



dr hab. inż. Anna SIEMIŃSKA – LEWANDOWSKA prof. PW, [a.lewandowska@il.pw.edu.pl](mailto:a.lewandowska@il.pw.edu.pl)  
Politechnika Warszawska  
Instytut Dróg i Mostów

## AWARIA BUDOWLANA JEDNORODZINNEGO BUDYNKU MIESZKALNEGO

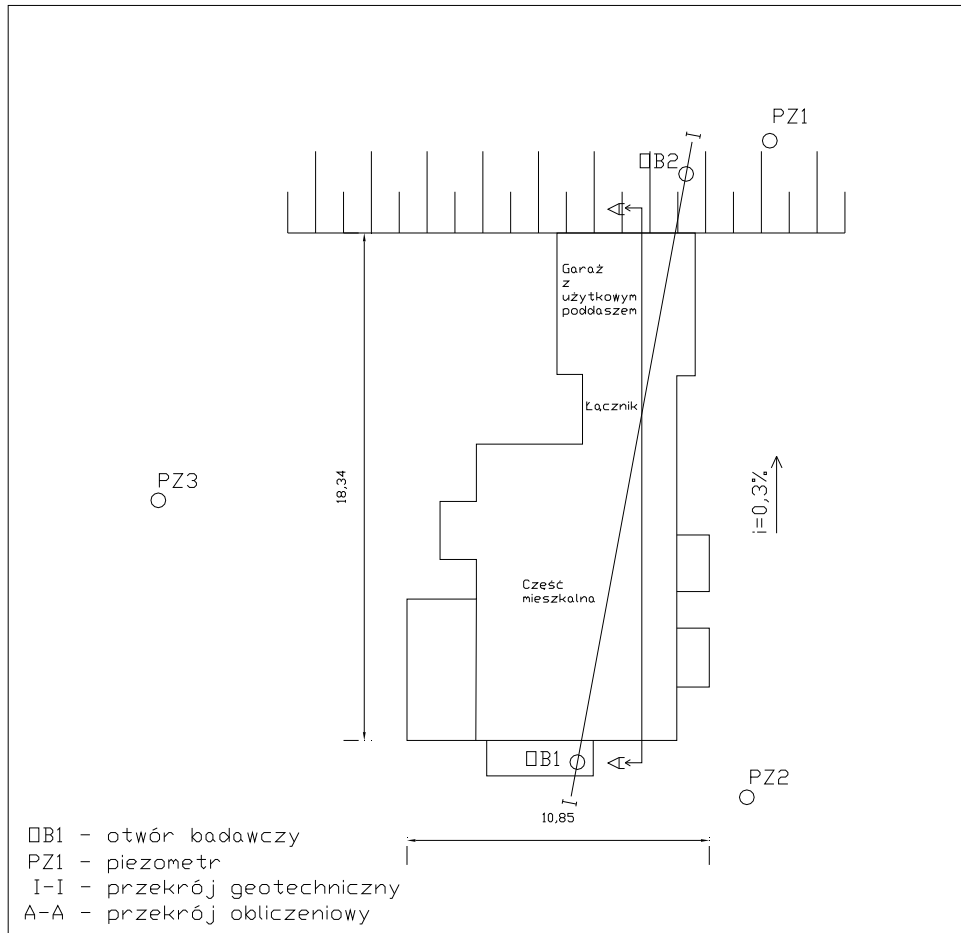
### CONSTRUCTION FAILURE OF SMALL ONE FAMILY HOUSE

**Streszczenie** Jednorodzinny budynek mieszkalny posadowiono na skarpie. Podłoże tworzą nasypy i ropy trzeciorzędowe w stanie twardoplastycznym. Na przestrzeni ostatnich czterech lat stwierdzono stały ruch budynku wraz z garażem w kierunku skarpy; liczne spękania i uszkodzenia ścian, nadproży drzwi i okien oraz parapetów. Wykonano model numeryczny posadowienia. Przeprowadzono analizę przemieszczeń podłoża oraz elementów konstrukcyjnych budynku. Uwzględniono ciśnienie pęcznienia ropy plioceniowych. Stwierdzono, że oddziaływanie ropy ma istotny wpływ na zniszczenia budynku. W podsumowaniu nawiązano do prawnych aspektów tej awarii.

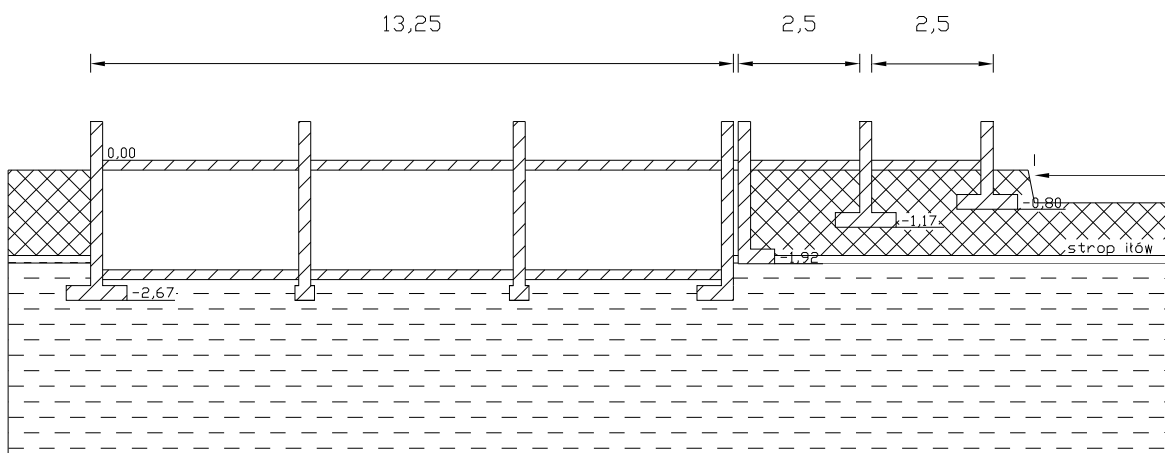
**Abstract** Small, one family house was founded on stiff Pliocene clays close to so called "Warsaw slope". During last four years continuous movement of the house towards the slope was observed, causing significant heave of the basement floor as well as cracking of walls and other structure elements. Finite element model of the case was created and the analysis of displacements was performed with consideration of the possible influence of swelling pressure of clays on the model. In the conclusion some legal aspects of the case were discussed.

### 1. Opis obiektu

Budynek jednorodzinny w konstrukcji ceglanej ze stropami żelbetowymi ma wymiary w planie około 18 x 10 m (rys. 1). Budynek posadowiono w części podpiwniczonej na ławach fundamentowych na głębokości 2,67 m p.p.t. Połączony łącznikiem w poziomie parteru garaż posadowiono na trzech ławach schodkowych, na głębokościach od 0,80 m do 1,92 m p.p.t. Przekrój przez część podziemną przedstawiono na rys. nr 2. Część mieszkalna budynku składa się z parteru i użytkowego poddasza. Dom wybudowano ponad 10 lat temu, na podstawie prawomocnego pozwolenia na budowę, wydanego przez stosowny urząd oraz projektu wykonanego przez uprawnionego architekta i konstruktora. Od strony garażu budynek stoi na koronie skarpy o wysokości około 0,7 m. Dalej teren łagodnie opada w kierunku krawędzi głębszego wąwozu, znajdującego się w odległości kilkunastu metrów. Na podstawie relacji właściciela, który był też inwestorem, stwierdzono, że podczas robót fundamentowych z wykopu pompowano wodę oraz wydobywano duże ilości gruntu organicznego. Przed rozpoczęciem projektu oraz robót ziemnych nie wykonano szczegółowego rozpoznania geotechnicznego.



Rys. 1 Plan budynku jednorodzinnego



Rys. 2 Przekrój A-A przez fundamenty wzdłuż dłuższej osi budynku wraz z warunkami geotechnicznymi. it pliceniński -  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 11^\circ$ ,  $c = 30 \text{ kPa}$ ,  $E_0 = 50 \text{ MPa}$ ; NN  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 22^\circ$ ,  $E_0 = 25 \text{ MPa}$

## 2. Opis awarii

Pierwsze sygnały awarii zaobserwowano przed 5. latami. Stwierdzono wówczas zarysowania ścian w nadprożach okien i drzwi na parterze w części mieszkalnej i w łączniku, pęknięcia parapetów oraz przemieszczenie muru ogrodzenia sąsiadującego z garażem. Zarówno rysy w tynku jak i pęknięcia miały charakter nieregularny, a ich rozmiary nie wzbudzały niepokoju o stan techniczny całego domu. Wykonano wtedy remont, uzupełniono tynki, wymieniono marmurowe parapety i naprawiono ogrodzenie. Po kilku miesiącach rysy pojawiły się ponownie w tych samych miejscach i proces zniszczenia budynku trwa nieprzerwanie od 4 lat. W tym czasie stwierdzono:

- uniesienie podłogi w piwnicy o kilka mm uniemożliwiające korzystanie z drzwi,
- uniesienie podłogi w garażu, które doprowadziło do popękania terakoty (rys. 3),
- głębokie zarysowania ścian w łączniku i w części mieszkalnej o szerokości 4 - 8 milimetrów (rys. 4),
- poziome rysy na ścianie garażu sąsiadującej ze skarpą (rys. 5),
- odkształcenia ogrodzenia,
- przemieszczenia cokołu ogrodzenia o 2,5 cm.,
- odchylenie od pionu ściany garażu i słupów w budynku o około 1%

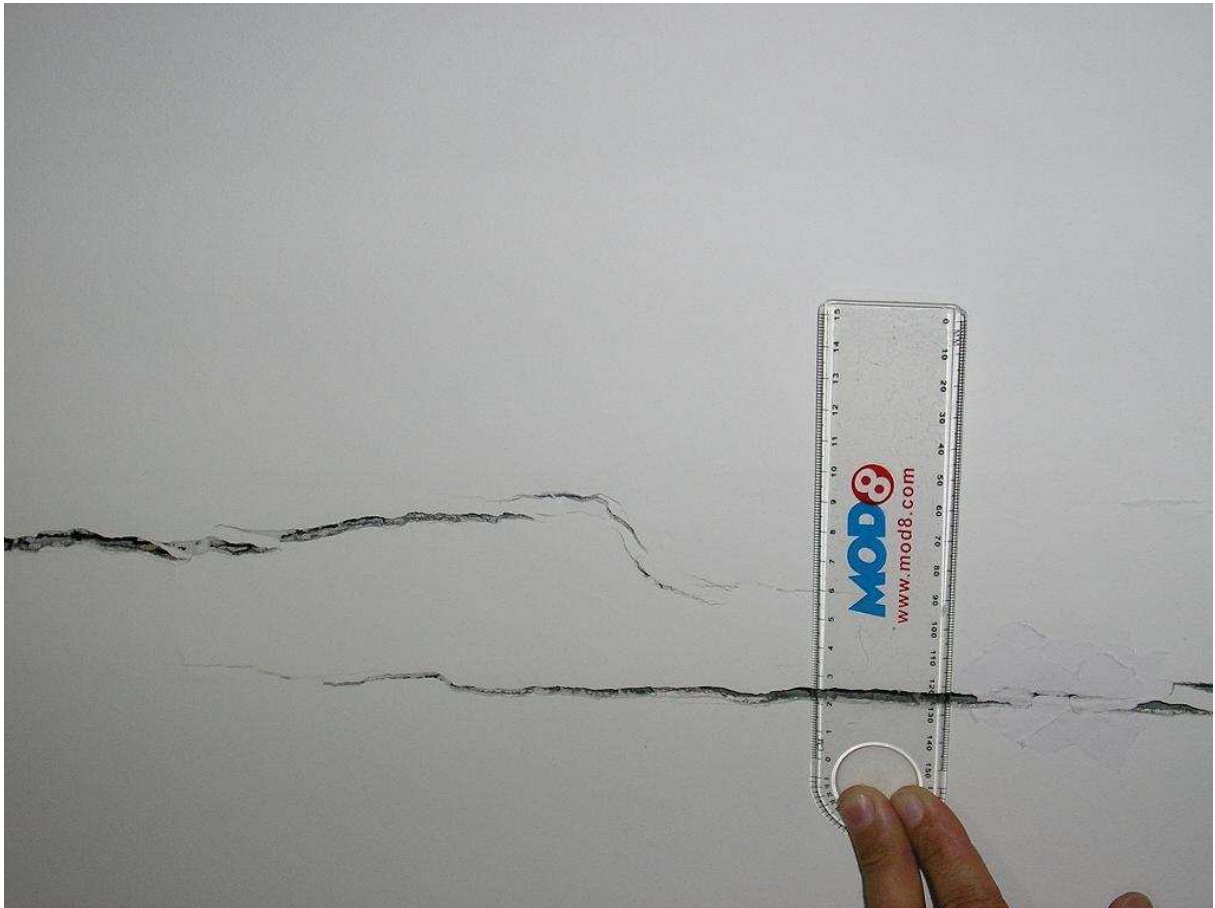


Rys. 3 Pęknięcie podłogi w garażu



Rys. 4 Zarysowanie ściany pomiędzy łącznikiem a częścią mieszkalną.

Narastanie szerokości rys i pęknięć oraz przemieszczenia ogrodzenia świadczą o zachodzeniu w podłożu obiektu ciągłego procesu związanego prawdopodobnie z rodzajem gruntów, przepływem wody gruntowej pod fundamentem piwnicy i posadowieniem na skarpcie. Na zlecenie właściciela wykonano rozpoznanie geotechniczne i zainstalowano piezometry [1].



Rys. 5 Poziome pęknięcia ściany garażu posadowionej na krawędzi skarpy.

### 3. Warunki geotechniczne

W rejonie analizowanego obiektu wykonano 13 otworów badawczych do głębokości 8 m i trzy piezometry. Stwierdzono, że w podłożu do głębokości około 2,5 m występują nasypy antropogeniczne, a poniżej nieprzewiercona warstwa ilów plioceńskich w stanie twardoplastycznym. Powierzchnia stropu ilów ma niewielki spadek (0,3 %) w kierunku skarpy, jest zerodowana, a stopień plastyczności górnej warstwy o grubości 0,15 m wynosi 0,30. Podczas badań nie stwierdzono występowania wody gruntowej, natomiast woda opadowa pojawiła się w piezometrze nr 3 i jej poziom ustabilizował się na głębokości 1,6 m p.p.t. Uproszczone warunki geotechniczne przedstawiono na rys. 2, a układ piezometrów na rys. 1. Deformacje drzew i otoczenia budynku świadczą o ruchach powierzchni terenu. Wody deszczowe z rynien są odprowadzone w pobliżu domu.

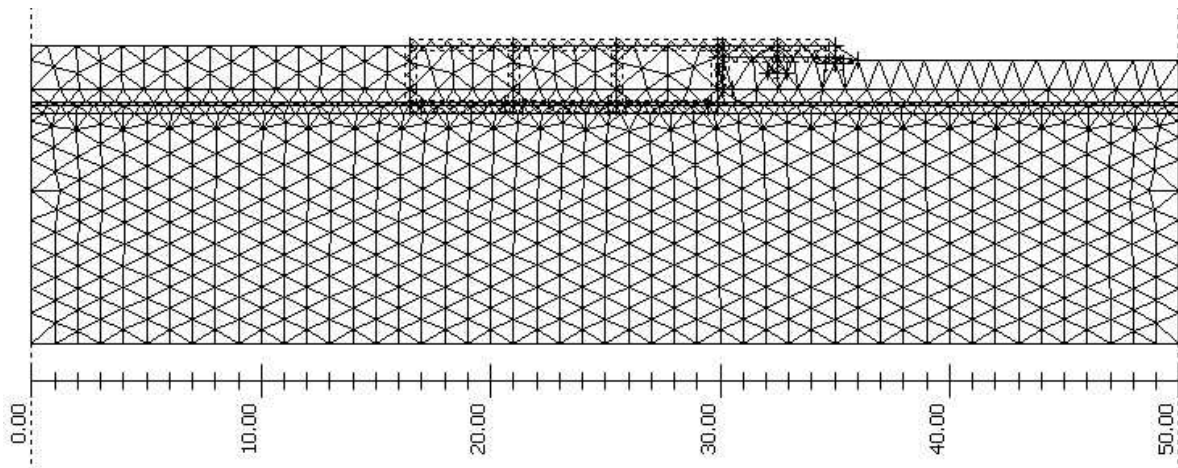
### 4. Analiza numeryczna

Na podstawie istniejących zniszczeń konstrukcji można założyć, że ich przyczyną są:

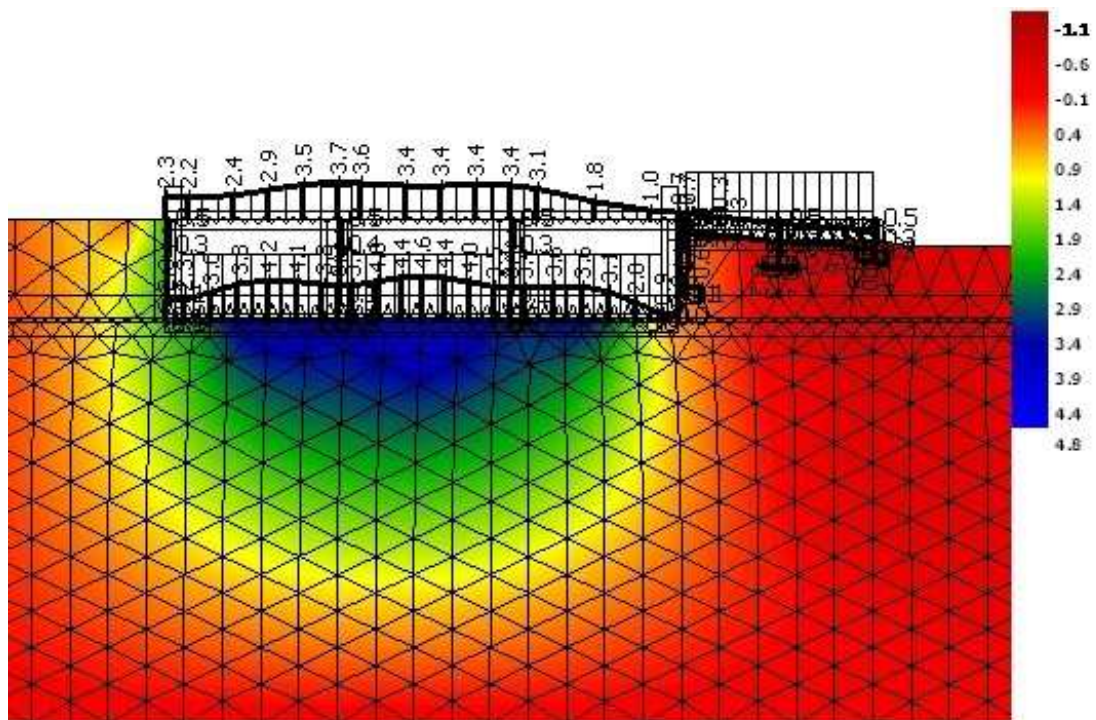
- ruch skarpy, który jest okresowo nasilany na skutek napływu wody gruntowej,
- pęcznienie ilów plioceńskich spowodowane infiltracją wody opadowej pod posadzkę w piwnicy.

Trudno jednoznacznie określić, które z tych zjawisk ma decydujące znaczenie. W celu ustalenia wpływu ciśnienia pęcznienia iltu wykonano analizę numeryczną MES. Analizę tę wykonano dla obszaru gruntu o szerokości 50 m, obejmującego fundamenty i część podziemną, skarpy oraz podłoże do głębokości 13 m p.p.t. Opracowano model, zawierający

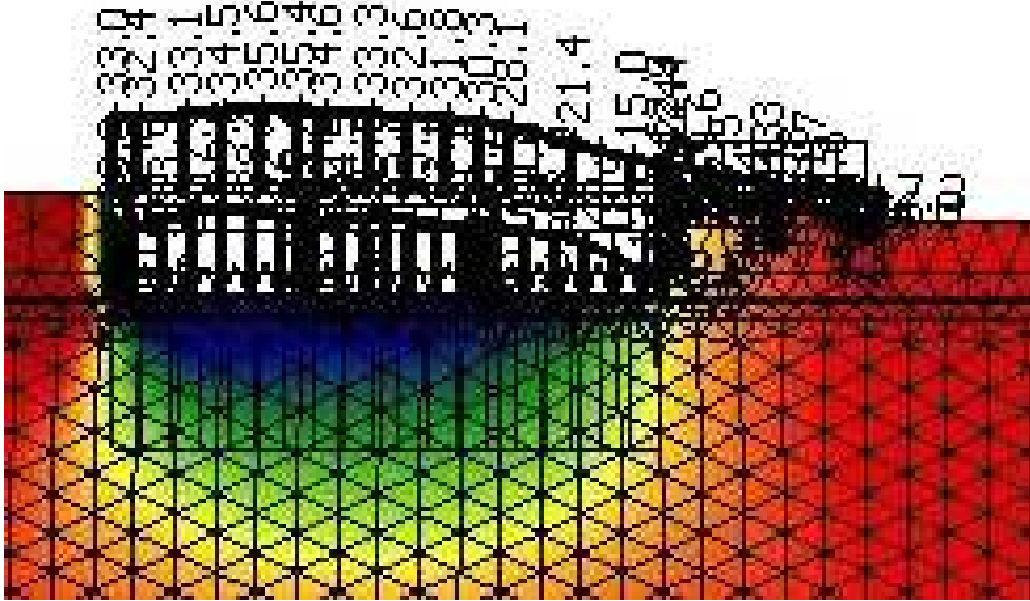
elementy konstrukcyjne budynku i uwarstwienie podłoża. Uwzględniono występowanie warstwy łu o grubości 15 cm w stanie plastycznym ( $E_0 = 20$  MPa). Obliczenia wykonano programem komputerowym Plaxis [2] z warunkiem plastyczności Coulomba-Mohra. Parametry wytrzymałościowe przyjęto na podstawie dokumentacji geotechnicznej, wartości modułów odkształcenia łu z własnej praktyki projektowej. Wartości parametrów podano w podpisie rys. 2, a model numeryczny pokazano na rys. 6. Wykonano dwie serie obliczeń: pierwszą bez uwzględnienia ciśnienia pęcznienia i drugą przyjmując wartość pęcznienia równą 200 kPa [3]. Przemieszczenia pionowe masywu w każdej serii obliczeń przedstawiono na rys. 7 i 8.



Rys.6 – Model numeryczny obszaru w przekroju A-A



Rys. 7 Odprężenie dna wykopu i odkształcenia konstrukcji budynku bez uwzględnienia ciśnienia pęcznienia – maksymalne przemieszczenie pionowe posadzki w piwnicy – 4,8 mm



Rys. 8 Odprężenie dna wykopu i odkształcenia konstrukcji budynku z uwzględnieniem ciśnienia pęcznienia – maksymalne przemieszczenie pionowe posadzki w piwnicy – 39,8 mm

Na podstawie wyników obliczeń stwierdzono, że w podłożu budynku obserwuje się odprężenie ilów plicieńskich pod posadzką w piwnicy. Po uwzględnieniu pęcznienia unoszenie dna osiąga wartość około 40 mm. Wyniki te należy traktować jako orientacyjne, z uwagi na brak szczegółowych danych odnośnie parametrów wytrzymałościowych ilu. Obserwacje pomieszczeń w piwnicy, podniesienie podłogi i brak możliwości otwierania drzwi potwierdzają rezultaty analizy. Z obliczeń wynika, że skarpa teoretycznie jest stateczna, mimo, że w terenie obserwuje się jej ruch. Również z uwagi na brak danych nie wykonano obliczeń stateczności globalnej większego obszaru obejmującego sąsiednie posesje i podnóże skarpy wraz z istniejącym tam wąwozem. Być może taka analiza pozwoliłaby na dokładne ustalenie przyczyn awarii.

## 5. Sposoby zabezpieczenia

W celu opracowania skutecznego sposobu zabezpieczenia konstrukcji budynku przed dalszymi zniszczeniami należy wykonać szczegółowe rozpoznanie geotechniczne całości obszaru obejmującego dom, sąsiednie posesje i zbcze wąwozu. Po określeniu globalnego współczynnika stateczności oraz przebiegu głębokiej płaszczyzny poślizgu można zaproponować następujące środki zaradcze:

- mikropale pod ławami fundamentowymi wykonane do głębokości poniżej płaszczyzny poślizgu, co zapewni ustabilizowanie skarpy,
- odwodnienie wokół budynku zabezpieczające przed dopływem wód opadowych do warstwy ilów, poprawa izolacji posadzki w piwnicach i ułożenie warstwy styropianu kompensującej pęcznienie ilu.
- wykonanie ściągów stalowych w poziomie stropu nad parterem budynku, co usztywni konstrukcję i uchroni przed dalszymi przemieszczeniami części garażowej.

## 6. Podsumowanie i wnioski

W podsumowaniu należy zwrócić uwagę na wymienione poniżej dane i zaistniałe fakty.

- Wg [6] opisywany obiekt zaliczany jest do I kategorii geotechnicznej tzn. dla potrzeb projektu nie wymagane jest sporządzenie dokumentacji geologiczno – inżynierskiej,
- działka na której wybudowano dom jest przeznaczona zgodnie z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego terenu pod zabudowę jednorodzinną,
- pozwolenie na budowę wydano na podstawie projektu architektoniczno – konstrukcyjnego wykonanego przez osoby posiadające uprawnienia projektowe i wykonawcze,
- budowa była prowadzona pod nadzorem autorskim konstruktora i architekta,
- obiekt został odebrany i dopuszczony do użytkowania zgodnie z przepisami obowiązującego w tym czasie Prawa Budowlanego,
- żadna z osób biorących udział w tej inwestycji nie zwróciła uwagi na fakt lokalizacji obiektu w koronie skarpy,
- nikt nie zalecił wykonania badań geotechnicznych podłoża nawet w minimalnym zakresie (ekspertyza geotechniczna) ani nie skonsultował projektu z geotechnikiem,
- planu zagospodarowania terenu najprawdopodobniej nie opiniowano u geologa, który na podstawie tylko genezy i historii geologicznej obszaru mógłby zasygnalizować niebezpieczeństwo niestateczności skarpy jak też i możliwość wystąpienia w podłożu formacji iłów plioceńskich.

Przedstawiona w artykule analiza numeryczna tak zaawansowanym narzędziem obliczeniowym jakim jest metoda elementów skończonych nie zdarza się w codziennej praktyce projektowania domów jednorodzinnych. Jest to kosztowne i wymaga znajomości programów oraz szczegółowego rozpoznania geotechnicznego. Nie ma też na ogół takiej potrzeby, a i inwestor stara się obniżyć jak najbardziej koszty projektu.

Celem autorki jest zwrócenie uwagi architektów i konstruktorów odpowiedzialnych za projekty małych obiektów budowlanych jakimi są domy jednorodzinne na rolę właściwego rozpoznania podłoża. Awaria przedstawiona w artykule nie miałaby miejsca, gdyby projekt i budowa były prowadzone z udziałem i pod nadzorem geotechnika. Oszczędności z tego tytułu są z pewnością wielokrotnie niższe niż obecne koszty naprawy i remontu.

Powstaje pytanie, które ma konkretne odniesienie ekonomiczne – kto ponosi odpowiedzialność za opisaną awarię budowlaną ? . Jest oczywiste, że sytuacja ta w skali „makro“ nie jest groźna, nie ma ofiar w ludziach a i zniszczenia nie są bardzo spektakularne. Natomiast w skali „mikro“ – dla właściciela budynku jest to katastrofa, która oznacza bardzo wysokie koszty naprawy lub utratę rynkowej wartości domu.

Odpowiedź na postawione powyżej pytanie pozostawia się do dyskusji w środowisku pracowników nadzoru budowlanego, urzędników i inżynierów zrzeszonych w Izbach, gdzie sprawa odpowiedzialności zawodowej jest stale podejmowana

## Literatura

1. Opinia gruntowo – wodna budynku mieszkalnego (2005) – materiały z prywatnego archiwum właściciela obiektu,
2. Instrukcja użytkowania programu PLAXIS version 8 for Win 95/NT –A.A.Balkema, Rotterdam,Brookfield (2002)
3. Wiłun Z. , Zarys Geotechniki (1976) Wydawnictwa Komunikacji i Łączności,
4. Wysokiński L., (1999) – *Nadzwyczajne wartości przemieszczeń budynku*. Awarie budowlane-19 Konferencja Naukowo Techniczna , Międzyzdroje, t 1 str. 187-194,
5. PN-83/B-03010 "Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie",
6. Rozporządzenie MSWiA w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz. Ust. nr 126/1998, poz.8.