



JACEK HULIMKA, *jacek.hulimka@polsl.pl*  
ZYGUNT BARTOSZEK, *zygmunt.bartoszek@polsl.pl*  
RAFAŁ KRZYWON, *rafal.krzywon@polsl.pl*  
SŁAWOMIR KWIECIEŃ, *slawomir.kwiecien@polsl.pl*  
Politechnika Śląska

## **AWARIA JEDNOKONDYGNACYJNEGO BUDYNKU SPOWODOWANA NIEPOPRAWNYM UFORMOWANIEM NASYPU POD POSADZKAMI**

### **FAILURE OF SINGLE STOREY BUILDING CAUSED BY INCORRECT FORMATION OF EMBANKMENT UNDER THE FLOOR STRUCTURE**

**Streszczenie** W referacie przedstawiono awarię budynku Stacji Dializ spowodowaną niewłaściwym i niezgodnym z projektem uformowaniem podbudowy pod posadzką. Niespełna dwa lata po ukończeniu budynku zaczęły rozwijać się zarysowania i deformacje ścian wewnętrznych oraz znaczne osiadania posadzek. Analiza układu konstrukcji wskazała, że uszkodzenia objęły prawie wyłącznie posadzki budynku i elementy bezpośrednio na nich oparte. Badania podłoża pod budynkiem i w jego bezpośrednim sąsiedztwie wykazały, że bezpośrednią przyczyną awarii było użycie do uformowania nasypu pod posadzkami silnie odkształcalnych gruntów, w znacznej części organicznych oraz ich niewłaściwe zagęszczenie. Ratunkiem dla konstrukcji, ale jednocześnie sprzyjającym nierównomiernym osiadanom, było posadowienie głównego układu nośnego w gruncie rodzimym poniżej nasypu. Niestety, wanna utworzona przez zewnętrzne ściany fundamentowe znacząco ograniczyła możliwości ewentualnej naprawy.

**Abstract** Paper presents failure of building of Nephro Dialyses Station caused by the incorrect and incompatible with the technical documentation formation of embankment under the floor. The process of internal wall cracking, wall deformations and floor settlement began just two years after the start of building utilization. Analysis of structural system indicated, that almost all damages were limited to the floor structure and elements supported by it. Investigations of subsoil under and near the building showed, that observed failure was caused by the formation of embankment under the floor with use of too deformable, partly organic soil and its insufficient consolidation. Main structure was saved by founding under the embankment, unfortunately this solution intensify differences of settlements and finally the scope of damages. Tank formation of outer foundation walls significantly reduced the range of possible repair solutions.

### **1. Wstęp**

Poprawne posadowienie budynku to nie tylko ograniczenie naprężeń pod fundamentem do wartości nieprzekraczających nośności podłoża, ale również (a może przede wszystkim) zapewnienie równomiernych osiadań wszystkich elementów konstrukcji. Wykonawcy często lekceważą tą regułę i nie dochowują należytej staranności przy posadawieniu drugorzędnych elementów konstrukcji, takich jak posadzki, ściany wypełniające, przybudówki itp. Konsekwencją takich zaniedbań są postępujące uszkodzenia konstrukcji budynku, zazwyczaj trudne w naprawie.

Niewłaściwe uformowanie nasypu stało się również przyczyną awarii budynku opisanego w referacie. Awarii nie tylko niezwykle trudnej i kosztownej w naprawie (co zostanie wykazane w dalszej części referatu), ale również mogącej nieść za sobą poważne konsekwencje zdrowotne dla osób objętych prowadzoną w obiekcie opieką medyczną.

Przedmiotowy budynek stacji dializ jest obiektem jednokondygnacyjnym, w przeważającej części o konstrukcji szkieletowej, częściowo podpiwniczonym, o zwartej bryle prostokąta z nieznacznie podciętą wnęką przy wejściu głównym. Piwnicę zlokalizowano w środkowej części obiektu, od strony nasypu i jest ona dostępna wyłącznie z zewnątrz.

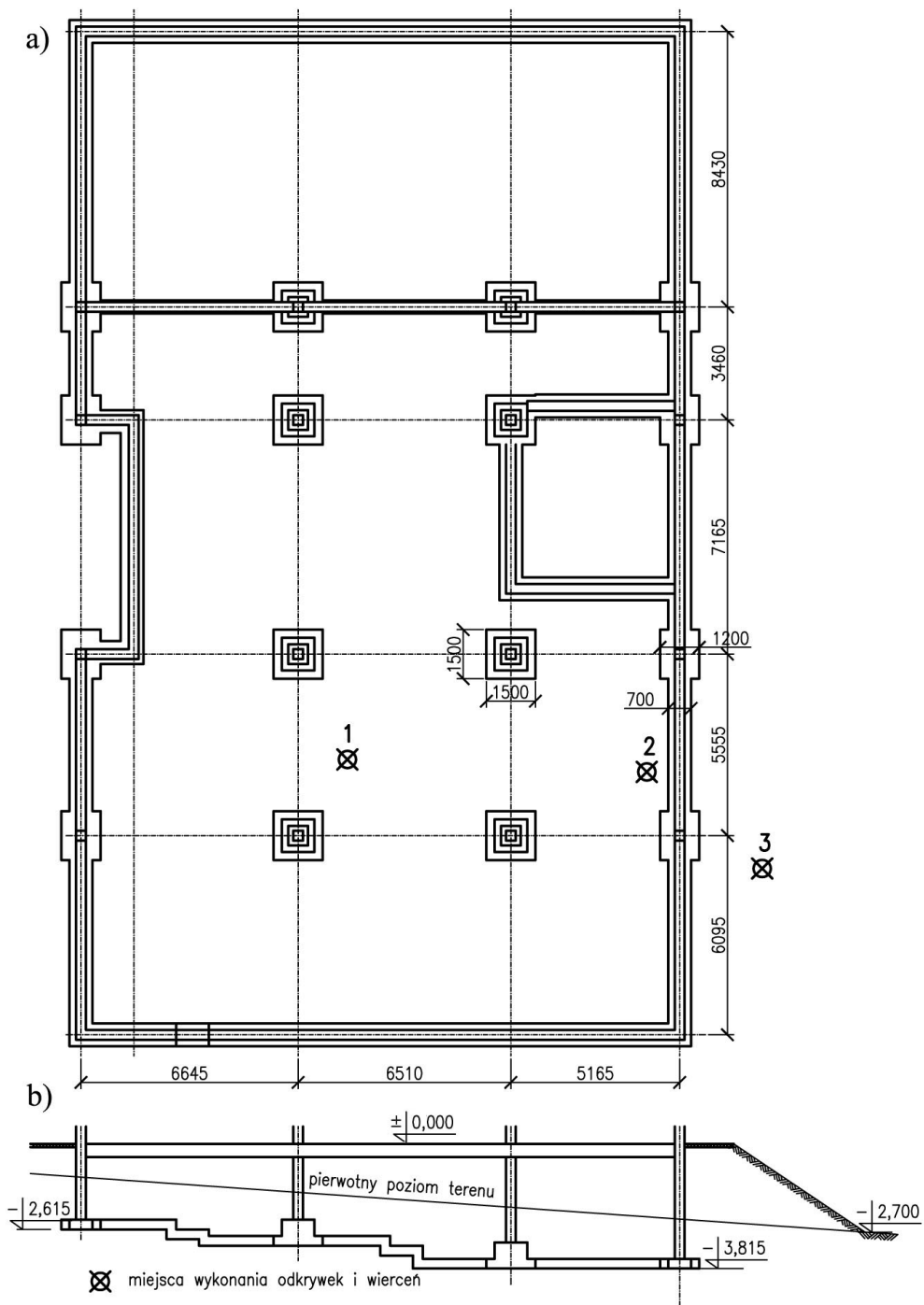
Główny ustrój nośny budynku stanowi układ prefabrykowanych słupów żelbetonowych stężonych w poziomie posadzki wieńcem, a w poziomie stropu wieńcem oraz układem prefabrykowanych belek, na których opierają się kanałowe płyty stropowe. Wyjątek stanowią ściany elewacji wschodniej i zachodniej, które wysunięto poza skrajną oś słupów i oparto bezpośrednio na ławach fundamentowych.

Słupy zamocowano w monolitycznych żelbetonowych stopach kielichowych, posadowionych na gruncie rodzimym (twardoplastyczne gliny zwałowe oraz półzwałe ility), w poziomie od -2,615 m do -3,815 m poniżej poziomu posadzki budynku. Stopy stężono ściągamami, a w obrysie zewnętrznym fundamentowymi ławami żelbetowymi. Typowy wymiar podstawy stopy wewnętrznej wynosi 1,5×1,5 metra, natomiast stopy skrajnej (pod ścianą zewnętrzną) 1,5×1,2 metra. Schematycznie układ fundamentów obrazuje rysunek 1.

Ze względu na dużą deniwelację terenu – rzędu 3 m, posadzka obiektu i ściany wewnętrzne posadowione zostały na nasypie formowanym w trakcie budowy. Największa miąższość nasypu (około 2,5 m) występuje od strony północnej, a najmniejsza od strony południowej (rys. 1b). Dodatkowo na zewnątrz obiektu, od jego północnej strony, wybudowany został nasyp wysokości około 2,7 m, umożliwiający dojście do części technicznej obiektu. Strop nad piwnicą oraz strop nad parterem wykonano w całości ze strunobetonowych płyt otworowych typu SP 200. W części środkowej płyty opierają się na prefabrykowanych strunobetonowych belkach typu R500/240, a w części zewnętrznej, wraz z wieńcem, na ścianie budynku. Połączenie płyt z wieńcem jest zmonolityzowane. W miejscach przeprowadzenia przewodów kominowych wykonano otwory w płytach. Wszystkie belki oparto na żelbetonowych słupach typu CRBF 290/290. Cała konstrukcja prefabrykowana została wykonana z betonu klasy C50/60.

Ściany zewnętrzne, zarówno nośne, jak i wypełniające, wykonano z gazobetonu grubości 36 cm i docieplono styropianem grubości 10 cm. Ściany wewnętrzne grubości 6,5÷12 cm wykonano z cegły kratówki i posadowiono bezpośrednio na posadzce. Warstwą nośną posadzki jest płyta betonowa. W projekcie przyjęta została płyta o grubości 15 cm, natomiast w wykonanych odkrywkach stwierdzono, że ma ona grubość około 40 cm.

Poddasze jest nieużytkowe i pełni rolę stropodachu wentylowanego. Konstrukcję dachu stanowi więźba drewniana o głównej konstrukcji płatwiowo-kleszczowej, wsparta na płytach stropowych oraz ścianach zewnętrznych. Nachylenie połaci dachowej wnosi 9%. Dach pokryto papą termozgrzewalną na pełnym deskowaniu.



Rys. 1. Schemat fundamentów: a) rzut; b) przekrój

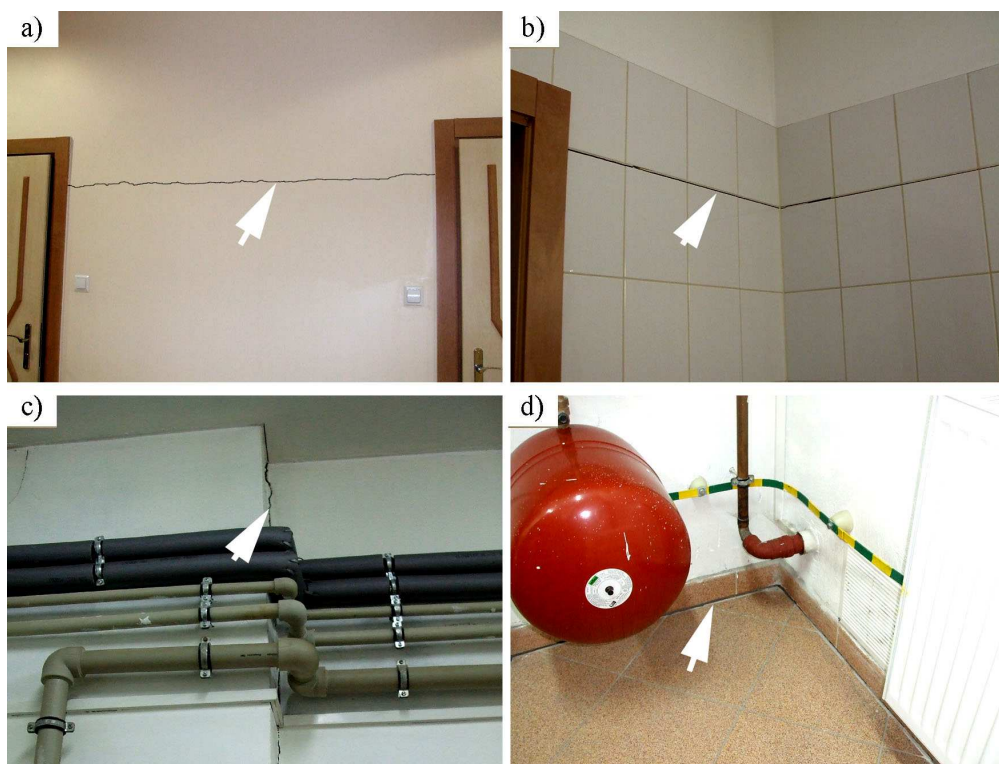
## 2. Uszkodzenia budynku

Już w drugim roku eksploatacji w budynku zaczęły ujawniać się uszkodzenia, niepokojące użytkownika i znacząco ograniczające walory użytkowe obiektu. W większości objęły one wewnętrzną część socjalną obiektu.

Jako pierwsze pojawiły się poziome zarysowanie ścian w części środkowej, w strefie łączników i szatni, na wysokości około 1,5 metra, pomiędzy otworami drzwiowymi (rys. 2a, 2b). Pomimo prób naprawy metodą powierzchniowego wzmocnienia tynku, rozwój zarysowań nie został zatrzymany i aktualnie mają one rozwarcie przekraczające 5 mm. W wyniku pęknięcia, odseparowany fragment ściany zaczął osiadać, a stolarka drzwiowa uległa deformacji uniemożliwiającej poprawne domknięcie drzwi.

Przeprowadzone przez autorów referatu oględziny ujawniły kolejne pęknięcia i zarysowania ścian wewnętrznych i zewnętrznych, najliczniejsze w narożach, wzdłuż łączników nośnych ścian zewnętrznych i wewnętrznych ścian działowych, głównie w pomieszczeniach służbowych przy elewacji południowej oraz w kotłowni i pomieszczeniach technicznych przy elewacji północnej. Większość z zaobserwowanych zarysowań biegnie wzdłuż naroży, praktycznie na całej wysokości ścian, a w niektórych przypadkach doszło do częściowego odseparowania ścian działowych od nośnych. Silne pęknięcia ścian zaobserwowano również wokół niektórych otworów okiennych i drzwiowych, zwłaszcza w części pod parapetami.

W jednym z pomieszczeń po stronie północnej doszło do odspojenia płytek ceramicznych na całej wysokości jednej ze ścian działowych.



Rys. 2. Przykładowe uszkodzenia elementów konstrukcji budynku: a), b) poziome pęknięcia ścian; c) pionowe pęknięcia ścian; d) osiadanie posadzek

Uszkodzeniom ścian towarzyszą również deformacje, pęknięcia i osiadanie posadzek. Najsilniejsze osiadanie wystąpiło w północno-zachodniej części budynku. W pomieszczeniu kotłowni przemieszczenie pionowe płytek terakoty względem cokołu przy ścianie zewnętrznej przekroczyło 10 mm (rys. 2d), w efekcie czego zmianie uległy spadki posadzki, a kratka ściekowa na środku pomieszczenia przestała spełniać swą funkcję.

Pęknięcia posadzek w formie nierówności pod wykładziną ujawniły się również w korytarzach.

Ślady deformacji ujawniły się również w otoczeniu budynku, przy elewacji północnej, gdzie w obrębie wyjścia gospodarczego wystąpiło znaczne osiadanie nasypu, skutkujące rozluźnieniem i kilkucentymetrowym pionowym przemieszczeniem kostki brukowej tworzącej chodnik wokół budynku.

Poza opisanymi pęknięciami i zarysowaniami nie zauważono innych istotnych uszkodzeń. Wśród wad kosmetycznych można wskazać np. nieliczne odspojenia i wybrzuszenia tynku, najprawdopodobniej spowodowane zanieczyszczeniem zapraw tynkarskich oraz ukośne pęknięcie płyty sufitu podwieszonego przy wyjściu obok kotłowni.

### 3. Badania podłoża pod posadzkami

Już pierwsze oględziny budynku ukierunkowały poszukiwanie przyczyn powstania uszkodzeń na warunki posadowienia obiektu. Wstępne podejrzenia potwierdziła również analiza dokumentacji projektowej. Praktycznie wszystkie deformacje i zarysowania wystąpiły w elementach budynku opartych na posadzce lub na ich styku z posadowionymi w gruncie rodzimymi ścianami zewnętrznymi i słupami. Dodatkowo, obawy o stan podbudowy posadzek potęgowały przekazane przez użytkownika wiadomości o rozszczelnieniu kanalizacji i wyrwaniu fragmentu jednej ze ścian w okresie budowy.

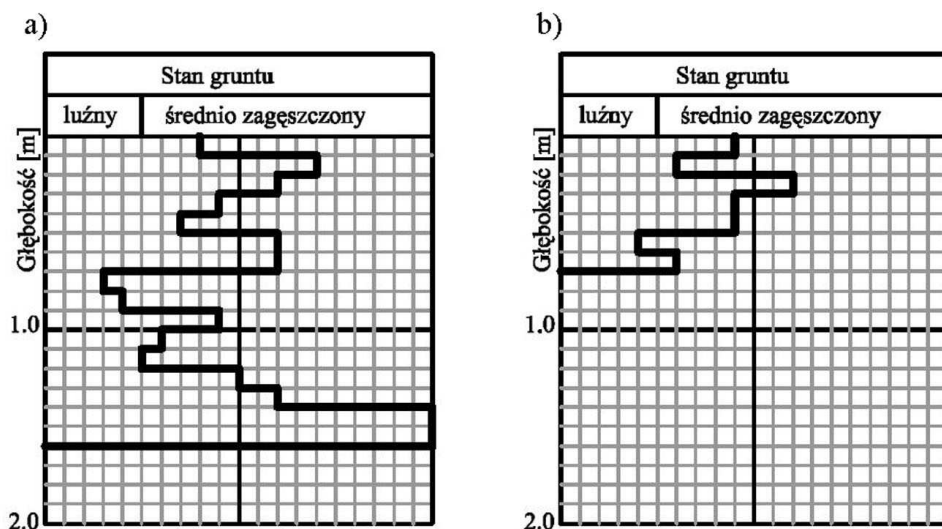
Zaplanowane badania podłoża objęły wykonanie dwóch odkrywek i otworów badawczych pod posadzką oraz dodatkowego otworu badawczego w strefie nasypu zewnętrznego. Wybór punktów badawczych był zdeterminowany przez obszary najsilniejszych uszkodzeń konstrukcji budynku – pierwsza z odkrywek wykonana została w części sanitarnej obiektu, przy poziomo spękanych ścianach wewnętrznych a drugą odkrywkę przeprowadzono w kotłowni, w miejscu gdzie posadzka i podścielająca ją płyta betonowa oderwały się od ścian i znacznie osiadły. Lokalizację punktów badawczych przedstawiono na rysunku 1.

W wykonanych odkrywkach sprawdzono styk między płytą betonową a podścielającym ją nasypem. Dla określenia stanu wybudowanego nasypu przeprowadzono badania sondą krzyżakową SLVT, a rodzaj gruntu określono wykonując wiercenia badawcze ręcznym sprzętem wiertniczym. Głębokość badań penetracyjnych wyniosła od 1,3 do 2,2 m ppp.

Badania laboratoryjne, wykonane zgodnie z normą PN-88/B-04481 [1], obejmowały oznaczenie rodzaju i stanu pobranych próbek gruntu, sprawdzenie zawartości  $\text{CaCO}_3$  oraz określenie zawartości części organicznych.

Przeprowadzone wiercenia badawcze wykazały, że nasyp budowlany wykonany został z piasku średniego z dodatkiem cegieł, części organicznych i czarnego humusu. Jest to niezgodne z zaleceniami projektu budowlano-wykonawczego, który przewidywał wykonanie nasypu z pospółki lub piasku średniego.

Sondowania dynamiczne sondą SLVT, przeprowadzone w punktach nr 1 i 2, wykazały, że uformowany nasyp znajduje się w różnym stanie: od luźnego ( $I_D = 0,28$ ) po średnio zagęszczony ( $I_D = 0,52$ ) – rys. 3. Zgodnie z projektem budowlano-wykonawczym stopień zagęszczenia nasypu po uformowaniu powinien wynosić minimum  $I_D = 0,4$  w warstwach dolnych, oraz minimum  $I_D = 0,5$  w górnej warstwie nasypu o miąższości 40 cm. Tym samym również w tym zakresie nie zostały spełnione wymagania przewidywane projektem.



Rys. 3. Wykres sondowań dynamicznych: a) punkt badawczy nr 1; b) punkt badawczy nr 2

W odkrywce nr 2 stwierdzono brak kontaktu pomiędzy posadzką a podścielającym ją nasypem budowlanym. Zmierzona szczelina między płytą a nasypem sięgała 4 cm (rys 4).



Rys. 4. Szczelina między płytą a podłożem; widoczny umieszczony w niej telefon komórkowy

#### 4. Analiza przyczyn powstania obserwowanych uszkodzeń

Na podstawie wizji lokalnych oraz projektu budowlano-wykonawczego ustalono, że główna konstrukcja nośna obiektu tj. ściany zewnętrzne i prefabrykowane słupy szkieletu budynku posadowione zostały, poprzez ławy i stopy fundamentowe, na nośnych i mało odkształcalnych gruntach naturalnych. Nie stwierdzono uszkodzeń wspomnianych konstrukcji. Jednocześnie ściany wewnętrzne budynku potraktowano jako ścianki działowe i wsparły bezpośrednio na posadzkach. Elementem nośnym posadzek jest płyta betonowa o grubości około 40 cm.

Zastosowanie do formowania nasypu materiałów niezgodnych z projektem i ich niewystarczające zagęszczenie spowodowały, że konstrukcja posadzki nadmiernie osiadła. Tym samym ujawnił się szereg związanych z tym uszkodzeń, obejmujących – poza bezpośrednim osiadaniami posadzki – także silne jej zarysowania oraz zarysowania posadowionych na niej ścian wewnętrznych. Również pionowe pęknięcia wzdłuż styków ścian wewnętrznych i zewnętrznych są konsekwencją nadmiernego osiadania tych pierwszych.

Tezę o niewystarczających parametrach odkształceniowych nasypu potwierdza również brak kontaktu części posadzki z wykonanym nasypem.

Na skutek przyłożonych obciążeń, a w tym ciężaru własnego gruntu, ciężaru konstrukcji posadzki i opartych na niej ścian oraz obciążeń użytkowych, osiadający nasyp zmniejszył swoją porowatość, polepszając tym samym swój stan. Pomimo powyższego zjawiska, przeprowadzone badania wykazały jego wciąż niewystarczające dogęszczenie. Tym samym można z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że stan nasypu tuż po uformowaniu był jeszcze gorszy, niż wykazały obecne badania.

Podobnie w przypadku nasypu zewnętrznego od strony północnej, zastosowanie niewłaściwych gruntów do jego budowy [2], niezależnie od techniki formowania, uniemożliwiło właściwe zagęszczenie gruntu, a tym samym spowodowało nadmierne osiadania chodnika.

Konsekwencją niewłaściwej konstrukcji nasypu były i są nadal nadmierne osiadania posadzek i opartych na nich wewnętrznych ścian działowych, a w dalszej kolejności obserwowane deformacje posadzek i ścian, ich zarysowania i pęknięcia.

## 5. Podsumowanie i wnioski dotyczące naprawy

Ze względu na niekorzystne ukształtowanie terenu (lekko opadający stok) projektanci zdecydowali o posadowieniu posadzki budynku na nasypie formowanym w trakcie budowy. Niestety nasyp wykonano nieprawidłowo. Zastrzeżenia budzi zarówno rodzaj materiałów wykorzystanych do jego budowy jak i wtrącenia gruntów spoistych. Trudno takie błędy tłumaczyć inaczej niż zamierzonym działaniem wykonawcy, który – zapewne w poszukiwaniu oszczędności – zdecydował się na odstępstwa od projektu i niekorzystną zmianę przewidzianych projektem materiałów do wykonania nasypu. Niewłaściwe zagęszczenie może być związane z dobraniem złej technologii formowania nasypu, to jest budowaniem go z warstw o zbyt dużej miąższości lub użyciem niewłaściwego sprzętu dogęszczającego. Ponadto grunty z wtrąceniami organicznymi są trudno zagęszczalne.

Szczęśliwie główna konstrukcja nośna została posadowiona w dobrze skonsolidowanym gruncie rodzimym i pozostała w dobrym stanie. Niestety, ze względu na specyficzną konstrukcję fundamentów, w tym zwłaszcza zewnętrznych ścian tworzących układ wanny, trudno jest zaproponować bezpieczne, a zarazem racjonalne i ekonomiczne rozwiązanie, mogące zabezpieczyć przedmiotowy budynek przed postępującymi zniszczeniami.

Metoda wzmocnienia podłoża nie może się ograniczyć jedynie do wypełnienia pustek bezpośrednio pod posadzkami. Konieczne jest zagęszczenie gruntu budującego cały nasyp. Najpewniejszym rozwiązaniem jest rozebranie posadzek, wybranie odcinkami nasypu podbudowy i właściwe uformowanie nowego nasypu, poczynając od warstw gruntów rodzimych, zgodnie z zapisami projektu budowlanego.

Możliwe jest również zastosowanie kolumn cementowo-gruntowych wykonanych w technologii iniekcji wysokociśnieniowej (jet-grouting) [3], które wyeliminowałyby konieczność rozbierania istniejącego nasypu. Rozmieszczenie kolumn, ich średnica i inne wymagania (konieczne rozbiórki ścian, posadzek itp.) powinny być przedmiotem właściwego projektu budowlanego. Metoda ta niesie z sobą również niebezpieczeństwo zwiększenia nacisków bocznych na ściany fundamentowe, a w konsekwencji ich wywrócenie.

Wybór innej metody zagęszczenia nasypu jest ograniczony w wyniku zastosowania do jego budowy różnych rodzajów gruntów (spoisłe i niespoisłe). Niestety, z powyższego powodu należy także wykluczyć klasyczne iniekcje gruntu [4], które w przypadku nasypów z gruntów niespoisłych byłyby właściwe, jednak w istniejącym przypadku nie gwarantują pewności rozwiązania.

### **Literatura**

1. Norma PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
2. Wiłun Z.: Zarys Geotechniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, wyd. IV, Warszawa 2003.
3. Stilger-Szydło E.: Posadowienie budowli infrastruktury transportu lądowego. Teoria-projektowanie-realizacja, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2005.
4. Pisarczyk S.: Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.