

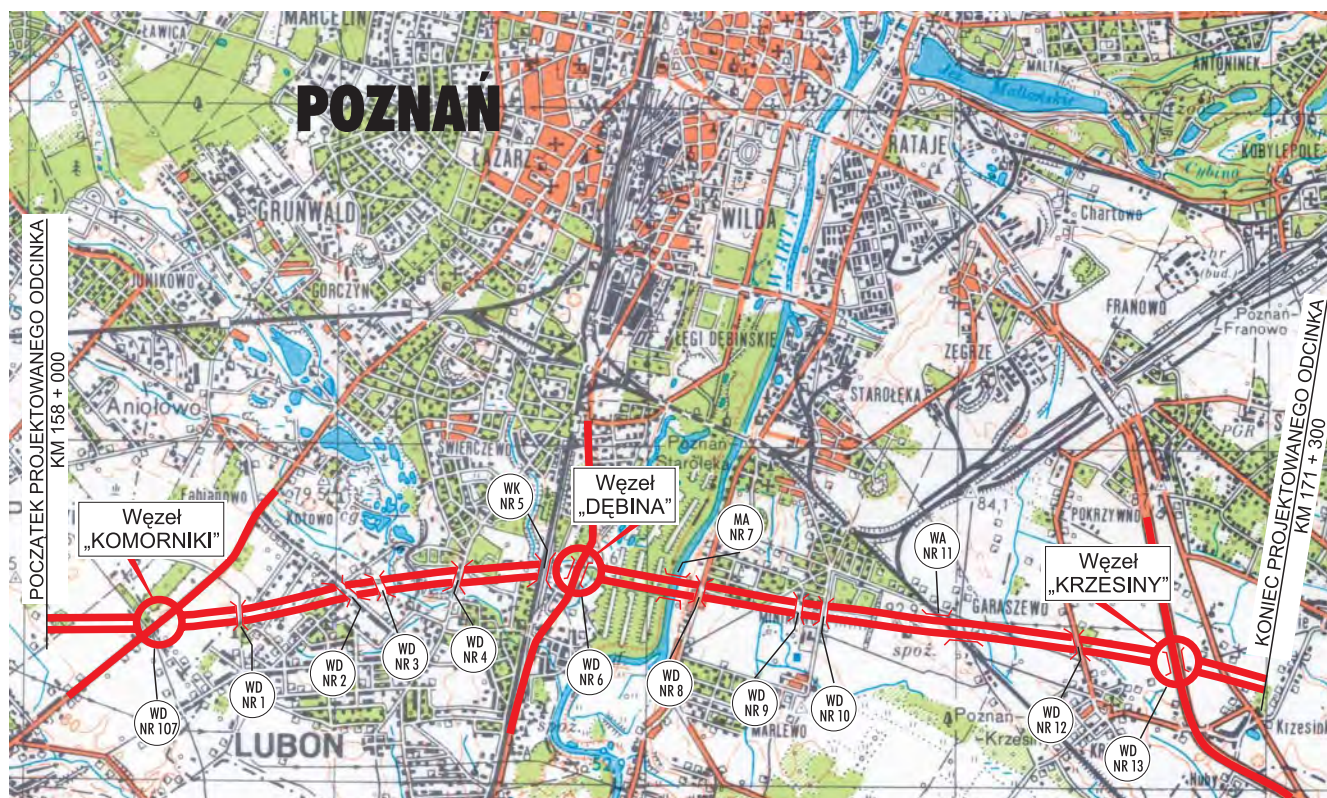
Geodeci na budowie pierwszego w Polsce tunelu wykonanego metodą przesuwu

Kontrolowany poślizg kolosa

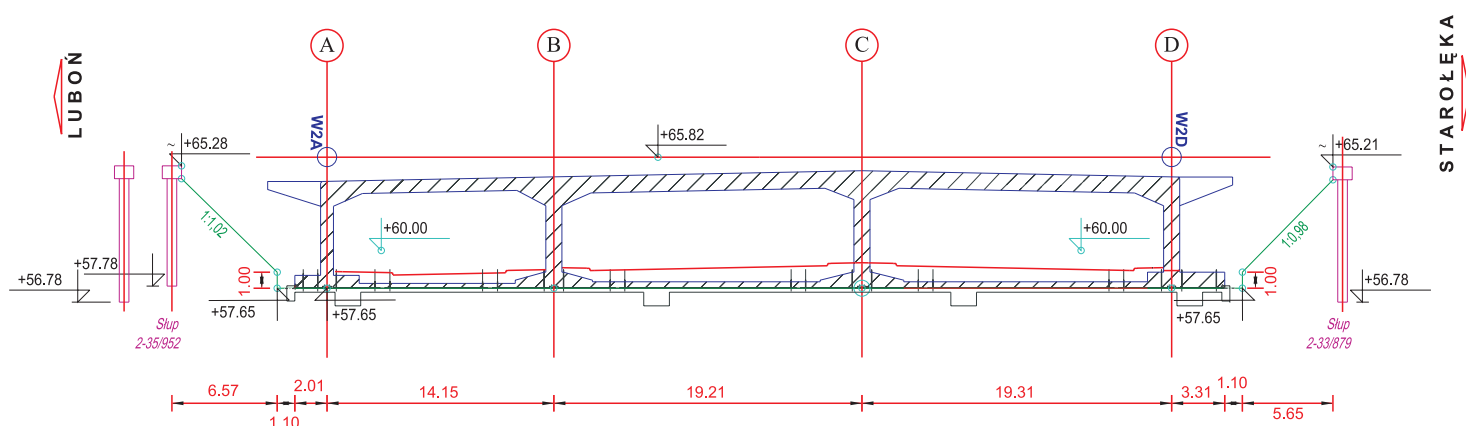
ZBIGNIEW ADAMCZAK

Jak wybudować tunel autostrady przebiegającej pod torami kolejowymi, tak by zminimalizować koszty inwestycji i utrudnienia w ruchu? Idea jest prosta – należy zbudować obok nasypu kolejowego tunel, rozebrać tory i istniejący nasyp, a następnie wsunąć w to miejsce gotowy fragment tunelu i ułożyć na nim tory.

Jesienią 1998 roku rozpoczęto pierwsze prace przy budowie najtrudniejszego i najdroższego, liczącego 13,3 km, odcinka autostrady A2 – obwodnicy Poznania. Inwestor podzielił całość prac na 2 etapy. Pierwszym, dobiegającym już końca, było wykonanie obiektów inżynierskich. O ogromie podjętych prac niech świadczy fakt, że należało wybudować: 3 wiadukty na węzłach au-



Rys. 1. Lokalizacja autostradowej obwodnicy Poznania



Rys. 2. Przekrój poprzeczny tunelu

tostradowych, 306-metrowy most przez Wartę ponad ujęciem wody na Dębinie, wiadukt nad linią kolejową Poznań–Katowice, tunel pod linią kolejową Poznań–Wrocław i łącznicą Staroleka–Lubon, a także 6 wiaduktów ponad planowaną autostradą w ciągach istniejących ulic i dróg.

Jednym z najciekawszych etapów realizacji tego kontraktu było wykonanie pierwszej części tunelu pod torami kole-

jowymi w Luboniu. Pierwotnie projekt przewidywał budowę tymczasowych torów kolejowych obok obiektu. Rozwiązanie to pozwalało na wybudowanie tunelu metodą tradycyjną, było jednak stosunkowo drogie i dlatego wykonawca robót (Fougerolle International/Mostostal Warszawa J.V. Sp. z o.o.) zaproponował zmianę technologii. Pozwoliło to zmniejszyć koszty inwestycji i zminimalizować utrudnienia w ruchu kolejowym.

Idea przedsięwzięcia była prosta – należy zbudować obok nasypu kolejowego tunel, rozebrać tory i istniejący nasyp, następnie wsunąć w to miejsce gotowy fragment wspomnianego tunelu. Przewidywana przerwa w ruchu pociągów nie mogła przekroczyć 72 godzin. Operacja ta miała być wykonana dwukrotnie – pod torami łącznicy i pod torami szlakowymi. Pozostała część konstrukcji miała być zrealizowana metodą tradycyjną.

● Na początku byli geodeci

Specyfika zawodu geodety sprawia, że uczestniczymy w całym procesie inwestycyjnym. Podstawą naszych prac jest osnowa realizacyjna. Zazwyczaj od jej założenia rozpoczynają się wszystkie inwestycje. Nie inaczej było i przy budowie tego tunelu. Dzisiejsze techniki pomiarowe i obliczeniowe pozwalają na swobodne kształty ram geodezyjnych, a to, co nam teraz najbardziej utrudnia życie, to nie brak kątów prostych, ale niekorzystne warunki terenowe i narażenie punktów osnowy na zniszczenie. Doświadczenie i wnikliwa analiza projektów dają możliwość takiego umiejscowienia punktów, aby się z nich po prostu dobrze korzystało. Myślę, że nam się to udało. Z ośmiu punktów osnowy przetrwały wszystkie. Z konieczności osnowę zagęściliśmy jedynie dwoma dodatkowymi punktami.

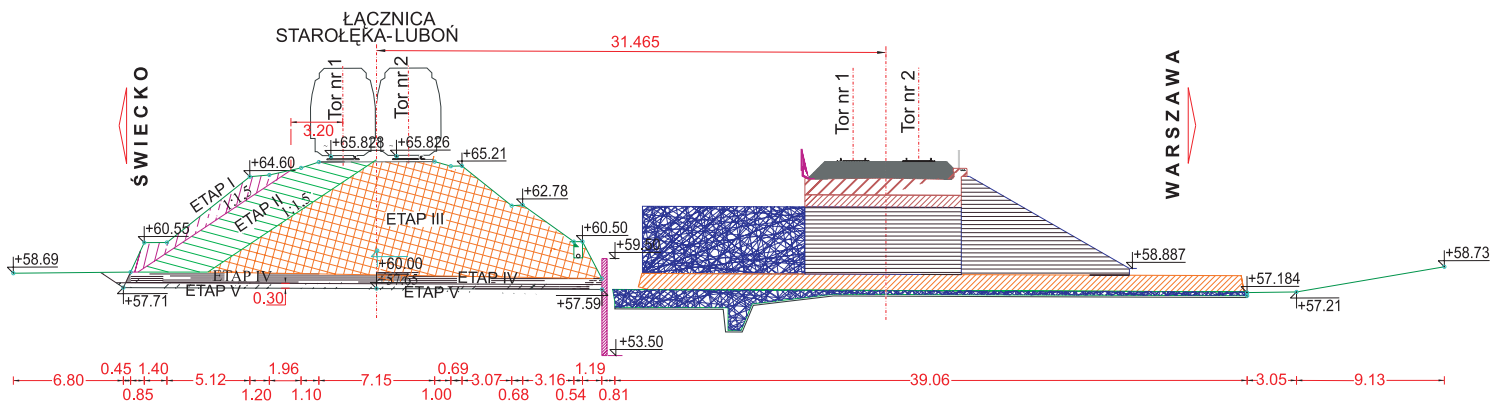
Sieć dowiązano do punktów osnowy szczegółowej II i III klasy, uzyskując dokładność wewnętrzną dla „najgorszego” punktu siatki $m_p < 0,002$ m. Celowo pominięta zostaje tutaj kwestia dokładności zewnętrznej. W przypadku dużych obiektów inżynierskich budowanych na obiektach liniowych (takich jak autostrady czy linie kolejowe) w powiązaniu z dokładnościami osnow wyjściowych i koniecznością stosowania lub celowego zaniechania redukcji odwzorowawczych, bywa ona ciekawym zagadnieniem wymagającym zastosowania odpowiedniej metodologii. Pozwolę sobie jednak opisać kilka typowych zagadnień z pogranicza geodezji i budownictwa, z którymi już się spotkałem przy budowie obiektów kolejowo-drogowych.



Fot. 1. Sytuacja przed przesuwem. Na pierwszym planie istniejące torowisko, w głębi segment tunelu do przesunięcia



Fot. 2. Końcowa faza rozbiórki nasypu



Rys. 3. Przekrój poprzeczny w płaszczyźnie przesuwu

Mapa dla celów projektowych została wykonana w układzie 65/„IV”, a szczegółom sytuacyjnym nadano współrzędne, uwzględniając odpowiednie redukcje odwzorowawcze. Taki tok postępowania wynika z tego, że projektant posługuje się wymiarami rzeczywistymi (obiekt powstaje w układzie matematycznym).

Przy realizacji inwestycji istotny jest właściwy wybór punktu głównego siatki i jej odpowiedniej orientacji oraz sprawdzenie w nowo założonym układzie usytuowania ważnych szczegółów sytuacyjnych, które nie ulegną przebudowie. W naszym przypadku niezmiennie było położenie torów kolejowych. Na etapie wstępnej kontroli torowisk okazało się, że odległości między osiami torów są inne niż w projekcie. Rozbieżność ta wynosiła 5-7 cm, co przy rygorze zachowania skrajni kolejowej było wielkością znaczącą. Aby nie zmieniać całego projektu, ponownie obliczono ramę geodezyjną, uwzględniając zachowanie skrajni kolejowej na górze tunelu i osi autostrady w jego wnętrzu.

● Idealna szuflada

Segment przesuwny został wybudowany na płycie prowadzącej. Jej najważniejszą cechą jest gładkość powierzchni niezbędna przy przesuwie. Zdołano uzyskać pochyłą powierzchnię o założonym spadku 0,3915% z dokładnością ± 2 mm. Wartości teoretyczne tej powierzchni były sprawdzane w około 1000 punktach kontrolnych, aby efekt finalny był zadowalający, a siły tarcia minimalne. Zewnętrzne krawędzie płyty należało wykonać równoległe do osi przesuwu z nieprzekraczalnym błędem ± 3 mm. Również ten rygor został zachowany. W przeciwnym razie w trakcie ruchu

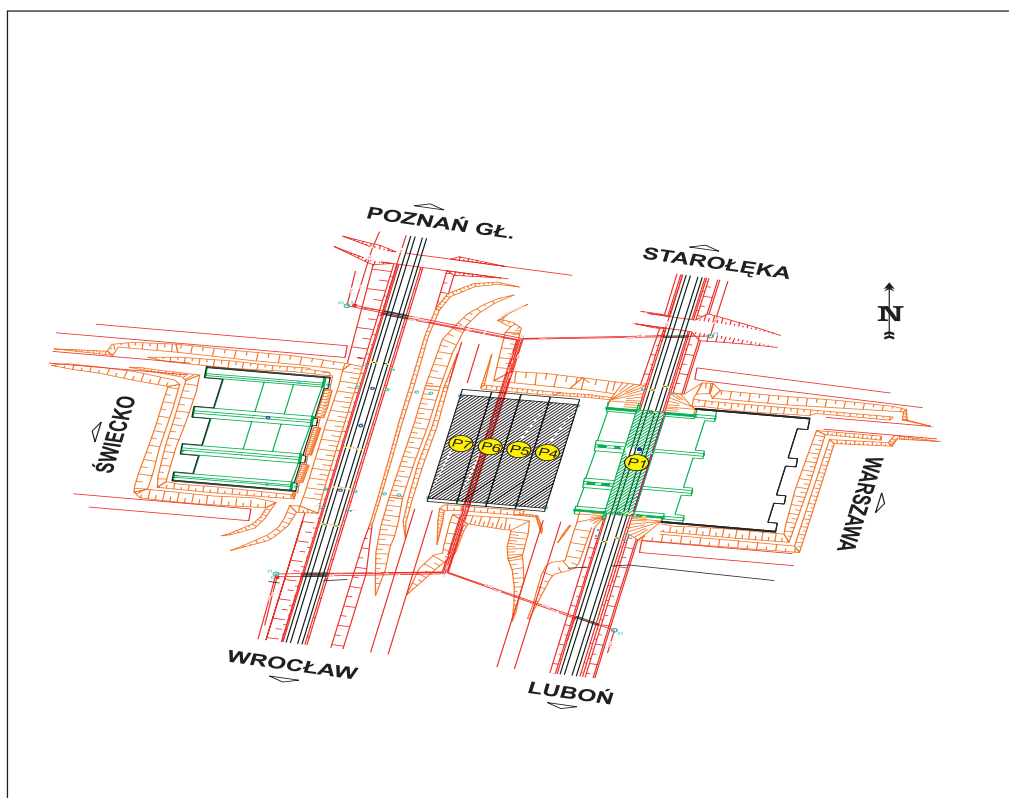
element przesuwny mógłby się zakłinać – szuflada (segment tunelu) nie zostałaby wepchnięta do końca. Sama budowa tunelu przebiegała sprawnie i uzyskano dokładności typowe dla obiektów żelbetowych (± 1 cm).

● Operacja przesuwu

Położenie tunelu w pozycji startowej zostało bardzo dokładnie zinwentaryzowane, a końcowe współrzędne – oczekiwane po przesunięciu tunelu o 31,465 m – wyliczone. W piątek 23 marca br. rozpoczął się wyścig z czasem. O godzinie 22 rozpoczęto rozbiórkę torowiska, w ciągu 8 godzin zlikwidowano nasyp (tempo wybierania ziemi wynosiło 1400 m³ na godzinę), doprowadzając wykop do żądanych parametrów. Pomiędzy płytę prowadzącą a segment przesuwny wtłoczono uszlachetniony bentonit, po którym można przesunąć (jak po masle) każdy

ciężar, a nasz element ważył 5800 ton! Siłowniki hydrauliczne uruchomiono w sobotę w południe. W związku z dużymi rozmiarami segmentu zdecydowano się na prędkość przesuwu wynoszącą około 4-5 m/godz. Początkowo przesuw odbywał się po płycie betonowej, później po gruncie, na który wtłaczano bentonit. Ostatnie centymetry wykopu doprowadzono do rzędnych projektowych z dokładnością 2-3 cm, tak aby nasz kołos nie zanurkował ani nie „zadarł nosa”.

Wyglądanie wykopu odbywało się równocześnie z przesuwem, co dawało możliwość wprowadzenia ewentualnych korekt. Pomiar postępu przesuwu i ruchów pionowych przeprowadzano za pomocą dalmierzy laserowych sprzężonych z konsolą operatora siłowników. Nie sprawdzano prostoliniowości przesuwu, gdyż zapewniały ją precyzyjnie wykonane wcześniej prowadnice.



Rys. 4. Sytuacja terenowa po przesuwie elementu P1. W części centralnej – 4 elementy gotowe, wykonane technologią tradycyjnej; w części zachodniej – segment tunelu w budowie, przygotowywany do przesuwu w czerwcu



Fot. 3. Po przesuwie. 8 godzin wcześniej te segmenty dzieliło 41,5 m, teraz tylko 10 m

Na podstawie permanentnych wskazań dalmierzy laserowych operator dostosowywał moc siłowników tak, aby uzyskiwać równomierny postęp. Ideę przesuwu i pracy siłowników można porównać do przyciągania do brzegu łódki na linie. Tyle że zamiast łódki – przyciągamy tunel, zamiast rąk – używamy czterech siłowników, a operacja odbywa się na gruncie. Pomimo stałego monitoringu będącego częścią zastrzeżonego patentu, nieustannie odbywały się pomiary geodezyjne, które potwierdzały poprawność przebiegu operacji. Dużą uwagę zwracano na pomiar wysokościowy, gdyż w przypadku zbyt dużych odchyłek należałoby inaczej profilować dno wykopu, po którym odbywał się przesuw. Ponieważ obiekt był w nieu-

stannym ruchu, wysokości teoretyczne dla danego punktu należało obliczać na dany moment i porównywać z pomierzonymi. W chwili, gdy do pokonania zostało kilkanaście ostatnich centymetrów przesuwu, wszystkie siłowniki wyłączono. W celu uzyskania pewności co do poprawności pomiaru odległości w ciągu kwadransa geodezyjnie określono pozycję kolosa poprzez pomiar współrzędnych 6 punktów charakterystycznych (z wieloma obserwacjami nadliczbowymi). Po przekazaniu wyników kierującemu operacją okazały się one zgodne ze wskazaniami jego urzędników. Należy wspomnieć, że nie ma możliwości cofnięcia przesuwanego elementu, gdyby „odjechał” za daleko. O godzinie 20.30 operacja przesuwania

została zakończona. Zaraz po odłączeniu siłowników przeprowadzono ostateczny pomiar geodezyjny w celu porównania oczekiwanych i uzyskanych parametrów przesuwu. Wyniki usatysfakcjonowały cały zespół – „najgorszy” punkt przebył drogę o 8 mm krótszą od przewidywanej i o taką samą wartość zszedł z zadanego kierunku. Obiekt doznał mikroskopijnego skrócenia. Wysokościowo udało się ustawić kolosa z dokładnością ± 5 mm.

Po tym nastąpił moment wpompowania zaprawy cementowej pod fundamenty tunelu, która wypełniła wolne przestrzenie między nierównościami wykopu a spodem fundamentów. Kolejnymi fazami operacji było odbudowanie nasypów za przyczółkami, odbudowanie torowiska, założenie sieci trakcyjnej i odbiór przez przedstawicieli PKP.

● Podsumowanie

Cała operacja, zamiast przewidywanych 72, trwała tylko 59 godzin. Przerwa w ruchu kolejowym została więc skrócona do minimum. Marcowa pogoda splotała co prawda figla i wszyscy pracowaliśmy podczas śnieżycy i marznącej mżawki, jednak nie wpłynęło to na jakość i czas realizacji prac. Niepotrzebne okazało się budowanie kosztownych tymczasowych torów objazdowych. Uzyskano dokładność usytuowania obiektu taką, jak przy metodach tradycyjnych.

Do geodezyjnej obsługi wszystkich obiektów inżynierskich przy budowie autostradowej obwodnicy Poznania używane są tachimetry SET 500 firmy Sokkia wraz z zestawami luster APS 12. Dzięki możliwości zdejmowania instrumentów ze spodarek i zamiany z tarczami uzyskano duże usprawnienie prac i dobre warunki samokontroli. Okazało się także, że nie tylko pomiary prowadzone przez geodetów dają precyzyjne wyniki, choć to właśnie od nas oczekuje się najwyższych dokładności.

Pod koniec czerwca przeprowadzona zostanie jeszcze raz podobna operacja, tym razem od strony zachodniej, pod torami linii kolejowej Poznań–Wrocław. Zadanie wydaje się jeszcze trudniejsze, bo segment będzie większy od przesuniętego w marcu, a sam tunel budowany jest tam w łuku.

**Zdjęcia autora,
rysunki Fougerolle Int.**

Zbigniew Adamczak jest pracownikiem Fougerolle International/Mostostal Warszawa J.V. Sp. zo.o., absolwentem Akademii Rolniczej we Wrocławiu



Fot. 4. Dzień po operacji. Tunel na swoim miejscu