

# Prześlona przeciwfiltracyjna CDMM o głębokości 19,0 m wykonana innowacyjnym urządzeniem TFoW

tekst: **ROBERT SOŁTYSIK**, prezes zarządu Soley Sp. z o.o.

Metoda wgłębnego mieszania gruntu (ang. deep soil mixing) realizowana jest obecnie powszechnie w kilku technologiach: jet grouting, czyli iniekcja strumieniowa, single column mixing (SCM) – kolumny pojedyncze, soil mixing wall (SMW) – podwójne lub potrójne mieszadło, cutter soil mixing (CSM) – dwubębnowy frez o poziomych osiach obrotu, continuous deep mixing method (CDMM) – metoda ciągłego wgłębnego mieszania gruntu.

Każda z tych technologii ma swoje zalety i wady, które należy uwzględnić w procesie projektowania robót geotechnicznych. Przedstawiona powyżej lista technologii metody DSM, uporządkowana została według bardzo istotnego, zdaniem autora artykułu, kryterium. Jest nim zdolność danej technologii do uzyskania jednorodnego pod względem parametrów produktu końcowego zabiegu mieszania gruntu zalegającego w podłożu z zaczynem cementowym lub cementowo-bentonitowym, czyli cementogruntu, zwanego też gruntobetonem.

W przypadku, gdy prace prowadzone są w ośrodku gruntowym o jednorodnej budowie, pozbawionej uwarstwień, w zasadzie każda z tych technologii może dać zadowalający efekt końcowy, polegający na stworzeniu gruntobetonu o jednorodnych parametrach na całej długości (głębokości) wykonanej kolumny lub panelu.

Zupełnie inaczej sytuacja przedstawia się, jeśli mamy do czynienia z gruntem uwarstwionym, o różnej budowie, zmieniającej się z głębokością. W takim przypadku nie ma możliwości uzyskania elementu wzmacniającego grunt (np. kolumny) o jednolitych parametrach na całej jego długości w większości ze stosowanych technologii DSM. Szczególnie niekorzystne pod tym względem jest stosowanie technologii jet grouting, w której cementogruntu tworzony jest poziomymi pierścieniami bez możliwości wymieszania gruntu między warstwami, zatem stworzona w tej technologii jedna kolumna może mieć np. parametry 10,0 MPa, 1,0 MPa i 4,0 MPa, jeśli w modyfikowanym podłożu zalegały piaski grube, namuły i piaski gliniaste.

Na przeciwnym biegunie możliwości zhomogenizowania składu gruntu, a zatem i parametrów gruntobetonu, pozycjonuje się technologia CDMM. Narzędzia tnąco-mieszające zamocowane na zamkniętym w pętlę łańcuchu bezustannie przemieszczają cząstki gruntu w dół i w górę, mieszając je rów-

nocześnie z podawanym w dolnej części prowadnicy zaczynem cementowym lub cementowo-bentonitowym.

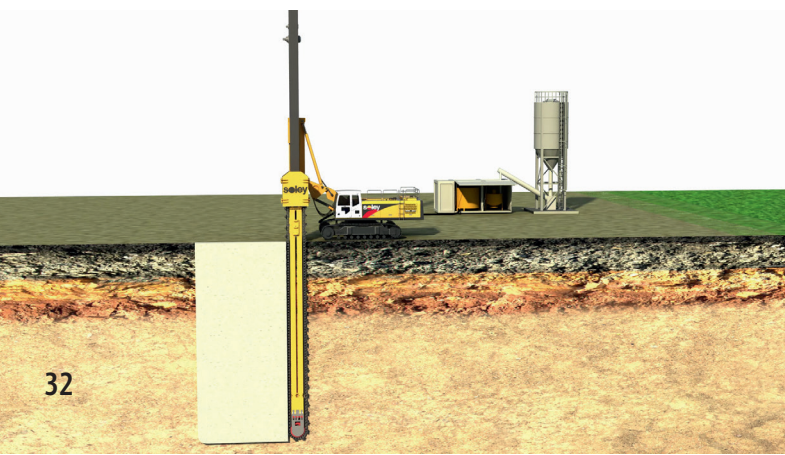
Pozostałe z wymienionych technologii sytuują się między technologiami jet grouting i CDMM, a jednorodność gruntobetonów uzyskiwanych przy ich użyciu w dużej mierze zależy od liczby zagłębiania i wynurzania narzędzia roboczego oraz czasu mieszania.

W związku z tym, że artykuł opisuje realizację wykonywaną w technologii CDMM, przedstawiony zostanie poniżej krótki opis tej technologii.

Technologia ta polega na zagłębieniu w grunt stalowej prowadnicy, po której przesuwają się z dużą prędkością łańcuch z zamocowanymi na nim płytami uzbrojonymi w narzędzia skrawająco-mieszające. Prowadnica z łańcuchem i zespołem zębów tnąco-mieszających nazywana jest mieczem. Po osiągnięciu przez prowadnicę pozycji pionowej i założonej w projekcie głębokości maszyna robocza przemieszcza się po powierzchni terenu według wytyczonej trasy. Dostarczona do dolnej części prowadnicy zawieszona wodno-cementowa lub cementowo-bentonitowa, mieszana z rodzimym gruntem, tworzy panel o założonej głębokości i długości równej pokonanej przez maszynę odległości. Wszystkie istotne parametry procesu technologicznego dostępne są dla operatora maszyny na ekranie monitora komputera pokładowego, a najważniejsze z nich, takie jak głębokość panelu, jego długość (pokonany dystans), jednostkowe i całkowite ilości wtłoczonej do gruntu zawiesziny, przedstawiane są w postaci wydruku – metryki wykonanej pracy. Świeża mieszanka gruntobetonowa ma gęstość ok. 1900–2000 kg/m<sup>3</sup>, co zabezpiecza ściany tworzonego panelu przed obwałami gruntu. Zaprojektowaną szerokość (grubość) panelu, osiąga się przez zamontowanie na łańcuchu roboczym wymiennych płyt o różnej szerokości.

Stosowane przez firmę Soley nowoczesne trenczmiksery, czyli odmiany trenchera o pionowej pozycji roboczej miecza i dużej (ok. 120 m/s) prędkości łańcucha, mają wydajność rzędu 400–800 m<sup>2</sup> na zmianę roboczą. Najlepsze z nich potrafią wykonywać panele o głębokości ok. 14,0 m, a szerokości wykonywanych ścian gruntobetonowych zawierają się w przedziale 30,0–60,0 cm.

Do ograniczeń trenczmikserów należy zaliczyć konieczność wykonania zacięcia technologicznego o kształcie ¼ koła z pozycji transportowej miecza (poziomej) do pozycji roboczej (pionowej). W warunkach budowy czasem stwarza to ograniczenia



w zastosowaniu tej technologii. Drugim z ograniczeń jest usytuowanie miecza w połowie odległości między gąsienicami, co uniemożliwia wykonywanie paneli w bezpośredniej odległości od istniejących przeszkód lub w ostrej granicy działki inwestora.

Rozwiązaniem obu tych ograniczeń jest narzędzie TFoW, opracowane w ramach programu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Soley Sp. z o.o., Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Politechnika Krakowska i Zakład Ślusarski KOS przygotowały i realizują program, który ma na celu opracowanie i wdrożenie nowego materiału budowlanego nazwanego fibrogruntobetonem (FGB) oraz innowacyjnego narzędzia do realizacji robót w technologii CDMM. W wyniku prac projektowych powstał zmodyfikowany włóknami z tworzywa sztucznego materiał gruntobetonowy o dwu-, trzykrotnie wyższych parametrach na rozciąganie przy zginaniu niż odpowiadająca mu składowa matryca gruntobetonowa bez włókien.

Drugi z celów projektu został zrealizowany w postaci zaprojektowania i wykonania narzędzia nazwanego TFoW (Trenchmixing Front of Wall). Narzędzie to stanowi miecz o konstrukcji zbliżonej do miecza trenczniksera, zainstalowany na maszcie uniwersalnej palownicy. Miecz narzędzia TFoW zagłębia się w grunt pionowo, bez ćwierć obrotu. Może pracować zarówno między gąsienicami maszyny bazowej, jak i na zewnątrz śladu gąsienic, zwiększając znacząco funkcjonalność wcześniejszych rozwiązań.

Zarówno nowy materiał jak i nowe urządzenie zostały zgłoszone do Urzędu Patentowego RP.

Nowy materiał oraz nowe urządzenie przechodzą jeszcze kolejne etapy badawcze, ale innowacyjne urządzenie TFoW zostało już sprawdzone w pierwszej realizacji produkcyjnej, na budowie obwodnicy Góry Kalwarii

Generalnym wykonawcą kontraktu jest konsorcjum Przedsiębiorstwa Usług Technicznych Intercor Sp. z o.o. i firmy Planeta Sp. z o.o., a inwestorem jest Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Warszawie.

Projekt przewidywał zbudowanie przesłon przeciwfiltracyjnych po obu stronach głębokiego przekopu. Wykonanie przesłon zostało zaprojektowane z poziomu terenu, za koroną skarpy przyszłego wykopu. Głębokości przesłon były zależne od niweliety terenu i poziomu zalegania gruntów nieprzepuszczalnych, których osiągnięcie pozwalałoby na odcięcie napływu wód do wykopu. Dla strony lewej głębokości przesłony wahały się od 4,8 do 15,2 m, dla strony prawej od 4,9 do 19,0 m. W zakresie głębokości do 12,0 m projekt przewidywał wykonanie przesłony cementowo-bentonitowej w technologii CDMM, zaś na odcinkach o głębokościach od 12,0 do 19,0 m przesłony w postaci palisady z przecinających się pojedynczych kolumn DSM (w projekcie użyto również nazwy ADSM – auger deep soil mixing).

Z uwagi na konieczność przełożenia instalacji w rejonie budowanej drogi niezbędne było wykonanie jesienią 2017 r. czterech odcinków projektowanej przesłony, przez które przeprowadzono przewiertami sterowanymi przejścia instalacji. Odcinki te firma Soley zrealizowała z wykorzystaniem technologii przewidzianej w projekcie, pojedynczymi kolumnami DSM. Bardzo duże trudności w urabianiu gruntu sprawiały soczewki twaroplastycznych i zwartych iłów napotykanych w podłożu, które należało pokonać z uwagi na zalegające pod nimi warstwy piasków. Wykonanie pojedynczej kolumny o średnicy 80,0 cm i głębokości 17,0 m z trzykrotnym cyklem mieszania zajmowało niejednokrotnie powyżej godziny, mimo użycia palownicy o potężnej mocy 750 kW.



Wiosną 2018 r., po przeprowadzonych wcześniej pozytywnych próbach działania urządzenia TFoW, Soley Sp. z o.o. zaproponowała kontynuację zasadniczych prac przy wykonywaniu przesłony z użyciem tego narzędzia. Po uzyskaniu akceptacji wykonania całej pozostałej części przesłony w technologii CDMM przystąpiono do realizacji robót innowacyjnym narzędziem zainstalowanym na uniwersalnej palownicy Bauer RG 25, o posuwie roboczym 25,0 m.

Dzienne wydajności zależały w znacznej mierze od ilości i miąższości soczewek ilastych i wynosiły od 300 do 500 m<sup>2</sup>, zatem szybkość realizacji była nieporównanie większa niż na odcinkach realizowanych w ub.r. „metodą tradycyjną”. Również pewność szczelności przesłony wykonanej technologią mieszania ciągłego (CDMM) jest dalece większa niż w technologii pojedynczych kolumn, gdzie zwłaszcza przy tak dużych głębokościach i niejednorodnym gruncie, występuje ryzyko powstawania tzw. okienek filtracyjnych.

Poważnym wyzwaniem dla urządzenia realizującego ekstremalnie głęboką przesłonę były wspomniane już soczewki iłów, utrudniające postęp robót. Jednak i w tym przypadku TFoW był w stanie poradzić sobie z problemem. W miejscach o największej miąższości iłów zastosowano technikę nazwaną sztychowaniem, czyli podciągano miecz do góry, do poziomu umożliwiającego przejazd maszyny o ok. 1,0 m, a następnie zagłębiało miecz do rzędnej projektowanego spągu przesłony, wykorzystując dużą siłę nacisku palownicy (ok. 400 kN).

Całość robót zrealizowano zgodnie z projektem, potwierdzając ogromny potencjał innowacyjnego narzędzia TFoW. Osiągnięto na tej budowie rekordową dla technologii CDMM głębokość 19,0 m. Planuje się następne realizacje dla tego narzędzia nie tylko do wykonywania przesłony przeciwfiltracyjnych, ale przede wszystkim do budowy zabezpieczeń głębokich wykopów i wzmocnienia podłoża w budownictwie ogólnym, drogowym i kolejowym.

