

Analiza możliwości adaptacji terenów inwestycyjnych objętych wpływem płytkiej eksploatacji górniczej wraz z przywracaniem ich wartości użytkowych.

AUTOR: DAWID SOWIŃSKI
REFERENT: MAŁGORZATA SOWIŃSKA

Sosnowiec, 21 września 2016 r.



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

WPROWADZENIE

Skutki eksploatacji podziemnej związane są zazwyczaj z wpływami bezpośrednimi na powierzchnię terenu, które zanikają po kilku latach od zakończenia eksploatacji, wywołując deformacje ciągłe i ewentualnie szkody górnicze. W warunkach geologicznych – górniczych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego okres ujawniania się takich wpływów wynosi od kilku miesięcy do kilku lat (około pięciu).

I część wykładu

- ✓ zagrożenia powierzchni terenu wynikające z istnienia starych płytkich zrobów,
- ✓ ocena zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi,
- ✓ sposoby i metody określania zasięgu starej płytkiej eksploatacji na terenach likwidowanych kopalń,
- ✓ propozycje klasyfikacji rejonów zagrożonych powstaniem deformacji nieciągłych,
- ✓ geoinżynierskie metody modyfikujące właściwości fizyko – mechaniczne ośrodka gruntowego i masywu skalnego.

II część wykładu

- ✓ analiza problemu posadowienia na nasypach niekontrolowanych zbudowanych w głównej mierze z górniczej skały płonnej,
- ✓ analiza geologiczno – górnicza terenu inwestycji,
- ✓ wybór optymalnej metody posadowienia obiektu.

ZAGROŻENIA POWIERZCHNI TERENU WYNIKAJĄCE Z ISTNIENIA STARYCH PŁYTKICH ZROBÓW

DEFORMACJAMI NIECIĄGLYMI nazywa się wyraźne zauważalne zmiany powierzchni terenu w postaci szczelin, progów, lejów zapadlisk lub innych zniekształceń. Ogólnie deformacje nieciągłe dzieli się na nieciągłe deformacje liniowe (szczeliny, progi) i nieciągłe deformacje powierzchniowe (zapadliska, leje).

Deformacje nieciągłe liniowe powstają zwykle w pobliżu wychodni uskoków tektonicznych lub wychodni pokładów nachylonych naruszonych robotami górniczymi.

Deformacje nieciągłe powierzchniowe związane są z występowaniem pustek w górotworze. Warunkiem koniecznym do powstania takich deformacji jest wystąpienie zawału pustki. Mogą one powstawać w sposób gwałtowny, a czas ich wystąpienia jest trudny do określenia i być przesunięty w stosunku do wytworzenia się pustki nawet o kilkadziesiąt lat.

PRZYKŁADY ZAOBSERWOWANYCH DEFORMACJI NIECIĄGŁYCH POWIERZCHNI



DEFORMACJA TYPU LINIOWEGO W POSTACI SZCELINY CZĘŚCIOWO OTWARTEJ



DEFORMACJA TYPU POWIERZCHNIOWEGO W POSTACI ZAPADLIKA O KSZTAŁCIE KOŁA



DEFORMACJA NIECIĄGŁA TYPU LINIOWEGO W POSTACI SZCELINY OTWARTEJ



DEFORMACJA NIECIĄGŁA TYPU POWIERZCHNIOWEGO W POSTACI ZAPADLIKA O KSZTAŁCIE ELIPTYCZNYM

PRZYKŁADY ZAOBSERWOWANYCH DEFORMACJI NIECIĄGŁYCH POWIERZCHNI



DEFORMACJA TYPU LINIOWEGO W POSTACI
ROZLEGŁEJ SZCZELINY OTWARTEJ



DEFORMACJA TYPU POWIERZCHNIOWEGO W POSTACI
ZAPADLIKA O KSZTAŁCIE ELIPTYCZNYM



DEFORMACJA NIECIĄGŁA TYPU POWIERZCHNIOWEGO W POSTACI
ROZLEGŁEGO ZAPADLIKA O KSZTAŁCIE LEJA

OCENA ZAGROŻENIA POWIERZCHNI DEFORMACJAMI NIECIĄGLYMI

Metodę opartą na analizie statystycznej kilkuset przypadków powstania deformacji nieciągłych typu powierzchniowego przedstawiono w pracy [M. Chudka i W. Ołaszowskiego]. Autorzy wprowadzili tak zwany wskaźnik Z, określony zależnością, zgodnie ze wzorem:

$$Z=H-h/g$$

gdzie:

- H – głębokość lokalizacji stropu pustki [m],
- h – miąższość skał nadkładu [m],
- g – wysokość pustki [m].

OCENA ZAGROŻENIA POWIERZCHNI DEFORMACJAMI NIECIĄGLYMI

Prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska jako funkcji wskaźnika Z

Z	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P	1,0	0,96	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69
Z		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P		0,66	0,63	0,60	0,58	0,55	0,52	0,50	0,47	0,44	0,42
Z		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
P		0,39	0,37	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,19
Z		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
P		0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,03	0,03	0,00

W tabeli 2 przedstawiono zależności pomiędzy wartością wskaźnika Z, a średnicą mogącego wystąpić zapadliska (lub leja) S, prawdopodobieństwem jego wystąpienia P i liczbą możliwych zapadlisk na 1 km² powierzchni Wn.

[Chudek M., Janusz W., Zych J.: Studium dotyczące rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Górnictwo, z. 141. Gliwice 1988.]

SPOSOBY I METODY OKREŚLANIA ZASIĘGU STAREJ PŁYTKIEJ EKSPLOATACJI NA TERENACH LIKWIDOWANYCH KOPALŃ

Różnorodność czynników, mających wpływ na powstanie nieciągłych deformacji powierzchni typu powierzchniowego powoduje, że zjawisko jest trudne do teoretycznego ujęcia i wobec tego trudno prognozowalne. Przedstawiona geneza i charakterystyka powoduje konieczność wykonania wcześniejszych badań in situ, opracowania projektu sposobu zabezpieczenia powierzchni oraz realizacji specjalistycznych prac zabezpieczających.

- A. Ustalenie rejonów przypuszczalnego zasięgu zrobów starej płytkiej eksploatacji na podstawie: map górniczych, dokumentacji geologicznych, uzbrojenia powierzchni, rejestru powstałych deformacji nieciągłych, zasięgu planowanej i dokonanej eksploatacji, profili i przekrojów geologicznych.
- B. Rozpoznanie górotworu w zasięgu zrobów starej płytkiej eksploatacji metodami bezpośrednimi i pośrednimi.

Metody pośrednie geofizyczne polegają na badaniu zmian własności fizycznych górotworu w rejonach występowania starych płytkich zrobów. Najczęściej stosuje się:

- ✓ metodę elektrooporową
- ✓ metodę radarową
- ✓ metodę mikrograwimetryczną
- ✓ metodę sejsmiczną w wersji przeświałłań oraz profilowań o wysokiej rozdzielczości

Metody bezpośrednie:

- ✓ wiercenia badawcze (geologiczne z rdzeniowaniem lub bez rdzeniowania), badania introskopowe w otworach wiertniczych przy użyciu mikrokamery

Z doświadczeń praktycznych wiadomo, że nawet gęsta sieć wierceń nie pozwala na lokalizację wszystkich zaburzeń nieciągłych. W związku z tym metody wiertnicze i badania introskopowe stosowane są zwykle jako metody uzupełniające (wtórne), do wykonanych badań geofizycznych, dla potwierdzenia istnienia pustek lub innych zaburzeń nieciągłych.

PROPOZYCJE KLASYFIKACJI REJONÓW ZAGROŻONYCH POWSTANIEM DEFORMACJI NIECIĄGŁYCH

Kat.	Stopień zagrożenia	Warunki geologiczno-górnice	Zakres badań
A	Brak zagrożenia	<ul style="list-style-type: none"> - brak zapadlisk, - brak złoże, - brak eksploatacji, - eksploatacja z podsadzką, - brak wyrobisk mających połączenie z powierzchnią. 	Tereny nie wymagające badań
B	Zagrożenie małe	<ul style="list-style-type: none"> - brak zapadlisk - brak szczelin i progów, - brak zjawisk sufozyjnych, - stara eksploatacja, - wyrobiska pionowe i ukośne mające połączenia z powierzchnią o znanym sposobie likwidacji, - grubość warstw nadkładu skał związanych conajmniej pięciokrotnie większa niż wysokość wyrobisk górniczych, - wyrobiska wypełnione wodą. 	Badania rozpoznawcze w obszarach planowanych inwestycji
C	Zagrożenie średnie i duże	<ul style="list-style-type: none"> - brak zapadlisk lub występują zapadliska o średnicy poniżej 5m, - występują zjawiska sufozji, infiltracja wód do zrobów, - szyby i szybiki o nieznanym sposobie likwidacji, - grubość warstw nadkładu skał związanych w stropie mniejsza od pięciokrotnej wysokości wyrobisk górniczych, - eksploatacja zawałowa, - wyrobiska poziome i ukośne o nieznanym sposobie likwidacji, - eksploatacja głęboka pod płytkimi zrobami, - dyslokacje tektoniczne. 	Badania rozpoznawcze i szczegółowe
D	Zagrożenie bardzo duże	<ul style="list-style-type: none"> - występują zapadliska o średnicy powyżej 5m, - występują progi i szczeliny, - występują zjawiska sufozyjne, - eksploatacja zawałowa, - zjawiska pożarowe w rejonach prowadzonej eksploatacji węgla, - zjawiska sejsmiczne i parasejsmiczne. 	Badania szczegółowe i monitoringowe (z wyłączeniem terenów eksploatacji rudnej w których średnica zapadlisk przekracza 15m)

Klasyfikacja zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi w rejonach płytkiej eksploatacji złóż rud cynkowo-olowiowych i węgla kamiennego oraz zakresu niezbędnych prac badawczych w obszarze województwa katowickiego.

GEOINŻYNIERYJNE METODY MODYFIKUJĄCE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO – MECHANICZNE OŚRODKA GRUNTOWEGO I MASYWU SKALNEGO

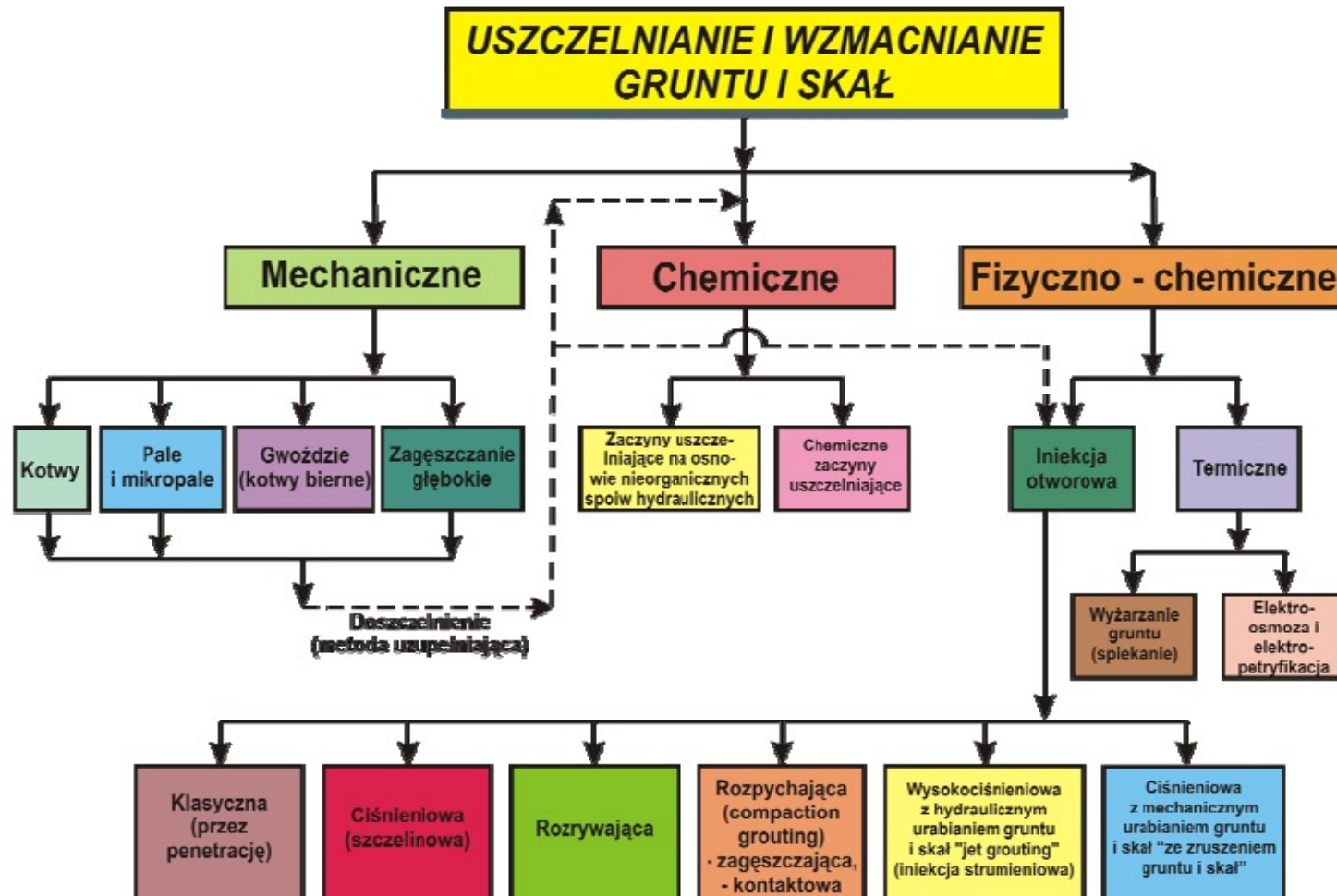
Pod pojęciem prac geoinżynierskich należy rozumieć zabieg inżynierski polegający na optymalnym doborze:

- ✓ metody,
- ✓ technologii,
- ✓ właściwości technologicznych świeżego i stwardniałego zaczynu uszczelniającego; w zależności od istniejących warunków górniczych oraz geologiczno – hydrogeologicznych.

W wyniku prawidłowo przeprowadzonych prac geoinżynierskich, uzyskuje się:

- ✓ zmniejszenie przepuszczalności szczelinowatych lub porowatych skał zwięzłych i sypkich, a więc uszczelnienie masywu skalnego,
- ✓ poprawę właściwości wytrzymałościowych skał górotworu,
- ✓ redukcję osiadania górotworu,
- ✓ ograniczenie możliwości upłynnienia się skał górotworu pod wpływem obciążeń dynamicznych oraz zmian warunków hydrogeologicznych,
- ✓ zmniejszenie szybkości ruchu wody w szczelinach i przeciwdziałanie możliwości rozwoju sufozji mechanicznej i chemicznej,
- ✓ zmniejszenie wysokości strugi filtracyjnej w skałach górotworu,
- ✓ obniżenie i bardziej korzystne rozłożenie ciśnienia dynamicznego i statycznego, które mogłoby doprowadzić do odkształcenia skał górotworu,
- ✓ zlikwidowanie możliwości powstawania nowych dróg filtracji prowadzących do odkształceń górotworu.

Klasyfikacja metod uszczelniania i wzmacniania ośrodka gruntowego i masywu skalnego



II CZĘŚĆ DRUGA WPROWADZENIE

Przedmiotem analiz jest teren inwestycji zlokalizowany w Sosnowcu, na obszarze Śląskiego Centrum Logistycznego, teren badań zajmuje obszar zbliżony do prostokąta o wymiarach 310 x 160 m (4,96 ha), natomiast przedmiotem inwestycji jest budowa jednokondygnacyjnych hal magazynowych przyległych do siebie o powierzchniach, odpowiednio 11 953 m² oraz 13 919 m² wraz z placem manewrowymi i miejscami parkingowymi

O przydatności pod zabudowę decyduje w podstawowym stopniu korzystna charakterystyka geotechniczna podłoża gruntowego. O niekorzystnej charakterystyce podłoża decyduje jego nadmierna odkształcalność i niewielka nośność budujących go gruntów. Taką charakterystykę wykazują grunty nienośne grunty słabe, do których zalicza się:

- ✓ Grunty organiczne,
- ✓ plastyczne i miękkoplastyczne grunty spoiste oraz luźne piaski,
- ✓ nierzadko również grunty antropogeniczne, obejmujące różnego rodzaju odpady (np. odpady: kopalniane, hutnicze, elektrowniane).

**HALA LOGISTYCZNA SOSNOWIEC**

Potencjalni inwestorzy na potrzeby realizacji budowy obiektów kubaturowych coraz częściej sięgają po zasoby terenów budowlanych Śląska i Zagłębia obciążonych historyczną eksploatacją górnictwem. Niezwykle istotna jest już na etapie projektowania prac geologiczno inżynierskich wybranie właściwej metody badawczej z szerokiego wachlarza metod geofizycznych.

Właściwe rozpoznanie zdegradowanego eksploatacją górnictwem ośrodka gruntowego umożliwi właściwą lokalizację badawczych otworów geologiczno inżynierskich.

ANALIZA GEOLOGICZNO -GÓRNICZA

Warunki gruntowe w podłożu pod projektowanymi halami zostały rozpoznane poprzez wykonanie łącznie 40 wierceń o głębokości od 4,0 m (pod drogami i parkingami) do 25,0 m pod stopami fundamentowymi. Dodatkowo wykonano 7 sondowań dynamicznych DPL oraz 5 sondowań statycznych CPT.

Materiały geologiczno-górnice dostarczyły informacji na temat lokalizacji upadowych Marian Zachód oraz Zbyszek. Tak więc podstawowym zadaniem przed przystąpieniem do zaprojektowania siatki badawczych otworów geologiczno inżynierskich pozostawało sprawdzenie w jakim stopniu zostały zlikwidowane upadowe, czy ich przebieg pokrywa się z danymi zawartymi w materiałach górniczych oraz czy będzie kolizyjny z lokalizacją obiektu.






**WNĘTRZE UPADOWEJ ZBYSZEK
WRAZ Z JEJ WEJŚCIEM**



Do rozwiązania zadania zostały zastosowane dwie metody geofizyczne:




METODA ELEKTROOPOROWA



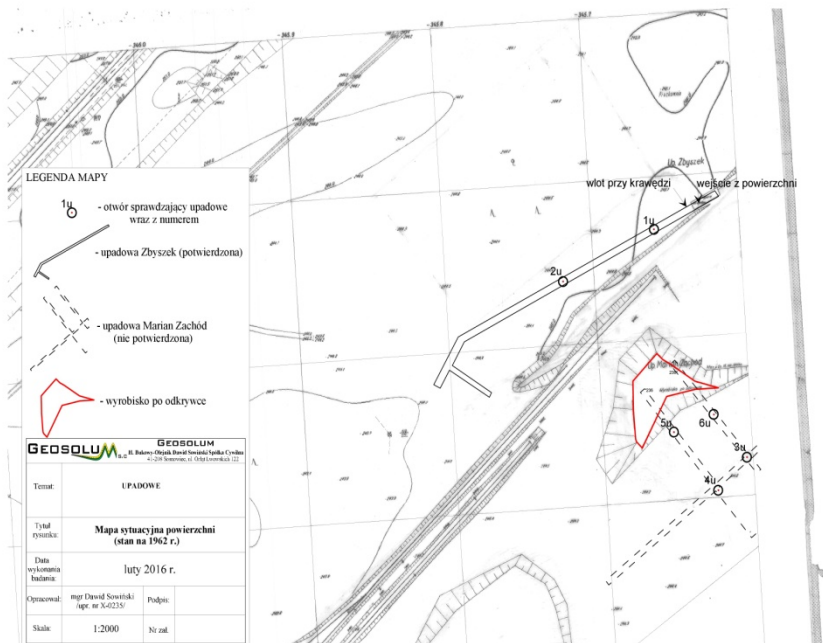
-  Pozwala uzyskać dane dotyczące parametrów podłoża, tektoniki, litologii, kształtu i stref spękań, wkładek utworów wysoko i niskooporowych
-  Możliwość zastosowania w najróżniejszych warunkach terenowych
-  Mają charakter jednowymiarowy co oznacza, że zmiany oporności elektrycznej ośrodka określane są w jednym kierunku

METODA GEORADAROWA



-  Szerokie spectrum zastosowania w zależności od częstotliwości ci anten. Im niższa częstotliwość tym większy zasięg głębokościowy lecz rozdzielczość pomiaru maleje.
-  Szybkość pomiaru - wyniki w czasie rzeczywistym
-  Tłumienie obrazu w ośrodkach gruntowych zawierających duże ilości glin, łąw, mułów oraz w ośrodkach mokrych

ANALIZA GEOLOGICZNO -GÓRNICZA



LOKALIZACJA UPADOWYCH

Upadowa Zbyszek została potwierdzona 2 otworami kontrolnymi wykonanymi w odległości 30 m i 100 m od wejścia, w których nawiercono ceglany strop o grubości 50-70 cm. Po przewierceniu stropu nie napotkano żadnego oporu podczas wcisku żerdzi na całej wysokości upadowej o wymiarach (w świetle) ok.4m szerokości podstawy i ok.3 m wysokości w osi upadowej (kształt półkolisty). Upadowa ta z całkowitą pewnością nie jest zlikwidowana w jakikolwiek sposób (oprócz częściowego zasypu wejścia).

ANALIZA PROBLEMU POSADOWIENIA NA NASYPACH NIEKONTROLOWANYCH

Podstawowym problemem poza możliwością wystąpienia deformacji nieciągłych na powierzchni terenu ze względu na występowanie dawnej eksploatacji górniczej jest występowanie miększej miejscami nawet do 18 m (średnio 5,0 -10,0) m warstwy wierzchniej zbudowanej z nasypów niekontrolowanych (nN).

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.



**POBIERANIE GRUNTÓW DO BADAŃ
W CELU PRZYGOTOWANIA
EKSPERTYZY GEOTECHNICZNEJ
PRZYDATNOŚCI ZŁOŻA**



ANALIZA PROBLEMU POSADOWIENIA NA NASYPACH NIEKONTROLOWANYCH GRUNTY NASYPOWE



Biorąc pod uwagę 2 główne problemy determinujące charakterystykę omawianego terenu, inwestycja została zaklasyfikowana do III kategorii geotechnicznej, a warunki gruntowe określone jako skomplikowane. Należy podkreślić, że głównym materiałem budującym nasyp niekontrolowany jest nieprzepalona skała płonna, mechanicznie oddzielona od węgla. Tworzywem wiodącym w składzie są łupki, które są utworami ulegającymi rozpadowi, łatwo się lasują, obniżając tym samym ogólną sztywność skały płonnej.



Niekorzystny jest również sposób formowania nasypów tj. bez układania warstw z jednoczesnym zagęszczaniem mechanicznym, co ma swoje przełożenie w uzyskiwanych parametrach geotechnicznych.

Scharakteryzowane zarówno w analizie jakościowej i ilościowej, nasypy antropogeniczne zbudowane w głównej mierze z odpadów pogórnich bez podjęcia działań uzdatniających nie mogą pełnić roli podłoża projektowanej budowli.

WYBÓR OPTYMALNEJ METODY POSADOWIENIA OBIEKTU

Dobierając optymalną technologię przygotowania i wzmocnienia podłoża pod stopy fundamentowe, należy wziąć pod uwagę fakt, że poziom podstawy stóp fundamentowych znajduje się na głębokości dochodzącej do 4,3 m poniżej obecnego poziomu terenu. W miejscach, gdzie grunty nasypane mają większą miąższość, poziom posadowienia wynosi nie płycej niż 2,0 m ppt. Oznacza to, że przed wykonaniem fundamentu podłoże odpręży się, przez co część obciążenia przekazywanego przez stopę będzie pracować w fazie obciążenia wtórnego. Ponadto zdecydowanie zmniejszy się odległość od poziomu posadowienia do spągu gruntów nasypanych, przez co możliwe jest zastosowanie większej liczby technologii wzmocnienia.



STOPY FUNDAMENTOWE



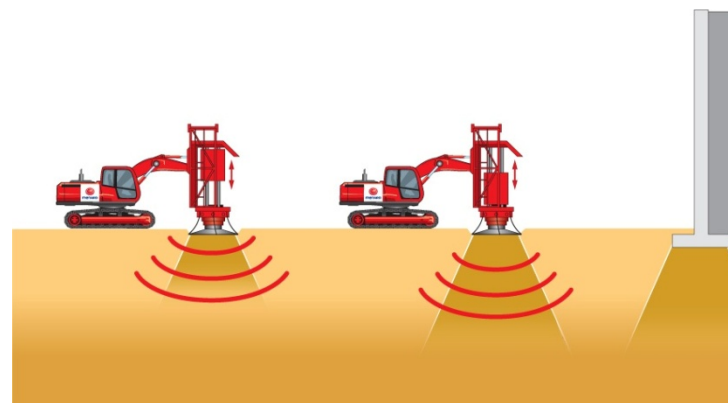
ANALIZA PROBLEMU POSADOWIENIA NA NASYPACH

NIEKONTROLOWANYCH

PRACUJĄCA MASZYNA



SCHEMAT ZAGĘSZCZANIA



W świetle powyższych ustaleń można stwierdzić, że optymalną metodą wzmocnienia i przygotowania podłoża pod fundamenty jest **wykonanie zagęszczenia impulsowego (RIC)**. Metoda ta polega na szybkim (w tempie ok. 1 rzutu na sekundę) rzucie po przewodnicy masy ok. 10 ton z wysokości około 1,2m na stalową płytę. Dzięki tym zrzutom grunty nasypowe zalegające w podłożu ulegną dogęszczeniu, przez co zwiększy się ich nośność i sztywność, przez co będzie możliwe posadowienie bezpośrednio konstrukcji projektowanych hal.

Ponadto, co jest w tym wypadku rzeczą najbardziej istotną, zapewniona będzie jednorodność podłoża, co w znaczny sposób podniesie zapas bezpieczeństwa i niezawodności konstrukcji obiektu. Użyta do zagęszczenia energia umożliwi zagęszczenie gruntów do głębokości ok. 3 – 4 m poniżej poziomu, z którego zagęszczenie to będzie realizowane.

WYBÓR OPTYMALNEJ METODY POSADOWIENIA OBIEKTU

Przewiduje się wykonanie zagęszczania impulsowego zarówno pod stopami fundamentowymi, jak i pod płytą posadzki przemysłowej. W tym pierwszym przypadku zagęszczanie zwiększy nośność gruntów tworzących podłoże gruntowe, przez co możliwe będzie przeniesienie przewidywanych przez Konstruktora nacisków na podłoże. W przypadku posadzki, zagęszczanie impulsowe zwiększy sztywność podłoża i umożliwi odpowiednią pracę płyty fundamentowej. W przedmiotowym przypadku przewiduje się wykonać ubijania impulsowe w siatce kwadratowej 2,5 x 2,5 m w miejscach pod przyszłymi stopami oraz 4,0 x 4,0 m pod posadzką przemysłową.



TEREN PO WYKONANIU ROBÓT



ZAPRASZAM DO DYSKUSJI