

*Marian Łupieżowiec**, *Jerzy Sękowski**

WPŁYW KONSOLIDACJI DYNAMICZNEJ PODŁOŻA NA DEFORMACJE SĄSIADUJĄCEGO TERENU**

1. Wprowadzenie

Ograniczeniem dla rozwoju współczesnego budownictwa jest brak wolnych terenów pod zabudowę. O przydatności pod zabudowę decyduje w podstawowym stopniu korzystna charakterystyka geotechniczna podłoża gruntowego. O niekorzystnej charakterystyce podłoża decyduje nadmierna odkształcalność i niewielka nośność budujących go gruntów. To tzw. grunty słabe, do których zalicza się: grunty organiczne, plastyczne i miękkoplastyczne grunty spoiste oraz luźne piaski, a nierzadko również grunty antropogeniczne, obejmujące różnego rodzaju odpady (np. odpady: kopalniane, hutnicze, elektrowniane). Dzięki współczesnym możliwościom w zakresie wzmocnienia gruntów słabych, a także ze względu na atrakcyjną lokalizację terenów budowanych przez takie grunty, znajdują one coraz częściej zainteresowanie potencjalnych inwestorów, także tych, którzy zamierzają realizować obiekty kubaturowe. Przykładów tak zagospodarowanych terenów dostarcza codzienna praktyka.

Jedną z najczęściej wykorzystywanych w praktyce metod wzmocnienia gruntów antropogenicznych jest konsolidacja dynamiczna, na Śląsku szczególnie przydatna w przypadku odpadów kopalnianych.

W artykule po scharakteryzowaniu odpadów górnictwa węgla kamiennego oraz konsolidacji dynamicznej jako metody wzmocnienia gruntów słabych, przytoczony zostanie spektakularny przykład zagospodarowania terenu zbudowanego z górniczej skały płonnej pod duże osiedle mieszkaniowe w Katowicach, łącznie z wpływem wspomnianej konsolidacji na sąsiadujący teren.

* Katedra Geotechniki, Politechnika Śląska, Gliwice

** Wyniki przedstawione w pracy są częścią projektu nr 4 T07E 019 30 pt. „Modelowanie wpływów technologicznych na otoczenie”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

2. Wzmacnianie gruntów nasypowych

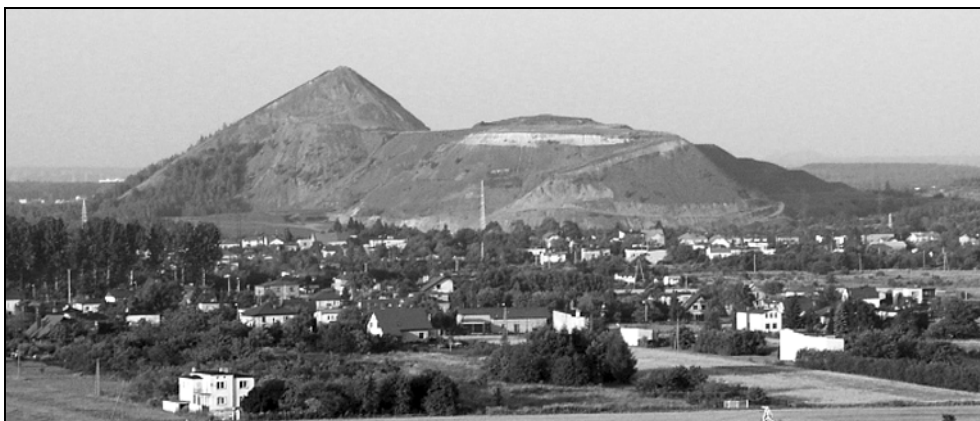
Nasypy zbudowane z gruntów antropogenicznych były i są nadal bogatym źródłem materiału wykorzystywanego głównie w budownictwie. Coraz częściej też nasypy wykorzystywane są pod zabudowę, przede wszystkim liniową. Specyfika gruntów antropogenicznych, podkreślona stanowiskiem normy [11], skutkuje dużą ostrożnością zarówno dokumentujących, jak i projektantów. Ostrożność ta przejawia się najczęściej poprzez kwalifikację nasypów jako niebudowlane. Oczywiście bez dogłębnej analizy dostępnych materiałów oraz wyników badań, w tym badań specjalnych, uznanie nasypów za przydatne pod zabudowę jest niemożliwe [6]. Tym bardziej, że częstą cechą nasypów antropogenicznych jest ich zróżnicowanie tak, co do składu i uziarnienia budujących je materiałów jak i stanu zagęszczenia. Trzeba sobie przy tym wyraźnie powiedzieć, że spotykamy w praktyce nasypy, które bez jakichkolwiek zabiegów mogą pełnić rolę podłoża projektowanej budowli, lecz spotykamy i takie, które bez podjęcia działań uzdatniających funkcji tej pełnić nie mogą. Oczywiście są i takie, których nie można lub też nie opłaca się uzdatniać. Na szczęście spośród licznej grupy metod wzmacniania gruntów słabych kilkanaście może być z powodzeniem stosowanych w odniesieniu do wspomnianych nasypów. Powyższe uwagi dotyczą wszystkich rodzajów gruntów antropogenicznych, jednak w dalszej części referatu uwaga zostanie skupiona na górnictwej skale płonnej (odpadach kopalnianych) i konsolidacji dynamicznej jako metodzie wzmacniania tych gruntów. Wybór ten podyktowany został coraz liczniejszymi próbami realizowania obiektów kubaturowych na takich właśnie nasypach jak również skuteczności wspomnianej metody uzdatniania nasypów kopalnianych. Zwińczeniem rozważań jest przykład inwestycji, zrealizowanej na wzmocnionych metodą konsolidacji dynamicznej nasypach z górnictwej skały płonnej.

2.1. Charakterystyka nasypów pogórnictwowych na terenie Górnego Śląska

Pozyskiwanie węgla kamiennego wymaga oddzielenia go od skały. Ten proces nazywany jest flotacją. Efektem jest produkt, zwany potocznie odpadem lub skałą płonną. Odpady kopalniane to materiał pochodzący z robót przygotowawczych oraz przeróbki węgla kamiennego. Ich zasadniczym składnikiem jest skała płonna. Charakteryzuje je złożony skład mineralny (głównie minerały ilaste oraz kwarc) a także skład chemiczny, z dominującym udziałem siarczanów. Uziarnienie odpadów kopalnianych związane jest z ich pochodzeniem, technologią zakładów przerobczych oraz czasem składowania. Materiał ten gromadzony jest zwykle na składowiskach powierzchniowych, zwanych hałdami (rys. 1). Z geotechnicznego punktu widzenia [11] odpad ten jest nasypowym gruntem antropogenicznym, czyli materiałem utworzonym z produktów gospodarczej lub przemysłowej działalności człowieka i przy współdziałaniu człowieka. Pojęcie to obejmuje znacznie szerszy zakres odpadów, z których wymienimy dla przykładu: odpady elektrowniane, hutnicze, budowlane, komunalne i inne [7].

Odpadami górnictwa węgla kamiennego zajmuje się polska nauka od lat (np. [5, 8]). Motorem tych działań jest m.in.: pilna potrzeba zagospodarowania odpadów, których ilość

jeszcze do niedawna była ogromna, z tej prostej przyczyny, że wyprodukowaniu 1 t węgla towarzyszy powstanie ok. 0,4 tony skały płonnej, a nierzadko jest to w stosunku 1:1 [4].



Rys. 1. Przykład górniczej skały płonnej składowanej na hałdzie

Najbogatsze złoża węgla kamiennego w Polsce występują na terenie Górnego Śląska, gdzie zlokalizowana jest ogromna większość z czynnych zakładów wydobywczych. Skałę płoną budują więc te utwory jak również resztki węgla, którego nie oddzielono od skał macierzystych. O ile piaskowce są utworami nie ulegającymi rozpadowi, o tyle łupki łatwo się lasują, obniżając tym samym ogólną sztywność skały płonnej. Obecność węgla w skałe płonnej to zagrożenie samozapłonem. Zjawiskiem mającym miejsce w starych zwałach skały płonnej jest ich przepalanie. Ogólnie odpady węgla kamiennego dzielimy na przepalone i nieprzepalone. Odpady węgla kamiennego to w ogólności materiał grubookruchowy, odpowiadający dobrze uziarnionym żwirom, niepozbawionym jednak frakcji kamienistej i piaskowej.

Ogólnie skała płonna nadaje się do formowania nasypów budowlanych. Nasyp układany warstwami, zagęszczany sprzętem mechanicznym przy zachowaniu odpowiedniej wilgotności formowanego materiału, uzyskuje dużą sztywność i nośność.

Pewna odmienność w cechach skały płonnej świeżej i przepalanej powoduje, że zakres ich wykorzystania jest różny, jakkolwiek, co należy podkreślić, obydwa materiały charakteryzuje duża przydatność techniczna.

2.2. Rozwiązanie problemu posadowienia na nasypach

Ze względu na przydatność dla budownictwa grunty nasypowe dzielimy na nasypy budowlane (nB) i niebudowlane (nN). Nasyp budowlany odpowiada, a nasyp niebudowlany nie odpowiada, wymaganiom budowy ziemnych lub podłoża pod obiekty budowlane. Grunty nasypowe (naturalne i antropogeniczne), z których ma być wykonany nasyp budowlany,

wymagają indywidualnej oceny przydatności budowlanej, co ma miejsce m.in. poprzez badania laboratoryjne, weryfikowane najlepiej w terenie na poletku doświadczalnym.

W praktyce budowlanej spotykamy się coraz częściej też z innym problemem. Wiąże się on z zagospodarowaniem istniejących już zwałowisk i hałd zbudowanych z materiału pochodzenia antropogenicznego. Istotne w tym przypadku jest nie tyle określenie przydatności samego materiału ile ocena przydatności istniejącego zwałowiska pod projektowaną zabudowę.

Zainteresowanie inwestora istniejącymi nasypami antropogenicznymi często przekreślają wyniki standardowych badań geotechnicznych (wiercenia, sondowanie). Dokumentując kwalifikuje bowiem te nasypy jako niebudowlane, sugerując np. posadowienie pośrednie. Ocenę tę można jednak w określonych przypadkach zmienić, poprzez podjęcie m.in. następujących działań: wykorzystanie materiałów archiwalnych; wykonanie dodatkowych badań geotechnicznych, podjęcie ściślejszej współpracy przez projektanta, geotechnika i geologa na różnych etapach realizacji inwestycji (np. [6]).

Wyniki starannie zaprogramowanych badań terenowych i laboratoryjnych, w połączeniu ze szczegółową analizą dostępnych informacji, przy ścisłej współpracy wspomnianych uczestników przedsięwzięcia inwestycyjnego, daje realną szansę zagospodarowania wielu istniejących nasypów antropogenicznych. Może ono mieć przebieg klasyczny, może jednak wymagać uprzedniego wzmocnienia gruntu antropogenicznego z wykorzystaniem jednej lub kilku metod nierzadko w połączeniu z dostosowaniem konstrukcji projektowanego obiektu do spodziewanych zagrożeń. Współczesna geoinżynieria stwarza w tym względzie bardzo duże możliwości, proponując cały szereg metod wzmocniania gruntów słabych [11]. Przykładów zagospodarowania nasypów antropogenicznych dostarcza codzienna praktyka inżynierska.

2.3. Wymagania odnośnie podłoża pod fundamenty

Podłoże gruntowe, które w przyszłości będzie w sposób bezpieczny przenieść wywołwane przez fundament obciążenie, musi spełniać warunki stawiane przez projektanta konstrukcji. Są to przede wszystkim odpowiednia nośność oraz sztywność, umożliwiające spełnienie wymagań I i II stanu granicznego. Obydwa parametry mają wpływ na konstrukcję samego fundamentu, tj. jego wymiary i zbrojenie.

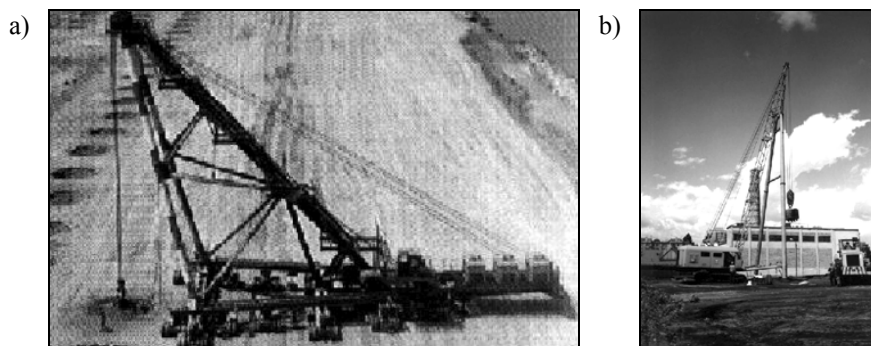
Aby uprościć analizę pracy fundamentu na wzmocnionym podłożu, często ustala się w sposób arbitralny wymaganie uzyskania konkretnej wartości modułu odkształcenia (np. wtórny moduł odkształcenia nie mniejszy niż 120 MPa a stosunek modułu wtórnego do pierwotnego nie większy niż 2,2), co jednak nie ma pokrycia w obliczeniach wytrzymałościowych fundamentu. Można wprawdzie przyjąć, że wartość modułu sztywności wzmocnionego podłoża jest skorelowana z jego nośnością, jednak postawienie konkretnych wymagań powinno być poprzedzone odpowiednią analizą.

Ze względu na brak możliwości oszacowania parametrów wzmocnionego podłoża, najczęściej zaleca się, w celu poznania jego rzeczywistej odpowiedzi na oddziaływanie, przeprowadzenie próbnych obciążeń.

3. Konsolidacja dynamiczna

3.1. Charakterystyka metody wzmocnienia

Konsolidacja dynamiczna — ciężkie ubijanie — wzmocnianie podłoża udarami o dużej energii, utożsamiana jest powszechnie z L. Menardem (1969). W tym przypadku ulepszenie słabego podłoża gruntowego uzyskuje się poprzez kilkakrotne (zwykle 5÷10 razy) zrzucenie znacznej masy (od kilku do ok. 200 t) z dużej wysokości (od kilku do ok. 40 m) w jedno miejsce. Zagęszczenie realizowane jest za pomocą specjalnie skonstruowanych do tego celu urządzeń, z których największe to Giga-Machine, a w kraju DYZAG (rys. 2).



Rys. 2. Przykłady urządzeń stosowanych do zagęszczenia podłoża w metodzie ciężkiego ubijania: a) typ Giga-Machine (1,96 MN × 35 m); b) typ DYZAG (0,18 MN × 15 m)

Zagęszczenie wykonywane jest w punktach tworzących regularną siatkę o oczkach 1,2÷15 m, zwykle w 2–3 fazach — w celu umożliwienia rozproszenia nadwyżki ciśnienia wody w porach. W powstałe kraterki wsypywany jest materiał grubookruchowy, a całość dodatkowo „prasowana” powierzchniowo, poprzez zrzucanie „miejsce obok miejsca” ubijaka o mniejszej masie i z niższej wysokości.

Za takim sposobem ulepszania podłoża słabego przemawiają:

- zakres możliwych zastosowań (od luźnych gruntów piaszczystych, dodatkowo z przewarstwieniami z gruntów spoistych i organicznych, po różnego rodzaju grunty antropogeniczne, zgromadzone na zwałowiskach, hałdach i wysypiskach,
- zasięg (od kilku do kilkudziesięciu metrów),
- efektywność, wyrażająca się znaczącym wzrostem nośności (2÷4-krotnie) i sztywności (nawet dziesięciokrotnie),
- znacząca liczba dotychczas zrealizowanych przedsięwzięć.

3.2. Zagrożenia występujące podczas wykonywania robót

Obok ograniczonego zakresu zastosowań, konsolidacja dynamiczna niesie ze sobą pewne niedogodności i zagrożenia. Niedogodnością, pomijając gabaryty samego urządzenia, jest

pewna niejednorodność zagęszczenia kompensowana prasowaniem powierzchniowym a także deformacje terenu przyległego. Najpoważniejszym jednak ograniczeniem są wstrząsy, jakie generuje ubijak spadający swobodnie na powierzchnię terenu. Wywoływane fale podłużne, poprzeczne oraz powierzchniowe, które są przenoszone przez podłoże gruntowe, negatywnie oddziałują na znajdujące się w sąsiedztwie budynki. Szczególnie groźne są składowe poziome przyspieszenia, które powyżej pewnej wartości mogą powodować spękania konstrukcji żelbetowych oraz murowych. Zasięg oddziaływania określa się na ok. 30÷50 m od punktu wywoływania udarów, natomiast w praktyce weryfikuje się to poprzez pomiary na konstrukcjach narażonych na szkodliwe dla nich drgania [2]. Składowe pionowe, choć mniej szkodliwe dla samych konstrukcji, powodują z kolei znaczny dyskomfort dla ludzi znajdujących się w pobliżu robót. Ocenia się, że składowa pionowa przyspieszeń drgań, w zależności od konstrukcji oraz utworów budujących podłoże, może być odczuwalna nawet do 300 m od miejsca wykonywania konsolidacji dynamicznej [2]. Ważne są również osiadania terenu wokół wykonywanych robót oraz jego deformacja. Jest to szczególnie istotne zwłaszcza dla terenów pokopalnianych ze względu na niejednorodność podłoża oraz możliwość istnienia pustek lub podziemnych kawern powstałych przy tworzeniu nasypu. Konieczność prowadzenia obserwacji zachowania się sąsiadującego z inwestycją terenu oraz stanu technicznego znajdujących się na nim budynków, a także niezwłocznego podejmowania decyzji warunkuje bezpieczne prowadzenie robót oraz minimalizację kosztów związanych z budową.

4. Zastosowanie wzmocnienia na przykładzie budowy osiedla mieszkaniowego „Dębowe Tarasy” w Katowicach

4.1. Charakterystyka gruntowo-wodna podłoża

Przykładem zastosowania metody konsolidacji dynamicznej podłoża składającego się z utworów nasypowych jest budowa osiedla mieszkaniowego „Dębowe Tarasy” w Katowicach. Na całość inwestycji składają się 4 budynki o wymiarach 72,4 × 48,9 m i wysokości od 6 do 11 kondygnacji oraz 8 budynków o wymiarach 42,3 × 19,8 m i wysokości 4 kondygnacji, tworząc zwartą zabudowę. Posadowienie wszystkich obiektów przewidziano na sztywnej skrzyni fundamentowej, a naciski wywierane na podłoże nie przekraczają 250 kPa.

Na podstawie analizy warunków gruntowo-wodnych [9] stwierdzono, że wierzchnią warstwą podłoża jest nasyp złożony z antropogenicznych odpadów kopalnianych. Miąższość nasypu waha się od 0 do nawet 20 m. W składzie nasypu dominuje tworzywo hałdy górniczej (łupek przywęglowy, lupek ilasty, okruchy piaskowca i mułowca, pył węglowy, węgiel), które jest przemieszane z żużlem, piaskami różnej granulacji, piaskiem gliniastym i gliną. Podścielające nasyp rodzime wodnolodowcowe gliny piaszczyste i piaski gliniaste w stanie twaroplastycznym oraz średnio zagęszczone piaski średnie i drobne stanowią wystarczająco sztywne i nośne podłoże pod budynki opisywanej inwestycji.

4.2. Zastosowane wzmocnienie podłoża oraz jego parametry

Problemem pojawiającym się na etapie projektowania posadowienia budynków był brak informacji co do rzeczywistej nośności i odkształcalności nasypu. Mimo, iż budujące go utwory gruntowe charakteryzowały się bardzo dobrym uziarnieniem oraz składem mineralogicznym, nie można było mieć pewności, że cała jego objętość będzie jednorodna pod względem zagęszczenia. Nawet niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia pustek w podłożu lub fragmentów luźno usypanych, pomimo przyjęcia fundamentu skrzyniowego, powoduje znaczne ryzyko wystąpienia awarii polegającej na znacznych osiadaniach lub przechyleniu całości obiektu, co mogłoby narazić inwestora na ogromne problemy. Dlatego też przyjęta metoda wzmacniająca podłoże powinna charakteryzować się przede wszystkim, oprócz niskich kosztów wykonania, możliwością zapewnienia równomiernego oraz odpowiednio wysokiego zagęszczenia materiału nasypu. Metodą, która spełnia wspomniane wcześniej warunki jest konsolidacja dynamiczna, scharakteryzowana w pkt 3 referatu.

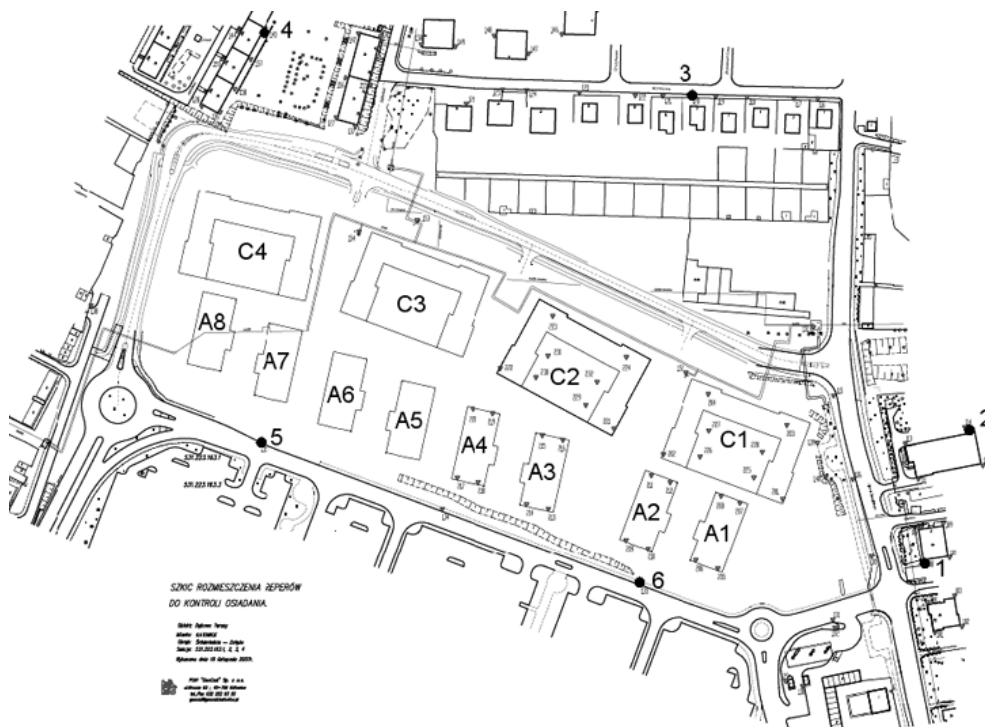
Projektując wzmocnienie podłoża pod budynki inwestycji „Dębowe Tarasy” ustalono ciężar ubijaka (13,5 t), i wysokość, z której miał być zrzucany (15 m). Pozwoliło to na skuteczne zagęszczenie materiału nasypu orientacyjnie do głębokości ok. 13 m. Dobór ubijaka uwarunkowany był możliwościami technicznymi wykonawcy wzmocnienia. Na podstawie wymiarów ubijaka ustalono, że punkty ubijania z pełnej wysokości tworzyć będą siatkę kwadratową $4,0 \times 4,0$ m, natomiast proces „prasowania” prowadzony był w siatce $2,0 \times 2,0$ m. Całość robót w ramach konsolidacji dynamicznej obejmowało wykonanie ponad 1200 kraterów o podanych wyżej parametrach technologicznych. Efektywność wzmocnienia została oceniona na podstawie wielkowymiarowych próbnych obciążeń podłoża [3], a uzyskiwane sztywności były w każdym przypadku przynajmniej dwukrotnie większe niż dla podłoża przed wykonaniem konsolidacji.

Z powodu niekorzystnych wpływów na znajdujące się w pobliżu robót budynki, ustalone na etapie projektowania parametry musiały ulec zmianie. Ponieważ w niektórych miejscach drgania pomierzone na budynkach przekraczały wartości dopuszczalne normą [12], zdecydowano o zmniejszeniu w tych rejonach wysokości spadania ubijania, w zależności od obserwowanego poziomu drgań, do: 12, 10 oraz 7 m. Zapewnienie założonej energii ubijania, przy zmniejszeniu wysokości opadania ubijaka, rekompensowano większą liczbą jego uderzeń. Modyfikacje te nie spowodowały pogorszenia efektów wzmocnienia, co zostało potwierdzone wynikami próbnych obciążeń, wykonanych po zakończeniu robót.

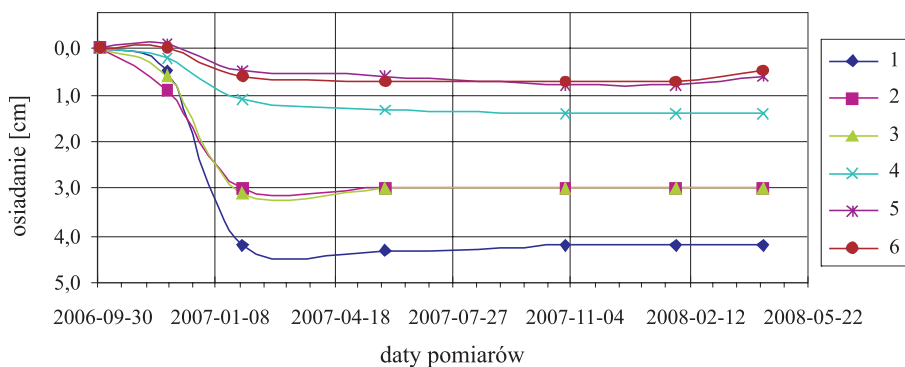
4.3. Wyniki pomiarów deformacji wzmocnionego obszaru oraz jego sąsiedztwa

Ze wspomnianych w podrozdz. 3.3 zagrożeń powodowanych przez konsolidację dynamiczną, oprócz generowanych drgań przenoszonych przez podłoże na budynki, nie mniej istotnym zjawiskiem są osiadania podłoża w sąsiedztwie prowadzonych robót. Zwłaszcza dla utworów nasypowych może to mieć kluczowe znaczenie, gdyż wywoływane w podłożu drgania powodują dogęszczanie warstw podłoża, a to z kolei osiadania. Dlatego też, na etapie wykonywania konsolidacji dynamicznej, oprócz pomiarów drgań, prowadzono także

regularny monitoring osiadań reperów umieszczonych na obiektach znajdujących się w promieniu do 300 m od miejsc ubijania. Obserwacje prowadzono na 95 reperach [10], a analizowane odczyty wykonywano od października 2006 do kwietnia 2008. Plan reperów pomiarowych przedstawiono na rysunku 3, a pomierzone wartości osiadań na rysunku 4.



Rys. 3. Umiejscowienie punktów pomiaru osiadań w rejonie budowy „Dębowe Tarasy”



Rys. 4. Deformacje terenu wokół budowy oraz osiadania znajdujących się w pobliżu budynków

Do analizy osiadań wybrano 6 reperów, z których cztery (nr 1–4) znajdowały się na budynkach, a pozostałe dwa na powierzchni terenu pobliskiego parkingu. Jak widać (por. rys. 4), w niektórych miejscach osiadania przekraczały 4 cm, co jest dosyć dużą wartością jak na wymagania normy [11]. Dotyczyło to głównie reperów usytuowanych na budynkach o konstrukcji murowej, często znajdujących się w złym stanie technicznym, posadowionych na podłożu o nieznannej odkształcalności. Znacznie mniejsze osiadania obserwowano na niedawno zbudowanym parkingu (punkty nr 5 i 6), gdzie wykonawca prawidłowo zagęścił podłoże. Można też stwierdzić, że im dalej od miejsc ubijania, tym efekty wywoływane ubijaniem zanikają. Widoczne jest ponadto, że główna część osiadań została zrealizowana w trakcie konsolidowania podłoża pod wschodnią częścią terenu (faza I), które miało miejsce do marca 2007. Wzmocnienie zachodniej części (przełom roku 2007/2008) powodowało już pomijalnie małe osiadania, a w niektórych przypadkach nawet odprężenie podłoża. Najprawdopodobniej było to spowodowane płytszym nasypem antropogenicznym w części zachodniej oraz skonsolidowaniem terenu w wyniku I fazy inwestycji. Należy również dodać, że prowadzone roboty nie spowodowały uszkodzenia żadnego z istniejących w pobliżu budynków, obserwowano jedynie drobne zarysowania i pęknięcia elementów wykończenia.

5. Podsumowanie i wnioski

Wobec odczuwalnego braku terenów zdalnych pod zabudowę bez zastrzeżeń coraz częściej sięga się po tereny o niekorzystnej charakterystyce geotechnicznej. Mowa o terenach budowanych przez silnie odkształcalne grunty organiczne oraz grunty spoiste w stanie plastycznym i miękkoplastycznym a także o nasypach budowanych przez grunty antropogeniczne. W przypadku tych ostatnich to zróżnicowany skład oraz stan fizyczny najczęściej przesądza o ich nieprzydatności pod zabudowę. Bardzo przydatne w tej sytuacji są różnorodne metody zmierzające do wzmocnienia nasypów, w tym konsolidacja dynamiczna. Metoda ta jest stosowana od wielu lat, szczególnie na terenie Śląska i to w odniesieniu do odpadów kopalnianych.

Z treści referatu wynikają następujące spostrzeżenia:

- grunty antropogeniczne mogą i są w znacznym stopniu wykorzystywane w budownictwie, w tym jako podłoże budowli; o ich przydatności powinna decydować każdorazowo indywidualna ocena, wykorzystująca wyniki badań laboratoryjnych i badań polowych;
- zagospodarowaniu nasypów antropogenicznych sprzyjają różnorodne metody i zabiegi ulepszające słabe podłoże gruntowe;
- konsolidacja dynamiczna jest jedną z najskuteczniejszych i najbardziej efektywnych metod wzmocnienia podłoża zbudowanego z produktów działalności górniczej i przemysłowej;
- prowadzone roboty oddziałują na otoczenie przez wywoływanie deformacji podłoża oraz szkodliwych dla konstrukcji budowlanych drgań; stąd też zasadne w takich sytuacjach jest prowadzenie monitoringu zachowania się i podłoża i budynków w najbliższym otoczeniu;

- wykorzystywane metody wzmocnienia podłoża i posadowienie obiektów na tego rodzaju terenach nie są w dostateczny sposób opisane w normach; wymagają więc prowadzenia bieżącej obserwacji zjawisk zachodzących podczas robót oraz szybkiego podejmowania decyzji w zależności od wyników monitoringu.

LITERATURA

- [1] *Gryczmański M.*: Współczesne kierunki rozwoju geotechniki w Polsce. Inżynieria i Budownictwo, 8, 1994
- [2] *Gryczmański M., Sękowski J.*: Problemy i metody posadowienia na podłożach słabych. VI Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego. Warsztat Pracy. Cedziona, 2000, s. 35–50
- [3] *Łupieżowicz M.*: Wielkowymiarowe próbne obciążenia jako metoda rozpoznawania nośności i sztywności podłoża gruntowego. Zeszyty Naukowe Pol. Krakowskiej, z. 1–Ś, 2007, s. 105–116
- [4] *Pieczyrak J.*: Inżynierska ocena górniczej skały pływnej. Inżynieria i Budownictwo, 6, 2000, s. 314–316
- [5] *Pisarczyk St.*: Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania. Oficyna Wydawnicza Pol. Warszawskiej. Warszawa, 2004
- [6] *Sękowski J.*: Nasypy niebudowlane — problemy i wyzwania. XIV Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Inżynierii Geotechnicznej i III Ogólnopolska Konferencja Młodych Geotechników. Białowieża — Augustów, 21–23. 06. 2006. Zeszyty Naukowe Budownictwo, z. 28, t. 2, 2006, s. 429–438
- [7] *Sękowski J.*: Grunty antropogeniczne jako podłoże budowli. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Inżynieria Środowiska., z. 54, 2007, s. 119–128. Gruntowe materiały budowlane i Inżynierii Lądowej i Wodnej. Monografia wydana z okazji 70-lecia Prof. Stanisława Pisarczyka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa
- [8] *Skarżyska K.*: Odpady powęglowe i ich zastosowanie w inżynierii lądowej i wodnej. Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie, Kraków, 1997
- [9] *Słowik J.*: Opinia geologiczno-inżynierska dotycząca wschodniej części projektowanego osiedla „Dębowe Tarasy” przy ul. Piotra Ściegiennego w Katowicach. Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjno-Handlowe „PROGEO” Sp. z o.o., Katowice, 2006
- [10] Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe GEOCAD, Sprawozdanie techniczne dla obiektu „Dębowe Tarasy” dotyczące osiadań reperów zainstalowanych na budowanych obiektach oraz na budynkach i urządzeniach znajdujących się w pobliżu. Katowice, 2008
- [11] PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów
- [12] PN-85/B-02170: Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki