

# GRUNTON NA BUDOWIE TUNELU POD MARTWĄ WISŁĄ

Ze względu na technologię drążenia tunelu przy użyciu maszyny drążącej TBM odpowiednio zaprojektowany GRUNTON okazał się doskonałym materiałem służącym do wypełnienia powstałych podczas drążenia przestrzeni, pomiędzy gruntem rodzimym a żelbetowymi elementami konstrukcji tunelu.

**mgr inż. Piotr Karbownik**  
**mgr inż. Łukasz Strzałka**

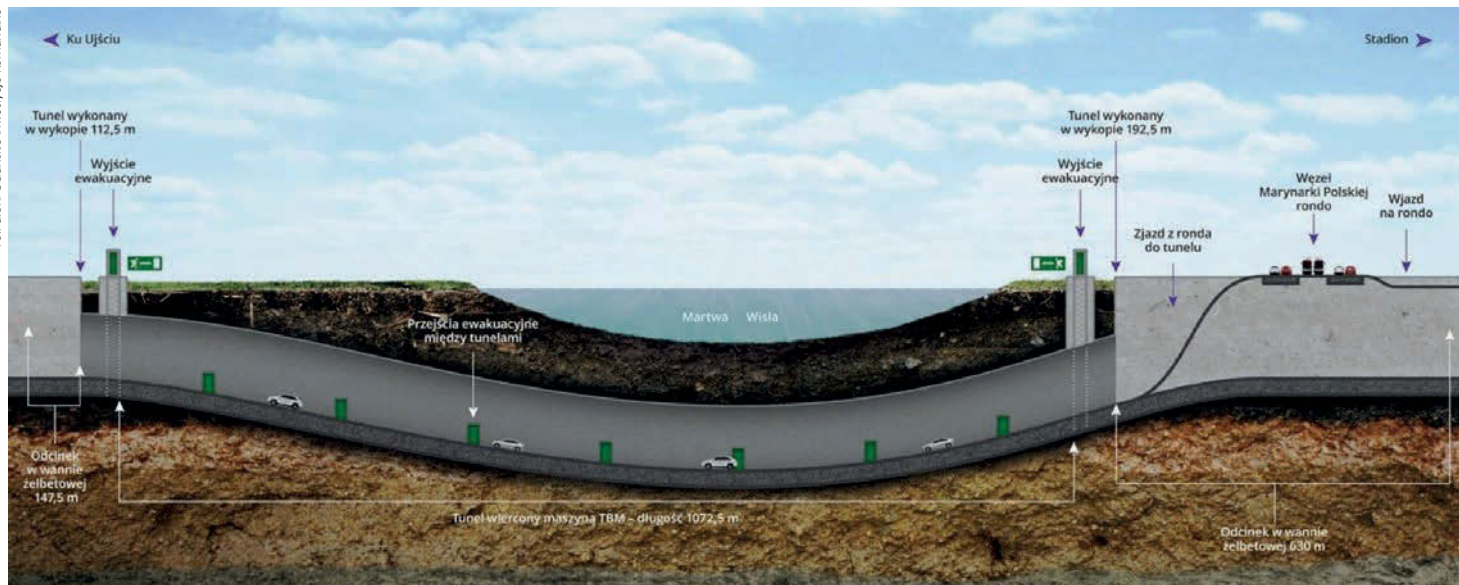
Niniejszy artykuł przedstawia właściwości, rodzaje i korzyści z zastosowania mieszanek wypełniających GRUNTON oraz możliwości ich wykorzystania na przykładzie budowy tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku.

## Co to jest GRUNTON

GRUNTON to produkowane przez CEMEX Polska samozagęszczające się mineralne mieszanki służące do wypełniania różnego rodzaju wykopów, kanałów i zbiorników, a także wymiany nienośnych gruntów oraz wykonywania podbudów w budownictwie komunikacyjnym.

Produkty GRUNTON mają ciekłą konsystencję, co gwarantuje ich idealne właściwości wypełniające. Mieszanki są samozagęszczalne – nie wymagają dodatkowych czynności w celu ich zagęszczenia, natomiast po stwardnieniu nie osiadają i zachowują w całej objętości jednorodnego parametry zbliżone do zagęszczonego gruntu, stabilizacji lub chudego betonu (np. wskaźnik zagęszczenia, wtórny moduł odkształcenia, wskaźnik nośności CBR). Wytrzymałość na ścislenie w zależności od wariantu produktu waha się w przedziale od 0 do 10 MPa. W przypadku produktów o niskich wytrzymałościach istnieje możliwość wykopania stwardniałego materiału przy użyciu tradycyjnego sprzętu do robót ziem-

Rys 1. Przekrój podłużny tunelu pod Martwą Wisłą





Fot. 1. Maszyna drążąca, TBM – DAMROKA

nych. Na budowę dostarcza się je betonomieszarkami w formie gotowej do użycia, a rozładunek 1 m<sup>3</sup> mieszanki trwa niespełna 5 minut.

Do najważniejszych korzyści wynikających z zastosowań GRUNTONU należą: skrócenie czasu budowy, niższe koszty robocizny, zmniejszone ryzyko uszkodzenia instalacji podczas budowy czy możliwość zwiększenia wykopów.

Główne obszary zastosowań to wypełnianie:

- wykopów liniowych,
- nieczynnych przewodów rurowych i kanałów,
- pustych przestrzeni podczas budowy tuneli,
- wyeksploatowanych zbiorników podziemnych,
- przestrzeni pierścieniowych,
- wyremontowanych lub nieczynnych przejść i przejazdów podziemnych,
- przestrzeni za fundamentami,

a ponadto zabezpieczanie przestrzeni roboczych oraz wymiana gruntów nienośnych i wglębne wzmocnienie gruntów.

### Opis realizacji

Tunel wraz z węzłem drogowym „Marynarki Polskiej” jest obiektem inżynierskim o długości całkowitej 2155 m, w tym każdy z dwóch odcinków drążonych ma długość 1072,5 m. Jest on fragmentem Trasy Słowackiego, która na swym 10-kilometrowym odcinku połączy Lotnisko im. Lecha Wałęsy z drogą ekspresową S7 w kierunku Warszawy i z Gdańskim Portem Morskim. Jego zadaniem jest przeprowadzenie ruchu kołowego pod dnem rzeki, a tym samym połączenie wschodnich terenów portowych z zachodnimi bez konieczności przejazdu przez centrum Gdańska. Każdy z wykonanych tuneli będzie miał po dwa pasy ruchu. Inwestorem tego przedsięwzięcia jest spółka Gdańskie Inwestycje Komunalne.

Drążenie, za które odpowiedzialna była hiszpańska firma OHL (Obracon Huarte Lain S.A.) odbywało się za pomocą maszyny TBM (Tunnel Boring Machine) o masie 2200 t i długości 91 m. Maszyna, którą nazwano DAMROKA, wykonywała tunel o średnicy 12,56 m (średnica tarczy). Drążenie utrudniał fakt, że budowa znajdowała się w Delcie Wisły, gdzie występują bardzo trudne warunki gruntowe charakteryzujące się wystę-

powaniem spoistych i niespoistych gruntów wielowarstwowych o dużej zawartości wody.

Konstrukcję tunelu stanowiły prefabrykowane elementy grubości 0,6 m (tubingi). Tubingi połączone w całość tworzyły pierścienie szerokości 2 m, czyli moduł konstrukcyjny tunelu. Podczas drążenia pomiędzy ułożonym pierścieniem a gruntem pozostawała kilkunastocentymetrowa wolna przestrzeń, która niczym nie wypełniona mogłaby spowodować nadmierne osiadanie otaczającego tunel gruntu, i to właśnie w tym miejscu wykorzystywano GRUNTON.

### Wymagania dla mieszanki wypełniającej szczelinę pierścieniową

Wybrane ogólne wymagania Specyfikacji Technicznej dla materiału wypełniającego.

1. Przestrzeń/szczelinę między zewnętrzną powierzchnią zamontowanego pierścienia składającego się z tubingów (szczelina pierścieniowa) a gruntem należy wypełniać odpowiednim materiałem wypełniającym.
2. Wypełnienia szczeliny należy wykonywać za pomocą zaprawy o odpowiednim składzie, który osiąga zwięzłość co najmniej równą zwięzłości okalającego gruntu.
3. Zaprawa wypełniająca musi umożliwiać przenoszenie siły z gruntu na tunel, wykazywać odpowiednią stałość objętości i nie ulegać segregacji podczas transportu.
4. Receptura musi spełniać odpowiednie wymogi wiązania.
5. Wtlaczana masa musi nadawać się do sprawnego przepompowywania.
6. Ostateczna wytrzymałość nie powinna przekraczać 10 MN/m<sup>2</sup> (10 MPa).

Mając na uwadze charakter wykonywanych robót oraz wymagania specyfikacji, należało doprecyzować dodatkowe parametry. Pod szczególną analizę wzięto takie parametry jak przyrost wytrzymałości w czasie, jednorodność mieszanki, utrzymanie konsystencji oraz odporność na brak segregacji podczas pompowania pod wysokim ciśnieniem. Wprowadzono także dodatkowe metody badawcze w porównaniu do standardo-



Tab 1. Wyniki badań wstępnych dla wytypowanego GRUNTONU na kruszywie o  $D_{max}$  2mm

mieszanka	składniki	konsystencja wg PN-EN 1015-3 [mm]					wytrzymałość na ściskanie [MPa]		
		1h	2h	3h	4h	5h	24h	7 dni	28dni
GRUNTON (deklarowana wytrzymałość na ściskanie min 2,5 MPa po 28 dniach)	Cement portlandzki wieloskładnikowy klasy 42,5, dodatki mineralne, domieszki chemiczne, kruszywo do 2 mm	230	220	200	190	170	0,7	3,9	6,3

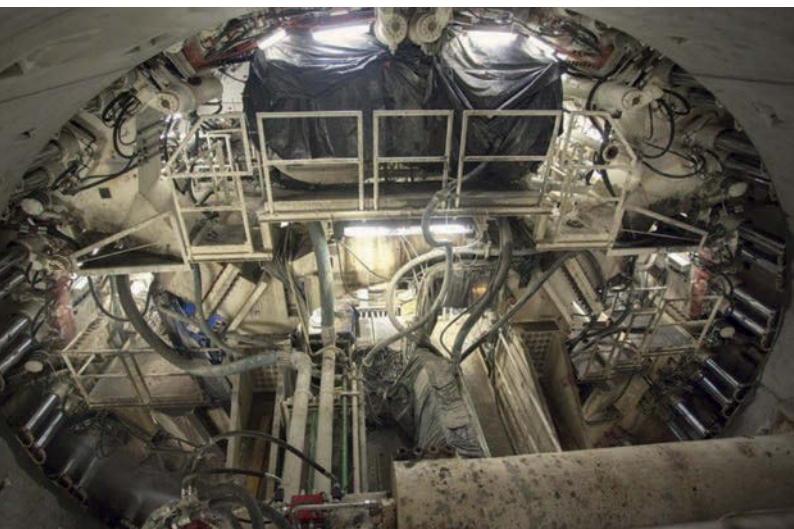
wych wytycznych przyjętych dla tych mieszanek. Wymagania doprecyzowane przez wykonawcę:

- konsystencja zapewniająca całkowite wypełnienie szczeliny bez wibrowania,
- brak segregacji mieszanki podczas transportu i pompowania pod ciśnieniem 4-8 atm,
- urabialność do 5 godz.,
- wczesna wytrzymałość zapewniająca zwięzłość materiału nie mniejszą niż zwięzłość okalającego gruntu (oznaczenie wytrzymałości na ściskanie po 1 dniu),
- uziarnienie i konsystencja umożliwiające iniekcję poprzez otwory o średnicy 50 mm.

### Dobór rozwiązania materiałowego

Firma CEMEX Polska prace nad dobraniem odpowiedniego rozwiązania materiałowego rozpoczęła już kilka miesięcy przed rozpoczęciem drążenia. Ze względu na fakt, że pierwsze zapytania o materiał wypełniający dotyczyły zapraw, pozostawiono metody badawcze dla GRUNTONU wg dokumentów dotyczących tego rodzaju produktu. Konsystencję określano na podstawie normy PN-EN 1015-3:2000 Metody badań zapraw do murów – Określenie konsystencji świeżej zaprawy (za pomocą stolika rozplywu), natomiast wytrzymałość na ściskanie badano na beleczkach o wymiarze 160 mm x 40 mm x 40 mm wg PN-EN 196-1:2006 Metody badania cementu – Część 1 Oznaczenie wytrzymałości. Próbki po zaformowaniu przechowywano w pomieszczeniu o temperaturze 20°C +/- 5°C, a po rozformowaniu – w wodzie o temperaturze 20°C +/- 2°C. Przy trójstronnej współpracy firm OHL, CEMEX Polska i BASF zaczęto tak dobierać parametry mieszanki, aby charakteryzowała się ona utrzymaniem konsystencji w czasie do 5h i wytrzymałością na ściskanie w granicach ok. 1MPa po 24h oraz nie więcej niż 10MPa po 28 dniach. Po przeprowadzeniu kilkunastu zarobów laboratoryjnych wybrano do realizacji dwa typy mieszanek specjalnych GRUNTON o uziarnieniu do 2 mm oraz do 8 mm. Po przeprowadzeniu próby pompowalności na maszynie TBM ostatecznie wytypowano mieszankę na kruszywie drobnym z deklarowaną wytrzymałością na ściskanie po 28 dniach min 2,5 MPa.

Fot. 2. Miejsce za tarczą maszyny TBM, gdzie włączany był GRUNTON na zewnętrzny płaszcz tunelu



Fot. arch. Gdańskie Inwestycje Komunalne

### Produkcja i dostawa GRUNTONU do miejsca wbudowania

Drążenie dwóch nitek tunelu pod Martwą Wisłą trwało ponad rok i dobiegło końca w czerwcu 2014 roku. Na potrzebę tej inwestycji firma CEMEX Polska dostarczyła 19 tys. m<sup>3</sup> mieszanki, która produkowana była w wytwórniach betonu towarowego CEMEX Polska w Gdańsku. Podczas trwania inwestycji, aby zapewnić ciągłość dostaw, minimum jedna wytwórnia pozostawała w gotowości przez 24h na dobę. W momencie przesuwu maszyny TBM drążącej tunel mieszanka wypełniająca była włączana do wolnej przestrzeni pomiędzy pierścieniem z tubingów a otaczającym go gruntem. Jeden cykl przesuwu maszyny obejmował odcinek 2 m, co odpowiadało szerokości prefabrykowanego betonowego pierścienia. Aby uzupełnić brakującą ilość gruntu wokół tunelu na tym odcinku, należało wpompowywać ok. 18 m<sup>3</sup> Gruntonu.

Schemat produkcji wyglądał następująco: po otrzymaniu telefonicznego zamówienia w wytwórni produkowano mieszankę i następnie dostarczano ją za pomocą betonomieszarek na plac budowy. Betonomieszarka rozładowywała się do pompy stacjonarnej ustawionej przy odkrytym wykopie, z którego swoją pracę rozpoczynała maszyna drążąca tunel. Za pomocą stacjonarnej pompy mieszanka była przepompowywana do wagoników kolejki i transportowana po torach w głąb tunelu pod maszynę TBM. Stąd zostawała zasysana do zbiorników buforowych znajdujących się na „Damroce”. Dwa zbiorniki wyposażone w mieszadła magazynowały mieszankę do czasu przepompowania jej do przestrzeni wokół tunelu. Zespół pomp włączał GRUNTON jednocześnie w osiem punktów rozmieszczonych równomiernie na zewnętrznym obwodzie pierścienia. Pompowanie kontynuowane było do czasu uzyskania odpowiedniego ciśnienia wtlaczania.

### Podsumowanie

Doświadczenie CEMEX Polska w produkcji mieszanek wypełniających GRUNTON oraz współpraca na linii wykonawca – dostawca betonu po raz kolejny pokazały, że możliwe jest wykonanie tak trudnego zadania nawet przy specyficznych wymaganiach i w wymagającej lokalizacji. ■

### Literatura

- [1] Specyfikacja Techniczna M-21.01.01 Tunel wykonywany metodą drążoną maszyną TBM.
- [2] Długosz A., Uparta Damrocka, BTA, nr 1/2014.
- [3] Materiały ze strony internetowej Gdańskich Inwestycji Komunalnych Sp. z o.o.
- [4] Materiały ze strony internetowej – www.trojmiasto.pl.
- [5] „Inżynieria i Budownictwo”, nr 1/2013.
- [6] Rekomendacja Techniczna IBDiM nr RT/2013-02-0130.
- [7] Karty Techniczne, GRUNTON – CEMEX Polska.

### The advantages of filling mixtures GRUNTON illustrated with the example of the tunnel under the Martwa Wisła River in Gdansk.

The paper presents filling mixtures GRUNTON and an example of using the advantages of this product in tunnel construction under the Martwa Wisła River in Gdansk. The first part of the paper features a characteristics of the product. Other applications as well as technical parameters of individual types of mixtures are discussed. In the second part of the paper, the adaptability of GRUNTON for specific requirements of technical specifications and given projects are described. The main example is the mined tunnel construction under the Martwa Wisła River in Gdańsk. In 2013/2014 CEMEX Polska supplied 19000 m<sup>3</sup> of its product for filling voids between the tunnel structure and the surrounding soil. Thus, details of the project concerning the requirements, performed tests and obtained parameters will be presented. Furthermore, the process of placing GRUNTON with use of the TBM system will be also described.