



Zmiany projektowe na potrzeby budowy obiektu T-3

mgr inż. Błażej Cackowski
Optem

Tzw. „Trasa Wschodnia” to inwestycja prowadzona przez miasto Suwałki, której głównymi celami są zwiększenie dostępności transportowej miasta i regionu w ruchu drogowym oraz poprawa spójności przestrzennej z krajowym systemem transportowym. Dodatkowo realizowane przedsięwzięcie przyczyni się do wzrostu atrakcyjności inwestycyjnej regionu oraz znacznej poprawy bezpieczeństwa ruchu.

Obiekt T-3 stanowi część zadania inwestycyjnego polegającego na budowie drogi stanowiącej nowy przebieg drogi wojewódzkiej nr 655, która wchodzi w skład „Trasy Wschodniej”. Zakres prac całego przedsięwzięcia budowlanego obejmował wykonanie dwóch obiektów inżynierskich oraz budowę ok. 2 km trasy klasy G wraz z towarzyszącą infrastrukturą techniczną. W obliczu powierzonych zadania wykonawca zwrócił się do firmy Optem o pomoc w celu opracowania alternatywnej technologii budowy obiektu T-3.

W artykule skupiono się przede wszystkim na przedstawieniu zaproponowanych zmian projektowych oraz korzyści wynikających ze współpracy pomiędzy doświadczonym biurem projektowym a wykonawcą.

Charakterystyka oraz podstawowe parametry obiektu w projekcie pierwotnym

Charakterystyka ogólna

Zaprojektowany tunel T-3 służy do przeprowadzenia ruchu kołowego i pieszego pod linią kolejową nr 40 w km 96 + 749 oraz linią nr 39 w km 40 + 900. Schemat statyczny stanowi jednoprzęsłowa rama oparta przegubowo na dolnych, ścianowych elementach podporowych. Nośność obiektu spełnia wymagania

I SUMMARY

Design changes for the purpose of the construction of the T-3 structure

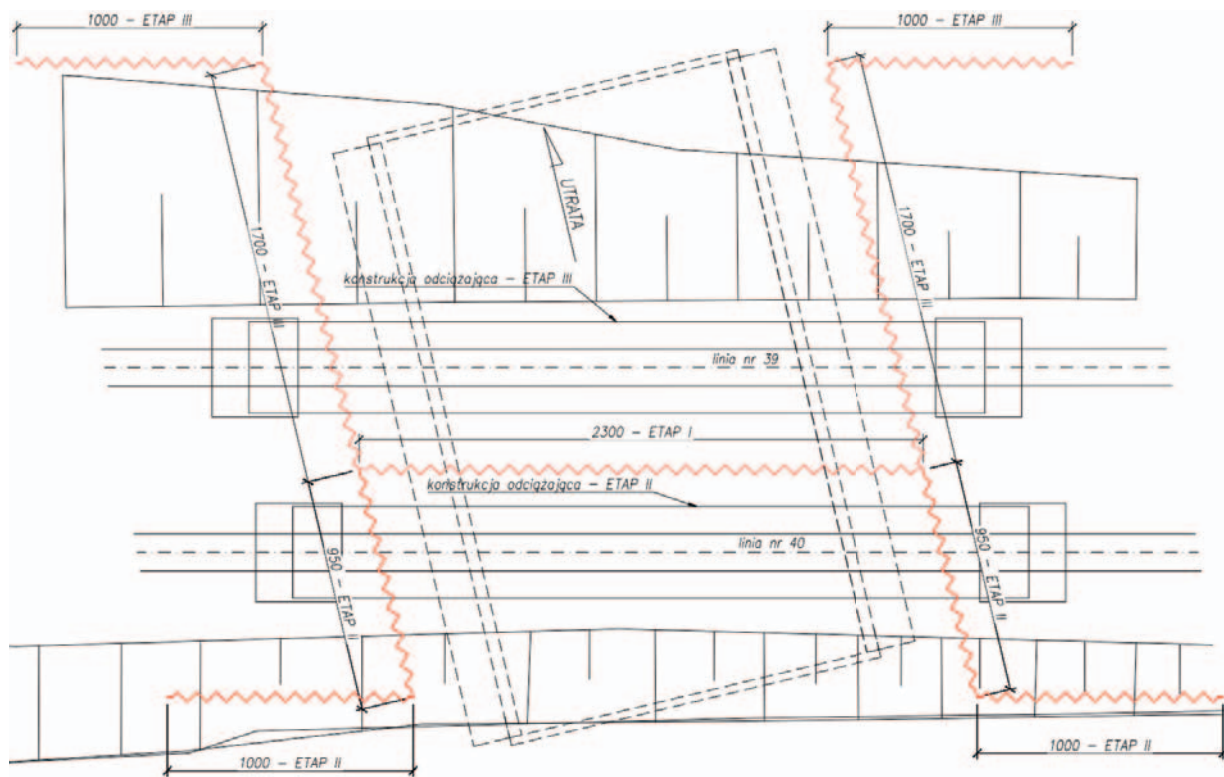
The construction of bridges and tunnels is a big challenge both in terms of technology and logistics. These structures are an important element of the development of the road and railway infrastructure in Poland, and their efficient construction is key to conducting an effective state transport policy. This article focuses on presenting proposed design changes and the benefits of cooperation between an experienced design office and a contractor.

Keywords: optimised building process, economic bridge design, bridge structures, concrete structures, construction technology, sheet pile wall, cooperation

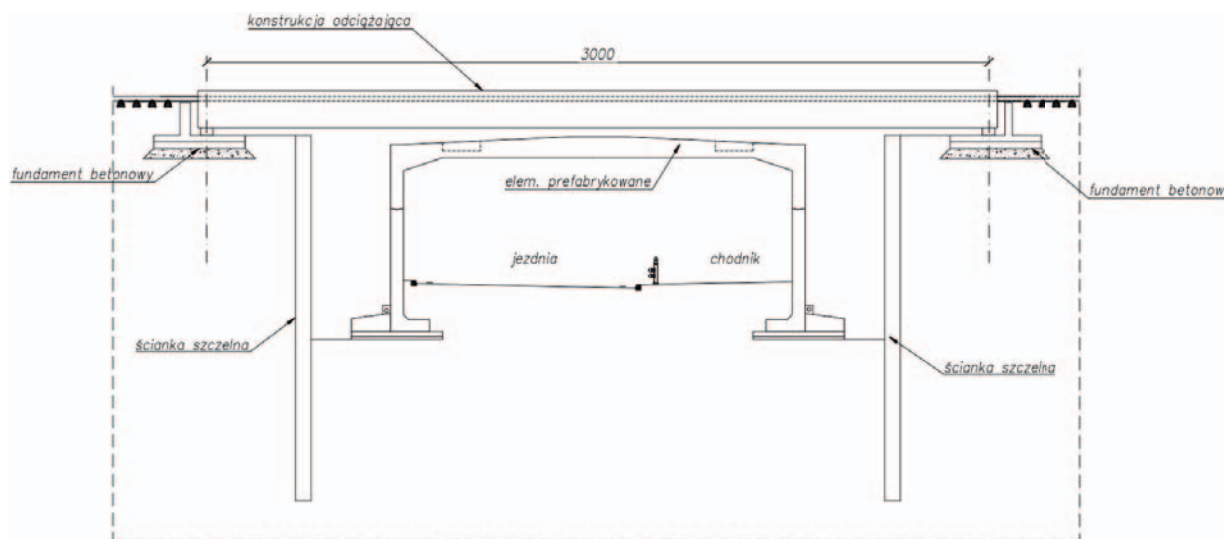
klasy „k+2” wg PN-85/S-10030. Kąt skrzyżowania osi obiektu z osią linii kolejowej wynosi 77°. Obiekt charakteryzuje się rozpiętością teoretyczną przęsła wynoszącą 14,5 m oraz szerokością wynoszącą 25,54 m. Konstrukcję nośną stanowi żelbetowa rama o grubości od 57 do 80 cm.

Technologia wznoszenia obiektu

Projekt pierwotny zakładał budowę obiektu przy wykorzystaniu prefabrykowanych segmentów składających się z trzech głównych elementów: górnego ramowego elementu przęsłowego opartego na dwóch dolnych, ścianowych elementach podporowych. Zespoleń wbudowanych elementów miało zostać wykonane jako monolityczne za pomocą specjalnie wykształconych zamków



Rys. 1. Widok z góry – pierwotne etapowanie robót



Rys. 2. Przekrój podłużny – pierwotne etapowanie robót

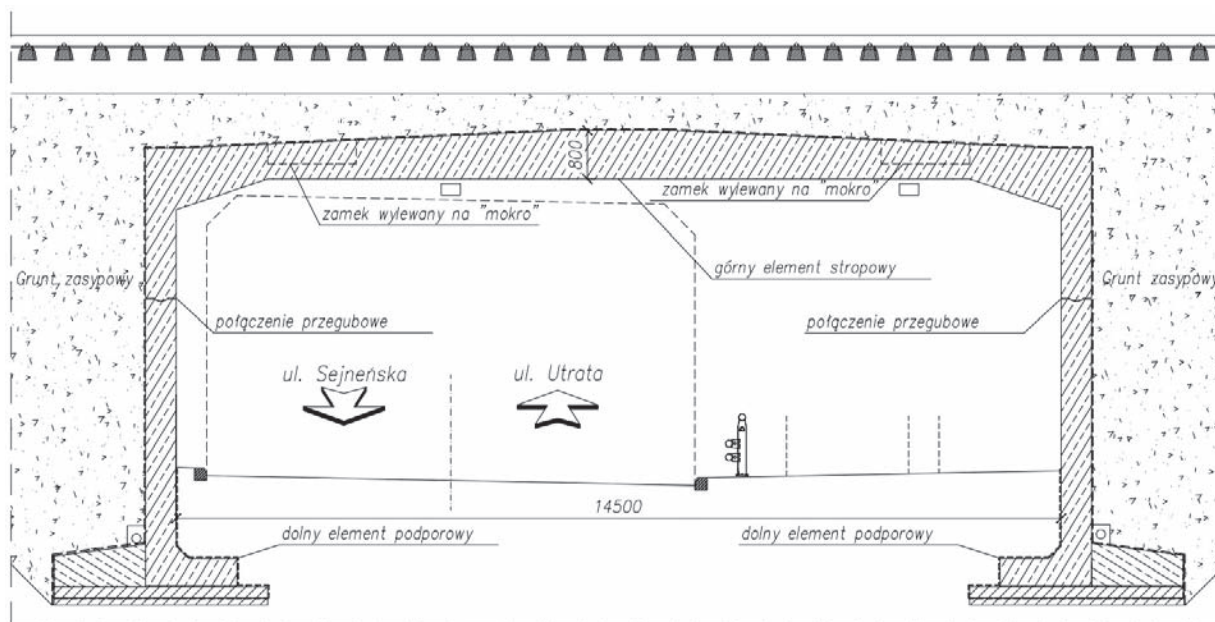
w elementach stropowych (górnym) oraz za pomocą rozbudowy fundamentów ścian podporowych (elementów dolnych) od strony zasypki. Aby móc zachować ciągłość komunikacyjną linii kolejowej, w projekcie przewidziano: wbicie ścianek szczelnych w istniejący nasyp kolejowy, wykonanie konstrukcji odciążających, a następnie przystąpienie do realizacji właściwego wykopu pod projektowaną konstrukcją. Szczegółowe etapowanie budowy oraz sposób wykonania konstrukcji przedstawiono kolejno na rys. 1 i 2.

Analiza technologii z uwagi na realia budowy

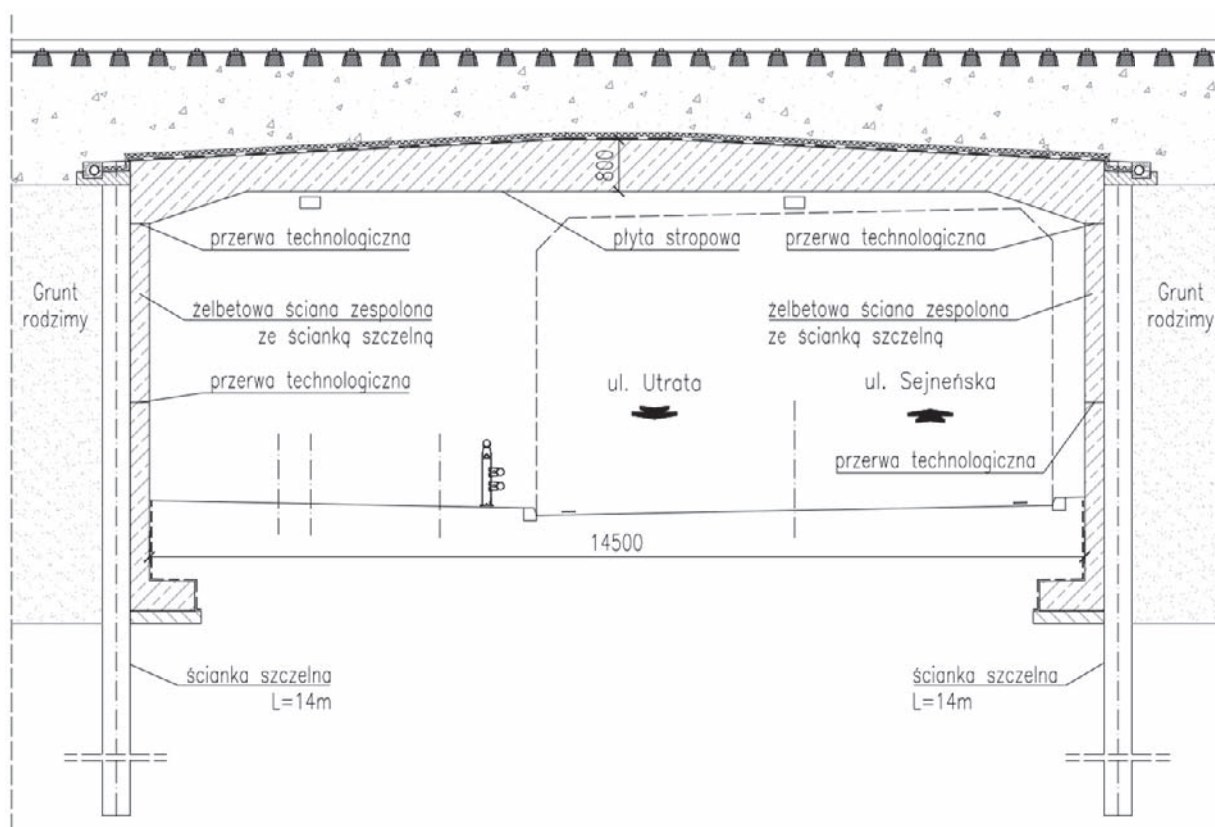
Zgodnie z rys. 1 i 2 zastosowanie uciążlenia w postaci rozbudowy fundamentu generuje potrzebę zachowania większej przestrzeni roboczej, a co za tym idzie – wykorzystanie odpowiednio długiej konstrukcji odciążającej. Konstrukcje odciążające o większych rozpiętościach wymagają zastosowania posadowienia o wyższych parametrach nośności, a ich ustroje nośne cechują się większą wysokością konstrukcyjną. Parametry geometryczne zastosowanej budowli odciążającej bezpośrednio wpływają na ograniczenie przestrzeni „roboczej” dla wykonywanego obiektu, zważywszy

na potrzebę dostarczenia, a następnie precyzyjnego spasowania elementów górnych konstrukcji z uprzednio ustawionymi elementami dolnymi. Dodatkowym aspektem mającym istotny wpływ na zasadność danej technologii jest określenie wymagań i parametrów ścianki szczelnej zapewniających osiągnięcie odpowiedniej stateczności. Z uwagi na zastosowanie konstrukcji odciążającej o znacznej rozpiętości na ściankę szczelną oprócz parcia gruntu jest przekazywane odpowiednio duże parcie od ciężaru własnego konstrukcji, pionowego obciążenia ruchomego oraz obciążeń poziomych spowodowanych przyspieszaniem i hamowaniem taboru kolejowego. Konsekwencją wspornikowej „pracy” projektowanej ścianki szczelnej i działania dużych sił jest występowanie znacznych przemieszczeń poziomych oraz naprężeń dla powszechnie stosowanych i ogólnodostępnych przekrojów grodzic stalowych. Ze względu na wymaganą przestrzeń montażową nie ma możliwości zastosowania dodatkowego punktu podparcia w postaci rozpór w celu redukcji odkształceń oraz naprężeń. Jedynym zasadnym sposobem pozostało zastosowanie odpowiednio sztywnych grodzic, pograżonych na wystarczająco dużą głęboko-

Budowa mostów i tuneli to duże wyzwanie zarówno pod kątem technologicznym, jak i logistycznym. Obiekty te stanowią istotny element rozwoju infrastruktury drogowej i kolejowej w Polsce, a ich sprawna budowa jest kluczem do prowadzenia efektywnej polityki transportowej państwa.



Rys. 3. Pierwotny przekrój podłużny obiektu



Rys. 4. Obecny przekrój podłużny obiektu

- kość. Po wyznaczeniu przez projektanta niezbędnego przekroju poprzecznego oraz wymaganej głębokości pograżenia ścianki szczelnej wykonawca wraz z projektantem uznali technologię za bardzo trudną w realizacji, biorąc pod uwagę parametry geotechniczne gruntu rodzimego.

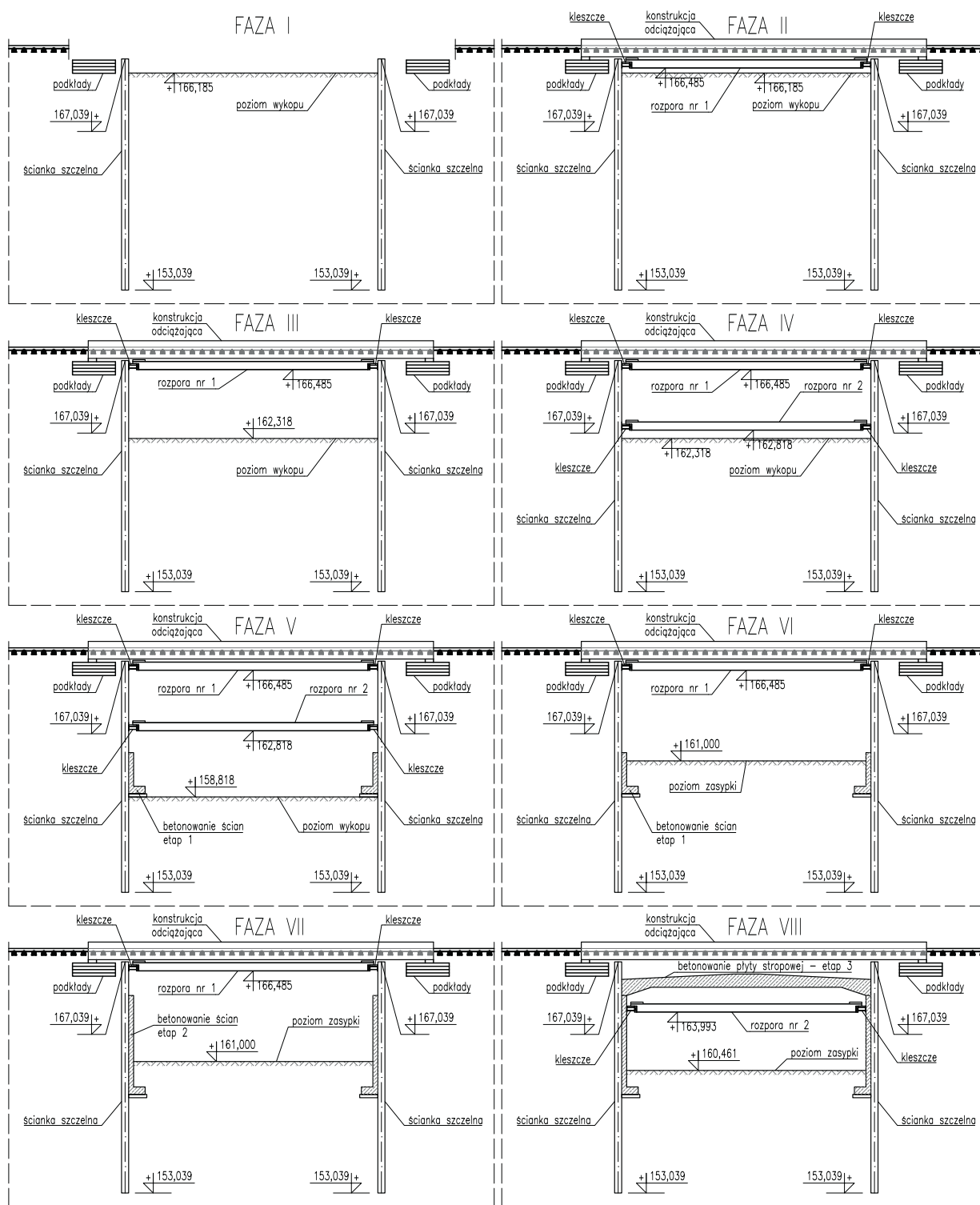
Nowe rozwiązania technologiczne oraz projektowe

Dział projektowy firmy Optem stanął więc przed zadaniem opracowania takich zmian w projekcie, które ułatwiają i przyspieszają realizację, spełniając jednocześnie uwarunkowania zmian nieistotnych według *Prawa budowlanego*. Charakter i rodzaj zmian nie mogły wpłynąć na geometryczne parametry konstrukcji oraz jej finalny wygląd.

Nowa charakterystyka ogólna

Po analizie wielu wariantów zdecydowano się na wykonanie całej konstrukcji jako żelbetowej, monolitycznej,

bezpogrubowej ramy. W celu uniknięcia pierwotnej problematyki wynikającej z potrzeby zastosowania grodzic o dużych powierzchniach przekroju poprzecznego i znacznych głębokościach pograżenia zdecydowano się na wprowadzenie dodatkowych punktów podparcia w postaci rozpór, co było możliwe dzięki rezygnacji z budowy obiektu za pomocą prefabrykowanych segmentów. W celu redukcji sił parcia działających na projektowaną ściankę szczelną zdecydowano się na zastosowanie najmniejszej możliwej konstrukcji odciążającej. Aby tego dokonać i jednocześnie poprawić „pracę” projektowanego obiektu, zdecydowano się na włączenie ścianki szczelnej do współpracy z żelbetową ścianą tunelu i potraktowanie grodzic jak nośnego, traconego elementu szalunkowego (wykorzystanie pierwotnych ścianek szczelnych). W obliczu przyjętych założeń projektowych zmienił się również sposób posadowienia obiektu z bezpośredniego na quasi-pośredni poprzez czynny udział ścianek szczelnych w przenoszeniu sił na podłoże gruntowe. Poprzez



Rys. 5. Zaprojektowane fazy budowy tunelu

wykorzystanie współpracy ścian podporowych oraz fundamentu ze ściankami szczelnymi zwiększono nośność posadowienia o wartość wynikającą z nośności pobocznicę pograżonej ścianki szczelnej. W celu zapewnienia odpowiedniej współpracy ścianki szczelnej z konstrukcją ramy żelbetowej niezbędne było wyznaczenie zbrojenia uwzględniającego również efekty wynikające z połączenia beton – stal ze szczególnym uwzględnieniem efektów ścinających. Aby dokonać pełnego zespolenia dwóch elementów, zdecydowano się na zastosowanie połączenia spawanego prętów zbrojowych do ścianki szczelnej oraz nadanie im odpowiedniej geometrii pozwalającej na oparcie się na jak największej liczbie prętów zbrojenia głównego ściany (rys. 6).

Nowa technologia wznoszenia

W celu wykorzystania konstrukcji stalowej w procesie przenoszenia obciążeń oraz zapewnienia skutecznej współpracy beton – stal kluczowym aspektem było wy-

znaczenie poziomu naprężeń oraz przemieszczeń ścianki szczelnej dla zachowania bezpiecznej rezerwy dla stanu użytkowego konstrukcji. Niestety każdy etap budowy cechował się odmiennym schematem statycznym bądź miejscem występowania podpór, a dodatkowym czynnikiem była zmieniająca się sztywność poszczególnych elementów konstrukcyjnych w kolejnych etapach budowy. Aby możliwie jak najdokładniej odzwierciedlić pracę konstrukcji, przeprowadzono analizę nieliniową, posługując się oprogramowaniem MES. Poszczególne etapy budowy przedstawiono na rys. 5.

Zdecydowano się na minimalizację wymaganego przekroju poprzecznego grodzic poprzez zmianę lokalizacji rozpór w kolejnych etapach budowy. Z uwagi na taką potrzebę proces betonowania podzielono na etapy i dostosowano do posiadanych przez wykonawcę deskowań. W celu wykonania prac należało ograniczyć prędkość taboru kolejowego w obrębie konstrukcji odciążających, co w oczywisty sposób zmniejszyło wpływ obciążeń



Fot. 1. Obiekt na etapie fazy V przed wbudowaniem betonu



Fot. 2. Obiekt na etapie fazy V – betonowanie ścian podporowych

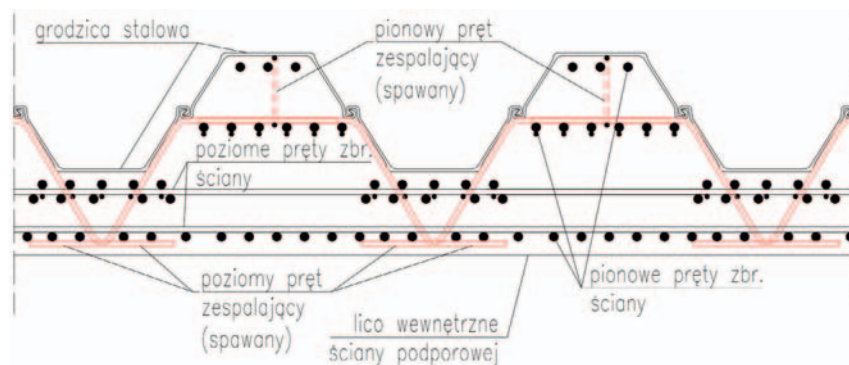
fot. B. Krzymiecki



Fot. 3. Obiekt na etapie fazy VII



Fot. 4. Obiekt na etapie fazy VIII



Rys. 6. Widok na pręty zespajające ściankę szczelną z żelbetową ścianą podporową

- dynamicznych na konstrukcję we wrażliwej fazie dojrzewania mieszanki betonowej.

Podsumowanie

Realizacja obiektu T-3 stanowi dobry przykład na skuteczną i owocną współpracę pomiędzy biurem projektowym a wykonawcą. Dzięki dostosowaniu projektu do realiów budowy oraz technicznych możliwości wykonawcy udało się osiągnąć wymierne korzyści na wielu płaszczyznach prowadzonej inwestycji. Zmiana technologii wykonania z prefabrykowanej na tradycyjną, monolityczną, wykonywaną „na mokro”, pozwoliła wykonawcy na skuteczne zrealizowanie całego zakresu robót przy wykorzystaniu jedynie własnego parku maszyn oraz własnych zasobów ludzkich. Wpłynęło to bezpośrednio na ułatwienie oraz usprawnienie procesu budowlanego. Dodatkowo wykorzystanie własnych zasobów firmowych pozwoliło na osiągnięcie znacznych korzyści finansowych. Według wycen wykonawcy wykorzystanie elementów prefabrykowanych do wzniesienia konstrukcji w przypadku tej inwestycji generowało wyższe koszty niż ostatecznie wybrana technologia budowy. Ponadto zastosowanie mniejszej konstrukcji odciążającej nie tylko pozwoliło na redukcję sił działających na projektowaną ściankę szczelną, ale przyczyniło się

również do zmniejszenia kosztów dzierżawy konstrukcji. Zmiany pozwoliły także na zastosowanie rozpór i finalną redukcję przekroju poprzecznego projektowanej ścianki szczelnej. Wynikiem przyjętej technologii były oszczędności materiałowe, przede wszystkim w postaci zredukowanej ilości robót ziemnych oraz ograniczonego zużycia betonu. Wszystkie powyższe argumenty dowodzą tego, że współpraca pomiędzy projektantem a wykonawcą może z powodzeniem funkcjonować na etapie wykonawstwa inwestycji i przynieść wiele obustronnych korzyści. W przypadku realizowanego zadania polegającego na budowie tunelu T-3 w Suwałkach na każdym etapie budowy inżynierowie wykonawcy byli w ścisłym kontakcie z jednostką projektową, dzięki czemu możliwe było na bieżąco kontrolowanie przyjętych założeń projektowych, a także wprowadzanie ewentualnych korekt w wybranej technologii robót. Trzeba mieć na uwadze, że pomimo kompleksowego i rzetelnego wykonywania współczesnych projektów nigdy nie są one w pełni spersonalizowane pod względem potrzeb i możliwości danego wykonawcy. Warto więc zadbać o jak najlepszą współpracę pomiędzy wykonawcami a projektantami, gdyż może mieć ona niebagatelne znaczenie w procesie realizacji inwestycji, zwłaszcza w przypadku długich i skomplikowanych przedsięwzięć. ▣