



ANDRZEJ STAŃCZYK

Politechnika Warszawska
stanczyk.andrzej@neostrada.pl

Most przez Bug w Broku

Bug – najbardziej swojska z polskich rzek. Szeroko rozlana, z płyciznami, że można ją przejść w poprzek po dnie, z wirami w głębszych, „zdradliwych” miejscach, ze starorzeczami prowadzącymi donikąd, licznymi odnogami i wyspami. Niegdyś spławna, zaopatrująca Europę w zboże z Kresów, dziś odgraniczająca nas od sąsiadów, a w dalszym biegu – dzieląca Polskę, jak chyba żadna inna, bo mostów spinających jej brzegi jest mniej niż palców u rąk. Senna, rozlewna i cicha. Mosty na niej – nieliczne, lecz urodziwe.

Splyw Bugiem wczesną jesienią dostarcza przeżyć estetycznych... także tych związanych z mostami. Niespiesznie toczące się wody dają czas na delektowanie się krajobrazami. Jak w zwolnionym filmie przemijają brzegi, w których zieleni pojawiają się pierwsze kolory jesieni... i mosty. Niewiele ich.



Fot. 2. Stary, powojenny most w Broku



Fot. 1. Nadwodne przesłono mostu w Broku

Pierwszy – większy z biegiem rzeki – to most w Broku w ciągu drogi krajowej nr 50 (fot. 1). Stanął w styk do wcześniejszego, skleconego po wojnie ze stalowych kratownic i blachownic zdemontowanych z kilku innych mostów i ustawionych tu na podporach z drewnianych pali (fot. 2 a, b).

Przekracza dolinę rzeczną sześcioma pięknymi przęsłami rozpiętości $58,0 + 3 \times 69,0 + 88,0 + 49,0$ m i łącznej długości 402 m, z wyglądu podobnymi do dawnych, przedwojennych przęseł mostu Poniatowskiego w Warszawie: kratowych przy podporach i blachownicowych w środkowych obszarach przęseł. Tu jednak połączono je w ustrój ciągły – inaczej niż w moście warszawskim – bez niekorzystnych dylatacji nad filarami. Krzyżulce kratownic utwierdzono w węzłach, a pasy: górny i dolny – scalono w środkowych częściach przęseł w skrzynki blachownicowe. Ze stalowym ustrojem

nośnym współpracuje płyta betonowa pomostu, zespolona: wzdłuż mostu z pasami górnymi dźwigarów i podłużnicami, a w kierunku poprzecznym – z poprzecznicami (fot. 3). Zaprojektowany przez biuro „Pomost” z Warszawy, wykonany przez Mostostal i objęty opieką Instytutu Badawczego Dróg i Mostów. Miałem okazję śledzić jego powstawanie, znam konstrukcję i pamiętam dylematy jego twórców i badaczy, więc mogłem opowiedzieć współtowarzyszowi wędrówki, też inżynierowi, o jego powstawaniu.

Arcyciekawy to układ nośny. Zasięg momentów podporowych w nim – ujemnych, skutkujących rozciąganiem pomostu, został powiększony wskutek nadania dźwigarom znacznie większej sztywności w obszarach przypodporowych, niż w przęsłach – w porównaniu z zasięgiem momentów ujemnych w dźwigarach o sztywności stałej na długości mostu. Jednak rozciąganie to wyeliminowano przez zastosowaną technologię wykonania: betonowy pomost sprężono nad podporami



Fot. 3. Łączniki zespolenia dźwigarów stalowych z betonową płytą pomostu



Fot. 4. Scalanie kolejnych przęseł

(fot. 6), zanim dźwigary kratowe, budowane od podpór wspornikowo, zostały połączone w środku skrzynkami blachownicowymi (fot. 5).

Końce ich wsporników, podparte tymczasowo (fot. 5), zostały uwolnione dopiero po sprężeniu pomostu (fot. 6) i „ucią-



Fot. 5. Podparcie wsporników dźwigarów kratowych do czasu sprężenia płyty pomostu i połączenia środkowych, blachownicowych części przęseł

gleniu” dźwigarów w przęśle. Niesprężone pozostały tylko odcinki pomostu nad blachownicami w środkowych partiach przęseł.

Taki ustrój nośny, w którym siły wewnętrzne wynikają w znacznej mierze ze sposobu wykonania, wymaga szczególnego dozoru i dlatego pieczę nad testami odbiorczymi sprawował Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie. Wśród badaczy toczyły się dyskusje na temat wielkości obciążenia jakie należy użyć w badaniach odbiorczych mostu, wykazujące nieprecyzyjność obowiązujących wówczas przepisów normowych [2]. Podstawowe cele takich badań są dwa: sprawdzenie czy most został poprawnie wykonany i czy zachowuje się zgodnie z przewidywaniami. Kontrolę ich spełnienia ogranicza się zazwyczaj do pomiaru pionowych przemieszczeń przęseł i podpór mostu pod próbnym obciążeniem, ustalenia na tej podstawie maksymalnych ugięć przęseł i porównania ich z wartościami ugięć obliczonych pod tym obciążeniem. Niekiedy bywają mierzone także odkształcenia wybranych elementów mostu, jego tożysk lub podpór.



Widok mostu w końcowej fazie scalania dźwigarów



Fot. 6. Sprężanie płyty pomostu

Jednak ugięcia przęseł są dobrym miernikiem jakości konstrukcji tylko w tych ustrojach, których zniszczenie rozpocznie się w obszarach o dużych odkształceniach wzdłużnych, natomiast w większości awarii mostów proces niszczenia następuje w miejscach, których deformacje w znikomym stopniu wpływają na wielkość ugięć (np. odkształcenia postacowe elementów w miejscach dużych sił poprzecznych, pęknięcia zmęczeniowe i in.). Mimo to, pomiar ugięć pozostaje podstawowym sprawdzianem poprawności zaprojektowania i wykonania mostu, ponieważ pozwala skontrolować wiele zagrożeń i jest dość łatwy do przeprowadzenia.

Wykonawcy badań odbiorczych mostu w Broku nie ograniczyli się do pomiaru przemieszczeń przęseł i podpór, lecz zmierzali także odkształcenia ściskanych krzyżulców podporowych przy ich krawędziach, w sąsiedztwie rozbudowanych węzłów kratownicy utwierdzających pręty. Wyniki tych dodatkowych pomiarów mogły okazać się najistotniejsze w poznaniu odkształcalności ustroju nośnego. Natomiast dla inwestora oczekującego stwierdzenia czy most może być użytkowany pod obciążeniami, na które został zaprojektowany, wystarczające jest ustalenie wielkości ugięć spełniających kryterium normowe – nie przekroczenie wielkości ugięć obliczonych pod obciążeniem użytym do prób.

Zwykle porównania te wypadają zadowalająco, ponieważ rzeczywista sztywność mostu jest większa od wynikającej

z obliczeń, lecz intrygujące jest na przykład – na ile przyczynia się do tego niska temperatura podczas badań w zimowej porze roku, w której resztki wody niezwiązanej chemicznie w porach młodego betonu pozostają zamarznięte i zwiększają jego sztywność? Doskonalszym kryterium jest sprawdzenie proporcjonalności ugięć i przemieszczeń pod cyklami stopniowanych, coraz większych obciążeń i odciążen i ustalenie na tej podstawie zakresu sprężystej odkształcalności konstrukcji mostu.

Wykrycie defektów niepokojących – zarejestrowanie nadmiernych deformacji niesprężystych lub zbyt dużych ugięć przęseł zależy od wytrzymałości i jakości wykonania ustroju nośnego, lecz także od wielkości obciążeń użytych w badaniach. Im większe obciążenie, tym większe prawdopodobieństwo osiągnięcia stanu konstrukcji, w którym w zostaną ujawnione cechy niesprężyste. Sprawdzenie, czy most może przenosić obciążenia, na które został zaprojektowany, wymaga więc użycia tak dużych obciążeń próbnych, które spowodują wyężenia konstrukcji przęseł i podpór bliskie wartościom wyznaczonym pod obciążeniami normowymi, i tak też stanowią odpowiednie przepisy [2]. Użycie obciążeń próbnych „zbyt małych” nie zawsze pozwala sprawdzić konstrukcję w pełnym zakresie jej wymaganej nośności, ale osiągnięcie podczas badań odbiorczych stanu odpowiadającego projektowanej nośności wymaga obciążenia tak dużego, jakie najprawdopodobniej nie wystąpi nigdy podczas użytkowania mostu. Czy słusznym jest dążenie do jego osiągnięcia?

Obciążenia normowe mostów są – w projektowaniu – przykładane we wszystkich obszarach linii (lub powierzchni) wpływu o jednakowym znaku. I choć udział obciążenia ustawionego w obszarach znajdujących się poza przęsłami, w których znajdują się sprawdzane elementy, jest zazwyczaj niezbyt duży, to niekiedy może być istotny. Jest tak np. w mostach ciągłych o niejednakowej rozpiętości przęseł – zwłaszcza, gdy przęsła długie sąsiadują z krótkimi. Natomiast liczba pojazdów służących do próbnego obciążenia jest ograniczana ze względu na koszty do kilku lub co najwyżej kilkunastu pojazdów. W badaniach mostów drogowych są to zazwyczaj samochody ciężarowe z ładunkiem ziemi, prefabrykatów betonowych lub gruzu. Ustawione na moście zajmują tylko część powierzchni jezdni – mniejszą, niekiedy znacznie, od powierzchni uwzględnionej w obliczeniach. By uzyskać odpowiednio duże wyężenie badanych elementów lub odpo-



wiednio duże ugięcia przęseł, wprowadza się mniejszą liczbę ciężkich pojazdów na obszary wrażliwe (obszary o dużych rzędnych linii/powierzchni wpływu badanej wielkości) w pobliże badanego elementu. Obciążenie to ma intensywność (ciężar na jednostkę powierzchni) zbliżoną do obciążenia normowego najcięższym pojazdem, lecz zajmuje powierzchnię jezdni znacznie większą aniżeli pojedynczy pojazd, co jest niezgodne z przepisami ([1], p. 6.3.1). Jest tak wówczas, gdy w celu ustalenia maksymalnego wyężenia sprawdzanego elementu, obciążenie normowe powinno zająć wiele obszarów linii (powierzchni) wpływu o jednakowym znaku, położonych w różnych przęśłach ustroju ciągłego – czego przykładem jest most w Broku.

Czy jest możliwe wprowadzenie większej liczby ciężkich pojazdów na badane przęsto bez przeciężenia innych jego elementów? Poszczególne pojazdy próbne wjeżdżają na most kolejno i zajmują położenie na jezdni określone w programie badań. Jeśli naciski ich kół nie są większe od normowych, to osobne ich przejazdy nie powodują przeciężenia elementów mostu ponad ich projektowaną nośność. W przypadku gdy pojazdy te są grupowane w wybranych miejscach, by uzyskać odpowiednio duże wyężenie badanego elementu lub mierzoną wielkość zbliżoną do ekstremalnej wartości obliczeniowej, to konieczne jest wcześniejsze upewnienie się czy żaden inny element w moście nie zostanie przy tym przeciężony ponad miarę. W szczególności dotyczy to elementów pomostu: poprzecznic i podłużnic w obszarze docelowego skupienia pojazdów badawczych. To dlatego próbne obciążenia mostów są wykonywane przez jednostki naukowo-badawcze lub pod ich kontrolą. Na nich spoczywa odpowiedzialność dopuszczenia obciążeń próbnych o intensywności i naciskach osi zbliżonych do największych, dopuszczonych w przepisach projektowania, lecz ustawionych niezgodnie z ograniczeniem normowym – dopuszczającym jeden ciężki pojazd na długości mostu.

Innym istotnym problemem jest ograniczenie obciążenia badawczego przy kontroli zachowania łożysk. Zastosowanie współczynników obciążeń w obliczeniach projektowych może przynieść w wyniku ujemne wartości reakcji lub zbyt duże odkształcenia łożysk, które w rzeczywistości nie występują.

Gdy na widnokręgu ukazuje się most na obwodnicy Wyszkowa (fot. 7) – rozmowa ze współtowarzyszem spływu zmienia temat. I ten most jest piękny, bardzo potrzebny, ale czy wielkość jego nurtowego przęśla nie przerasta otocze-



Fot. 7. Nowy most na Bugu powyżej Wyszkowa



Fot. 8. Stary most w centrum Wyszkowa



Fot. 9. Most kolejowy w Wyszkwie

nia? Podpowiedzią może być podział przęseł w starym moście drogowym w Wyszkwie, za zakrętem rzeki (fot. 8).

Zdania mamy podzielone, a brak argumentów które przekonatyby oponenta, skłania do kolejnej zmiany tematu i silniejszego naciskania wiosł. Wiatr w plecy marszczy powierzchnię wody i pomaga w „potykaniu” kilometrów.

Gdy zaczyna się cofka Zalewu Zegrzyńskiego wiatr słabnie, nurt rzeczny ustaje i nie wspomaga już w wiosłowaniu – Bug uchodzi do Narwi i pryska sielski spokój. Cisza, w której słycać było tylko szczekanie psów z mijanych wiosł i milczenie wędkarzy na brzegach, ustępują warkotowi motorówek i szalejących skuterów wodnych. Inny świat. Na szczęście droga do domu wiedzie zarastającym sitowiem, nieużywanym kanałem Żerańskim i tylko z dala widać nowy most w Nieporęcie – już na Narwi.

Bibliografia

- [1] PN-85/S-10030 „Obiekty mostowe. Obciążenia”.
- [2] PN-89/S-10050 „Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania”.