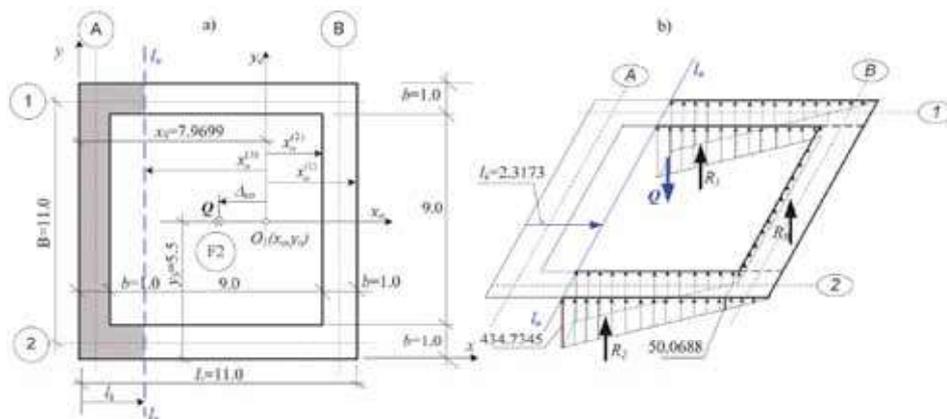
- ekstremalne naprężenia na wybranych krawędziach fundamentu po wystąpieniu uskoku (wzór (11)):

$$\begin{aligned} \sigma_{z_o}(x_o, y_o) &= \frac{Q}{F_2} \cdot \left( \frac{F_2 \cdot \Delta_{x_o} \cdot x_o}{J_{y_o}^{(2)}} + \frac{F_2 \cdot \Delta_{y_o} \cdot y_o}{J_{x_o}^{(2)}} + 1 \right) = \\ &= \frac{4000}{26.3666} \cdot \left( \frac{26.3666 \cdot (-2.4699) \cdot x_o}{197.3205} + \frac{26.3666 \cdot 0 \cdot y_o}{496.3346} + 1 \right) = \\ &= \frac{4000}{26.3666} \cdot \left( \frac{26.3666 \cdot (-2.4699) \cdot x_o}{197.3205} + 1 \right) = 151.7134 \cdot \\ &\cdot (-0.3300 \cdot x_o + 1) \text{ kPa}. \end{aligned}$$

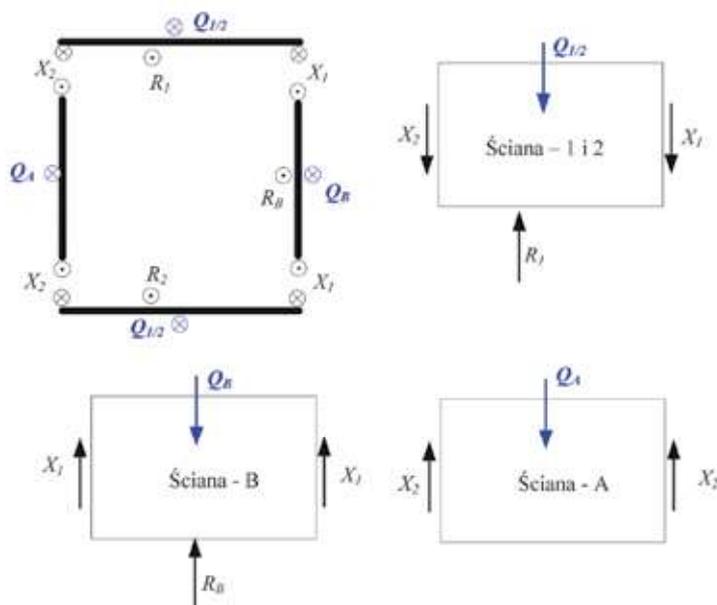
Zatem dla wybranych krawędzi (rys. 6a) mamy:

$$\begin{aligned} \text{dla } x_o=3.0301 \text{ m: } \sigma_{z_o}(x_o, y_o) &= \\ &= 151.7134 \cdot (-0.3300 \cdot 3.0301 + 1) = 0 \text{ kPa}, \\ \text{dla } x_o=-5.6526 \text{ m: } \sigma_{z_o}(x_o, y_o) &= 151.7134 \cdot \\ &\cdot (-0.3300 \cdot (-5.6526) + 1) = 434.7345 \text{ kPa}, \\ \text{dla } x_o=2.0301 \text{ m: } \sigma_{z_o}(x_o, y_o) &= 151.7134 \cdot \\ &\cdot (-0.3300 \cdot 2.0301 + 1) = 50.0688 \text{ kPa}. \end{aligned}$$

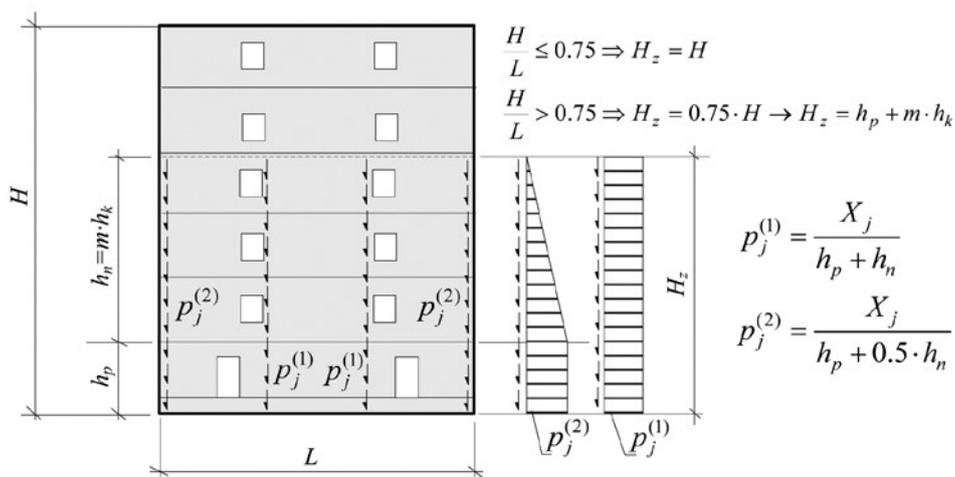
Wobec tego wielkości odporu gruntu na poszczególne ściany wynoszą (rys. 7):



Rys. 6. Schemat rzutu poziomego budynku i oddziaływania podłoża po wystąpieniu uskoku  
Fig. 6. Scheme of the horizontal projection of the building and the ground reaction after the occurrence of the fault



Rys. 7. Schemat rozkładu obciążenia na poszczególne ściany budynku:  
 a) w rzucie poziomym, b,c,d) w widoku ścian  
 Fig. 7. Scheme of load distribution on particular walls of the building:  
 a) horizontal projection, b), c), d) in the view of the walls



Rys. 8. Rozkład wyznaczonego obciążenia na wysokości ściany  
 Fig. 8. Distribution of the designated load on the height of the wall

$$R_1 = R_2 = 0.5 \cdot 434.7345 \cdot (11.0 - 2.34725) \cdot 1.0 = 1887.3453 \text{ kN},$$

$$R_3 = 0.5 \cdot 50.0688 \cdot (11.0 - 1.0 - 1.0) \cdot 1.0 = 225.3094 \text{ kN}.$$

Rozdzielając teraz analizowany układ ścian na poszczególne ściany (rys. 8), z warunków równowagi otrzymamy obciążenia poszczególnych ścian:

$$Q_1 = Q_2 = 1100 \text{ kN},$$

$$Q_3 = Q_4 = 900 \text{ kN},$$

$$X_1 = 337.34 \text{ kN},$$

$$X_2 = 450 \text{ kN}.$$

W szczegółowej analizie poszczególnych ścian budowli wyznaczone obciążenia  $X_i$  można w zależności od proporcji wymiarów poszczególnych ścian oraz intensywności występującej perforacji otworami okiennymi bądź drzwiowymi, rozłożyć na wysokości np. w sposób zaproponowany w (Wytyczne ... 1988, Projektowanie ... 2006).

Jak pokazały analizy numeryczne przeprowadzone w cz. 2 pracy, wyznaczone uogólnione momenty zginające w pionowych przekrojach budynku wyznaczone dla określonych w tej części pracy obciążeń są większe niż te otrzymywane z rozwiązania zadania numerycznie metodą elementu skończonego. W części 2 pracy na podstawie uzyskanych wyników zdefiniowano wartość parametru  $a$  redukującego siły wewnętrzne w budowlę do przeciętnego poziomu wartości sił wewnętrznych uzyskiwanych w analizach MES. Wartość tego współczynnika zawiera się w przedziale  $\alpha = (0.75-0.85)$ .

Analizy numeryczne wykonano w ACK CYFRONET Kraków, na podstawie grantów MNiSW/SG13700/PŚląska/054/2010 oraz MNiSW/SG13700/PŚląska/056/2010.

## Literatura

- BURTAN Z., ZORYCHTA A., CHLEBOWSKI D. 2010 - Analiza stanu zagrożenia sejsmicznego w polu XVII/I O/ZG Rudna w aspekcie możliwości uaktywnienia się stref uskokowych. „Przeгляд Górnicy” nr 3-4.
- FEDOROWICZ, L. FEDOROWICZ, J. 1994 - Obliczanie budynków mieszkalnych zagrożonych awarią na terenach górniczych o deformacjach nieciągłych. Materiały Naukowo-Technicznej Konferencji „Awary Budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje, maj 1994, t. 2, s. 455-461.
- FEDOROWICZ, L. FEDOROWICZ, J. CIŃCIO, A. 1995 - Metoda analizy statycznej ścian budynków mieszkalnych na terenach górniczych o deformacjach nieciągłych. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 1, s. 36-40.
- FEDOROWICZ, L. FEDOROWICZ, J. CIŃCIO, A. 1997 - Analiza wyłączenia wzmocnienia gorsetowego budynków murowanych na terenach górniczych o deformacjach nieciągłych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Gliwice, seria Budownictwo, z. 84, s. 71-80.
- KOWALSKI A. 2005 - Rozpoznanie i możliwości prognozowania liniowych deformacji nieciągłych powierzchni. VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń, 15 – 17 czerwca.
- KRUCZKOWSKI M. 2010 - Analiza wpływu eksploatacji górniczej na występowanie deformacji nieciągłych typu liniowego. „Górnictwo i Geologia”, t. 5, z. 2, s. 115-120.
- LEDWOŃ J.A. 1983 - Budownictwo na terenach górniczych. Arkady, Warszawa.
- NIEMIEC T. 2011 - Wpływ uskoków na rozkład wskaźników deformacji w dyskretnym modelu wpływów eksploatacji górniczej. „Przeгляд Górnicy” nr 3-4, s. 9-16.
- Projektowanie budynków na terenach górniczych. Instrukcje, Wytyczne, Poradniki, 416/2006. Wydawnictwo ITB, Warszawa 2006.
- SACHS J. 1990 - Prognozowanie deformacji zapadliskowych na terenach górniczych z uwzględnieniem badań geofizycznych. Wydawnictwo ITB, Warszawa.
- STRZAŁKOWSKI P., PIWOWARCZYK J., ŁAPAJSKI K. 2006 - Występowanie deformacji nieciągłych liniowych w świetle analiz warunków geologiczno-górnicych. „Przeгляд Górnicy” nr 5, s.1-5.
- SZOJDA L. 2009 - Analiza numeryczna wpływu nieciągłych deformacji podłoża na budynki ścianowe. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, z. 223 Gliwice.
- SZOJDA L. 2015 - Analiza współpracy budowla-podłoże gruntowe dla ściany murowanej obciążonej wpływem nieciągłych deformacji podłoża górniczego. „Przeгляд Górnicy” nr 3, s. 96-100.
- Wytyczne projektowania budynków o ścianowym układzie nośnym podlegających wpływowi eksploatacji górniczej. Instrukcja 286. Wydawnictwo ITB, Warszawa 1988.
- Методические указания по проектированию мер защиты эксплуатируемых зданий и сооружений в районах залегания крутопадающих пластов. ВНУМУ, Ленинград 1973.
- Указания по проектированию бескаркасных зданий в центральном районе донбаса на площадях залегания крутопадающих угловых пластов. РСН-227-71. ГКМ УССР по делам строительства, Донецк 1971.

Artykuł wpłynął do redakcji – luty 2017  
Artykuł akceptowano do druku 5.04.2017 r.