

mgr inż. Mikołaj Alexandrowicz*
 dr inż. Krzysztof Pogan*
 Marco Barbanti**
 Marco Gasbarra**

Modyfikacja mieszanki uszczelniająco-wypełniającej domieszkami MAPEI na przykładzie realizacji II linii metra w Warszawie

Rozwiązania MAPEI w budownictwie podziemnym powstały na bazie doświadczeń zdobywanych na całym świecie. Zespół doradców technicznych wyspecjalizowanych w pracach podziemnych (UTT – Underground Technology Team) opracowuje bowiem rozwiązania pomocne przy drążeniu tuneli oraz dostosowuje je do bieżących warunków na budowie. Obecnie MAPEI Polska angażuje się coraz intensywniej w jedną z najważniejszych budów realizowanych w Polsce, a mianowicie II linię warszawskiego metra. Współpraca Doradców Technicznych Zespołu Linii Budowlanej Mapei Polska oraz Zespołu UTT z Mapei SpA owocuje nowymi rozwiązaniami stosowanymi przez Konsorcjum AGP Metro Polska, odpowiedzialne za tę budowę.

Prace przy budowie centralnego odcinka II linii metra, który połączy rondo Daszyńskiego z Dworcem Wileńskim, trwają od wielu miesięcy. Przebiegają one wieloetapowo i podzielone są na budowę poszczególnych stacji oraz drążenie tuneli. Od połowy maja 2012 r., na odcinku od ronda Daszyńskiego w stronę Wisły, pracuje pierwsza z tarcz drążących TBM. Po miesiącu dołączyła do niej jeszcze jedna tarcza, a dwie kolejne włączono do pracy w 2013 r. Każda z nich to gigantyczna maszyna ważąca ponad 600 t, długości 97 m i średnicy tarczy skrawającej 6,3 m. Technologia TBM pozwala na pracę w tempie średnio 10 – 12 m na dobę (podczas drążenia tunelu II linii metra w Warszawie najlepszy dzienny wynik to 43,5 m/dobę oraz 729,5 m/miesiąc). Tarcza TBM nie tylko drąży, ale także układa betonowe prefabrykaty tworzące ścianę tuneli. Podczas drążenia pomiędzy elementami obudowy tunelu a gruntem powstaje pusta przestrzeń, w którą wtłaczany jest zaczyn wypełniająco-uszczelniający na bazie cementu i bentonitu, którego właściwości są modyfikowane dwoma produktami dostarczonymi przez MAPEI. Główne zadania tej mieszanki to wypełnienie przestrzeni między obudową tunelu a gruntem i ustabilizowanie poszczególnych elementów obudowy, zapewnienie równomiernego przenoszenia obciążeń na elementy obudowy oraz uszczelnienie.

Podczas przygotowywania zaczynu dodawana jest domieszka opóźniająca MAPEQUICK CBS System 1 tak, aby zaczyn mógł długo utrzymać niezmienione właściwości. Natomiast produkt aktywujący wiązanie, MAPEQUICK CBS System 2, jest dozowany do iniektu bezpośrednio przed jego wpompowaniem w pustą przestrzeń za obudowę tunelu. Płynny zaczyn iniekcyjny w ciągu kilkunastu sekund przechodzi w fazę stałą. Skład tej kompozycji został wstępnie dobrany w laboratorium we Włoszech, natomiast weryfikacja i ostateczne uściślenie dozowania miało miejsce bezpośrednio na budowie. We wszystkie te etapy był czynnie zaangażowany Zespół Doradców Technicznych Linii Budowlanej MAPEI Polska.

* MAPEI Polska Sp. z o.o.
 ** ASTALDI SpA



Fragment tunelu – widok od stacji Dworzec Wileński w stronę Wisły oraz zbliżenie na warstwę stwardniałej mieszanki wypełniająco-uszczelniającej między obudową tunelu i gruntem (lewy górny narożnik zdjęcia)

W zależności od warunków budowy, przede wszystkim warunków wodno-gruntowych, charakterystyki gruntu i długości rurociągów do podawania mieszanki, skład mieszanki wypełniająco-uszczelniającej jest następujący:

- cement CEM I 42,5 – 250 – 380 kg/m³;
- bentonit w postaci proszku – 25 – 50 kg/m³;
- woda – 750 – 850 dm³/m³;
- Mapequick CBS System 1 – 5 – 9 dm³/m³;
- Mapequick CBS System 2 – 60 – 90 dm³/m³.

Zalety tego systemu, nazywanego dwuskładnikowym (pierwszy składnik to zaczyn z domieszką opóźniająca, natomiast drugi to MAPEQUICK CBS System 2), są następujące:

- kontrolowane i szybkie przejście mieszanki ze stanu ciekłego w postać żelu, nawet w obecności wód gruntowych;
 - uzyskanie jednorodnego materiału, gwarantującego jednokowy rozkład obciążeń na obudowę tunelu;
 - wyeliminowanie ryzyka blokowania przewodów podających mieszankę za obudowę tunelu (wyeliminowanie piasku ze składu mieszanki);
 - właściwości mechaniczne zbliżone do gruntu rodzimego.
- Badania samego zaczynu prowadzone są na bieżąco i mają na celu monitorowanie trzech głównych cech:
- lepkości mierzonej lejkiem Marsha zgodnie z normą EN 445 (czas wypływu określonej ilości zaczynu wynosi od 30 do 40 s);
 - segregacji składników (*bleeding*) – wg normy ASTM C 940 (nie więcej niż 3% po 3 h);
 - czasu żelowania, czyli czasu upływającego od chwili dodania domieszki modyfikującej MAPEQUICK CBS System 2, przyspieszającej wiązanie, do chwili uzyskania przez zaczyn właściwości tiksotropowych (ten czas waha się od 5 do 15 s).

Dodatkowo badany jest rozwój wytrzymałości na ściskanie stwardniałego zaczynu po 1 i po 28 dniach. Wyniki muszą być wyższe niż odpowiednio 0,5 MPa i 2,0 MPa.