

# Posadowienie obiektu budowlanego w skomplikowanych warunkach gruntowych

Dr inż. Jerzy Sendkowski, Biuro Budowlane ANKRA, Kielce,  
dr inż. Anna Tkaczyk, dr inż. Łukasz Tkaczyk, Biuro Budowlane BAUKO, Kielce

## 1. Wprowadzenie

Prezentowana praca dotyczy posadowienia budynku użyteczności publicznej po katastrofie budowlanej, która miała miejsce 31.05.2011 r. Przyczyn katastrofy budowlanej (zawalenia się części budynku zespołu szkół i istotnych uszkodzeń pozostałej części) nie wyjaśniono. Prawdopodobnie jedną z przyczyn katastrofy budowlanej było uszkodzenie sieci gazowniczej spowodowanej niekontrolowanym osiadaniem budynku w skomplikowanych warunkach gruntowych. Stan budynku zespołu szkół bezpośrednio po katastrofie pokazano na rysunkach 1 i 2. Budynek na etapie odbudowy przedstawiono na rysunku 3.



**Rys. 1.** Stan budynku zespołu szkół bezpośrednio po katastrofie budowlanej

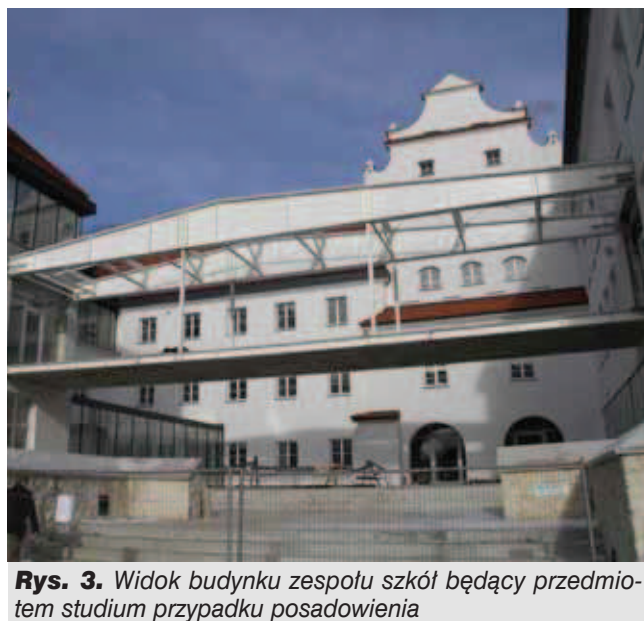
## 2. Opis stanu faktycznego

W wyniku wybuchu gazu w budynku zespołu szkół całkowitemu zniszczeniu uległo skrzydło wschodnie, a pozostała część obiektu została w istotnym stopniu uszkodzona. W wyniku decyzji PINB, wniosków z wykonanej ekspertyzy uszkodzony budynek zakwalifikowano do rozbiórki. Budynek zespołu szkół postanowiono odbudować. Dokumentację projektową wykonano na podstawie:

- ekspertyzy budowlanej wykonanej w listopadzie 2011 r.,
- opinii geotechnicznej na potrzeby odbudowy zespołu szkół, opracowanej w październiku 2012 r. przez uprawnionego geologa,
- dokumentacji prac geologicznych dla określenia warunków geologiczno inżynierskich pod planowaną odbudowę budynku zespołu szkół, wykonanej przez uprawnionego geologa w marcu 2013 r.,
- dodatku do dokumentacji geologiczno-inżynierskiej



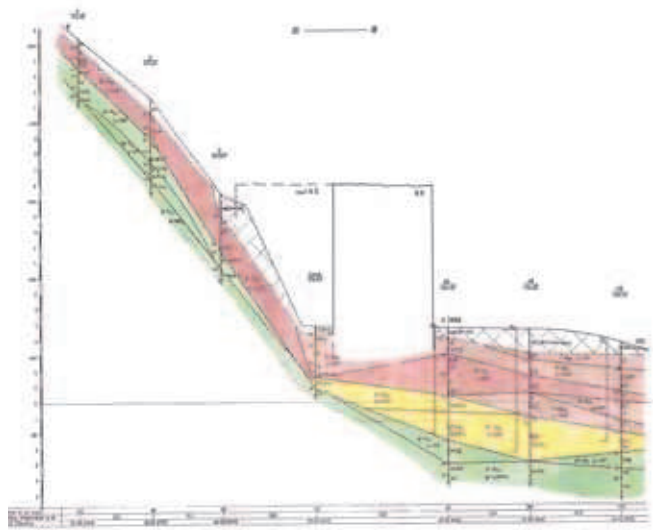
**Rys. 2.** Stan terenu po przeprowadzonej rozbiórce budynku zespołu szkół, bezpośrednio po katastrofie budowlanej



**Rys. 3.** Widok budynku zespołu szkół będący przedmiotem studium przypadku posadowienia

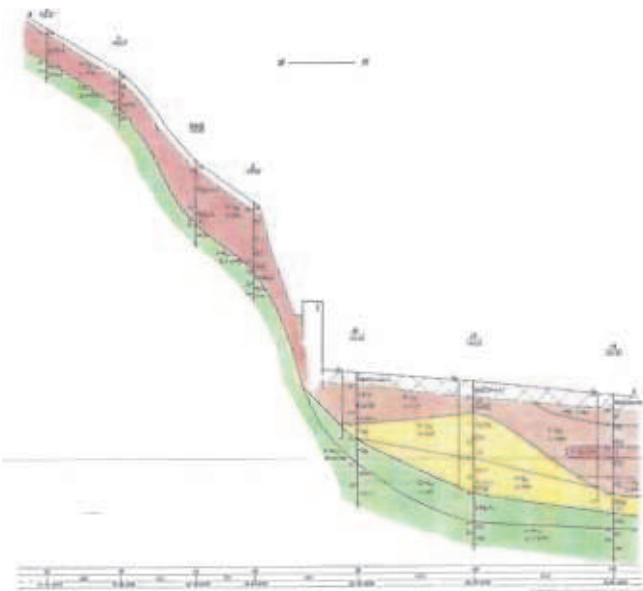


Rys. 4. Plan otworów badawczych i przekrojów geotechnicznych



Rys. 5. Przekrój geotechniczny III

Tabela 1. Zestawienie parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw gruntów w posadowieniu odbudowywanego budynku zespołu szkół wg prac geologicznych



Rys. 6. Przekrój geotechniczny IV

SYMBOL	OPIS WARSTWY	PARAMETRY GEOTECHNICZNE									
		$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\gamma_{d}$	$\gamma_{w}$	$w$	$e$	$U_c$	$U_v$	$\sigma_{1c}$	$\sigma_{1v}$
I	warstwa I	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
II	warstwa II	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
III	warstwa III	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
IV	warstwa IV	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
V	warstwa V	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
VI	warstwa VI	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
VII	warstwa VII	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
VIII	warstwa VIII	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
IX	warstwa IX	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	
X	warstwa X	18	20	15	10	10	0,1	0,1	100	100	

pod odbudowę zespołu szkół, wykonanej przez uprawnionego geologa w czerwcu 2013 r.,

- aneksu do dokumentacji prac geologicznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich pod planowaną budowę budynku zespołu szkół – wykonanego przez uprawnionego geologa w marcu 2014 r.

### 3. Analiza zebranych materiałów

#### 3.1. Rozpoznanie warunków gruntowych

Rozpoznanie warunków gruntowych dla odbudowy budynku zespołu szkół przeprowadzono na podstawie „Dokumentacji prac geologicznych dla określenia warunków geologiczno inżynierskich pod planowaną odbudowę budynku zespołu szkół, wykonanej przez

uprawnionego geologa w marcu 2013”. Oznaczenie otworów badawczych w planie na tle mapy sytuacyjno-wysokościowej przedstawiono na rysunku 3. Przekrój geotechniczny III-III oraz IV-IV pokazano na rysunkach 4 i 5. Zestawienie parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw gruntów w posadowieniu odbudowywanego budynku zespołu szkół, wg prac geologicznych, pokazano w tabeli 1.

Według opracowanej dokumentacji prac geologicznych wykazano, że w podłożu gruntowym na terenie planowanej inwestycji zalegają grunty mineralne, rodzime sypkie i grunty skaliste, a na powierzchni nasypy niebudowlane. Ze względu na różną genezę, stan i rodzaj gruntów wydzielono w podłożu 10 warstw geotechnicznych. Warstwy te określają warunki geotechniczne

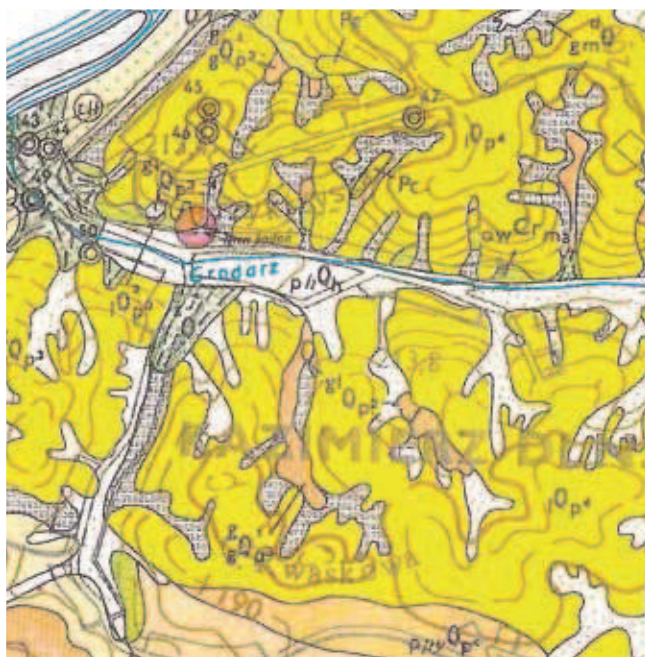
podłoża. Nasypy niebudowlane jako grunty nienośne wydzielono z tego podziału.

Wydzielone warstwy to:

- warstwa I – obejmuje gliny pylaste w stanie plastycznym o uogólnionym stopniu plastyczności  $I_L = 0,40$ . Stwierdzono je w otworach 17, 18 i 19 bezpośrednio pod nasypami i w drugim poziomie, nad piaskami;
- warstwa II – to gliny i gliny pylaste w stanie twardoplastycznym o  $I_L = 0,20$ . Występują na całym terenie w niższej partii terenu pod warstwą I lub nasypami do głębokości 1,8–5,0 m ppt;
- warstwa III, IV i V – to pyły w stanie półzwałym (III) i twardoplastycznym o  $I_L = 0,10$  (IV) lub  $I_L = 0,22$  (V). Ich półzwały stan stwierdzono głównie na stoku badanego terenu, a twardoplastyczny w obrębie boiska;
- warstwa VI i VII – to piaski średnie z domieszką żwirów przechodzących w pospółki, lokalnie zaglinione ze względu na zawartość pyłu węglanowego. Są one średnio zagęszczone o  $I_D = 0,65$  (VI) lub bardzo zagęszczone o  $I_D = 0,80$  (VII);
- warstwa VIII i IX – to wietrzliny gliniaste i gliniasto-kamieniste margli i opok lub z ich pogranicza, których ilasta frakcja (G II) jest w stanie twardoplastycznym o  $I_L = 0,20$  (VIII) lub półzwałym  $L_L = 0,00$  (IX);
- warstwa X – to rumosz skalny bez przemieszczeń lub skała spękana margla, opoki lub opoki marglistej o wytrzymałości na ściskanie  $R_e = 8$  MPa.

Wg przeprowadzonego rozpoznania na etapie dokumentacji prac geologicznych we wszystkich wykonanych otworach wiertniczych nie nawiercono wody gruntowej.

Na podstawie opracowanej dokumentacji prac geologicznych warunki gruntowe dla posadowienia budynku



Rys. 7. Mapa geologiczna obszaru w miejscu inwestycji

zespołu szkół zakwalifikowano do złożonych, a projektowany budynek zakwalifikowano do drugiej kategorii. Ogólnie warunki gruntowe oceniono jako niekorzystne.

### 3.2. Ocena rozpoznania warunków gruntowych

Generalnie rozpoznanie warunków gruntowych przeprowadzono z pominięciem przepisów określonych w Prawie budowlanym i rozporządzeniu<sup>1</sup>. Opracowana dokumentacja prac geologicznych zawierała istotne braki. Braki te to:

- przeprowadzone rozpoznanie podłoża gruntowego odbyło się bez udziału geotechnika,
- rozpoznaniem nie objęto wystarczającego obszaru będącego w strefie wpływu inwestycji na środowisko, biorąc pod uwagę charakterystyczne cechy podłoża gruntowego w obszarze udokumentowanych wpływów osuwiskowych wykazanych m.in. w pracy [5], a w tym konkretnym przypadku z dodatkowym „podcięciem” skarpy.

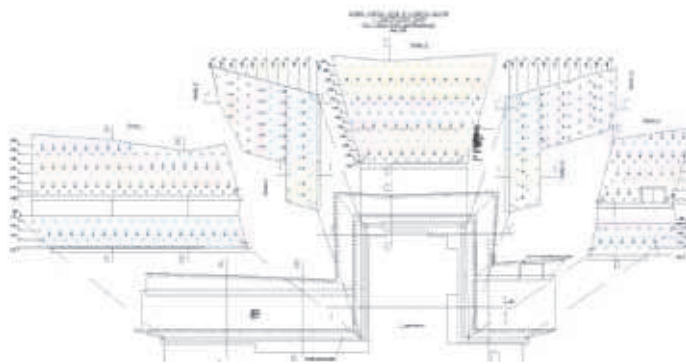
Podłoże gruntowe według [5] oraz mapy geologicznej pokazanej na rysunku 7 w miejscu inwestycji to: kreda piaszcząca, margiel, wapień, opoki i gezy, pochodzące z okresu mastrychtu. Na skarpie w rejonie przedmiotowej działki stwierdzono utwory czwartorzędowe (miąższość 2,0–4,0 m), nasypy, osady koluwalne (osypy) i wietrzliny przemieszczone in situ oraz niekiedy fragmenty lessów. Poniżej znajdują się skały podłoża, margle i opoki górnokredowe (maastricht). Strop ich jest nierówny, a górne partie są silnie zwietrzałe. W wyniku wietrzenia opok powstają gliny piaszczyste z licznymi drobnymi okruchami skał. W miarę głębokości wymiary okruchów rosną, aż do fragmentów kamienia odwapnionego, a niżej – do litej, nie zwietrzalej skały.

Według [5] wykonane dla innych podobnych odcinków skarpy obliczenia stateczności skarpy nachylonej pod kątem 35° pokazały, że współczynnik stateczności  $F < 1,0$ , nawet przy braku uwzględnienia ciśnienia wody. W wykonanych badaniach gruntowych na terenie

1 1§ 4. 2 pkt.3. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, poz. 463 w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dnia 25 kwietnia 2012 r.

Tabela 2. Zestawienie parametrów geotechnicznych wg pracy [5]

Parametr	Kąt tarcia wewnętrznego $\phi$ [°]	Spójność $c'$ [kPa]	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]
Nasypy, osuwiska stan luźny	20	3–10	1,4–1,5
Zwietrzelnina gliniasta $I_c = 0,2–0,3$	12	20	1,8
Piasek drobny $I_D = 0,5–0,6$	30	0	1,5
Zwietrzelnina kamienista	40	40	1,9



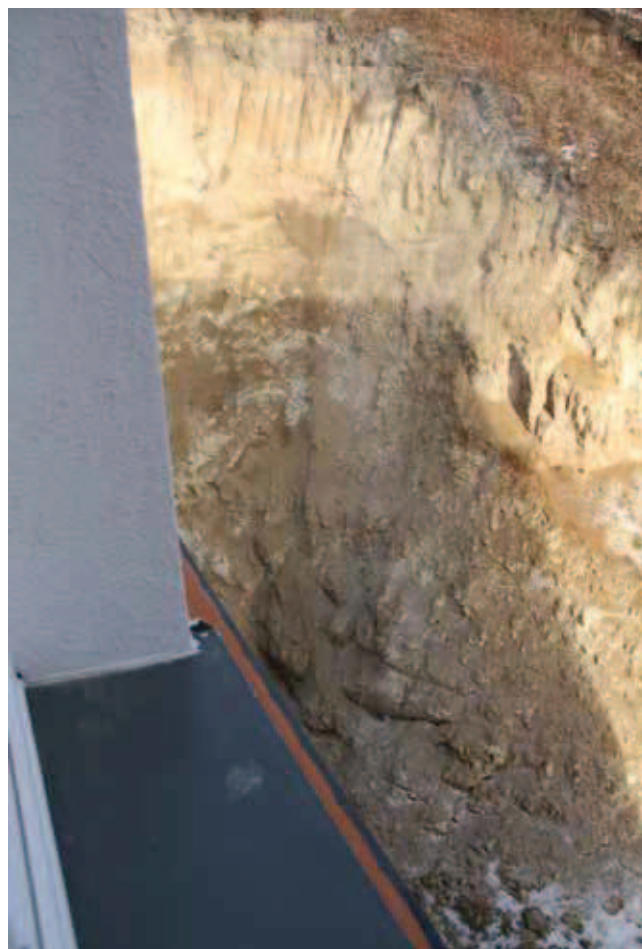
LEGENDA:

- Proj. gwoździe gruntowe cfg, 30/11 dł. 6.0m, koronka #75mm
- Proj. gwoździe gruntowe cfg, 30/11 dł. 9.0m, koronka #75mm
- ⊗ Proj. gwoździe gruntowe cfg, 40/16 dł. 12.0m, koronka #90mm
- ⊙ Proj. gwoździe gruntowe cfg, 40/16 dł. 15.0m, koronka #90mm
- ⊕ Proj. gwoździe gruntowe cfg, 52/26 dł. 18.0m, koronka #115mm
- ⊖ Proj. gwoździe gruntowe cfg, 52/26 dł. 21.0m, koronka #115mm
- ⊗ Proj. gwoździe gruntowe cfg, 52/26 dł. 24.0m, koronka #115mm
- ⊗ Proj. dreny #50mm, długość 1.0m, nachylenie 5°

**Rys. 8.** Projekt zabezpieczania skarpy przyjęty arbitralnie, bez obliczeń



**Rys. 9.** Widok podciętej skarpy i widoczny brak jej zabezpieczenia (a), aktualny stan skarpy (b-f)



Rys. 10. Widok podciętej skarpy i jej odległość od budynku

przedmiotowej działki stwierdzono, że pod warstwą zwietrzliny o miąższości do kilku metrów znajduje się podłoże z litej skały wapiennej, jednak nie zdefiniowano jednoznacznie, czy materiał leżący u podnóża zbocza jest gruntem rodzimym czy też nasypowym zsuwającym się ze skarpy.

Podsumowując przeprowadzone prace z zakresu rozpoznania podłoża gruntowego, stwierdzono poniższe.

- W zestawieniu rozpoznania warunków gruntowych dla odbudowy budynku zespołu szkół wartości parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw wykonano metodą C wg PN-81/B-03020, zamiast wg PN-EN1997-2 stosownie do wymogów PB i rozporządzenia<sup>1</sup>.
- Brak opinii geotechnicznej – wykonanej przez geotechnika (geolog nie jest uprawniony do wykonywania opinii geotechnicznej).
- Brak projektu geotechnicznego – wykonanego przez geotechnika.

Opracowany projekt zabezpieczenia skarp był błędny (zabezpieczenie skarpy przyjęto bez obliczeń, arbitralnie, bez wymaganego sprawdzenia, bez alternatywnego sposobu zabezpieczenia) i jest niepełny, bo:

- dotyczy tylko fragmentu skarpy i nie wynika z przeprowadzonej analizy obliczeniowej, stateczności skarpy zbudowanej z masywu skalnego i zalegającego na nim gruntu wrażliwego na działanie wody,
- brak skutecznego rozwiązania prowadzenia wody ze skarpy, z podstawy skarpy,
- brak zabezpieczenia przed spadaniem kamieni, zsypanywania się gruntu po powierzchni, przed spadaniem drzew zniszczonych podczas wichury, nawisów śnieżnych (a takie są możliwe).

Zaproponowane wzmocnienie pokazane na rysunku 8 nie jest skorelowane z rozpoznaniem podłoża gruntowego, nie jest poparte obliczeniami, np. pokazany sposób zabezpieczania skarpy przez gwoździowanie nie uwzględnia warunków geotechnicznych np. ze wzmożoną infiltracją wody, z uwzględnieniem ciśnienia sphywowego filtrującej wody po intensywnych opadach itp. Przyjęte rozwiązanie nie wynika z rozpoznania, analizy stateczności skarpy zbudowanej z masywu skalnego (opoki), przyjęcie gwoździ gruntowych o długości 24 m nie jest wynikiem analiz i obliczeń itp. Projektant (geotechnik pracujący na rzecz projektanta) jest odpowiedzialny za rozpoznanie geotechniczne, przyjęcie kategorii geotechnicznej obiektu, klasyfikacji warunków gruntowych.

Poprawny projekt zabezpieczenia skarpy winien być poprzedzony dobrym rozpoznaniem górotworu, co pokazano wcześniej. Powinna być opracowana opinia geotechniczna i projekt geotechniczny zabezpieczania skarpy zgodnie z wymaganiami rozporządzenia<sup>1</sup>. Winny być wykonane wariantowe obliczenia. Powinien być opracowany projekt monitorowania skarpy zarówno na czas budowy, jak i na czas eksploatacji.

Projektant powinien to wiedzieć wcześniej, jest to błąd w sztuce projektowania. Oprócz geologa w proces projektowania winien być zaangażowany geotechnik. Za najważniejsze kryteria wyboru odpowiedniej metody stabilizacji skarpy można uważać koszt przedsięwzięcia i jego spodziewany efekt. Z punktu widzenia bezpieczeństwa konieczne jest monitorowanie zachowania się zastabilizowanego zbocza, głównie poprzez prowadzenie okresowych pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych. Należy pamiętać, że mamy do czynienia z obiektem o wymaganym poziomie niezawodności RC3 i odpowiadającej temu poziomowi klasie konsekwencji zniszczenia CC3.

Stan realizacji inwestycji na 26.01.2017 pokazano na rysunku 9. Widać podcięcie skarpy, nie wykonane zabezpieczenie. Zakończenie inwestycji znacznie się przedłużyło. Przy realizacji omawianej inwestycji nie był prowadzony stały nadzór geotechniczny i monitoring.

Omawiany przypadek dotyczy dużej inwestycji. Inwestor z zespołem projektantów nie zastosował się do wymagań EC7 poprzez właściwe rozpoznanie geotechniczne, poprzez proces projektu geotechnicznego, ustalenie dopuszczalnych granic zachowania się konstrukcji poszczególnych części budynków, poprzez proces kontroli oraz program monitorowania. Nie opracował procedur reakcji na możliwość powstania osuwiska (osuwu) w skomplikowanych warunkach gruntowych oraz nie posiadał planu działań interwencyjnych.

#### 4. Podsumowanie

W opisanym przypadku posadowienia budynku zespołu szkół w skomplikowanych warunkach gruntowych i II kategorii geotechnicznej zabrakło postępowania wg schematu podanego w normie [1, 2] oraz w pracy [3], tj. badania podłoża gruntowego zarówno podczas projektowania geotechnicznego, wykonawstwa, jak i przyszłej eksploatacji budynku.

Zachodziła potrzeba przeprowadzania dodatkowego rozpoznania i podjęcia działań interwencyjnych w zakresie zabezpieczania skarpy, których inwestor się nie spodziewał, nie przewidział aktualnego stanu skarpy i podłoża gruntowego, na które nie był przygotowany. W projektowaniu rozpoznania pod omawianą inwestycję, w badaniach, w dokumentowaniu warunków posadowienia zabrakło współpracy projektanta, geotechnika i geologa. W tym przypadku konieczne było „projektowanie

geotechniczne” poprzez rozwiązywanie zadań współpracy obiektu z podłożem gruntowym wg ustalonych przez EN-1997-1 procedur na wszystkich etapach rozpoznania, projektowania, na etapie budowy, jak również podczas przyszłej eksploatacji budynku zespołu szkół.

Przedstawiona realizacja odbudowy budynku zespołu szkół to kolejny przypadek posadowienia obiektu budowlanego bez wymaganego udziału geotechnika w trakcie trwania procesu budowlanego, począwszy od prac związanych z rozpoznaniem geotechnicznym terenu, poprzez proces projektowania, budowy oraz przyszłej eksploatacji. Nie uwzględniono wymagań związanych z zarządzaniem niezawodnością obiektu w kolejnych fazach realizacji inwestycji, bez inspekcji na każdym z jego etapów. Doprowadziło to do zainteresowania się procesem budowy PINB, WINB, prokuratury, NIK, w wyniku czego stwierdzono:

- nienależyte przygotowanie inwestycji,
- brak rzetelnej weryfikacji dokumentacji projektowej,
- realizację inwestycji niezgodnie z zatwierdzonym projektem budowlanym,
- brak wymaganego nadzoru geotechnicznego (oprócz geologicznego),
- brak należytego i wymaganego pełnienia nadzoru inwestorskiego,
- szereg innych nieprawidłowości.

W efekcie końcowym konieczne było wykonanie projektu zamiennego zabezpieczenia przyległej skarpy (który zdaniem autorów nadal jest rozwiązaniem mającym wady, niewystarczająco zabezpiecza budynek zespołu szkół przed skutkami osuwiska lub osypu). Spowodowało to istotny wzrost kosztów inwestycji. Istotnie przedłużyło proces inwestycyjny. A wymagany monitoring przeniosło na fazę eksploatacji obiektu.

Referat został wygłoszony na XV Konferencji Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego, Cędzyna 2018 rok.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1997-1 Projektowanie geotechniczne. Część 1. Zasady ogólne
- [2] PN-EN 1997-2 Projektowanie geotechniczne. Część 2. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
- [3] Wysokiński L., Kotlicki W., Godlewski T., Projektowanie geotechniczne wg Eurokodu 7, Poradnik ITB, Warszawa, 2011
- [4] Sendkowski J., Tkaczyk A., Tkaczyk Ł., Rozpoznanie jako podstawa projektowania geotechnicznego, XIII Konferencja Naukowo-Techniczna, Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego, Kielce, 2014
- [5] Sendkowski J., Tkaczyk A., Tkaczyk Ł., Geotechniczne uwarunkowania posadowienia obiektów budowlanych, XIV Konferencja Naukowo-Techniczna, Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego, Kielce, 2016
- [6] Szulborski K., Majewska A., Awaria murów oporowych, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna Awary Budowlane, Szczecin – Międzyzdroje, 2013