



Budowa warszawskiego metra

Stacja Słodowiec już otwarta

Sebastian Bogaczyk¹

Budownictwo inżynierskie od zawsze było jedną z głównych domen działalności Mostostal Warszawa. Na koncie mamy liczne realizacje z tego zakresu – prestiżowe i budowane z wykorzystaniem najnowszych technologii, jak choćby dwa mosty podwieszane w Warszawie czy obecnie budowana przeprawa w ciągu Autostradowej Obwodnicy Wrocławia. Most na Odrze w Rędzinie będzie miał najwyższy pylon w Polsce.

Naturalne jest więc nasze zaangażowanie w realizację budowli podziemnych, ważną, ale dopiero rozwijającą się w naszym kraju dziedzinę budownictwa inżynierskiego. Ponadto miasto Warszawa

należy do rynków priorytetowych dla naszej firmy, na którym prowadzimy działalność budowlaną zarówno w wymiarze liczby realizowanych projektów, jak i w szerszym wymiarze społecznym – aktywnego współtworzenia architektury miejskiej.

Dlatego jednym z kluczowych zadań, jakie postawiliśmy przed własnym Pionem Budownictwa Inżynierskiego, był udział naszej firmy w budowie metra warszawskiego. Ten cel udało nam się zrealizować z nawiązką. Mostostal został wykonawcą trzech stacji bielańskiego odcinka kolei podziemnej: A-20 Słodowiec, A-21 Stare Bielany, A-22 Wawrzyszew oraz łączących je tunele B-21 i B-22. Zdobyte w trakcie realizacji doświadczenie pozwoliło nam przygotować najwyższej notowaną ofertę w przetargu na centralny odcinek II linii metra, od Ronda Dmowskiego do Dworca Wileńskiego.

Jarosław Popiołek, prezes zarządu Mostostal Warszawa SA

Po dwóch latach realizacji, pod koniec kwietnia 2008 r., I linia metra w Warszawie wydłużyła się o kolejne 1176 m, tj. o tunel B-20 i stację A-20 z torami odstawczymi.

Dla firmy Mostostal Warszawa SA, która była odpowiedzialna za kompleksową realizację inwestycji, było to szczególne wydarzenie. W przypadku stacji poprzedzających Słodowiec spółka uczestniczyła jedynie w pracach wykończeniowych. Natomiast jeśli chodzi o bielański odcinek I linii metra, Mostostalowi nie tylko powierzono budowę jej pierwszego przystanku, ale też realizację kolejnych dwóch stacji i dwóch tuneli o łącznej długości ok. 1,5 km.

W obecnym układzie komunikacyjnym stolicy, stacja A-20 stanowi ważny węzeł komunikacyjny. Do momentu powstania węzła przesiadkowego ze stacją metra Młociny i trasą mostu Północnego, Słodowiec przejmować będzie większość pasażerów dojeżdżających do centrum Warszawy z północnych dzielnic, tj. Łomianek, Tarchomina, Bródna. Obecnie codziennie ze stacji korzysta od 12 do 15 tys. nowych pasażerów, dla których dotarcie metrem do centrum stało się najszybsze i najwygodniejsze – bezkonkurencyjne w stosunku do innych środków transportu publicznego.

Otwarcie Słodowca odbyło się w dwóch etapach, z których każdy miał bardzo duże znaczenie dla usprawnienia komunikacji w mieście. Po odebraniu stacji przez służby inwestora 20 marca 2008 r., pierwszy pociąg, bez pasażerów, wjechał na tory odstawcze i w komorze rozjazdu zawrócił, by z powrotem pomknąć tunelem B-20 do stacji A-19 Marymont. W tym dniu zakończył się również okres kursowania wahadła pomiędzy stacjami A-18 Wilsona i A-19 Marymont z częstotliwością co 9 minut. Uruchomienie eksploatacji stacji A-20 umożliwiło rozkładowe jazdy z przystanku stacji A-19 Marymont, oddanej do użytku w grudniu 2006 r.

Drugi etap, związany z otwarciem stacji dla pasażerów, zakończył się 23 kwietnia 2008 r. Nieco ponad miesiąc trwały procedury związane z uzyskaniem pozwolenia na użytkowanie. Obiekt został poddany kontroli przez Państwową Straż Pożarną, Inspekcję Środowiska i Sanepid, zakończonej wydaniem pozytywnej decyzji przez Wojewódzki Inspektorat Nadzoru Budowlanego. Równocześnie na stacji i w tunelu odbywały się próby i sprawdzanie współdziałania wszystkich systemów i instalacji, jazdy testowe taboru, oddymianie stacji po uprzednim próbnym zadymieniu przez PSP.

¹ Mgr inż.; kierownik Budowy Stacji A-20 z Torami Odstawczymi, Mostostal Warszawa SA.

1. Budowa

Mostostal Warszawa pozyskał kontrakt na realizację tunelu B-20 i stacji A-20 od konsorcjum firm górniczych: PRG Metro Sp. z o.o., PeBeKa Lubin SA. Umowa zawarta została 5 kwietnia 2006 r. Siedem dni później zleceniodawca udzielił warszawskiemu Mostostalowi upoważnienia na kompleksowe wykonanie zadania.

Stacja metra Słodowiec zlokalizowana jest w rejonie „Serka Bielańskiego”, usytuowanego między ulicami Marymoncką, Kasprowiczka i Duracza. Jej oś podłużna pokrywa się z przedłużeniem osi ul. Kasprowiczka. Głowicę północną przystanku oraz jego północny pawilon usytuowano przy skrzyżowaniu ul. Kasprowiczka z ul. Duracza. Natomiast głowica południowa oraz południowy pawilon mieści się na terenie przyszłego Centrum Administracyjno-Usługowego. Tory odstawcze są tunelem stanowiącym przedłużenie stacji w kierunku północnym. Usytuowane zostały w pasie zieleni, rozdzielającym jezdnie ulicy Kasprowiczka.

Zakres prac powierzony Mostostalowi obejmował: wykonanie projektów wykonawczych na bazie przekazanego przez Metro Warszawskie Sp. z o.o. projektu budowlanego i projektów branżowych, kompleksowe wykonanie stacji A-20 z torami odstawczymi, wykonanie systemów całoliniowych w tunelu B-20 i na stacji A-20, a także budowę urządzeń kolejowych na stacji i systemów sterowania ruchem pociągów w tunelu i na stacji.

O złożoności zadania może świadczyć fakt, że przed rozpoczęciem budowy stacji inwestor uzyskał trzy pozwolenia na budowę: architektoniczno-budowlane, kolejowe (obejmujące urządzenia kolejowe i systemy sterowania ruchem pociągów) oraz całoliniowe (obejmujące światłowody, telefonię i radiolączność).

Projekty wykonawcze i ogólna koordynacja prac projektowych zostały zlecone przez Mostostal Warszawa do Biura Projektów Architektonicznych i Budowlanych AiB – projektanta istniejących stacji A-15 Ratusz Arsenal i A-19 Marymont. Natomiast systemy całoliniowe projektowały firmy: Elektrobudowa Katowice, Kontron East Europe, B+W Telecom, Siemens i Raj. Nadzór autorski nad pracami sprawowało Biuro Projektów BAKS – autor projektu budowlanego.

Pierwsze prace rozpoczęły się od organizacji placu budowy, przygotowania projektów wykonawczych dla realizacji ścian szczelinowych, płyty i stropu.

2. Konstrukcja stacji

Stacja metra A-20 dzieli się na część podziemną (tzn. korpus stacji, mieszczący halę peronową, pomieszczenia techniczne i technologiczne) oraz część nadziemną (pawilony mieszczące hale odpraw z pomieszczeniami towarzyszącymi, jak: pomieszczenia handlowe, bankomaty, toalety publiczne i pomieszczenia technologiczne), a także wolnostojące: windy, czerpnie-wyrzutnia wentylacyjna. Tory odstawcze stacji A-20 umożliwiają jej użytkowanie jako stacji końcowej I linii metra do czasu uruchomienia końcowego odcinka wraz z torami odstawczymi za stacją A-23 Młociny.

Od strony południowej Słodowiec styka się z tunelem szlakowym B-20, a od strony północnej tunel torów odstawczych przechodzi w tunel B-21.



Tory odstawcze stanowi tunel podziemny o konstrukcji jednonawowej

Podstawowe parametry stacji A-20

- całkowita kubatura stacji – część podziemna: 41 450 m³
- całkowita kubatura pawilonów – część nadziemna: 5750 m³
- całkowita powierzchnia: 4750 m²
- długość L = 157,40 m
- wysokość w świetle konstrukcji około H = 6,62–7,36 m
- szerokość w świetle konstrukcji B = min 21,66 m – max 34,63 m
- wysokość podperonia H = 2,34 m

Rzędne kondygnacji części podziemnej w stosunku do poziomu główki szyny wynoszą:

- wierzch płyty dolnej fundamentowej: - 1,47 m
- wierzch peronu (stan wykończeniowy): + 1,10 m
- strop górny (spodnia powierzchnia): + 5,895 m

Poziom porównawczy główki szyny w stosunku do rzędnych miejskich jest zmienny – stacja została wykonana w spadku 0,3% na całej długości w kierunku północnym.

Stacja A-20 jest tunelem podziemnym o konstrukcji słupowo-płytovej, jednokondygnacyjnej.

Obiekt został zaprojektowany w konstrukcji żelbetowej, składającej się ze: ścian szczelinowych, płyty górnej (monolitycznie powiązanej ze ścianami szczelinowymi na obwodzie stacji), płyty dennej (połączonej przegubowo ze ścianami), dwóch rzędów słupów żelbetowych, rozstawionych co 6,3 m na międzytorzu i w osi ściany oddzielającej peron wschodni od pomieszczeń technicznych i socjalnych. W przekroju poprzecznym korpus stacji to trójnawowa konstrukcja składająca się z zewnętrznych ścian szczelinowych o grubości 80 cm i dwóch rzędów słupów pośrednich (o średnicy 80 cm). Zaprojektowana grubość ściany szczelinowej zagwarantowała uzyskanie sztywnego połączenia płyty górnej ze ścianami, przy mniejszym stopniu zbrojenia dolnego w płycie górnej.

2.1. Strop górny

Płyta górna ma układ statyczny, płytowo-słupowy. Została utwierdzona w sposób ciągły na ścianach szczelinowych i oparta na dwóch rzędach słupów. W fazie realizacji, przy obciążeniu od ciężaru własnego płyty była oparta tylko na jednym rzędzie stalowych słupów tymczasowych (posadowionych na baretach) w osi ściany oddzielającej peron od pomieszczeń technicznych.

Założono, że strop górny, bezpośrednio pod powierzchnią terenu, w fazie docelowej będzie użytkowany, jako obiekt mostowy klasy A, według PN-85/S-10030, spełniający również wymagania wynikające z przepisów NATO. Zgodnie z nowym zaprojektowanym układem drogowym grubość warstw nad stropem, łącznie z zasypką będzie zmienna i wyniesie od 1 do 2 m, średnio 1,5 m.

Płyta stropowa w I etapie realizacji obciążona była jedynie swoim ciężarem własnym i niewielkim obciążeniem montażowym. Dzięki wykorzystaniu sztywnego połączenia stropu ze ścianami szczelinowymi w I etapie realizacji założono dwutraktowy, płytowo-słupowy schemat statyczny zamiast docelowego trójtraktowego, bez zmiany zbrojenia docelowego. Zaproponowane rozwiązanie z jednym rzędem słupów tymczasowych ułatwiło manewrowanie sprzętem do robót ziemnych podczas wybierania gruntu pod płytą stropu wykonanego na gruncie. Natomiast w fazie eksploatacyjnej, z uwagi na wielkość obciążeń stałych i zmiennych, optymalny był trójprzęsłowy schemat statyczny.

2.2. Dylatacja

Konstrukcja żelbetowa korpusu stacji A-20 na całej swojej długości L=156 m została wykonana bez dylatacji.

W celu wyeliminowania wpływu skurczu betonu w płycie stropowej i dennej o grubości 80 cm zostało zastosowanych siedem czasowych przerw technologicznych o szerokości 1,5 m, rozmieszczonych równomiernie co 25–30 m. Przerwy technologiczne były otwarte przez ok. osiem tygodni. W tym czasie zrealizowało się 2/3 skurczu w betonie. Jednym z warunków dla prawidłowej pracy przerw technologicznych było stosowanie 72-godzinnych przerw roboczych w betonowaniu płyty stropu i płyty dennej.



Płyta denna z podziałem na przerwy technologiczne

2.3. Izolacje przeciwwodne konstrukcji

Przyjęto, że szczelność ścian szczelinowych jest wystarczająca z uwagi na zabezpieczenie korpusu stacji i torów odstawczych przed niepożądanym napływem wód. Izolacja przeciwwodna spodniej powierzchni płyty dennej została wykonana w technologii mat bentonitowych Voltex. Ponadto w płycie stropu i płycie dennej zastosowano we wszystkich przerwach roboczych i technologicznych uszczelkę wodorozprężną typu Waterstop. W zamku ścian szczelinowych umieszczono podwójną uszczelkę wodorozprężną i waży iniekcyjny Fuko. Płyta stropu została zabezpieczona izolacją powłokową w technologii Xypex, dodatkowo ocieplona styrodurem i przykryta folią antykorozyjną Tegola Tefond Plus.

Podstawowe parametry tunelu torów odstawczych

- całkowita kubatura: 14 000 m³
- całkowita powierzchnia: 2150 m²
- długość L = 205,60 m
- wysokość w świetle konstrukcji H = 4,76 m
- szerokość w świetle konstrukcji B = 9,20 m
- długość peronu technologicznego L = 120 m

Podstawowe ilości materiałów konstrukcyjnych dla stacji A20 z torami odstawczymi

- beton B30 W8: 25 000 m³
- stal zbrojeniowa BST 500S: 1800 t
- stal konstrukcyjna St3SX: 80 t

3. Etapowanie robót

3.1. Geologia, odwodnienie robocze, monitoring środowiskowy i obiektowy

W rejonie stacji i torów odstawczych znajdują się grunty piaszczyste. Bliżej powierzchni (do ok. 5 m) występują piaski drobne i pylaste. Głębiej zalegają piaski średnie i grube z przewarstwieniami żwirów i pospółek lub gruntów zastoiskowych w postaci glin pylastych lub pyłów piaszczystych.

W pierwszej kolejności po przejęciu placu budowy zostały wykonane dodatkowe odwierty geologiczne i sondowania w celu określenia szczegółowych profili geotechnicznych w miejscach posadowienia ścian szczelinowych. Uzyskane wyniki pozwoliły w miejscach wątpliwych na szczegółowe określenie głębokości kotwienia ścian szczelinowych poniżej płyty dennej i zoptymalizowanie projektu warsztatowego w sposób gwarantujący maksymalne bezpieczeństwo w trakcie późniejszej realizacji wykopu podstropowego.

W czasie realizacji konstrukcji stacji posadowionej poniżej zwierciadła wody gruntowej, konieczne było obniżenie drugiego poziomu wodonośnego, dla którego górne stany wahały się w przedziale 4,5–6,5 m poniżej poziomu terenu. Odwodnienie stacji A-20 i tunelu B-20 zostało zrealizowane za pomocą studni odwodnieniowych o głębokości od 15 do 22 m, zlokalizowanych wzdłuż budowanego odcinka tunelu i stacji. Uzyskanie wymaganej depresji zostało osiągnięte po, mniej więcej, miesiącu od rozpoczęcia pompowania.

3.2. Wykonanie ścian szczelinowych

Zadanie wykonania ścian szczelinowych Mostostal Warszawa SA powierzył doświadczonemu wykonawcy, jakim jest firma Soletanche Polska Sp. z o.o. W pierwszej kolejności po opracowaniu projektów warsztatowych zostały wykonane murki prowadzące. Ich budowa rozpoczęła się 20 lipca 2006 r. Po zakończeniu inwentaryzacji wykonanych murków prowadzących i uzyskaniu pozytywnej akceptacji dla przedstawionych wyników przez Dział Geodezji Metra Warszawskiego 8 sierpnia 2006 r. Mostostal rozpoczął głębienie pierwszej sekcji ścian szczelinowych. Na stacji zostały wykonane ściany szczelinowe grubości 80 cm i głębokości od 11 do 12 m, a na torach odstawczych o grubości 60 cm i głębokości 10,5 m.

3.3. Wykonanie baret i słupów tymczasowych na całej długości stacji

Barety zostały zaprojektowane w linii słupów docelowych w osi J, tj. linii rozdzielającej nawę pomieszczeń technologicznych od pomieszczeń pasażerskich, w średnim rozstawie co 6,3 m. Słupy stalowe z dwuteowników walcowanych HEB 300 zlokalizowano w odległości 1,5 m od osi słupów docelowych. Przed zaszalowaniem stropu na gruncie zostały wykonane głowice.

3.4. Wykonanie płyty stropowej

Po ok. miesiącu od rozpoczęcia głębienia ścian szczelinowych zostało zabetonowane pierwsze pole stropu na gruncie. Prace, jakie poprzedziły betonowanie, to zbrojenie i szalowanie stropu na zagęszczonym i wyprofilowanym podłożu z odpowiednimi spadkami i podniesieniami wykonawczymi. Budowa płyty stropowej stacji A-20 o powierzchni 5000 m² trwała dwa miesiące.



Widok płyty stropowej w trakcie realizacji

3.5. Wybranie gruntu spod płyty górnej (wykop podstropowy)

Rozpoczęcie wykopu podstropowego nastąpiło po ok. trzech tygodniach od zakończenia betonowania I stropu i zostało poprzedzone sprawdzeniem próbek betonu, których wytrzymałość powinna być (i była) na poziomie co najmniej 80% wytrzymałości projektowanej. Do wydobywania gruntu, transportu materiałów i sprzętu wykorzystano docelowe otwory na klatki schodowe, dwa otwory technologiczne, zaprojektowane w poszerzonych do 4 m przerwach technologicznych oraz otwór czerpniowy-rzutni.

W pierwszym etapie był wykonywany przekop wzdłuż stacji między osiami G i J, przy czym pozostawiano warstwę gruntu (ok. 1 m) ponad projektowany poziom wykopu.

Ściany szczelinowe były odkopywane stopniowo, odcinkami 12–15-metrowymi, z pozostawieniem ostatniej ok. 40-centymetrowej warstwy ponad dnem wykopu, która była zdejmowana przed planowanym ułożeniem chudego betonu. W trakcie prowadzenia wykopu podstropowego prowadzony był monitoring ścian szczelinowych, polegający na geodezyjnych pomiarach reperów zastabilizowanych w dwóch poziomach. W trakcie realizacji nie stwierdzono większych przemieszczeń niż 5–6 mm.



Widok części podziemnej stacji w trakcie realizacji wykopu podstropowego

4. Wykonanie płyty dennej

Sukcesywnie, wraz postępowaniem wykopu podstropowego, była wykonywana płyta dennej – w sekcjach z przerwami technologicznymi i roboczymi, jak dla płyty stropowej. W pierwszej kolejności na zagęszczonym podłożu układano beton podkładowy o grubości 15 cm, następnie izolację przeciwwodną z mat bentonitowych Voltex, a następnie całość przykrywano warstwą betonu osłonowego o grubości 5 cm. W kolejnych etapach zbrojono i betonowano zasadniczą płytę denną o grubości 80 cm. W jednym cyklu roboczym układano maksymalnie do 300 m³ betonu B30 W8.



Widok części podziemnej stacji w trakcie fazowania wykonania płyty dennej

5. Wykonanie słupów docelowych

Do betonowania słupów o średnicy 80 cm i wysokości ponad 7 m zdecydowano się wykorzystać beton samozagęszczalny SCC 40. Betonowanie odbywało się za pośrednictwem rury kontraktowej Ø 100, umieszczonej w otworze Ø 150, pozostawionym w płycie stropowej.

Każdorazowo przed wbudowaniem mieszanki betonowej dokonywano oceny konsystencji metodą rozplywu odwróconego stożka Abramsa (średnica rozplywu 65–75 cm), pomiaru temperatury oraz wizualnej oceny betonu. Betonowanie prowadzono z prędkością nie przekraczającą 3,5 m/h.

6. Wykonanie podperonia z komorami przepompowni, peronów, klatek schodowych, ramp dla schodów ruchomych oraz szachtów windowych

Na stacji A-20 Słodowiec i innych stacjach bielańskiego odcinka metra zaprojektowano perony jako zewnętrzne, tak jak na stacji A-13 Centrum, w odróżnieniu od peronów wyspowych charakterystycznych dla pozostałych przystanków I linii metra w Warszawie.

7. Wykonanie podtorza i montaż torowiska

Podbudowa torowa i montaż torowiska na stacji A-20 Słodowiec, zgodnie z projektem budowlanym i decyzją inwestora, zostały wykonane według tradycyjnej metody i zasad obowiązujących przy budowie I linii metra, w odróżnieniu od nowoczesnej technologii zastosowanej na dalszym jej odcinku, tj. tunelach B-21 i B-22 oraz stacjach A-21 i A-22, realizowanych przez Mostostal Warszawa SA.

8. Wykonanie konstrukcji pawilonów

Cechą charakterystyczną bielańskiego odcinka płytkiego metra są pawilony nadziemne, mieszczące funkcje hali odpraw i pomieszczenia handlowe, lokalizowane na wcześniejszych stacjach w części podziemnej.

Pawilony na stacji A-20 Słodowiec zostały wykonane w konstrukcji stalowej. Elewację stanowią płyty warstwowe, aluminiowe Alucobond, szkło i granit.

9. Roboty wykończeniowe i wystrój wnętrza

Wystrój stacji w części podziemnej hali pasażerskiej to kompozycja barwnej mozaiki gresowej. Została wykonana z elementów w kolorach: białym i czarnym oraz w różnych odcieniach szarości, w układzie powtarzalnym co drugi panel. Sufit stacji jest podwieszany, rastrowy, natomiast na stropie w międzytorzu zastosowano tynki akustyczne w kolorze czarnym. Czerń na stropie i mozaika na ścianach mają na celu odwrócenie uwagi pasażera od instalacji i urządzeń zlokalizowanych nad sufitem, widzianym z drugiego peronu.

W trakcie projektowania wystroju wnętrza hali peronowej duże znaczenie miała akustyka i tłumienie hałasu powstającego w trakcie wjazdu taboru metra na stację, uciążliwego dla korzystających z niej pasażerów. Udało się go zmniejszyć poprzez wprowadzenie w układzie paneli gresowych, pojedynczego bądź podwójnego panelu perforowanego, blaszanego, wypełnionego wewnątrz specjalną wełną akustyczną o bardzo dobrych parametrach tłumienia dźwięków. Ponadto przestrzeń nad sufitem została wyłożona wełną akustyczną, a strop na międzytorzu pokryto tynkiem akustycznym firmy Sto-Ispo. Pomiary hałasu w hali peronowej i pomieszczeniach technicznych, m.in. w pomieszczeniu dyżurnego stacji, potwierdziły założenia projektowe i właściwy dobór materiałów.



Widok części podziemnej stacji

Literatura

1. Projekt wykonawczy stacji A-20 Słodowiec i załączone schematy przekazane przez Biuro Projektów Architektoniczno-Budowlanych AiB.