

Zagęszczanie gruntu metodą mikrowybuchów w nowoczesnym budownictwie na przykładzie budowy Trasy Sucharskiego w Gdańsku

mgr inż. **Arkadiusz Kamiński**
Menard Polska Sp. z o.o.
mgr inż. **Michał Kaczorowski**
BaKaChem Sp. z o.o.
mgr inż. **Ryszard Rekucki**
Wojskowa Akademia Techniczna

Rynek budowlany stawia coraz wyżej poprzeczkę firmom w zakresie skuteczności technologicznej realizacji inwestycji, co w wielu przypadkach wymaga od projektantów bądź wykonawców nietuzinkowego podejścia do nowych realizacji przy jednoczesnym wykorzystaniu sprawdzonych rozwiązań.

Wiele dotychczas stosowanych technologii wykonywania robót z zakresu wzmocnienia słabonośnego podłoża gruntowego uznanych za archaiczne przy wykorzystaniu obecnych możliwości sprzętowych i doświadczenia zdobywanego latami przechodzi swoisty renesans. Jedną z takich technologii jest wzmocnienie słabonośnego podłoża gruntowego z wykorzystaniem energii wybuchu materiałów wybuchowych. Nowoczesne podejście do zagadnienia, współczesne metody projektowe oraz odpowiednia wiedza techniczna zaowocowały stworzeniem nowej techniki wprowadzania (elaboracji) odpowiednio uformowanych ładunków materiału wybuchowego w podłoże gruntowe.

Techniki wprowadzania ładunku materiału wybuchowego w podłoże gruntowe

Znane i stosowane przez firmy zajmujące się zagęszczaniem gruntu metodą wybuchową sposoby umieszczania ładunku materiału wybuchowego w gruncie charakteryzują się w szczególności: długim czasem wykonania prac związanych z odpalaniem ładunków, koniecznością używania kłopotliwej płuczki do wykonania otworów strzałowych, a także dużą niepewnością co do głębokości rozmieszczenia ładunków i niebezpieczeństwem pod-

czas pograżania ładunku na żądaną głębokość. Wymienione cechy spowodowały ulepszenie metody przez zastosowanie innych typów płuczki czy też konstrukcji ładunków materiału wybuchowego i ich przestrzennego rozmieszczenia na terenie prowadzenia prac wzmocniających podłoże [3].

Po przeprowadzeniu analizy istniejących rozwiązań patentowych i danych zawartych w literaturze pod kątem efektywności realizacji prac oraz uwzględniając obecne możliwości sprzętowe, stwierdzono, że **wiele problemów technicznych**, z którymi dotychczas się borykano, **można uniknąć, adaptując do wprowadzania ładunków materiału wybuchowego w grunt sposób stosowany do wykonywania pali betonowych za pomocą rury obsadowej**.

Innowacyjna technika wprowadzania ładunku materiału wybuchowego w grunt

Zaproponowany przez Menard Polska Sp. z o.o. oraz BaKaChem Sp. z o.o. sposób elaboracji (wprowadzania) ładunku materiału wybuchowego w podłoże gruntowe [2] wnosi całkowicie nowe rozwiązanie kłopotliwego problemu związanego z bezpiecznym umieszczeniem materiału wybuchowego na żądanej głębokości. We wspomnianym spo-

sobie elaboracji wcześniej odpowiednio pakietowany w perforowanym rękawie strzałowym ładunek materiału wybuchowego o określonej masie umieszcza się w rurze obsadowej, stanowiącej metalowy profil zamknięty dowolnego kształtu. Następnie wydłużony ładunek



Fot. 1 Maszyna do wprowadzania ładunku materiału wybuchowego w podłoże gruntowe

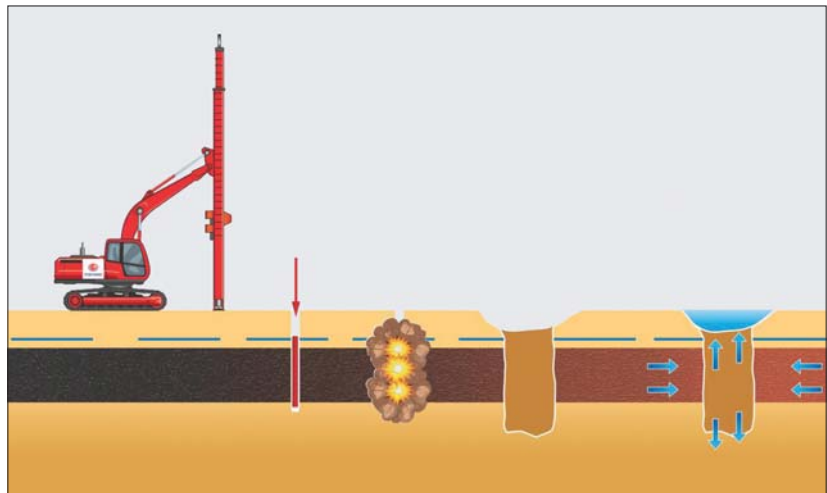
materiału wybuchowego wraz z rurą obsadową, stanowiącą swoistą osłonę ładunku przed szkodliwym oddziaływaniem podłoża gruntowego (tarcie, wypór wody, zakleszczanie), wprowadza się precyzyjnie na zadaną głębokość w podłoże gruntowe. Rura obsadowa może być wbijana, wciskana, wkręcana lub wibrowana za pomocą specjalistycznego sprzętu z zastosowaniem odpowiednich do użytej techniki osłon bezpośrednich naboji materiału wybuchowego wykorzystanych w konstrukcji ładunków wydłużonych.

Po wprowadzeniu ładunku na wskazaną w projekcie głębokość rurę obsadową wyciąga się z gruntu, pozostawiając w nim ładunek materiału wybuchowego. Podczas wyciągania profilu następuje jednocześnie zasklepienie gruntu stabilizujące ładunek wybuchowy. Dzięki temu, że ładunek jest wprowadzany jednocześnie z rurą obsadową, możliwa jest precyzyjna kontrola jego pozycji w gruncie. Do inicjowania wybuchu można stosować bezpieczne zapalniki elektryczne, zapalniki systemu detonacji ciągłej czy też sieci wykonane z lontu detonującego.

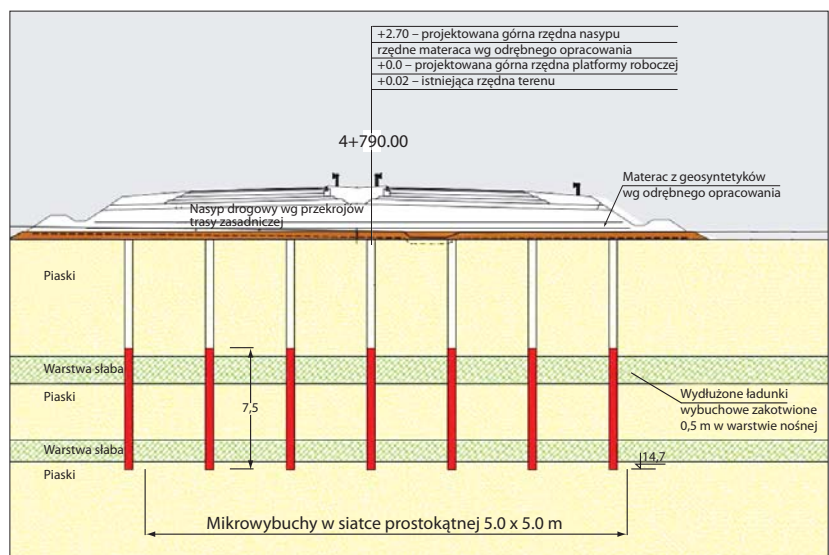
W wyniku eksplozji ładunku w bardzo krótkim czasie powstaje olbrzymia ilość energii kinetycznej i cieplnej, która tworzy się na skutek przemiany chemicznej materiału wybuchowego z ciała stałego lub cieczy w gaz powybuchowy. Część tej energii, wzbudzonej działaniem utworzonego po wybuchu pęcherza gazowego oraz powstałych fal uderzeniowych, powoduje przemieszczenie się cząstek gruntu w podłożu, co powoduje zagęszczenie podłoża (grunty piaszczyste) lub konsolidację (grunty organiczne) [1].

Przykład użycia techniki wprowadzania ładunków materiału wybuchowego w grunt z wykorzystaniem rury obsadowej

Jednym z przykładów wykorzystania metody wybuchowego zagęszczania gruntu w budownictwie drogowym



Rys. 1 | Schemat wykonania wzmocnienia podłoża metodą mikrowybuchów



Rys. 2 | Przekrój przez podłoże wzmocnione metodą mikrowybuchów

jest wzmocnienie podłoża gruntowego w ramach rozbudowy Trasy Sucharskiego, zadanie II w Gdańsku. Dla warstwy słabych gruntów organicznych (namułów, torfów) zlokalizowanych pod warstwą piasków drobnych w stanie luźnym określono konieczność zastosowania wzmocnienia podłoża w celu zredukowania osiadań przez konsolidację gruntów organicznych, a także zagęszczenie przypowierzchniowej warstwy piasków. Wzmocnienie podłoża gruntowego realizowano na obszarze około 150 000 m². Po dokonaniu szczegółowej analizy projektu wzmocnienia, szczególnie pod względem technicz-

nym i ekonomicznym, do wzmocnienia podłoża gruntowego metodą mikrowybuchów wytypowano dwa odcinki o powierzchni odpowiednio 6950 m² oraz 8105 m².

W okresie luty–marzec 2012 r. na terenie budowy wykonano i wprowadzono w podłoże gruntowe, a następnie odpalono 604 wydłużone ładunki materiału wybuchowego o długości od 5 do 8 m, które były umieszczane na głębokości od 8 do 15 m za pomocą rury obsadowej. Średnia wydajność wynosiła około 30–50 odpalonych ładunków na dzień, co kilkakrotnie przyspieszyło proces realizacji przedsięwzięcia.



Fot. 2 | Tablica informacyjna

Zastosowana metoda wybuchowa w warstwie słabo przepuszczalnej gruntów organicznych wywołała nadwyżkę ciśnienia wody w porach oraz ruch cząstek ośrodka w warstwie przypowierzchniowej piasków. Eksplozja ładunku wybuchowego w gruncie słabym spowodowała na chwilę powstanie pustki, która została wypełniona materiałem niespoistym zsuwającym się z wyższych warstw przypowierzchniowych piasków. Efektem tego zjawiska są kolumny drenujące, umożliwiające odpływ wody i dyssypację ciśnienia wody w porach gruntu.

Odpalenie ładunków z odpowiednim przesunięciem czasowym spowodowało nakładanie się fal ciśnienia na siebie i tym samym zagęszczenie górnej warstwy przypowierzchniowych piasków. Wybuchowa metoda zagęszczania podłoża gruntowego pozwoliła na kompresję gruntów słabych (torfów i namułów) oraz na zagęszczenie przypowierzchniowej warstwy piasków. Badania odbiorowe przeprowadzone w trakcie oraz po zakończeniu inwestycji potwierdziły skuteczność zastosowanej metody. Średnie wymuszone osiadania podłoża gruntowego wyniosło około 0,35 m, a zagęszczenie gruntów niespoistych wzrosło od 30 do nawet 200%. Jednoznacznie wyka-

zono, że **metoda wybuchowa jest szybsza w porównaniu do innych technologii zagęszczania gruntów używanych w budownictwie drogowym** (po 14 dniach od chwili pierwszego odpalenia ładunków można było rozpocząć prace związane z budową docelowych nasypów). Dzięki wykorzystaniu nowego sprzętu i zastosowaniu innowacyjnej techniki wprowadzania ładunków materiału wybuchowego za pomocą rury obsadowej uzyskano kilkunastoprocentowy wzrost efektywności metody pod względem ekonomicznym, w stosunku do wcześniej stosowanych rozwiązań.

Podsumowanie

Jak wspomniano, wzmocnienie podłoża gruntowego metodą mikrowybuchów znane było już w przeszłości. Jednak ze względu na powolność instalacji ładunków wybuchowych w gruncie oraz niepewność odnośnie do umieszczania ich na zadanej głębokości metoda ta nie stanowiła atrakcyjnej alternatywy dla innych sposobów wzmocnienia podłoża gruntowego.

Innowacja polegała na wprowadzeniu nowego sprzętu (nowej techniki) do aplikacji ładunku materiału wybuchowego w podłoże, zwiększając wydajność prowadzonych robót. Dodatko-

wo rezygnacja z wpychania ładunku prętem (zatapiania w wykonanym wcześniej otworze strzałowym) na rzecz umieszczenia ładunku w profilu stalowym zredukowała niebezpieczeństwo niekontrolowanego odpalenia ładunku, a zastosowanie płytki kotwiącej pozwoliło na umieszczanie ładunku w podłożu gruntowym z dużą precyzją. Wykonanie wzmocnienia podłoża metodą wybuchową według autorskiej metody spółek Menard Polska oraz BaKaChem nie wymaga dużych nakładów pracy oraz drogiego sprzętu. Pozwala ona na otrzymanie zadowalających rezultatów w krótkim czasie, jest więc metodą szybką, efektywną i jednocześnie ekonomiczną, co w obecnych czasach jest bardzo ważne.

Stając naprzeciw wymaganiom dzisiejszego rynku budowlanego, została wdrożona metoda, która spotyka się z coraz większym zainteresowaniem zarówno wśród inwestorów, jak i generalnych wykonawców. Dzięki szerokiemu zakresowi stosowania można ją wykorzystywać w budownictwie komunikacyjnym oraz kubaturowym o znacznych powierzchniach. Zaproponowana technika wprowadzania ładunków materiału wybuchowego w podłoże gruntowe w połączeniu z już ugruntowaną metodą wykorzystania wybuchu w gruncie może wyznaczać nową drogę, na miarę XXI wieku, w technologii wzmocnienia słabonośnego podłoża gruntowego.

Bibliografia

1. P.L. Iwanov, *Uplotnienie nieswiazanych gruntom vzyvami*, Leningrad 1967.
2. Zgłoszenie patentowe nr P.396810 BaKaChem Sp. z o.o. i Menard Polska Sp. z o.o., Sposób elaboracji ładunku materiału wybuchowego w gruncie oraz zestaw do elaboracji ładunku materiału wybuchowego w gruncie, Warszawa 2011.
3. E. Dembicki, R. Imiołek, N. Kisielowi, *Zagęszczanie gruntów metodą wybuchową*, Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej nr 473, „Budownictwo Wodne” nr 35, Gdańsk 1992.