

Uniwersalne zastosowania technologii

CDMM – trenchmixing

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

Na rynku robót geotechnicznych i hydrotechnicznych powszechnie stosuje się kilka technologii głębokiego mieszania gruntu ze spoiwami, takimi jak cement, wapno, bentonit, lub z mieszankami tych spoiw i wypełniaczy.

W artykule zamieszczonym w „Nowoczesnym Budownictwie Inżynieryjnym” nr 3 z 2018 r. opisałem zalety i wady poszczególnych technologii wykonawczych, będących odmianami metody *deep soil mixing* (DSM).

Wspólnym mianownikiem technologii:

- *jet grouting*, czyli iniekcji strumieniowej,
- *single column mixing* (SCM), czyli kolumn pojedynczych zwanych często kolumnami DSM,
- *soil mixing wall* (SMW) – technologii z zastosowaniem podwójnych lub potrójnych mieszadeł,
- *cutter soil mixing* (CSM) – z dwubębnowym frezem o poziomych osiach obrotu,
- *continuous deep mixing method* (CDMM), czyli metody ciągłego głębokiego mieszania gruntu.

jest mieszanie cząstek gruntu zalegającego w podłożu (*in situ*) ze spoiwami podawanymi na sucho lub (znacznie częściej) na mokro w postaci zawiesin wodnych – zaczynów.

Technologia ciągłego głębokiego mieszania gruntu CDMM – *trenchmixing* – daje największe spośród wszystkich wyżej wymienionych możliwości wszechstronnego zastosowania zarówno w hydrotechnice, jak i geotechnice. W dalszej części artykułu postaram się przekonać Państwa o słuszności tej tezy, podając kilka przykładów realizacji z ostatnich kilkunastu miesięcy.

Hydrotechnika

W 2018 r. w ramach realizacji zadania *Kontrakt 3B.1 Ochrona przeciwpowodziowa Sandomierza nr OVFMP-3B.1*, będącą podwykonawcą firmy Energopol Szczecin SA, Soley Sp. z o.o. wykonała przesłonę przeciwniecki wzdłuż lewobrzeżnego dopływu Wisły – rzeki Koprzywianki. W ciągu niespełna sześciu miesięcy wykonano ponad 145 tys. m² przesłony przeciwnieckiej o szerokości 40 cm i średniej głębokości 7 m. Przesłona została zaprojektowana w międzywalu rzeki, u podstawy istniejących, przeznaczonych do modernizacji wałów. To największy jak dotąd w Polsce kontrakt, jeśli idzie o powierzchnię przesłony przeciwnieckiej. Na tej budowie pracował jeden lub okresowo dwa trenczmiksery, czyli przebudowane w firmie Soley odmiany trenczerów o pionowej pozycji prowadnic, z zainstalowanymi na nich łańcuchami zaopatrzonymi w zęby skrawająco-mieszające.



Ryc. 1. Widok odkrytego rusztu fibrogruntobetonu do zabezpieczenia wykopu z funkcją szalunku traconego dla robót żelbetowych przy wykonywaniu stóp fundamentów

Wykonanie przesłony o tak dużej powierzchni w tak krótkim czasie nie byłoby absolutnie możliwe przy zastosowaniu żadnej innej technologii głębokiego mieszania gruntu. Różnica wydajności między CDMM a pozostałymi technologiami wynosi dwa do trzech razy.

Osobną kwestią jest gwarancja szczelności przesłony. Jeśli założyciel dzienną, niezbyt trudną do osiągnięcia produkcję w technologii *trenchmixing* na poziomie ok. 700 m², to przy głębokości przesłony 7 m jeden trenczmikser wykonuje przesłonę o długości ok. 100 m.b.

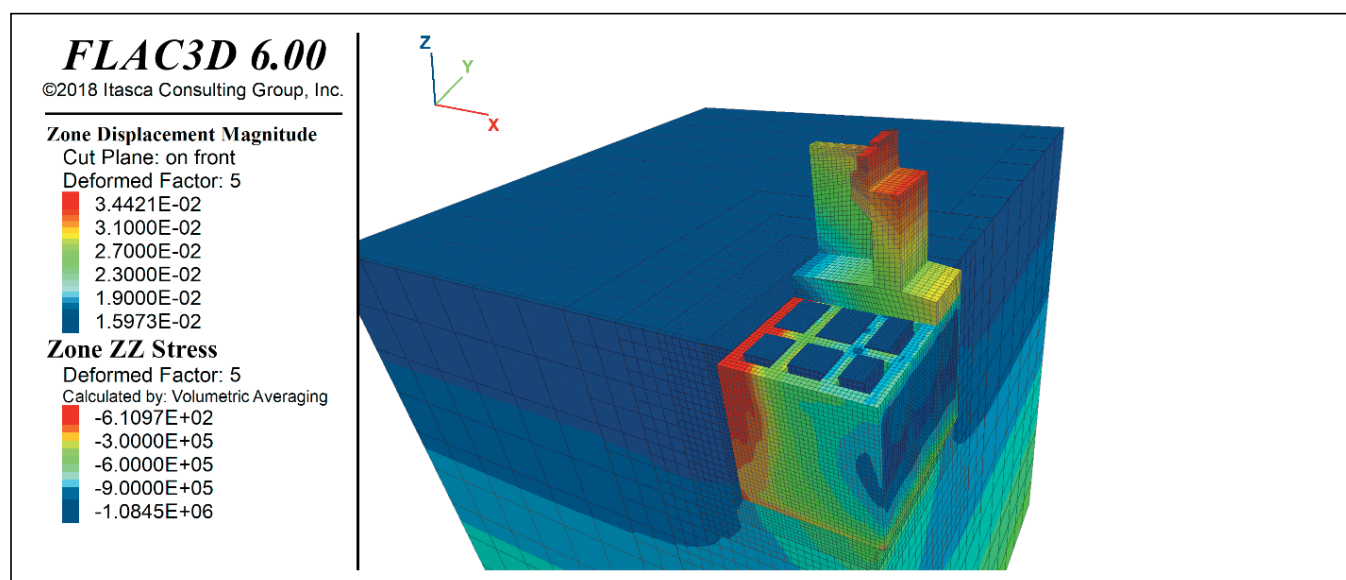
W praktyce wygląda to w ten sposób, że prowadnica z łańcuchem zwana mieczem zagłębia się w podłoże rano przy rozpoczęciu pracy i wynurza się nad powierzchnię terenu na koniec dniówki roboczej. Po zagłębieniu się miecza maszyna przemieszcza się nad wykonywaną przesłoną, tworząc ciągły panel gruntobetonowy, powstały przez dokładne zmieszanie *in situ* gruntu i zawiesziny cementowo-bentonitowej. Z wyjątkiem hipotetycznej sytuacji podania przez układ pompowy niewłaściwej mieszanki uszczelniającej nie istnieje właściwie możliwość wykonania nieszczelnej przesłony na odcinku wspomnianych 100 m.b. Nie ma też możliwości wykonania słabego wymieszania gruntu z zaczynem z uwagi na fakt, że aby miecz przemieścić się pod powierzchnią terenu wzdłuż wału, musi najpierw zniszczyć przed sobą strukturę gruntu, upłynnić ją do postaci półpłynnej mieszanki gruntobetonowej i sukcesywnie precyzyjnie się przez nią. Połączenie kolejnych, długich paneli następnego dnia wykonywane jest po oczyszczeniu górnej powierzchni związanej już lekko przesłony np. łyżką koparki, tak aby możliwe było precyzyjne zacięcie się miecza rozpoczynającego następny odcinek przesłony w już wykonanym panelu. W technologiach krokowych, w których realizowane są pionowe kolumny o średnicy kilkudziesięciu centymetrów lub panele o długości ok. 2 m, liczba połączeń technologicznych na każde 100 m przesłony waha się od 50 do 200, wielkość zakładek technologicznych nie może być z przyczyn ekonomicznych zbyt duża. Razem powoduje to spore ryzyko powstawania okienek filtracyjnych, które stanowią poważny mankament przesłon. Okienka filtracyjne powodują przy różnicy ciśnień po obu stronach przesłony skoncentrowane przepływy i towarzyszące im zjawiska sufozyjne, czyli wynoszenie drobnych frakcji szkieletu gruntowego. W kategorii szczelności przesłon technologia CDMM ustępuje jedynie przesłonie kopanej, wykonywanej głębiarką do ścian szczelinowych, gdzie rodzimy grunt nie jest mieszany z wprowadzanym spoiwem, a następuje jego usunięcie i wprowadzenie w jego miejsce zawiesziny tężejącej. Metoda ta jest jednak kilkukrotnie droższa i znacznie wolniejsza od technologii *trenchmixing*.

Geotechnika

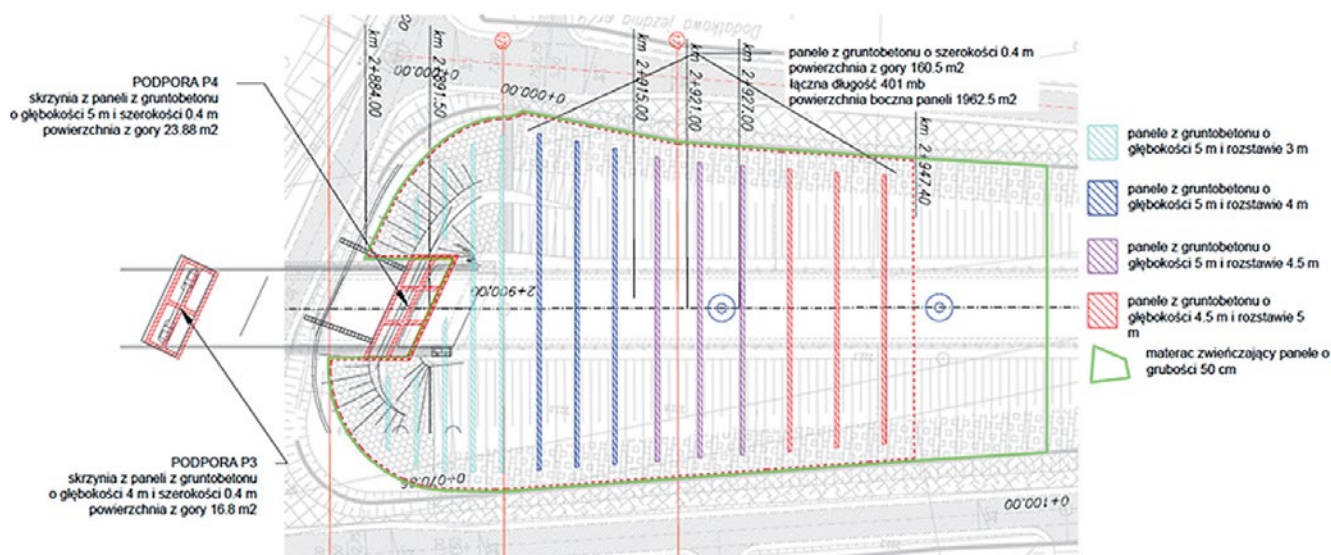
Panele gruntobetonowe wykonywane w technologii CDMM znajdują coraz częściej zastosowanie w geotechnice, gdzie



Ryc. 2. Odkryty ruszt w kształcie romboidalnej ramy wypełnionej żebrami w formie podwójnego krzyża



Ryc. 3. Schemat obliczeniowy posadowienia podpór mostu w ciągu obwodnicy Strzyżowa w zaawansowanym programie FLAC 3D



Ryc. 4. Schemat rozwiązania projektowego wzmocnienia podłoża pod nasyp dojazdu do mostu w postaci usytuowanych poprzecznie do osi drogi paneli o zmiennym rozstawie, dostosowanym do obciążenia nasypem



Ryc. 5. Bezpieczna praca pod czynną linią wysokiego napięcia

skutecznie konkurują z kolumnami DSM lub baretami wykonywanymi w technologii CSM. Jeśli zaczyn cementowo-bentonitowy używany do realizacji przesłon przeciwfiltracyjnych zamienimy na czysty zaczyn cementowy, możemy z powodzeniem budować panele gruntobetonowe służące do wzmocnienia podłoża lub do wykonywania szczelnej obudowy wykopu. Jeśli zaś potrzebna jest zwiększona wytrzymałość gruntobetonu na rozciąganie przy zginaniu (przy zabezpieczaniu wykopu), stosujemy zmodyfikowany materiał z dodatkiem włókien polipropylenowych – fibrogruntobeton (FGB).

Firma Soley ma już za sobą pierwsze realizacje posadowienia obiektów inżynierii komunikacyjnej na wzmocnionym podłożu w technologii *trenchmixing*. Posadowienia mostów i wiaduktów wykonywane są w postaci zamkniętych rusztów przestrzennych.

Jesienią 2018 r. wykonano tym sposobem posadowienie mostu drogowego w ciągu obwodnicy Mielca. Most posadowiony jest na 11 podporach, z czego dziewięć to filary usytuowane w międzywalu rzeki Wisłoka. Zamknięte ruszty z paneli fibrogruntobetonowych pełniły potrójną funkcję. Podstawowym zadaniem było wzmocnienie podłoża. Druga funkcja to zabezpieczenie przed rozmyciem podłoża pod podporami w trakcie wezbrań i powodzi. Forma zamkniętej skrzyni gruntobetonowej o głębokości w tym konkretnym przypadku od 4 do 8 m doskonale spełnia wymóg wykonania zabezpieczenia przeciwrozmyciowego podłoża podpory. Trzecia funkcja miała czysto praktyczne zastosowanie. Było to wykorzystanie paneli z fibrogruntobetonu do zabezpieczenia wykopu o głębokości nieco ponad 1,5 m z funkcją szalunku traconego dla robót żelbetonowych przy wykonywaniu stóp fundamentów. Widok odkrytego rusztu przedstawia rycina 1.

Inną realizacją pokazującą uniwersalny charakter technologii CDMM jest posadowienie podpór mostu w ciągu obwodnicy Strzyżowa na Podkarpaciu. Posadowienie przyczółka i jednego z filarów na terenie zalewowym wykonano w postaci zamkniętego rusztu z paneli gruntobetonowych, których głębokość sięgała do stropu fliszowego. Rycina 2 pokazuje odkryty ruszt w kształcie romboidalnej ramy wypełnionej żebrami w formie podwójnego krzyża, a rycina 3 schemat obliczeniowy w zaawansowanym programie FLAC 3D, pozwalającym na dobranie parametrów geometryczno-materiałowych przy założonych przez projektanta obiektu dopuszczalnych osiadaniach. W bezpośrednim sąsiedztwie przyczółka wykonano również wzmocnienie podłoża pod nasyp dojazdu do mostu w postaci usytuowanych poprzecznie do osi drogi paneli o zmiennym rozstawie, dostosowanym do obciążenia nasypem. Schemat rozwiązania projektowego tego zadania przedstawia rycina 4.

Dodatkowym atutem zastosowanej tu technologii *trenchmixing* była możliwość bezpiecznej pracy pod czynną linią wysokiego napięcia, co widać na rycinie 5.

Więcej na www.soley.pl

