

Pierwsza podwieszona konstrukcja przez Wisłę

Geodeci na moście

JERZY PRZYWARA

Zadaniem budowanego właśnie mostu Świętokrzyskiego jest połączenie Śródmieścia z Pragą i przybliżenie do siebie obu dzielnic. Poprzez sprowadzenie pod ziemię przebiegającej w tym rejonie Wistołtrady będzie okazja otwarcia miasta ku Wiśle, a w niedalekiej perspektywie stworzenia na Powiślu bulwaru nadwiślańskiego. Po zagospodarowaniu terenów Portu Praskiego leżących po przeciwnej stronie rzeki bezpośrednie sąsiedztwo Wisły zacznie tętnić życiem. Przejeżdżając w przyszłości tym mostem, z satysfakcją będziemy mogli pomyśleć, że jest w nim też kawał dobrej geodezyjnej roboty.

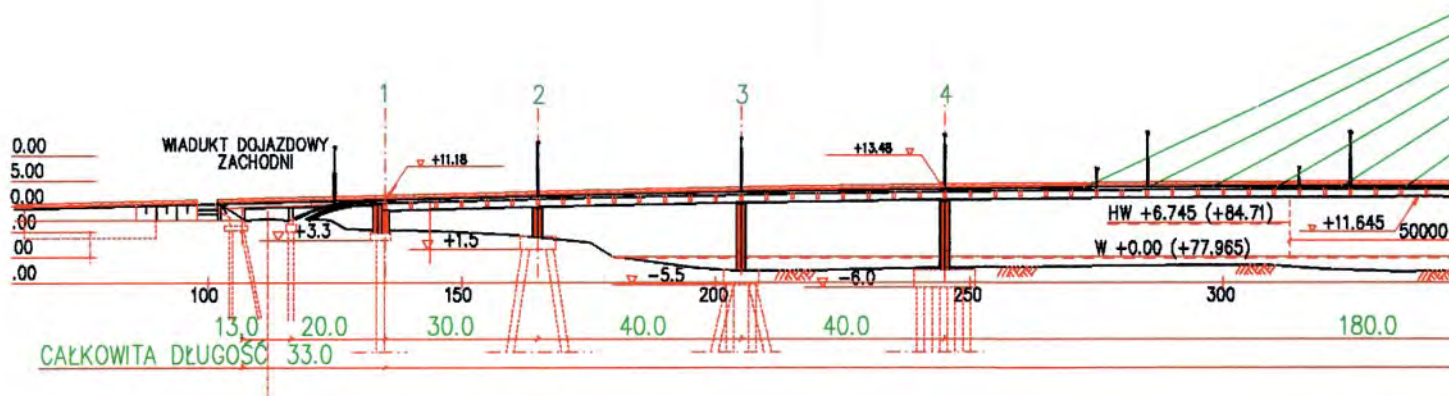


Jeśli wierzyć zapewnieniom kierownictwa budowy mostu Świętokrzyskiego, w październiku tego roku będziemy mogli przejechać nim z jednej strony Wisły na drugą. Ta długo oczekiwana przez warszawiaków przeprawa ma, jak się okazuje, prawie 80-letnią historię. W planach most w tym miejscu pojawił się tuż po odzyskaniu niepodległości w 1918 roku. Kolejna przymiarka miała miejsce w 1946 roku. W opracowanej wówczas koncepcji odbudowy miasta Wydział Ur-

Fot. 1. W drodze na szczyt pylonu. Od lewej Włocławek Sikora (WPG S.A.), Jerzy Szymański (Geoinvest), Zbigniew Ogródowski (Geoprojekt)

banistyki Biura Odbudowy Stolicy zaplanował dla Warszawy cztery przeprawy drogowe: most Poniatowskiego (zniszczony w czasie wojny), most w rejonie Cytadeli (dzisiejszy Gdański), u wylotu ulicy Karowej (planowany jeszcze przed wojną, a i dzisiaj również) oraz most Świętokrzyski. Za kilka miesięcy stolica

Rys. 1. Przekrój podłużny mostu Świętokrzyskiego



Podstawowe dane techniczne mostu Świętokrzyskiego

- Typ mostu: podwieszony
- Konstrukcja mostu: stalowa z żelbetową płytą współpracującą
- Całkowita długość: 449 m (wraz z wiaduktami 522 m)
- Szerokość: 29 m (w tym dwie jezdnie 7-metrowe plus dwa chodniki ze ścieżkami rowerowymi o 5-metrowej szerokości)
- Wysokość pylonu: 87,5 m (względem poziomu „0” Wisły); w jego ramionach (w środku) znajdują się dwa szczyby technologiczne
- Rozpiętość przęseł podwieszonych: 180 m (od strony warszawskiej) i 140 m (od strony praskiej)
- Rozpiętość pozostałych przęseł: 30 m i 2 x 40 m
- Prześwit mostu w najwyższym punkcie: 11,65 m licząc od „0” Wisły
- Ciężar konstrukcji stalowej: 2500 t
- Liczba kabli podwieszających: 48
- Liczba pali pod fundamenty mostu i wiaduktów: 205
- Koszt budowy: 20 mln USD
- Termin otwarcia: 8 października 2000

będzie więc miała 6 mostów drogowych i siódmy (Siekierski) w budowie, co jednak nie oznacza, że plany sprzed półwiecza zrealizowano – wspomniany wcześniej wydział planował bowiem w perspektywie 18 lat.

Most-łącznik

Most Świętokrzyski, zgodnie z wykonanym w pracowniach Biura Planowania Rozwoju Warszawy studium, będzie miał zupełnie odmienny charakter od pozostałych warszawskich mostów. Dotyczy to nie tylko jego konstrukcji, ale i funkcji, jakie będzie spełniał. Nie będzie to most tranzytowy z przetaczającymi się po nim codziennie tysiącami ciężarówek, nie będą po nim przejeżdżały również tramwaje (jak po sąsiednim „Poniatowszczyku”), a do konstrukcji nie zostaną podłączone magistrale ciepłownicze czy wodociągowe.

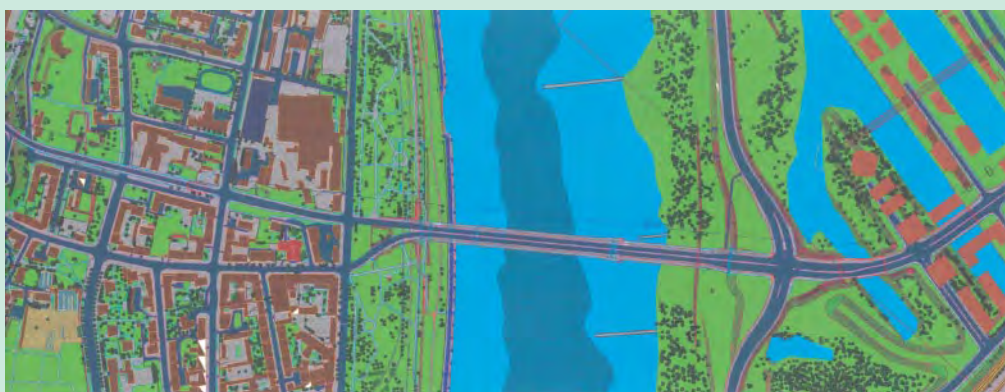
Zadaniem tego mostu jest połączenie Śródmieścia z Pragą i przybliżenie do siebie obu dzielnic. Poprzez sprowadzenie pod ziemię przebiegającej w tym rejonie Wisłostrady będzie okazja otwarcia miasta ku Wiśle, a w niedalekiej perspektywie stworzenie na Powiślu bulwaru nadwiślańskiego. Po zagospodarowaniu terenów Portu Praskiego leżących po przeciwnej stronie rzeki bezpośrednie sąsiedztwo Wisły zacznie tętnić życiem.

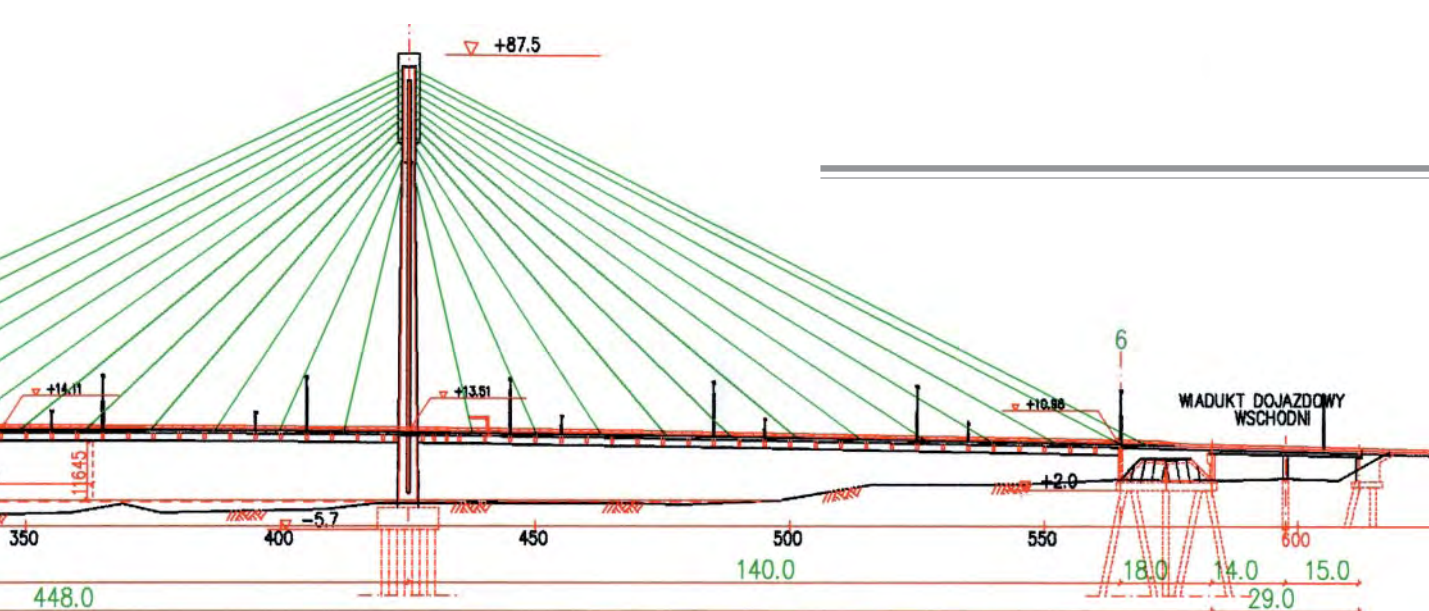


Fot. 2. Marzena Ogródowska (Geoprojekt) podczas kontroli usytuowania pali (płyta znajduje się około 2,5 m poniżej dna Wisły)

Kto, co i kiedy?

Zanim w październiku 1998 roku przystąpiono do budowy, potrzebne były dwa lata na przebiegnięcie koniecznych procedur przetargowych, opracowanie studium urbanistycznego, wyłonienie wykonaw-





Fot. 3. Punkt osnowy realizacyjnej na brzegu praskim

ców przedsięwzięcia oraz przygotowanie dokumentacji projektowej. Zapoczątkowała wszystko uchwała Rady Gminy Warszawa-Centrum z maja 1996 roku o realizacji wraz z firmą Elektrim S.A. przedsięwzięcia o nazwie „Port Praski i Trasa Świętokrzyska”. W tym celu zawieszono spółkę Trasa Świętokrzyska. W wyniku kolejnych przetargów wyłoniono:

- wykonawcę dokumentacji projektowej – polsko-fińskie konsorcjum BMJ Group (BAKS Sp. z o.o. z Warszawy i Mestra Engineering Ltd.);
 - wykonawcę mostu – konsorcjum polsko-belgijskie Mostostal Warszawa S.A. i NV Besix S.A.;
 - inwestora zastępczego – Zakłady Budownictwa Mostowego P.P. z Warszawy.
- Termin zakończenia inwestycji ustalono na początek października 2000 roku. Budowa mostu jest tak dużym przedsięwzięciem, że w jego realizację, poza generalnym wykonawcą – warszawskim Mostostalem – zostało zaangażowanych wiele innych przedsiębiorstw, od Zakładu Głębokiego Fundamentowania (do wykonania palowania) począwszy, poprzez firmy typowo mostowe, jak Mosty Łódź S.A. (budowa podpór i przyczółka praskiego), Przedsiębiorstwo Mosty-Płock

(odpowiedzialne za podpory po stronie warszawskiej), typowo budowlane, jak – PPBK Bick z Kielc (realizacja płyty jezdnej) i WARBUD S.A. z Warszawy (wykonawca pylonu), na drogowych, jak budujące dojazdy WPRD i MPRD z Warszawy, kończąc.

Nasi w nadzorze

Każda z wymienionych firm w różnym stopniu korzysta (lub korzystała) w czasie budowy mostu z usług geodetów. Część z nich zatrudnia swoich fachowców, inne z kolei zlecają te specjalistyczne roboty przedsiębiorstwom typowo geodezyjnym. Dla zapewnienia powodzenia tak wielkiego przedsięwzięcia konieczna jest stała kontrola wykonywanych robót. Taki nadzór prowadzony jest przy reali-

Fot. 4. Konstrukcja mostu od strony południowej. U góry widoczne elementy do zamocowania kabli

Fot. 5. Zbigniew Ogrodowski (zlewej) i Jerzy Szymański przed pomiarami



Fot. 4



Fot. 5



Fot. 6

zacji całej inwestycji zarówno ze strony inwestora zastępczego, jak i generalnego wykonawcy. Obejmuje on także zagadnienia geodezyjne. Kontrola prowadzona w tym zakresie ma przede wszystkim zapewnić zgodność geometrii całego obiektu z dostarczonymi danymi projektowymi, a często dać również odpowiedź na szczegółowe pytania ze strony inwestora. Nadzór z ramienia ZBM sprawuje warszawski Geoprojekt, a ze strony Mostostalu S.A. firma Geoinwest.

Jako pierwsi na terenie budowy znaleźli się geodeci z Geoprojektu (w lecie 1998 roku), gdy inwestor zlecił wykonanie osnowy realizacyjnej. Zaprojektowano osnowę składającą się z 11 punktów. Sześć z nich zastabilizowano w wypełnionych betonem 9-metrowych rurach umieszczonych w ziemi. W betonie zamontowano mosiężne płytki z naciętym krzyżem i przyspawanym kulistym trzpieniem służącym jako reper.

Konstrukcja osnowy odbiega od przyjętych ogólnie założeń. Było to konsekwencją znacznego zadrzewienia na prawym brzegu i długiej administracyjnej drogi do uzyskania zgody na wycięcie tam kilku drzew. Budowa nie mogła ztego powodu czekać. Zrealizowano więc wariant mniej sztywny pod względem

geometrii, z pomiarem mniejszej liczby kierunków. Mimo to udało się uzyskać dokładności odpowiednie dla tego rodzaju siatki. Pomiar osnowy i obliczenia wykonali pracownicy Zakładu Geodezji Gospodarczej Politechniki Warszawskiej. Do pomiaru użyto teodolitu Leica T2002 z nasadką dalmierczą. Błąd położenia punktów wahał się w granicach 0,8-1,0 mm. Osnowę dowiązano do punktów poligonowych III klasy i wyrównano w układzie „Warszawa 25”. Dla określenia wysokości reperów wykonano niwelację precyzyjną z dowiązaniem do punktów osnowy państwowej I klasy. Rzędne określono w stosunku do „0” Wisły. Pomiar wykonano niwelatorem Leica 3003, uzyskując średni błąd wysokości 0,3-0,5 mm.

Kolejnym etapem prac nadzoru była kontrola usytuowania stóp fundamentowych, wytyczenia pali oraz stanu wykonania robót przy palowaniu. W dno Wisły wbito 205 pali (na których wspierają się fundamenty mostowych podpór) o średnicy 1200 i 1500 mm. Aż 66 z nich to pale ukośne (skos 5:1 lub 7:1), stąd wymóg wcale nie najłatwiejszego sprawdzenia poprawności kierunku palowania. Innym zadaniem wykonywanym w trakcie budowy jest badanie osiadania podpór, a dla części stalowej konstrukcji pomiary kontrolne elementów nasuwanych, łożysk itp.

Najtrudniejsze zadanie

Najefekowniejszą częścią konstrukcji mostu jest z pewnością pylon z wychodzącymi z niego kablami, na których



Fot. 7



Fot. 8



Fot. 9

zawiśnie większa część stalowo-betonowej konstrukcji. Wzniesienie sięgającej ponad 80 metrów nad poziom rzeki betonowej budowli w kształcie litery A samo w sobie jest wyzwaniem. Jeśli do tego dodamy wyznaczenie u jej szczytu, z milimetrową dokładnością, usytuowania stalowych rur prowadzących (na użytek tego artykułu zwanych tulejami), w których zamontowane zostaną końce kabli, mamy obraz trudności, jakie stanęły nie tylko przed budowniczymi mostu, ale i pracującymi tam geodetami. W górnej części pylonu będzie miało swój początek 48 potężnych stalowych kabli, po 24 dla prześłu warszawskiego i praskiego. Każda ich para wychodząca z pylonu ma inną długość i ciężar. Maksymalne siły, jakie będą na nie działać, wahają się w granicach 3,19 do 9,44 MN. Najkrótszy kabel będzie mierzył 53,4 m, a najdłuższy aż 168,8 m i będzie ważył 25 ton. W zależności od przenoszonych sił w kablach o średnicy prawie 30 cm znajdzie się inna liczba drutów. Te najmniejsze będą ich zawierać 115, te najbardziej obciążone – 337.

Aby przybliżyć problem montażu elementów, z których wychodzić będą kable, trzeba powiedzieć, że każda ich para wychodzi z pylonu na innej wysokości i pod innym kątem, a wprowadzające je stalowe tuleje w dolnym końcu mają kształt elipsy o średnicy kilkudziesięciu centymetrów. Zadaniem geodetów jest obliczenie współrzędnych x, y, z osi rur i wyznaczenie ich w terenie 70 czy 80 metrów nad

Fot. 9. Jerzy Szymański 80 metrów nad poziomem Wisły

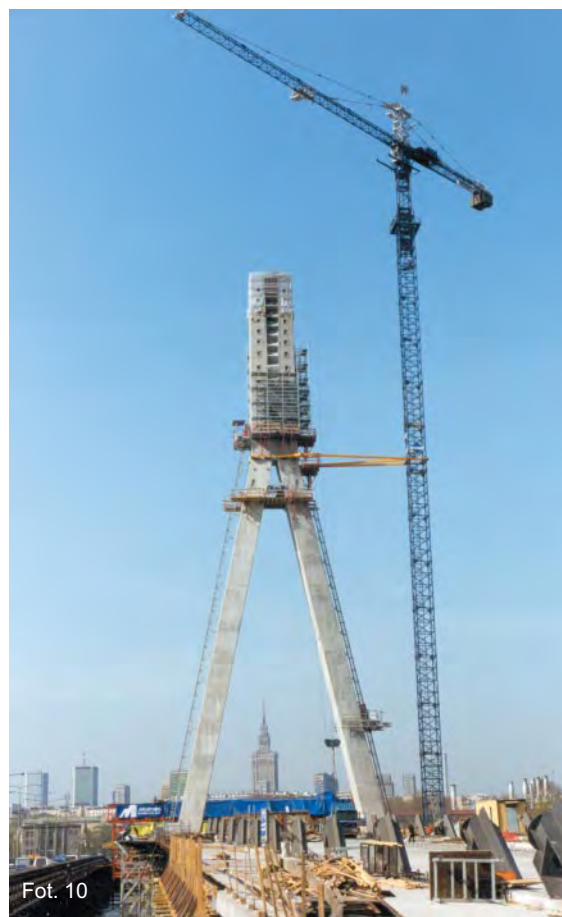
Fot. 10. Widok mostu od strony Pragi w końcu kwietnia b.r.

Fot. 11. Profesor Witold Prószyński (z prawej) w czasie jednej z wizyt na budowie

nurtem rzeki, wśród rusztowań i szalunków, mając najbliższe stanowiska instrumentu w odległości około 170 lub 350 metrów. Praca na tej wysokości nie należy także do bezpiecznych. Niezapieczenie szelek bezpieczeństwa może się skończyć tragedią. Temperatura na szczycie obiektu jest o kilka stopni niższa niż na dole i czasami wieją tam wręcz huraganowe wiatry. Trzeba też być przygotowanym (jak to zwykle bywa w trakcie budowy) na różnego rodzaju niespodzianki. Zdarzyło się na przykład, że wyniki pomiaru różniły się o ponad centymetr od wcześniej wyznaczonych parametrów z powodu silnego wiatru.

Przy montażu mostu, a zwłaszcza elementów związanych z zamocowaniem kabli, wymagane są bardzo wysokie dokładności. Dopuszczalny błąd elementów ruchomych to ± 3 mm. Same tuleje wymagały dokładności ustawienia poniżej 10 mm, w praktyce osiągnięto 5-6 mm.

Gdyby wspomniane tuleje ustawiono nieprecyzyjnie, mogłoby to doprowadzić do przecięcia obciążonej liny, a to z kolei do nieobliczalnych następstw dla całej konstrukcji mostu. Stąd tak wielka uwaga kierujących budową, jeśli chodzi o wznoszenie samego pylonu czy wykonanych wcześniej stalowych zakotwi-



Fot. 10



Fot. 11



Kalendarium

Maj 1996: Uchwała Rady Gminy Warszawa-Centrum o realizacji ze spółką Elektrim S.A. przedsięwzięcia inwestycyjnego „Port Praski i Trasa Świętokrzyska”

Październik 1996: Uchwała rady Gminy Warszawa-Centrum w sprawie budowy mostu Świętokrzyskiego i utworzeniu spółki „Trasa Świętokrzyska”

Sierpień 1997: Wykonanie przez Biuro Planowania Rozwoju Warszawy studium urbanistycznego terenów Powiśla i Portu Praskiego i wskazanie najkorzystniejszego wariantu przeprawy mostowej

Styczeń 1998: Rozstrzygnięcie przetargu na opracowanie dokumentacji projektowej mostu. Do realizacji wybrano ofertę konsorcjum BMJ Group (BAKS Sp. z o.o. z Warszawy i Mestra Engineering Ltd. z Finlandii)

Luty 1998: Rozstrzygnięcie przetargu na inwestora zastępczego. Zwyciężyły Zakłady Budownictwa Mostowego P.P. z Warszawy

Maj 1998: Decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu dla planowanej inwestycji

Sierpień 1998: Rozstrzygnięcie przetargu na wykonawcę mostu. Wybrano konsorcjum Mostostal Warszawa S.A. i NV Besix S.A. (Belgia)

Wrzesień 1998: Wmurowanie kamienia węgielnego

Październik 1998: Rozpoczęcie prac przy pierwszej podporze (S-1)

Listopad 1998: Pierwsze próbne obciążenia pali (podpora S-8)

Grudzień 1998: Wbicie pierwszych pali pod fundamenty pylonu (podpora S-5)

Kwiecień 1999: Próbne obciążenia pala (1500 t) podpory S-5 (pylon)

Lipiec 1999: Rozpoczęcie montażu konstrukcji stalowej mostu

Październik 1999: Wykonanie płyty wiaduktu wschodniego

Grudzień 1999: Zakończenie montażu konstrukcji stalowej

Listopad 1999: Rozpoczęcie betonowania płyty jezdnej

Styczeń-luty 2000: Montaż łożysk mostu

Kwiecień 2000: Zakończenie betonowania pylonu

czeń w konstrukcji mostu (gdzie liny będą miały swój koniec). Nic dziwnego, że trzy ekipy geodezyjne nadzorują ich ustawienie (jedna po drugiej). Zanim jednak stalowe tuleje trafiły na plac budowy, wykonywano ich próbny montaż na terenie bazy WARBU-u. Na specjalnym stalowym rusztowaniu montowano czwórkami poszczególne ich elementy dla kolejnych 12 poziomów, tak jak na pylonie. Pierwsze ustawienia wykonywane były przez zespół geodezyjny WARBU-u. Ich prawidłowość kontrolował potem zespół WPG S.A., który prowadzi także prace przy geodezyjnej obsłudze budowy pylonu. Po przewiezieniu elementów tulei na teren budowy mostu ekipa WPG S.A. nadzorowała poprawność ustawienia przez monterów kolejnych tulei. Po nich na plac wkraczały wspomniane wcześniej zespoły Geoprojektu i Geoinvestu. Dokonując pomiarów z różnych punktów osnowy sprawdzały ustawienie stalowych elementów przez poprzedników. Dopiero zgodność trzech tak wykonanych pomiarów (w ramach dopuszczalnych dokładności) umożliwiały wykonywanie dalszych prac budowlanych.

Wielokrotnie w czasie prac przy budowie pylonu pojawiały się różne problemy, które pomagali rozwiązać naukowcy z Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Konsultantem w tych sprawach był profesor Witold Prószyński.

Warto w tym miejscu wspomnieć o różnych metodach, jakie zastosowali geo-

Fot. 12. Robert Madej (WPG S.A.) w trakcie tyczenia



Fot. 13. Piotr Chudzik (WPG S.A.) w czasie inwentaryzacji układu jezdni

deci dla wyznaczenia osi montowanych elementów. WPG „zmaterializowało” je na wspomnianym rusztowaniu za pomocą rozciągniętych linek, a na pylonie poprzez pomiar (w układzie trzech współrzędnych) wybranych elementów na końcach rur. Geoinvest i Geoprojekt posłużyły się urządzeniem autorstwa inż. Jerzego Szymańskiego. Pomysłowo skonstruowany aluminiowy krzyżak umożliwił realizację geometrycznego środka rury, w którym na specjalnym kulowym przegubie osadzono lustro dalmiercze. Wyniki prac pokazały, że obie metody okazały się dobre. Przed geodetami pracującymi na budowie mostu Świętokrzyskiego stoi jeszcze zadanie określenia wzajemnej odległości zakotwień dla poszczególnych kabli przed ich montażem, kontrola montażu na pylonie stalowych rur, w których zamontowane zostaną tłumiki drgań z neoprenu (syntetycznego kauczuku), oraz wiele innych mniej spektakularnych pomiarów. Wkrótce (w połowie maja) najbardziej chyba widowiskowa część prac – sam montaż kabli. Po nim dla geodetów będzie już „z górki”.

Zdjęcia 2 i 9 Zbigniew Ogrodowski,
pozostałe – autor tekstu.
Komputerowa wizualizacja mostu
udostępniona przez BMJ Group