

Badania kratownicowych przęseł mostu kolejowego pod obciążeniem eksploatacyjnym

Investigation of the truss spans of railway bridge under operating load



Józef Rabięga

Dr inż.

Politechnika Wrocławska,
Wydział Budownictwa Lądowego i
Wodnego, Katedra Mostów i Kolei

jozef.rabięga@pwr.edu.pl



Roman Chrobok

Dr inż.

Politechnika Wrocławska,
Wydział Budownictwa Lądowego
i Wodnego, Katedra Mechaniki
Budowli i Inżynierii Miejskiej

roman.chrobok@pwr.edu.pl

Streszczenie: W artykule zawarto opis konstrukcji i jej uszkodzeń oraz sprawozdanie z badań pod obciążeniem eksploatacyjnym trzech kratownicowych przęseł o rozpiętości teoretycznej 42,0 m każde. Przęsła znajdują się w torze nr 2 i są wbudowane w ciągu dwutorowej linii magistralnej Chorzów Batory – Tczew i przekraczają rzekę Wartę i jej tereny zalewowe w Działoszynie. W torze nr 2 wbudowane są przęsła: jedno blachownicowe o rozpiętości 12,0 m, trzy przęsła kratownicowe o rozpiętości 42,0 m, jedno przęsło kratownicowe o rozpiętości 32,0 m. Dolnoparaboliczne przęsła z jazdą górą pochodzą z lat 1941/42, są całkowicie nitowane, z jazdą otwartą na mostownicach. Opracowany też został projekt ich remontu i wzmocnienia. Jednakże z racji trudności finansowych datę przystąpienia do remontu odsuwano w czasie, a ewentualna natychmiastowa jego realizacja uwarunkowana była wynikami badań pod ich obciążeniem eksploatacyjnym. Wszystkie pięć przęseł tego obiektu znajdowało się w złym stanie technicznym, podobnie jak i trzech badanych najdłuższych przęseł. Dodatkowo, głównie z powodu niezbyt sztywnych belek poprzecznych oraz braku pionowych stężeń poprzecznych (wada projektu) między kratowymi dźwigarami głównymi występowały wyczuwalne, poprzeczne poziome drgania przęseł mostu, co przy dopuszczalnej prędkości eksploatacyjnej na moście $v \leq 100$ km/h oraz klasie obciążenia $k=+2$, $ak=1,21$ budziło słuszne obawy. Przeprowadzone badania pod obciążeniem eksploatacyjnym potwierdziły słuszność tych obaw, co poskutkowało (wymusiło) bezzwłoczne przystąpienie do remontu i wzmocnienia (usztynwienia poprzecznego) wszystkich przęseł kratowych w torze nr 2. Słuszność tej decyzji potwierdzał fakt, że wykonawca napraw przęseł i podpor mostu w torze nr 1, tj. KPRM Kielce pozostawił sprzęt i zagospodarowany plac budowy.

Słowa kluczowe: Kratowy; Most; Kolejowy

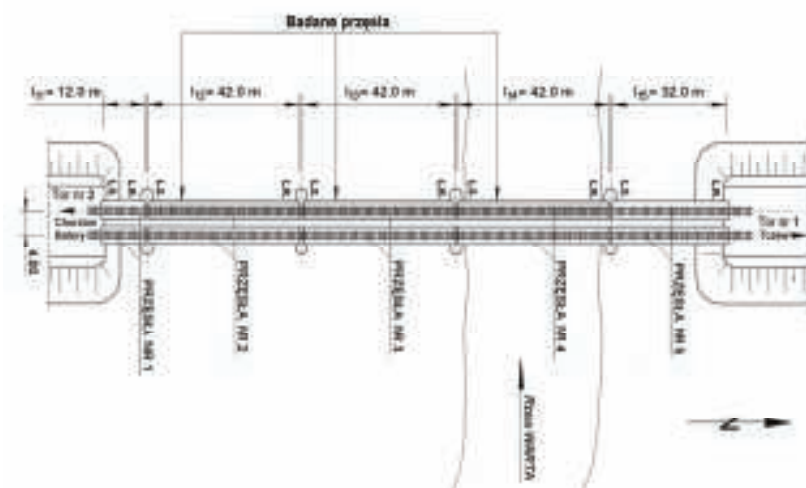
Abstract: The paper presents a description of the structure and its damage and a report on study under the operating load of three truss spans of 42.0 m length each. The spans are located in track no. 2 of two tracks railway Chorzów Batory – Tczew. They crosses the Warta River and its flood terrain in Działoszyn. Following spans are located along track no. 2: one steel beam span of 12.0 m, three truss spans of 42.0 m, one truss span of 32.0 m. The spans were built in 1941/42. They are rivet structures with parabolic shape and girders located under railway. A design of bridge repair and strengthening was prepared. Due to lack of funds the repair works were delayed, but all spans were in bad technical condition. Three the longest ones, which had been examined, had low lateral flexibility. Lateral vibration were noticed, which were consider to be dangerous with a speed limit on the bridge $v \leq 100$ km/h and load class of $k=+2$, $ak=1,21$ (according to Polish code). The tests result forced the owner to start repair work immediately (mainly to install lateral stiffeners in all spans to eliminate vibrations). It was done by KPRM Kielce company which was already performing repair works at track no. 1.

Keywords: Truss; Bridge, Railway

Przedmiotowa przeprawa mostowa znajduje się w km 111,320 dwutorowej, magistralnej linii kolejowej nr 131 Chorzów Batory – Tczew na szlaku Annolesie – Działoszyn i przekracza rzekę Wartę oraz jej tereny zalewowe. Zelektryfikowana linia nr 131 to tzw. „Węglówka”, służącą dla wywozu węgla ze Śląska do Portów nad Bałtyk. W każdym z torów konstrukcję nośną mostu stanowi pięć przęseł stalowych z jazdą górą i nawierzchnią otwartą na mostownicach. Przęsła pod torem nr 1 zostały wykonane w 1932 r. łącznie z podporami pod oba tory, natomiast przęsła pod tor nr 2 wykonała w la-

tach 1941/42 firma Beuchelt u. Co z Zielonej Góry. Obecnie przęsła te liczą sobie 66 lat użytkowania. Wszystkie osiem kratowych przęseł mostu oraz dwa przęsła blachownicowe w obu torach wykonane były jako całkowicie nitowane. Oba stare blachownicowe przęsła z powodu występowania rozległych ubytków korozyjnych i ograniczonej nośności zostały wymienione na nowe całkowicie spawane przęsła, wraz z dostosowaniem ciosów podłożyskowych i wymianą łożysk. Wszystkie cztery przęsła kratowe w torze nr 1 zostały wyremontowane i odnowione w ramach naprawy głównej w

1998r. Przed ich przekazaniem do ponownej eksploatacji, poddane zostały próbnym obciążeniom statycznym i dynamicznym [1], [6], których wyniki okazały się pozytywne i można tu było przywrócić użytkowanie obiektu bez żadnych ograniczeń ruchowych przy $v \leq 100$ km/h oraz dopuszczeniu obciążenia użytkowego klasy $k = +2$ wg PN-85/S-10030 [4]. Bezpośrednią przyczyną wykonania badań dynamicznych pod obciążeniem eksploatacyjnym trzech najdłuższych kratowych przęseł w torze nr 2 były podejrzenia co do prawidłowości pracy ich konstrukcji, awizowane przez nadmierne



1. Szkic sytuacyjny lokalizacji obiektu w terenie

ugięcia, a szczególnie drgania poziome, nawet przy nieznacznym obciążeniu. Uznano więc, że wykonanie dynamicznej identyfikacji konstrukcji tych przęseł mostu poprzez ustalenie wartości współczynnika dynamicznego na podstawie badań pod obciążeniem eksploatacyjnym, bez dodatkowego wymuszania drgań konstrukcji, pozwoli wyjaśnić zachowanie się przedmiotowych przęseł. Wyniki tych badań miały zdecydować o ewentualnym, natychmiastowym przystąpieniu do remontu i wzmocnieniu tych przęseł według opracowanego już projektu lub miały posłużyć do wprowadzenia ograniczeń ruchu dla ich zdolności eksploatacyjnej w razie przedłużania się terminu przystąpienia do takiego remontu.

Opis konstrukcji kratownicowych przęseł mostu

Swobodnie podparte przęsła w torze nr 2 mają rozpiętości teoretyczne (licząc od strony Chorzowa): 12,0 m, 3x42,0 m, 32,0 m i znajdują się od strony wody dolnej. Ogólny szkic sytuacyjny obiektu przedstawiony jest na rys. 1. Dla linii, na której wbudowane są przęsła, obowiązują:

- klasa obciążenia $k = +2$, czyli $\alpha_k = 1,21$,
- maksymalna prędkość eksploatacyjna $v = 100$ km/h.

Ze względu na zły stan techniczny przęseł prędkość eksploatacyjną taboru kolejowego na moście ograniczono do 30 km/h. Tor kolejowy na moście ułożony jest w linii prostej i w poziomie. Dźwigary główne o rozpiętości teoretycznej 42,0 m wykonane zostały jako kratownice z jazdą górą o

pasie dolnym zakrzywionym według paraboli II stopnia. Teoretyczna wysokość kratownicy nad podporami wynosi 2,28 m, a w środku rozpiętości przęsła 6,60 m. Osiowy rozstaw dźwigarów głównych wynosi 2,40 m. Poprzecznicę to dźwigary blachownicowe nitowane o wysokości 0,60 m, ich średniki to bl. 600x10 mm, a pas dolny i górny stanowią 2 kątowniki 100x100x10 mm. Blachy węzłowe na połączeniach poprzecznic i dźwigarów głównych mają grubość 10 mm. Podłużnice z dwuteowników 300 o osiowym rozstawie 1,50 m wykonane są jako belki ciągłe opierające się na górnych pasach poprzecznic. Mostownice opierają się bezpośrednio na górnych półkach podłużnic, bez pośrednictwa stołków centrujących. W poziomie pasa górnego i dolnego dźwigary główne kratowe są stężone między sobą zwiatrowaniem wykonanym jako krata krzyżulcowa podwójna w typu X. Dźwigary główne stężono poprzecznie w płaszczyźnie pionowej tylko nad podporami. Brak jest takich stężeń w pozostałych polach między poprzecznicami. Stosowny projekt techniczny na taki remont i usztywnienie poprzeczne wszystkich czterech kratowych przęseł mostu w torze nr 2 został opracowany przez BPKol w Katowicach. Masa całkowita jednego przęsła wynosi ok. 10 ton. Podpory mostu skrajne oraz pośrednie są masywne, z okładziną kamienną na zaprawie cementowej.

Orzeczenie o stanie technicznym obiektu w torze nr 2

W trakcie wcześniejszych okresowych przeglądów tego obiektu stwierdzono liczne uszkodzenia kwalifikujące prze-



2. Przeгляд szczegółowy kratowych dźwigarów przęsła mostu

śla i podpory do naprawy głównej w obu torach na moście. Zgodnie z Instrukcjami Id-2 [2] i Id-16 [3] wykonano również przegląd szczegółowy mostu w torze nr 2 (rys. 2). W wyniku przeprowadzonego przeglądu przęseł, łożysk i podpór mostu, również przy wykorzystaniu drezyny diagnostycznej Zakładu Mostowego Kędzierzyn-Koźle, stwierdzono liczne ich uszkodzenia, głównie w obrębie przęseł stalowych. Dodatkowo w trakcie użytkowania przęseł w torze nr 2 ujawniono, że przęsła kratowe nr 2, 3 i 4 doznają zauważalnych przemieszczeń (drgań) poziomych poprzecznych. Zjawisko to nasilało się przy przejazdach ciężkich pociągów towarowych. Początkowo sądzono, że przyczyną tego są niedokładności na podparciach przęseł, głównie po poszerzeniu międzytorza do 4,0 m. Jednakże i po regulacji łożysk oraz naprawie ciosów podłożyskowych zjawisko nie zmniejszyło się, a w wyniku kolejnych przeglądów przęseł zauważono spękania blach węzłowych na połączeniach górnych pasów dźwigarów kratowych z poprzecznicami i górnymi stężeniami wiatrowymi oraz rozległą korozję wzeńrową i powierzchnię tych elementów. Pewnym utrudnieniem w trafnej ocenie skutków uszkodzeń oraz opracowaniu dokumentacji projektowej był brak archiwalnych rysunków wszystkich przęseł, przez co należało wykonać uzupełniające pomiary inwentaryzacyjne.

Przebieg badań, analiza i interpretacja ich wyników

Przyjęto następujący zakres pomiarów dynamicznych (eksploatacyjnych) w czasie planowanych przejazdów kolejowych pojazdów szynowych bez przerywania normalnego ruchu taboru kolejowego na obiekcie, w wybranych punktach trzech najdłuższych

kratowych przęseł mostu:

- pomiar odkształceń jednostkowych (pośrednio naprężeń),
- pomiar przemieszczeń pionowych (ugięć),
- pomiar przemieszczeń poziomych,
- pomiar prędkości drgań pionowych i poziomych.

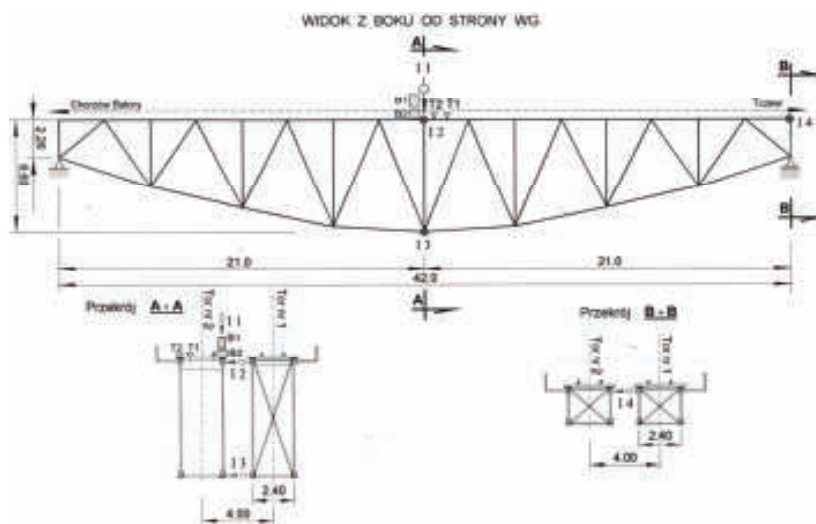
Normowe wartości współczynników dynamicznych wg [4] wynoszą:

$\varphi=1,44/(\sqrt{(2,625+3,0)-0,2})+0,82=1,483$ dla podłużnic i $\varphi=1,44/(\sqrt{42-0,2})+0,82=1,049$ dla kratowych dźwigarów głównych.

Punktami pomiarowymi w przęsłach nr 2 i 4 były:

- pas górny podłużnicy w połowie jej rozpiętości między poprzecznicami (pomiar odkształceń jednostkowych, T1),
- pas górny dźwigara kratowniczowego w połowie rozpiętości przęsła (pomiar odkształceń jednostkowych T2, ugięcie I1, przemieszczeń poziomych I2 oraz częstotliwości drgań pionowych B1 i poziomych B2),
- pas dolny dźwigara kratowniczowego w połowie rozpiętości przęsła (pomiar przemieszczeń poziomych I3),
- pas górny dźwigara kratowniczowego nad podparciem łożyskami ruchomymi (pomiar przemieszczeń poziomych I4).

W przypadku przęsła nr 3 wykonano tylko pomiar odkształceń jednostkowych na górnym pasie w połowie rozpiętości podłużnicy (T1) i na górnym pasie dźwigara kratowniczowego (T2) w połowie jego rozpiętości. Rozmieszczenie czujników pomiarowych przedstawiono schematycznie na rys. 3. W charakterystycznych przekrojach w przęsłach nr 2 i 4 rozmieszczono obok siebie czujniki indukcyjne PDs-50 i czujniki bezwładnościowe OT-07. Jednocześnie rejestrowano ciągle zapis z dwóch czujników indukcyjnych i dwóch czujników bezwładnościowych oraz dwóch tensometrów. Oscylogramy prędkości drgań pozwalają na oszacowanie amplitudy przemieszczeń dynamicznych. Na podstawie oscylogramów odkształceń jednostkowych wyznaczono przebiegi naprężeń normalnych w wybranych punktach elementów nośnych przęseł mostu i ekstremalne wartości naprężeń. Punktem odniesienia dla pomiarów pionowych i



3. Rozmieszczenie czujników pomiarowych na przęsłach mostów

poziomych przemieszczeń przęseł w torze nr 2 były sąsiednie przęsła w torze nr 1, w przerwie między przejazdami pociągów. Stanowisko badawcze dla każdego z przęseł znajdowało się na chodniku służbowym po stronie wody górnej, przy torze nr 1. Obciążenie stanowiły różne kombinacje lokomotyw, lokomotyw z wagonami oraz drezyny. Na potrzeby niniejszego opracowania na rys. 4 przedstawiono czasowe przebiegi mierzonych oscylacji. Z analizy wyników nasuwa się stwierdzenie, że poziome drgania (dynamiczne) są znacznie większe od drgań pionowych. W tab. 1 zestawiono współczynniki dynamiczne obliczone na podstawie pomierzonych ekstremalnych wartości naprężeń, ugięć i przemieszczeń poziomych w podłużnicach i górnych pasach dźwigarów kratowych oraz porównano je ze współczynnikami dynamicznymi obliczonymi na podstawie normy [4].

Z analizy wyników badań dynamicznych kratowych przęseł przedmiotowego mostu pod obciążeniem eksploatacyjnym można wyciągnąć następujące wnioski:

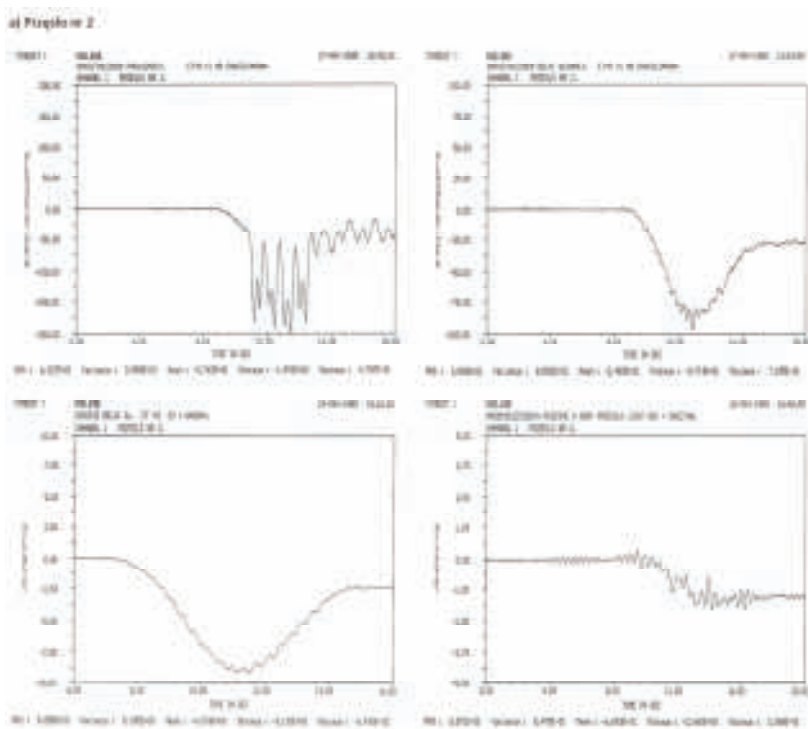
- przebiegi czasowe oscylacji odkształceń jednostkowych w podłużnicach są bardzo złożone, można zauważyć istotny wpływ

czynnika dynamicznego; maksymalne zarejestrowane naprężenie od obciążenia eksploatacyjnego wystąpiło w podłużnicy w przęśle nr 4 i wynosiło $\sigma_d=60,04$ MPa, ekstremalny wpływ czynnika dynamicznego wystąpił w podłużnicy w przęśle nr 3 i wyniósł $\varphi_3=1,774$ przy udziale dynamiki 43,6%,

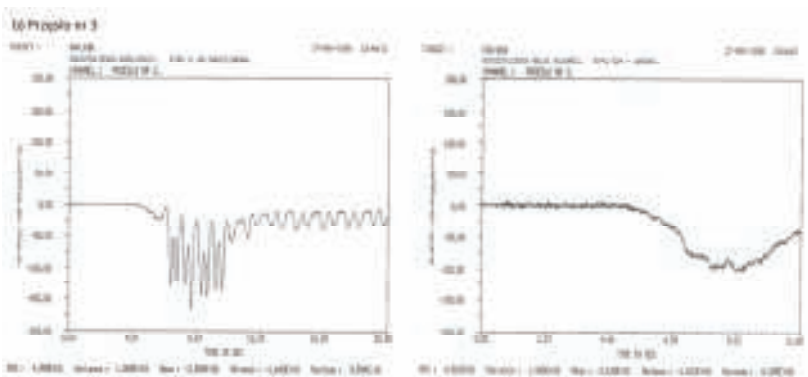
- oscylacje odkształceń jednostkowych w pasie górnym belki głównej mają charakter quasi-statyczny z dominacją statyki; maksymalne naprężenia wystąpiły w przęśle nr 4 i wyniosły $\sigma_d=26,06$ MPa, a maksymalny współczynnik dynamiczny wynosi $\varphi_3=1,154$ (przęsło nr 3 z udziałem dynamiki 13,37%),
- przemieszczenia pionowe (ugięcia) w belce głównej od obciążeń eksploatacyjnych mają złożony charakter quasi-statyczny; maksymalna wartość współczynnika dynamicznego to $\varphi_4=1,049$ (udział dynamiki 4,70%) zaś największe ugięcia to $q_d=10,81$ mm (przęsło nr 4). Częstości czysto dynamiczne wahają się w przedziale od $f=2,046$ Hz (przęsło nr 2) do $f=7,00$ Hz (przęsło nr 4),
- oscylacje poziome mają charakter bardzo złożony, z bardzo istotnym

Tab. 1. Zestawienie współczynników dynamicznych obliczonych na podstawie badań dynamicznych

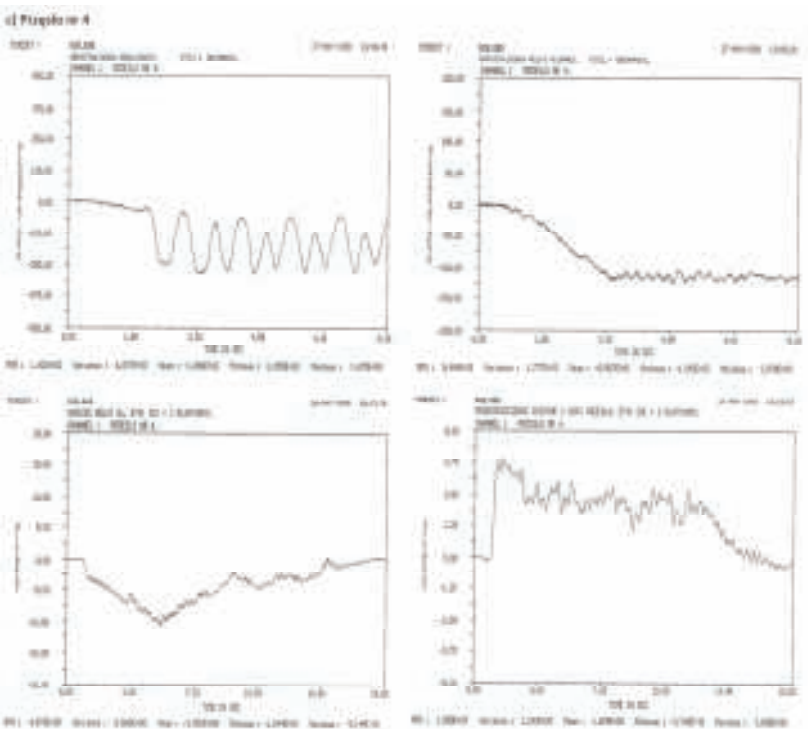
Element konstrukcyjny		Przęsło kratowe nr 2		Przęsło kratowe nr 3		Przęsło kratowe nr 4		Normowy współczynnik dynamiczny
Podłużnica czujnik T1		1,534	3,4%	1,774	19,6%	1,771	19,4%	1,483
Dźwigar główny w L/2	Pas górny czujnik T2	1,128	7,5%	1,154	10,0%	1,120	6,8%	1,049
	Pas górny czujnik I1	1,032	1,6%	–	–	1,049	0,0%	1,049



4a



4b



4c

Wybrane wyniki dynamicznych badań kratowych przęseł mostu i przebiegi czasowe odkształceń jednostkowych (naprężeń) oraz przemieszczeń

wpływem czynnika dynamicznego; maksymalne wychylenia dźwigara głównego wystąpiły w przęśle nr 4: $q_d = 4011 \mu\text{m}$ (górną przęsła w $1/2 l$), $q_d = 4141 \mu\text{m}$ (dół przęsła w $1/2 l$) gdzie udział samego czynnika dynamicznego to $749 \mu\text{m}$ co daje aż 18,1 % oraz $q_d = 3120 \mu\text{m}$ (górną przęsła na podporze w przęśle nr 4). Ugięcia eksploatacyjne są mniejsze od dopuszczalnych dla dźwigarów kratowych [5] $f_{\text{dop}} = l/700 = 60 \text{ mm}$. Konstrukcje przedmiotowych dźwigarów kratowych charakteryzują się bardzo małym tłumieniem.

Zrealizowany zakres naprawy głównej

Naprawę główną przęseł w torze nr 2 zrealizowała w 1999r. firma InterCor z Zawiercia. Ostatecznie zakres robót naprawczych obejmował:

- wymianę nitowanego przęsła blachownicowego o rozpiętości 12,0 m na spawane przęsło ze stołeczkami centrującymi na górnych pasach dźwigarów głównych,
- wymianę wszystkich podłużnic na dwuteowe dźwigary spawane, zamontowanie na ich górnych pasach, na dźwigarach kratowych przęseł 2 ÷ 5, stołeczków centrujących oraz ułożenie nowych mostownic wraz z odbojnicami,
- wymianę wszystkich blach węzłowych na styku górnych pasów dźwigarów kratowych i poprzecznic oraz niektórych zdegradowanych kątowników stężeń, przewiązek, blach nakładkowych, naprawę skorodowanych miejsc i wymianę nitów, które miały skorodowane główki (głównie w poziomych blachach pasów górnych), a także jednego przestrzału (przedziurawienia) z czasów II Wojny Światowej,
- wykonanie nowej nawierzchni z szyn UIC 60 bez stosowania złącz szynowych na moście, z odbojnicami na przęsłach mostu i obustronnymi płaskownikami $\approx 200 \times 20 \text{ mm}$, po obu zewnętrznych stronach szyn tocznych na wszystkich przęsłach oraz zamontowanie przyrządu wyrównawczego zgodnie z przepisami Id-2, a także zewnętrznego chodnika służbowego z pomostem z ocynkowanymi kratkami typu „Mostostal”,
- ułożenie stalowych blach pomo-

- stowych na mostownicach między szynami odbojnicowymi,
- wydłużenie skrzydeł przyczółków, nadbudowanie ścianek przednich wraz z wykonaniem odwodnienia podpór skrajnych za pomocą drenażu,
- oczyszczenie z brudu i produktów korozji oraz zabezpieczenie wszystkich czterech przęseł kratowych, przęsła blachownicowego i łożysk powłokami malarskimi,
- wykonanie schodów skarpowych na nasypie, na lewym brzegu rzeki od strony wody dolnej oraz umocnienie płytkami stożków stromej skarpy nasypu przyczółka lewo-brzeżnego.

Nie przeprowadzono też prób obciążeniowych przęseł w torze nr 2 po tak zrealizowanych naprawach. Jak widać, zaniechano wykonania stężeń pionowych w pośrednich węzłach między dźwigarami kratowymi. Na przedmiotowym obiekcie ewentualna próba spełnienia wymagań przepisów Id-2 w celu ułożenia nawierzchni z szyn typu UIC 60 na podsypce tłuczniowej była nierealna, choćby ze względu na znaczny przyrost obciążenia od ciężaru własnego i olbrzymi zakres robót w obrębie przebudowy pomostu; pozostawiono więc w obu torach nawierzchnię kolejową typu otwartego.

Wnioski końcowe

Przeprowadzona analiza dynamiczna trzech najdłuższych kratowych przęseł mostu kolejowego w torze nr 2 w Działoszynie, na podstawie przebiegów czasowych odkształceń jednostkowych (pośrednio naprężeń), przemieszczeń pionowych (ugięć) i przemieszczeń poziomych oraz drgań czysto dynamicznych w warunkach obciążeń eksploatacyjnych, wskazuje na dużą dynamiczną wrażliwość obiektu. Wpływ na to ma głównie mała sztywność poprzeczna i skręt na kratownicowych przęseł mostu, wobec czego przejazd taboru kolejowego przez most może być odbierany jako mało komfortowy i budzący obawy. Wyniki badań potwierdziły konieczność zrealizowanej odnowy mostu w 1999r. uzasadniły potrzebę wykonania usztywnienia trzech kratowych przęseł obiektu w projektowanym wcześniej zakresie.

Ocena stanu technicznego podczas oględzin obiektu oraz wyniki prze-

prowadzonych pomiarów pod obciążeniem eksploatacyjnym i ich analiza upoważniają do wyciągnięcia następujących wniosków:

- 1) Dotychczas bezzwłocznie zrealizowane naprawy przęseł kratowych odnowiły ich konstrukcję będącą wcześniej w złym stanie technicznym (nie wykonano jednak pośrednich stężeń pionowych między dźwigarami kratowymi).
- 2) Przyczynami zaistniałych uszkodzeń i niewłaściwej pracy przęseł nr 2 ÷ 4 było to, że:
 - badana konstrukcja charakteryzuje się bardzo małą sztywnością poprzeczną bądź giętno-skrętną, stąd tak znaczne przemieszczenia poziome (inną przyczyną mogą być nierówności toru, odchylenia od symetrii podłużnej, poziome imperfekcje geometryczne toru, wężykowanie pojazdów, uderzenia boczne itp.),
 - brak jest stężeń pionowych poprzecznych między obu dźwigarami kratownicowymi w polach pośrednich, a przez to występuje wciąganie blach węzłowych do wymuszonej współpracy na styku pasów górnych z poprzecznikami, skutkiem czego występują spękania tych blach (stwierdzono kilkanaście takich przypadków),
 - zbyt mały jest rozstaw osiowy dźwigarów głównych kratownicowych (2,40 m) w stosunku do ich wysokości (6,60 m),
 - mało sztywne są poprzecznice oraz zbyt mały rozstaw dźwigarów podłużnych, wynoszący zaledwie 1,50 m, przez co jazda taboru jest „sztywniejsza”, o bardziej dynamicznym oddziaływaniu na konstrukcję przęseł niż gdyby rozstaw ten wynosił 1,70 m ÷ 1,90 m, jak w typowych rozwiązaniach, kiedy to jazda byłaby bardziej sprężysta.
- 3) Występowanie znacznych oscylacji poziomych o złożonym charakterze ze znacznym udziałem współczynnika dynamicznego, a także małego tłumienia drgań jest szczególnie niebezpieczne w strefie podporowej, gdyż może to prowadzić do pojawienia się uszkodzeń podpór.
- 4) Mimo ogólnie stosunkowo małych naprężeń eksploatacyjnych zwraca uwagę fakt prawie każdego, znacznego przekrocze-

nia normowego współczynnika dynamicznego.

- 5) Wszystkie otrzymane wartości naprężeń, ugięć i przemieszczeń poziomych dotyczą ograniczonej prędkości eksploatacyjnej do 30 km/h; ocenia się, że w przypadku przejazdu cięższych pociągów i przy większej ich prędkości jazdy uzyskane efekty dynamiczne byłyby znacznie większe, na co ma wpływ duża wrażliwość dynamiczna obiektu.
- 6) Do czasu zrealizowania usztywnienia przęseł kratowych pionowymi stężeniami pośrednimi, w pełnym, projektowanym zakresie zalecono ograniczenie prędkości jazdy pociągów na moście do 15 km/h. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Chrobok R., Rabięga J.: „O wynikach dynamicznych badań przęseł mostu kolejowego poddanego renowacji”. I Sympozjum „Diagnostyka i Badanie Mostów”, Opole 4-6.04.2001, str. 89-96.
- [2] Instrukcja Id-2 „Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich”, PKP PLK SA, Warszawa 2005.
- [3] Instrukcja Id-16 „Instrukcja utrzymania kolejowych obiektów inżynierskich na liniach kolejowych do prędkości 200/250 km/h”, PKP PLK SA, Warszawa 2014.
- [4] PN-85/S-10030 „Obiekty mostowe. Obciążenia”.
- [5] PN-82/S-10052 „Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie”.
- [6] Rabięga J., Chrobok R.: „Badania pod próbnym obciążeniem dynamicznym mostu kolejowego w km 111,320 w torze nr 1 linii Chorzów Batory – Tczew w Działoszynie”. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Raport serii SPR nr 67/98.
- [7] Rabięga J., Chrobok R., Misiński A.: „Badania pod obciążeniem eksploatacyjnym przęseł kratowych w torze nr 2 mostu kolejowego przez Wartę w km 111,320 linii Chorzów Batory- Tczew w Działoszynie”. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Raport serii SPR nr 43/99.