Budowa ścian zbiorników LNG w Świnoujściu w technologii deskowania ślizgowego

Bogusław Gajewski, **Radosław Czarny-Kropiwnicki**, Hydrobudowa Polska SA

W 2010 r. spółka Polskie LNG SA zawarła umowę na zaprojektowanie, wykonanie i przekazanie do eksploatacji terminala regazyfikacyjnego skroplonego gazu ziemnego Polskie LNG w Świnoujściu z konsorcjum, w którego skład weszły następujące firmy: Saipem (Saipem S.p.A., Włochy; Saipem SA, Francja; Snamprogetti Canada Inc., Kanada), Techint (Compagnia Tecnica Internazionale S.p.A., Włochy) oraz PBG SA (Polska). Wykonanie robót żelbetowych na zbiornikach LNG konsorcjum powierzyło spółce Hydrobudowa Polska SA jako głównemu wykonawcy na podstawie umowy zawartej w 2011 r.

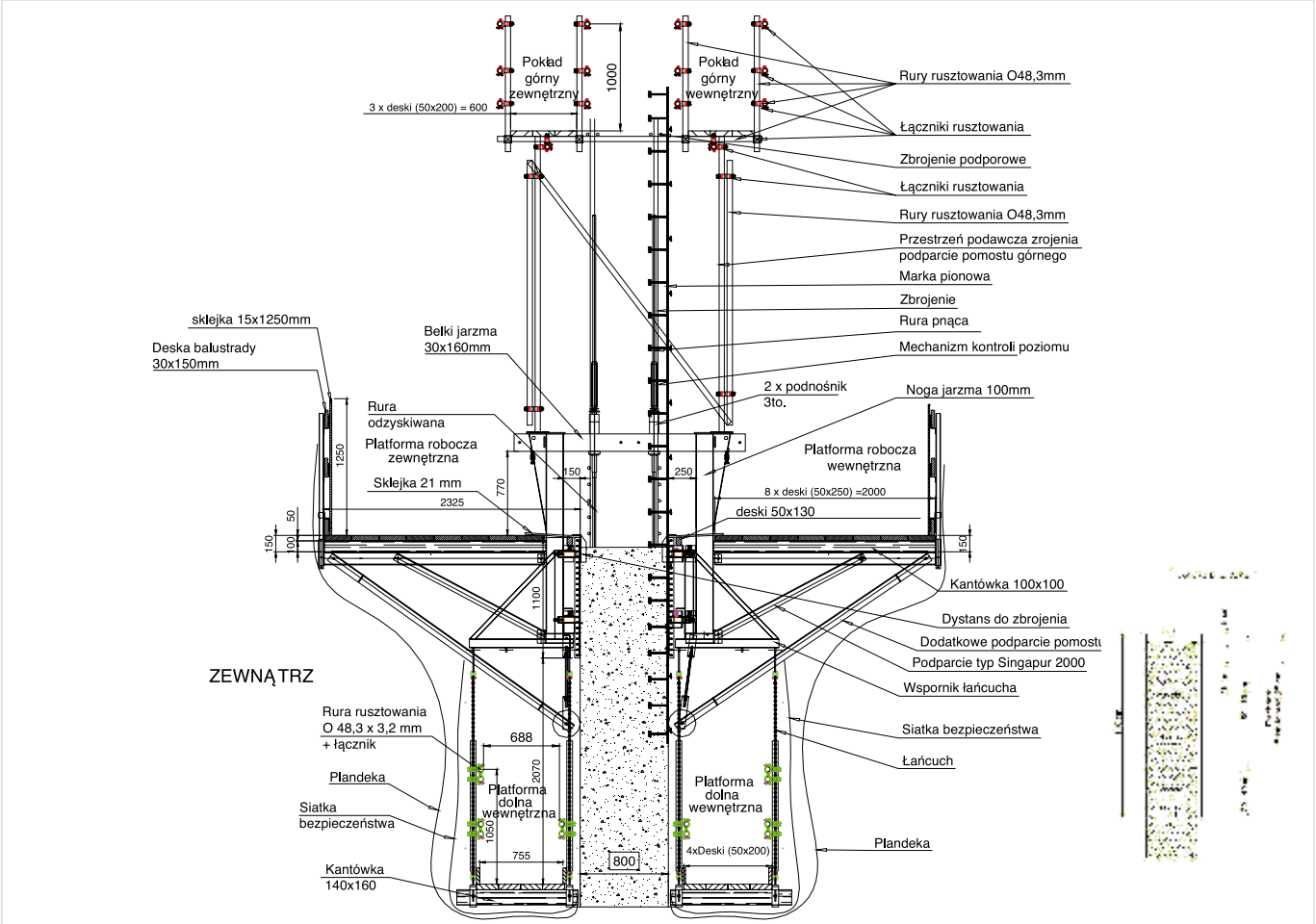
Widok na ściany od strony wewnętrznej zbiornika

Betonowanie ścian zbiornika TK-2011

Pierwszymi obiektami, których budowę rozpoczęto na terenie terminala LNG w Świnoujściu, są dwa zbiorniki na skroplony gaz. Każdy z nich będzie się składał z zewnętrznego zbiornika żelbetowego oraz wewnętrznego zbiornika ze stali kriogenicznej, w którym będzie magazynowany skroplony gaz o temperaturze -163 °C. Pojemność każdego zbiornika wynosi 160 tys. m^3, przy średnicy zewnętrznej 79,10 m i wysokości ścian 42,90 m. Grubość ścian zbiornika żelbetowego to 0,80 m. Wysokość zbiorników razem z kopułą żelbetową osiąga 54,00 m. Na obwodzie każdego zbiornika znajdują się cztery pilastry zlokalizowane na osiach 45°, 135°, 225° i 315°. Konstrukcja zbiornika jest sprężana zarówno w kierunku poziomym, jak i pionowym.

Do wznoszenia ścian zastosowano technologię deskowania ślizgowego firmy Gleitbau z Austrii, które składa się z wielu połączonych ze sobą elementów. Elementem formującym deskowanie ślizgowe jest rama stalowa złożona z paneli stalowych o wymiarach 5 x 500 x 1100 mm i profili stalowych o wymiarach 100 x 50 x 5 mm. Konstrukcja deskowania ślizgowego składa się z określonej liczby jarzm, które tworzą konstrukcję wsporczą dla pomostów roboczych i utrzymują powierzchnię deskowania ściany w stałej odległości od siebie.

Do podnoszenia konstrukcji deskowania ślizgowego użyto 270 podnośników hydraulicznych o udźwigu 3 t każdy, podłączonych do pompy hydraulicznej sterowanej elektrycznie. Na każdej ramie jarzma zostały zainstalowane po dwa podnośniki, a w rejonie pilastrów trzy. Podnośniki były połączone za pomocą rurociągu hydraulicznego ¾″ z pompą hydrauliczną, umieszczoną na wewnętrznej platformie roboczej. Wszystkie podnośniki uruchamiano jednocześnie, podnosząc konstruk-



Typowy przekrój deskowania ślizgowego firmy Gleitbau

Schodnie komunikacyjne

cję deskowania ślizgowego oraz platform roboczych o 25 mm w każdej sekwencji wznoszenia na rurach nośnych o średnicy 26,9 mm.

Deskowanie ślizgowe było wyposażone w trzy platformy robocze. Główna platforma robocza posiadała podest wykonany z desek o grubości 50 mm, opartych i rozmieszczonych na stalowych wspornikach do jarzm. Platforma ta służyła do montowania zbrojenia poziomego i pionowego, marek stalowych, głowic i osłon do kabli sprężających, betonowania i wibrowania. Dopuszczalne obciążenie platformy głównej wynosiło 2,5 kN/m^2.

Górny pokład, zamontowany na rusztowaniu powyżej platformy głównej, wykorzystywano do montażu zbrojenia pionowego.

Dolna platforma wisząca została podwieszona do jarzm za pomocą wsporników stalowych i łańcuchów. Była przeznaczona do prac wykończeniowych powierzchni betonowej oraz ewentualnych napraw tej powierzchni. Dopuszczalne obciążenie dolnej platformy wynosiło 2,0 kN/m^2.

Oświetlenie platformy głównej stanowiły lampy halogenowe o mocy 1000 W, zamocowane na stojakach o wysokości ok. 4,0 m i rozmieszczone na co czwartym jarzmie. Na dolnej platformie oświetlenie zapewniały lampy 200 W, rozmieszczone na co drugim jarzmie.

Do podawania zbrojenia, marek, głowic i osłon do kabli sprężających służyło pięć żurawi wieżowych, po dwa na każdy zbiornik, i jeden przejezdny, obsługujący oba zbiorniki w zależności od potrzeb. Zbrojenie podawane było w wiązkach, a marki stalowe w koszach i rozmieszczane równomiernie na platformie roboczej.

Siłowniki i instalacja hydrauliczna deskowania ślizgowego

Montaż poziomych kanałów osłonowych do kabli sprężających

Sterownia deskowania ślizgowego

Kontrola geodezyjna deskowania ślizgowego

Widok na górny pomost roboczy

Oświetlenie dolnej i głównej platformy roboczej

Zbrojenie pionowe z oznaczonymi długościami zakładów montowano z pomostu górnego, a zbrojenie poziome, marki, głowice oraz rury osłonowe do kabli sprężających układano z pomostu głównego. W celu uzyskania odpowiedniej grubości otuliny zbrojenia, na deskowaniu ślizgowym został zamontowany specjalny element dystansujący. Do zbrojenia ścian zbiornika użyto stali żebrowanej węglowej oraz stali kriogenicznej.

Betonowanie ścian zbiornika odbywało się przy pomocy czterech stacjonarnych pomp, które podawały beton do czterech pojemników zamontowanych na pilastrach do jarzm deskowania ślizgowego. Z tych pojemników napełniane były specjalne wózki, którymi beton rozwożony był równomiernie po całym obwodzie ściany. Dostawa betonu odbywała się za pomocą sześciu betonowozów z wytwórni zlokalizowanej w odległości ok. 1,5 km od placu budowy. Układanie betonu odbywało się w sposób ciągły z prędkością ok. 22 m^3/h.

Skład mieszanki betonowej użytej podczas wznoszenia ściany wymagał zapewnienia odpowiedniej urabialności i czasu wiązania w zależności od temperatury powietrza, aby zapewnić zaplanowaną prędkość wznoszenia się deskowania ślizgowego. Na każdej zmianie czas układania mieszanki betonowej był na bieżąco planowany i kontrolowany. Na wypadek awarii pompy stacjonarnej dostępne były pompa zapasowa i mobilna. Zastosowano beton kriogeniczny klasy C50/60.

Do rozwożenia betonu na platformie głównej użyto 30 specjalnych wózków o pojemności 0,17 m^3 każdy.

Bardzo ważnym elementem w czasie betonowania było wibrowanie betonu oraz czyszczenie zbrojenia i smarowanie środkiem antyadhezyjnym deskowania.

Napełnianie wózków betonem na platformie roboczej

Rurociąg spustowy do napełniania wózków

Napełnianie stacjonarnych pomp do betonu

Montaż deskowania ślizgowego na zbiorniku TK-2011

Betonowanie ścian odbywało się na dwie zmiany przez 24 godziny na dobę. Tempo wznoszenia ścian wynosiło średnio 2,0 m na dobę, przy czym maksymalną prędkość wznoszenia ścian jaką osiągnięto przy betonowaniu drugiego zbiornika wyniosła 2,5 m na dobę. Proces ciągłego betonowania w deskowaniu ślizgowym wymagał dobrej współpracy między poszczególnymi zespołami pracowników w celu dostarczenia na czas zbrojenia, zakotwień, marek, osłon do kabli sprężających, a przede wszystkim betonu o odpowiedniej konsystencji, urabialności i temperaturze. Koordynacja tych działań stawiała wysokie wymagania organizacyjne dla osób kierujących tymi pracami.

Budowę ścian pierwszego zbiornika rozpoczęto 1 października 2011 r. i ukończono po 25 dniach. Wznoszenie ścian drugiego zbiornika rozpoczęto 10 listopada 2011 r., zakończono po 21 dniach. Po raz pierwszy w Polsce budowane są zbiorniki tego typu i o takiej wielkości na gaz skroplony. Zbudowanie ścian dla dwóch zbiorników żelbetowych o wysokości ponad 40 m w ciągu dwóch miesięcy, a szczególnie zbudowanie ścian drugiego zbiornika w ciągu zaledwie 21 dni jest olbrzymim sukcesem Konsorcjum STP, Hydrobudowy Polska SA, dostawcy deskowań – firmy Gleitbau i dostawcy betonu – firmy Cemex. Wydarzenie to jest o tyle istotne, że mimo że na świecie wybudowano już kilkadziesiąt zbiorników na skroplony gaz o podobnej wielkości, nie wykonano tego w tak krótkim terminie.

Betonowanie zbiornika TK-2011 w czasie nocnej zmiany

Betonowanie zbiornika TK-2011 w czasie nocnej zmiany

Zdjęcia: Hydrobudowa Polska SA