

BERNARD WICHTOWSKI¹⁾

LOAD-CARRYING CAPACITY OF STEEL RAILWAY BRIDGES OF THE SECOND HALF OF XIX CENTURY – DISCUSSION

NOŚNOŚĆ STALOWYCH MOSTÓW KOLEJOWYCH Z DRUGIEJ POŁOWY XIX WIEKU – UWAGI DYSKUSYJNE

STRESZCZENIE. W artykule podjęto dyskusję na temat nośności stalowych mostów kolejowych z drugiej połowy XIX wieku. Pretekstem do dyskusji jest artykuł opublikowany w kwartalniku „Roads and Bridges - Drogi i Mosty” nr 2/2014. Stwierdzono m.in., że weryfikowanie nośności mostów eksploatowanych przez długi czas wymaga uwzględnienia efektów zmian właściwości materiałowych w czasie.

ABSTRACT. The load-bearing capacity of steel railway Bridges build in the 2nd half of XIX century is discussed. The reason for the discussion is the paper published in quarterly “Roads and Bridges - Drogi i Mosty” No. 2 (2014). It was concluded that for verification of load carrying capacity of bridges exploited for a long time, the long term effects on the material properties should be taken into account.

SŁOWA KLUCZOWE: most kolejowy, ocena nośności, właściwości stali.

KEYWORDS: load-carrying capacity, railway bridge, steel properties.

DOI: 10.7409/rabd.014.017

¹⁾ Projektowanie i Ekspertyzy Budowlane, Szczecin; marekw@zut.edu.pl

1. WPROWADZENIE

W kwartalniku „Roads and Bridges - Drogi i Mosty” nr 2/2014 został opublikowany artykuł dra inż. Pawła Kossakowskiego z Politechniki Świętokrzyskiej pt. „Zagadnienia nośności stalowych mostów kolejowych poddanych wieloletniej eksploatacji w ujęciu norm Eurokod”. Po zapoznaniu się z treścią artykułu oraz mając na uwadze dużą aktualność poruszanego problemu, pragnę podać swoje wątpliwości i uwagi na niejasności dotyczące informacji zawartych w pracy, które wymagają przedyskutowania.

Omówiona w artykule analiza nośności dotyczy konkretnej konstrukcji mostu kolejowego wybudowanego w roku 1885 i zdemontowanego po 122 latach eksploatacji – w roku 2007. Fakt ponad 100 letniego okresu użytkowania mostów akcentuje Autor w artykule sześciokrotnie. Można odnieść wrażenie, że jest to warunek wystarczający do ich demontażu. Niestety, mosty – to najdłużej użytkowane naziemne budowle inżynierskie. Nawet najbogatsze państwa nie mogą wymienić mostów w okresie krótszym niż 100 lat, gdyż oznaczałoby to – oprócz bieżącej konserwacji – budowę jednego procenta mostów rocznie. W Polsce ten jeden procent, to budowa sześciu dużych i 300 małych mostów rocznie - podczas gdy budujemy jeden duży most na 6 lat [1]. Spółka PKP Polskie Linie Kolejowe SA utrzymuje 7430 mostów i wiaduktów, których 54,3% ma ponad 100 lat, a 12,3% – od 70 do 100 lat [2]. Utrzymanie ich w eksploatacji jest tematem szeregu międzynarodowych projektów oraz badań [3-6]. Wszelkie uwagi na ten temat mogą być wykorzystane również w pracach nad uregulowaniami krajowymi, m.in. w przygotowanych „Wytucznych i procedurach monitorowania obiektów mostowych” [5].

2. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Badania stali przedmiotowego mostu przeprowadzono również w ramach Projektu Badawczego Nr R 04 007 01 „Opracowanie oraz wstępna weryfikacja procedury diagnozowania metodą emisji akustycznej konstrukcji metalowych ze szczególnym uwzględnieniem mostów stalowych”. Parametry wytrzymałościowo-strukturalne tej stali przedstawiono w artykule [7], a ich wartości „[...] wyznaczono dla liczebności próbek $n = 14$, po 7 próbek dla kierunku wzdłuż i w poprzek walcowania” i zamieszczono w Tabl. 1.

Podane w Tabl. 1 parametry, według autora uwag, są niezgodne z wymaganiami cytowanej w artykule normy PN-EN 10025-2:2007 [8]. Za granicę plastyczności przyjmujemy minimalną wartość górnej granicy plastyczności

1. INTRODUCTION

In the quarterly journal “Roads and Bridges - Drogi i Mosty” No. 2 (2014) there was published an article written by Dr. Paweł Kossakowski from Kielce University of Technology called “Load-carrying capacity of steel railway bridges subjected to long term service according to Eurocode standards”. After reviewing the content of the article, and considering great immediate interest in the said problem, I would like to present my doubts and remarks on ambiguities regarding the information contained in the work that need to be discussed.

An analysis of load-carrying capacity discussed in the article concerns a specific design of a railway bridge built in 1885 and dismantled after 122 years of operation, in 2007. The fact of using the bridges for over 100 years is emphasized by the author six times in the article. You may get the feeling that this is a sufficient condition for their dismantling. On the contrary, bridges – are the longest used ground engineering structures. Even the richest countries cannot afford to replace bridges within less than 100 years, as it would mean – besides the ongoing maintenance – construction of one percent of bridges per year. In Poland, this one percent means construction of six large and 300 small bridges per year – while we build one large bridge every 6 years [1]. Polish Railway Lines (PKP) keeps in operation 7430 bridges and viaducts, and 54.3% of them is more than 100, and 12.3% – between 70 and 100 years old [2]. Keeping them in operation is the subject of a number of international projects and studies [3-6]. All the comments on this subject can also be used in papers regarding the national legal regulations and, among others, in the prepared “Guidelines and procedures for monitoring of bridges” [5].

2. DETAILED REMARKS

The tests of steel from the mentioned bridge, described in this article, were carried out under the Research Project No. R 04 007 01 “Development and preliminary verification of diagnosis procedure using the method of metal structure acoustic emission with particular emphasis on steel bridges”. The strength and structural parameters of this steel were presented by the Author in the article [7], Table 1, while their values “[...] were determined for sample size $n = 14$, i.e. 7 samples for the longitudinal direction and 7 for transverse direction in relation to rolling”.

The parameters given in the table, according to the author’s observations, are inconsistent with the requirements

R_{eH} wyznaczonej z próbek pobranych w kierunku równoległym do kierunku walcowania. Próbki pobrane w kierunku poprzecznym do kierunku walcowania wykorzystujemy w przypadku blach grubych, taśm i blach uniwersalnych o szerokości ≥ 600 mm. Nigdy nie przyjmujemy wartości średniej uzyskanej z próbek dla obu kierunków walcowania, daje to zaniżoną wartość R_e . Słusznie więc Autor podaje: „Opierając się natomiast na wartościach średnich R_{eH} można dokonać błędnej kwalifikacji wytrzymałości”.

of the standard PN-EN 10025-2: 2007 [8] cited in the article. The yield strength is minimum value of upper yield point (R_{eH}) determined from samples collected in the direction parallel to rolling. The samples collected in the direction transverse to rolling are used in the case of thick sheets, strips and universal sheets with a width ≥ 600 mm. We never assume the average value obtained from the samples for both rolling directions, as it gives an understated value of R_e . Therefore, the Author says rightly: “Based upon the average values of R_{eH} , an incorrect strength classification can be made”.

Table 1. Strength parameters of tested bridge steel [7]

Tablica 1. Parametry wytrzymałościowe badanej stali mostowej [7]

Strength parameters Parametry wytrzymałościowe	Yield point Granica plastyczności R_e [MPa]	Tensile strength Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]	$\frac{R_e}{R_m}$	Total elongation at failure Całkowite wydłużenie przy zerwaniu A_t [%]
Mean value Wartość średnia	237.6±2.22	377.9±6.55	1.59±0.03	27.67±1.89
Standard deviation Odchylenie standardowe	4.24	12.51	0.06	2.36

Autor artykułu nie podaje wymiarów próbek przyjętych w badaniach statycznego ich rozciągania. Jeżeli były to próbki pięciokrotne, to w kol. 5 Tabl. 1 należało zaznaczyć A_5 , a jeżeli badania przeprowadzono na próbkach nieproporcjonalnych, to zgodnie z normą [8] otrzymaną wartość wydłużenia A_t należało przeliczyć na wartość odpowiadającą długości pomiarowej $L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ (wg PN-EN ISO 2566-1). Dla formalności należy zaznaczyć, że podana wartość ilorazów kol. 4, Tabl. 1 dotyczy stosunku R_m/R_e , a nie podanego R_e/R_m .

Wyznaczoną wartość średnią granicy plastyczności $R_e = 237,6$ MPa, uzyskał Autor przy bardzo małym rozrzucie wyników z poszczególnych próbek. Odchylenie standardowe wynosi 2,22 MPa. Podobnymi cechami charakteryzują się badania stali starych mostów kolejowych przeprowadzone przez autora uwag. O fakcie tym świadczą przykładowe wykresy rozciągania stali zlewnej z mostu wybudowanego w 1873 roku [9], z których uzyskujemy odpowiednio $R_{es} = 245$ MPa i $R_{en} = 325$ MPa. Oznacza to, że po 140 letnim okresie użytkowania mostu nastąpił spadek wytrzymałości charakterystycznej stali (R_e) o 80 MPa, tj. o 24,6%.

Porównywalne wartości R_e i R_m , do podanych w artykule w Tabl.2 i na Rys. 3, uzyskano w badaniach omówionych w pracy [9]. Przedstawiono tam badania stali zlewnej 16 mostów kolejowych oddanych do eksploatacji w drugiej

The author of the article does not present the dimensions of the samples used in the studies of static stretching. If these were the fivefold samples, then A_5 should be marked in col. 5 of Table 1, and if the tests were conducted on disproportionate samples, so, according to the standard [8], the obtained value of elongation A_t should be converted to a value corresponding to the measurement length $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ (according to PN-EN ISO 2566-1). From a formal point of view, it should be noted that the given value of the quotient in col. 4, Table 1 refers to the ratio R_m/R_e , instead of shown R_e/R_m .

The determined average value of the yield point $R_e = 237.6$ MPa was obtained with a very small scatter of results from the individual samples. The standard deviation amounts to 2.22 MPa. The steel testing results of old railway bridges carried out by the author of the comments have similar characteristics. This fact is demonstrated by exemplary stretching diagrams of cast steel from the bridge built in 1873 [9], from which we obtain $R_{es} = 245$ MPa and $R_{en} = 325$ MPa, respectively. This means that, after 140 years of bridge operation, the characteristic strength of steel (R_e) decreased by 80 MPa, ie 24.6%.

The values of R_e and R_m , comparable to those given in the article, Table 2 and Fig. 3, were obtained in studies described in [9]. There were presented the studies of cast steel from 16 railway bridges put into operation in the second

połowie XIX wieku, w latach 1873-1890. Wyznaczone, z badań statycznego rozciągania próbek, wartości granicy plastyczności R_e zawierały się w granicach 230 ÷ 335 MPa, a wartość R_m w granicach 50 ÷ 420 MPa. W przypadku 5 mostów poza badaniami próbek z materiału w stanie aktualnym, czyli zestarzonego samorzutnie, badano próbki poddane dodatkowo wyżarzaniu normalizującemu. Próbki te wygrzewano w temperaturze 930°C (z uwagi na ilość węgla C < 0,04%) przez jedną godzinę i studzono na powietrzu. Uzyskuje się w tym przypadku najmniejszą możliwą wielkość ziarna. Określone parametry tych próbek są porównywalne z własnościami stali w fazie dostawy, czyli z okresu budowy mostu.

Z porównania uzyskanych wartości R_e i R_m (Tabl. 2) w badaniach tych dwóch typów próbek w pięciu mostach (wartości bez nawiasów i w nawiasach) wynika, że efekt starzenia jest znaczny w dwóch mostach: nr 1 i 2. W stali mostu nr 1 granica plastyczności zmniejszyła się aż o 24,7%, z jednoczesnym zmniejszeniem R_m o 16,6%. Natomiast w moście nr 2 odwrotnie, nastąpił wzrost granicy plastyczności R_e aż o 26,4%, z jednoczesnym zmniejszeniem wartości R_m o 4,5%. W pozostałych mostach wpływ ten jest nieznaczny i zmiana wartości R_e wynosi od 3,1 do 9,1%, natomiast R_m od 1,8 do 5,1%. Jednocześnie badania wykazały we wszystkich mostach duży wpływ okresu eksploatacji na ich zmianę odporności na obciążenia udarowe. Jest to efekt starzenia samorzutnego, które w stalach zlewnych o małej zawartości węgla (kol. 3, Tabl. 2), mniejszej niż 0,10% węgla, przebiega szczególnie szybko [10, 11]. W Tabl. 2 podano zawartości węgla w stalach badanych mostów, również z uwagi na fakt, że własności stali konstrukcyjnych o mikrostrukturze ferrytyczno-perlitycznej zależą głównie od jego zawartości.

half of the nineteenth century, during the years 1873-1890. The values of yield point R_e determined based on static stretching are within the range of 230 to 335 MPa and R_m lies in the range of 350 to 420 MPa. In the case of five bridges, apart from testing the samples made of current-state material, i.e. aged spontaneously, the samples subjected to further normalization were tested. These samples were soaked at 930°C (due to the content of carbon C < 0.04%) for one hour and cooled down in the air. In this case, the smallest possible grain size is achieved. The specified parameters of these samples are comparable to steel properties in the delivery phase, i.e. from the period of bridge construction.

Based on comparison of the obtained values of R_e and R_m in Table 2, the studies of these two types of samples in five bridges (values without brackets and in brackets) show that the aging effect is significant in two bridges: No. 1 and 2. The yield point of steel in the bridge No. 1 decreased by as much as 24.7%, while R_m reduction amounted to 16.6%. However, in the bridge No. 2, the yield strength R_e increased up to 26.4%, while R_m reduction achieved 4.5%. In other bridges this effect is negligible and the change in the R_e value is from 3.1 to 9.1%, and R_m from 1.8 to 5.1%.

At the same time, the studies have shown a major impact of the operation life on change of resistance to shock load in all bridges. This is the effect of spontaneous aging, which in cast steels with low carbon content (col. 3 in Table 2), lower than 0.10%, proceeds particularly rapidly [10, 11]. Table 2 shows the carbon contents in steels of tested bridges, also due to the fact that the properties of structural steel of ferritic-pearlitic microstructure depend mainly on carbon content.

Table 2. Material properties of steel bridges of aged and (normalized) steel
Tablica 2. Właściwości materiałowe stali mostów: starzonej i (normalizowanej)

Bridge Most	Year of bridge construction Rok budowy	Content of C Zawartość C [%]	R_e [MPa]	R_m [MPa]	$\frac{R_e}{R_m}$	$\frac{(R_e)}{(R_e)}$
1	1873	0.0250	244 (324)	376 (451)	0.649 (0.718)	1.33
2	1882	0.0298	335 (265)	359 (376)	0.933 (0.705)	0.79
3	1887	0.0281	252 (260)	381 (388)	0.661 (0.670)	1.03
4	1887	0.0370	259 (285)	387 (408)	0.669 (0.698)	1.10
5	1890	0.0164	230 (242)	362 (373)	0.635 (0.649)	1.05

W wypadku nie przeprowadzania badań materiałowych stali na podstawie próbek pobranych z konstrukcji mostu, najczęściej przyjmuje się parametry materiałowe z zaleceń

If one does not conduct the material tests of steel based on samples taken from the bridge structure, then material parameters, according to the recommendations of the

Międzynarodowego Związki Kolejowego UIC [10, 12]. Dla stali zgrzewnej i stali zlewnej proponuje się przyjmowanie poniższych wartości charakterystycznych:

- wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 320 \div 380$ MPa,
- granica plastyczności $R_e = 220$ MPa,
- współczynnik sprężystości podłużnej $E = 200000$ MPa,
- współczynnik sprężystości poprzecznej $G = 77000$ MPa.

Autorzy opracowań [2, 9] w trakcie badania stali zlewnej około 30 mostów kolejowych, niezależnie od metody badawczej, nigdy nie uzyskali wartości mniejszych od wyżej podanych. Najniższa określona w ich badaniach wartość granicy plastyczności to $R_e = 230$ MPa, która jest większa jedynie o 4,5% od wartości zalecanej przez UIC, a wartość najwyższa $R_e = 337$ MPa przekracza aż o 53% wartość zalecaną. Jak wynika z Tabl. 2, obecne właściwości stali z drugiej połowy XIX wieku zależą od pierwotnych właściwości tych stali i od procesu starzenia, jakiemu podlegała konstrukcja. Dlatego też ocena nośności konstrukcji wykonanej ze starych stali wymaga indywidualnej analizy, a przy modernizacji obiektu należy opierać się nie tylko na aktualnych właściwościach materiału, ale także uwzględniać fakt, że proces starzenia stali będzie nadal postępował (Tabl. 2).

Uwzględniając powyższe uwagi, duże wątpliwości budzi fakt, że w przedstawionej analizie mostu Autor nie bazował na uzyskanych z badań wartościach R_e i R_m , które podano na Rys. 3. Fakt ten jest sprzeczny z założeniem podanym w pkt. 3.1 – Uwagi ogólne, gdyż pierwsze zdanie tych uwag ma brzmienie: „Celem niniejszej analizy było sprawdzenie nośności mostu według obecnie obowiązujących norm Eurokod, z uwzględnieniem parametrów wytrzymałościowych wyznaczonych na próbkach pobranych z konstrukcji mostu”. Autor nośność mostu określił z uwzględnieniem „zredukowanej granicy plastyczności” (określenie Autora), której wyznaczenie przedstawiono w pkt. 3.3 przedmiotowego artykułu.

Słusznie Autor zaznaczył, że wyznaczone parametry stali badanego mostu, o aktualnych, uzyskanych z badań, wartościach podanych na Rys. 3 są porównywalne z wartościami stali gatunku S235JR, dla której według PN-EN 10025-2:2007 $R_{eH} = 235$ MPa ($t \leq 16$ mm) i $R_m = 360 \div 510$ MPa ($t = 3 \div 100$ mm). Według danych literaturowych: „przy konstrukcjach ze stali zlewnej spotkamy się zawsze z charakterystyką odpowiadającą stali współczesnej”.

International Union of Railways UIC [10, 12], are usually assumed. For wrought steel and cast steel the adoption of the following characteristic values is recommended:

- tensile strength $R_m = 320 \div 380$ MPa,
- yield point $R_e = 220$ MPa,
- modulus of elasticity $E = 200000$ MPa,
- modulus of rigidity $G = 77000$ MPa.

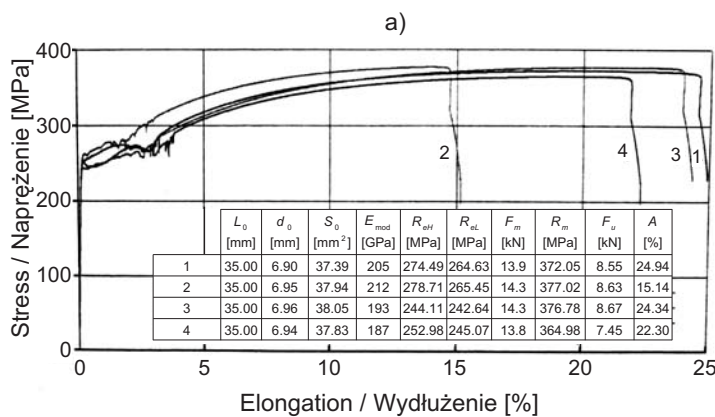
During the study of cast steel from nearly 30 railway bridges, the authors of the papers [2, 9] never obtained the values smaller than those mentioned above, regardless of the method of research. The lowest value of the yield point R_e , specified in their research, amounts to 230 MPa, which is higher only by 4.5% than the value recommended by the UIC, while the highest value $R_e = 337$ MPa exceeds the recommended value by up to 53%. As it is apparent from Table 2, the current properties of steel from the second half of the nineteenth century, depend on the initial properties of steel and of the aging process the structure was subjected to. Therefore, assessment of load-bearing capacity of a structure made from old steel requires individual analysis, whilst modernization of the object should be based not only on the current properties of the material, but also should take into account the fact that the steel aging will continue (Table. 2).

Considering the above comments, it is doubtful that in the presented analysis of the bridge, author did not rely on the R_e and R_m values obtained from the studies, which were presented in Fig. 3. This is contrary to the assumption given in Section 3.1 – General notes, as the first sentence of these remarks is the following: “The aim of this analysis was to check the load-carrying capacity of the bridge using the current Eurocodes with taking account of the strength parameters determined in samples collected from the bridge structure”. The author described the load-carrying capacity of the bridge, taking into account “the reduced yield strength” (the author’s term), whose determination is given in Section 3.3 of this article.

The author has rightly pointed out that the determined steel parameters of the tested bridge, with current values indicated in Fig. 3, obtained from the studies, are comparable to parameters of steel grade S235JR, for which, according to PN-EN 10025-2:2007 $R_{eH} = 235$ MPa ($t \leq 16$ mm) and $R_m = 360 - 510$ MPa ($t = 3 - 100$ mm). According to the published literature, “the cast steel structures always meet the characteristics of the corresponding contemporary steel”.

A.A. Bakar i R.S. Dow ([21] w artykule) badając ten gatunek stali uzyskali wartość $R_{eH} = 340$ MPa, a wartość średnią $R_e = 320$ MPa. Oznacza to, że uzyskana wartość granicy plastyczności stali mostu $R_e = 237,6$ MPa stanowi 74% wartości $R_e = 320$ MPa uzyskanej przez ww. autorów. Jest to skutek zróżnicowanego oddziaływania starzenia i struktury mikro na degradację badanych stali (kol. 7 w Tabl. 2). Właściwość tę określił Autor następująco: „Widać zatem jasno, że bezpośrednie porównywanie granicy plastyczności wyznaczonej w badaniach laboratoryjnych z wartościami minimalnymi R_{eH} podanymi w normach może prowadzić do błędnych wniosków w zakresie kwalifikacji wytrzymałościowej badanego materiału”.

Stwierdzenie słuszne, ale wniosek budzi wątpliwości i dalsze postępowanie enigmatyczne i dyskusyjne. Według Autora stal z poz. [21] i stal przedmiotowego mostu to stal gatunku S235JR o jednakowej szybkości starzenia i analogicznym stopniu postępującej degradacji materiałowej. Autor analizę oparł na „[...] relacjach jakie zachodzą w przypadku stali konstrukcyjnych o podobnych właściwościach, pomiędzy najczęściej obserwowalnymi wartościami granicy plastyczności a wartościami minimalnymi podawanymi w normie PN-EN 10025-2:2007”. Jest to rozumowanie błędne. Wyjściową „wytopową”, granicę plastyczności stali starzonej można jedynie oszacować z badań próbek znormalizowanych (Rys. 1). Jak wynika z kol. 4 i 7 Tabl. 2, oraz uwag wcześniej podanych, stopień i szybkość starzenia jest różna dla każdej stali, nawet w zakresie tego samego gatunku.



A.A. Bakar and R.S. Dow (item [21] in the article) who studied this steel grade, obtained the value of $R_{eH} = 340$ MPa and the average value of $R_e = 320$ MPa. This means that the obtained value of the yield point of steel from the bridge $R_e = 237.6$ MPa is 74% of $R_e = 320$ MPa obtained by above mentioned authors. This is due to the varying influence of aging and microstructure on degradation of tested steels (see col. 7 in the Table 2). The author has defined this property as follows: “It is evident that the direct comparison of the yield point determined based on laboratory studies with minimum values of R_{eH} specified in the standards may lead to erroneous conclusions regarding the strength qualification of the tested material”.

This statement is right, but the conclusion is questionable and further proceedings seem enigmatic and controversial. Author claims that steel described in [21] and steel of the said bridge is S235JR-grade steel of the same aging rate and analogous degree of progressive degradation of the material. Author’s analysis was based on “[...] relationships that occur in structural steels with similar properties, between the most observable values of yield point and minimum values presented in the standard PN-EN 10025-2: 2007”. This reasoning is wrong. The primary “melting” yield point of aged steel can only be estimated based on studies regarding the normalized samples (see Fig. 1). As it can be seen from col. 4 and 7 of Table 2 and the comments presented previously, the degree and rate of aging is different for each steel, even of the same grade.

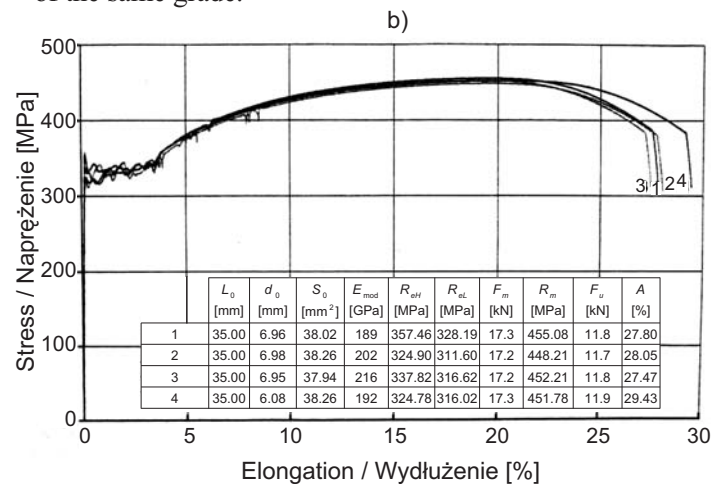


Fig. 1. Tensile test of steel (C = 0.025%) of the railway bridge built in 1873: a) natural ageing, b) standard steel [2]

Rys. 1. Wykresy rozciągania stali (C = 0,025%) mostu kolejowego wybudowanego w 1873 r.: a) stali starzonej, b) normalizowanej [2]

Bazując na wyżej podanych założeniach, przeze mnie uważanych za błędne, w artykule „[...]” dokonano oszacowania wartości R_{eH} dla badanej stali mostowej pod kątem

Based on the above assumptions I consider wrong, the following statement was made: “[...]” the value of R_{eH} of the bridge steel tested for respective minimum yield point was

minimalnej granicy plastyczności analogicznie jak przewiduje to norma PN-EN 10025-2:2007 [20] dla innych stali konstrukcyjnych. Uzyskano wynik równy wartości $R_{eH} = 0,74 \cdot 235 \approx 174$ MPa, którą przyjęto w przeprowadzonej analizie nośności mostu”.

Zdecydowanie nie można zgodzić się z powyższym stwierdzeniem gdyż:

- błędnie określona wartość $R_{eH} = 174$ MPa dotyczy granicy plastyczności stali w fazie jej dostawy, w okresie budowy obiektu, a aktualna zdegradowana stal mostu ma $R_e = 237$ MPa,
- w jakim celu wykonano badania stali mostowej i określono jej parametry (Rys. 3), które całkowicie pominięto w analizie nośności mostu,
- najbardziej miarodajnymi są wyniki uzyskane z badań *in situ*, z całym wachlarzem uwarunkowań eksploatacyjnych i materiałowych,
- w analizie nośności mostu należało przyjąć $R_e = 237$ MPa i wówczas konstrukcja bezpiecznie przenosi obciążenia określone przez aktualnie obowiązujące normy europejskie, gdyż $1,28 \cdot 174/237 = 0,94 < 1$

W końcu podrozdziału 3.3. Autor zaznacza, że: „inną przesłanką skłaniającą do przyjęcia zredukowanej granicy plastyczności badanej stali mostowej były wartości granicy plastyczności określone dla stali stosowanych w technice i mostownictwie w XIX wieku”. Faktycznie w cytowanej w artykule Tabl. 1 z pracy [11], podana jest wartość $R_H = 150 \div 160$ MPa dla stali zgrzewnej oraz $R_H = 150 \div 190$ MPa dla stali zlewnej, ale wartości te dotyczą granicy proporcjonalności R_H , a nie granicy plastyczności R_e , która każdorazowo jest większa lub równa 220 MPa.

Powyższe stwierdzenie nie ma całkowicie pokrycia literaturowego, nawet według pozycji archiwalnych. Już w końcu XIX wieku Rézal M. [13] dla stali zgrzewnej niskiej jakości o zawartości węgla $C = 0,080\%$, przy próbie na rozciąganie w kierunku walcowania, uzyskał średnią wartość R_e powyżej 230 MPa, zaś wytrzymałość R_m w granicach $340 \div 370$ MPa. Według L. Spála [14] w czasach drugiej wojny światowej zalecało się przy obliczaniu starych konstrukcji mostowych ze stali zlewnej przyjmowanie minimalnej granicy plastyczności R_e o wartości 230 MPa. Nieco mniejszą minimalną wartość $R_e = 210$ MPa, dla mostowej stali zlewnej, zalecała czeska norma resortowa UN 73 6222 z 1962 r. [14].

Według Autora przyjęcie tak małej wartości R_{eH} „[...] gwarantuje maksymalny poziom bezpieczeństwa analizowanego obiektu”. Stwierdzenie to jest porównywalne

estimated the same way as it is provided in the standard PN-EN 10025-2:2007 [20] for other structural steels. The obtained result is equal to $R_{eH} = 0.74 \cdot 235 \approx 174$ MPa, which was adopted in the conducted analysis of the load-carrying capacity of the bridge”.

I definitely cannot agree with the above statement, as:

- the wrongly determined value of $R_{eH} = 174$ MPa regards the yield point of steel in the delivery phase, at the time of bridge construction, and the current degraded steel of the bridge has $R_e = 237$ MPa,
- what is the purpose of testing bridge steel and setting its parameters (Fig. 3), as they were completely omitted in the analysis of load-carrying capacity of the bridge,
- the results obtained from studies *in situ*, with the whole range of operating and material conditions, are the most reliable,
- in the analysis of the load-carrying capacity of the bridge, $R_e = 237$ MPa should be assumed and then the structure transfers safely the load specified by the currently applicable European standards, as $1.28 \cdot 174/237 = 0.94 < 1$

At the end of subsection 3.3, the Author points out that: “another reason that encourages the adoption of reduced yield point of the tested bridge steel were the values of yield point specified for steels used in industry and bridge engineering of the nineteenth century”. Indeed, there is given the value of $R_H = 150 - 160$ MPa for wrought iron and $R_H = 150 - 190$ MPa for cast steel in Table 1 of the literature item [11] cited in the article, but these values relate to the proportionality border R_H , instead of the yield point R_e , which in each case is greater than/equal to 220 MPa.

The above statement is not completely covered by literature, even according to archive items. As early as by the end of XIX century, Rézal M. [13] obtained an average value of R_e greater than 230 MPa, and the strength R_m in the range of $340 \div 370$ MPa for the low-quality wrought steel with carbon content $C = 0.080\%$, under the tensile test in the rolling direction. According to L. Spál [14], during the Second World War it was recommended to assume minimum yield strength R_e of 230 MPa for calculation of old bridge structures made of cast steel. A slightly smaller minimum value of $R_e = 210$ MPa, for wrought steel of bridges, was recommended by Czech industry standard UN 73 6222 from 1962 [14].

According to the Author, adoption of such a small value of R_{eH} “[...] guarantees maximum security level of the analyzed object”. This finding is comparable to the adoption

z przyjęciem, bez konieczności przeprowadzenia badań, parametrów produkowanej w Polsce stali S185 o najniższych parametrach ($R_{eH} = 185$ MPa, $R_m = 310 \div 540$ MPa). Jednakże stali tej nie stosujemy w żadnych konstrukcjach nośnych i również wg PN-EN 1993-1-1:2006 w konstrukcjach mostowych [15].

3. PODSUMOWANIE

Z uwagi na zmiany właściwości materiałowych mostów eksploatowanych przez długi czas, na skutek efektu tzw. starzenia, ich weryfikowanie nośności należy prowadzić na podstawie rzeczywistych parametrów wytrzymałościowych badanej stali. Przedstawiona w artykule ocena nośności tych mostów wymaga szerszego omówienia. Zagadnienie to oprócz czynników stricte mechanicznych należy rozpatrywać pod względem ekonomicznym. Stosowanie aktualnych, normowych kryteriów projektowych do oceny doraźnej nośności starych konstrukcji mostowych wydaje się nieuzasadnione. Może to prowadzić do sytuacji, w której wiele obiektów zostanie niepotrzebnie zakwalifikowanych do wzmocnienia lub wymiany. Ze względu na to konserwatyzm uzasadniony w normach do projektowania, powinien być zrewidowany i jeżeli to możliwe zredukowany przy ocenie nośności starych mostów, np. zrezygnowanie z efektów obciążenia mimośrodowego dla Modelu 71, pokazanego w artykule na Rys. 5 zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1991-2:2007.

W odniesieniu do Wniosków zamieszczonych w punkcie 4, adekwatne wydają się pytania:

- czy przedstawiona w artykule analiza nośności mostu, eksploatowanego przez 122 lata, miała wpływ na decyzję o jego demontażu w 2007 roku?
- czy uwzględniono możliwość, że eksperci budowlani, korzystając z błędnej analizy przedstawionej w artykule, doprowadzą do niepotrzebnej rozbiórki wielu podobnych obiektów mostowych?

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Rybak M., Wysiatycki K.: Kilka uwag o polskich normach projektowania mostów stalowych w :Materiały VIII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Konstrukcje Metalowe, 4, Gdańsk 1989, 246-254
- [2] Wichtowski B., Hołowaty J.: Ocena właściwości stali konstrukcyjnych modernizowanego mostu na linii kolejowej nr 535. Inżynieria i Budownictwo, LXX, 8. 2014, 429-434

of the parameters of S185 steel of the lowest performance ($R_{eH} = 185$ MPa, $R_m = 310 - 540$ MPa) produced in Poland, without the need for further testing. However, this steel is used neither in load-bearing structures nor in bridge structures [15], according to PN-EN 1993-1-1:2006.

3. FINAL REMARKS

Due to changes in the material properties of bridges operated for a long time, occurring as a result of so called aging effect, verification of their load-carrying capacity should be carried out on the basis of actual strength parameters of tested steel. Evaluation of load-carrying capacity of the bridges, presented in the article, requires a broader discussion. This issue, in addition to purely mechanical factors, should be also considered in economic terms. The use of current standard design criteria for the evaluation of ad-hoc load-carrying capacity of old bridge structures seems unreasonable. This can lead to situation where many objects are unnecessarily selected for strengthening or replacement. Due to this fact, this conservatism justified in design standards, should be revised and, if possible, reduced during evaluation of load-carrying capacity of old bridges, eg. by giving up the effects of eccentric load for the Model 71, shown in the article, Fig. 5 in accordance with the requirements of PN-EN 1991-2:2007.

In relation to the Conclusions contained in Section 4, the following questions seem to be adequate:

- whether the analysis of load-bearing capacity of the bridge presented in the article, operated for over 122 years, influenced the decision about its disassembly in 2007?
- has the Author taken into account the possibility that building experts, by using the incorrect analysis presented in the article, may lead to unnecessary demolition of many similar bridges?

- [3] Wysokowski A.: Trwałość mostów stalowych w funkcji zjawisk zmęczeniowych i korozyjnych. IBDiM, Seria: Studia i Materiały Nr 53, Warszawa, 2001
- [4] Wichtowski B.: Wytrzymałość zmęczeniowa spawanych złączy doczołowych w stalowych mostach kolejowych. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej Nr 572, Szczecin, 2002
- [5] Bień J.: Zagadnienia trwałości obiektów mostowych w europejskich projektach badawczych. Materiały 56. Konferencji Naukowej KILiW PAN oraz KN PZITB, Kielce-Krynica, 2010, 41-56

- [6] *Wiśniewski D., Majka M., Bień J.*: Ocena nośności mostów w okresie ich eksploatacji - doświadczenia krajowe i zagraniczne. *Inżynieria i Budownictwo*, **LXIX**, 7-8, 2013, 436-441
- [7] *Kossakowski P.*: Parametry wytrzymałościowe i mikrostrukturalne stali mostowej z końca XIX wieku. *Przegląd Budowlany*, 4, 2013, 14-18
- [8] PN-EN 10025-2:2007 Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych - Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych
- [9] *Wichtowski B., Hołowaty J.*: Analiza właściwości materiałowych i spawalności stali zlewnej mostów kolejowych. *Inżynieria i Budownictwo*, **LXIX**, 5, 2013, 247-251
- [10] *Madaj A., Wołowicki W.*: Budowa i utrzymanie mostów. WKiŁ, Warszawa, 1995
- [11] *Wichtowski B.*: Wytrzymałość zmęczeniowa według Eurokodu 3 stali S235 starzonej samorzutnie i sztucznie. *Inżynieria i Budownictwo*, **LXVIII**, 3, 2012, 150-152
- [12] Zalecenia do określania nośności istniejących przęseł stalowych. Międzynarodowy Związek Kolei UIC, wyd. I, 1986
- [13] *Résal M.*: Résistance des Matériaux. Paryż 1898
- [14] *Spal L.*: Przebudowa konstrukcji stalowych. Arkady, Warszawa 1972
- [15] *Wichtowski B.*: Wymagania materiałowo-spawalnicze w mostach stalowych według zaleceń PN-EN 1993-2. *Inżynieria i Budownictwo*, **LXIX**, 11, 2013, 593-597

PAWEŁ KOSSAKOWSKI¹⁾

Author's response / Odpowiedź autora

Głównym celem opublikowanej przeze mnie pracy była próba weryfikacji obliczeniowej stalowej konstrukcji mostu kolejowego, którego czas użytkowania przekracza zakładany okres trwałości 100 lat, wg aktualnie obowiązujących norm Eurokod. Choć problematyka ta nie jest obca ekspertom zajmującym się weryfikacją konstrukcji mostowych eksploatowanych przez bardzo długi okres czasu, to brak jest publikacji na ten temat w ogólnodostępnej literaturze, co było przyczynkiem do podjęcia przeze mnie tego właśnie tematu.

Zasadniczą kwestią sporną, która jest krytykowana i szeroko komentowana przez dra hab. inż. Bernarda Wichtowskiego, jest przyjęta przeze mnie niska wartość granicy plastyczności dla stali, z której wykonano analizowany most, w największym stopniu determinująca jego nośność.

Z uwagi na przyjęte przeze mnie podejście jak i tematykę artykułu, starałem się przeanalizować nośność przedmiotowego mostu w jak największym stopniu zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami Eurokod. Pociągało to konieczność stosowania rygorystycznych procedur obliczeniowych, ale również wymuszało przyjęcie odpowiedniej wytrzymałości materiału, z którego wykonano most, tak aby choć w pewnym stopniu odpowiadała ona wymogom produkcji oraz teorii projektowania podawanej w Eurokodach. Wtedy wg mnie analiza ta może być traktowana jako być spójna i wykonana w oparciu o założenia stosowane w normach Eurokod. W odniesieniu do wytrzymałości materiału podjąłem próbę jej oszacowania zgodnie z stosowanymi obecnie procedurami.

The main purpose of the paper published was an attempt to verify computationally the steel structure of a railway bridge, whose service life exceeds the expected life of 100 years, according to currently applicable Eurocodes. Although the issue is known among the experts involved in the verification of bridges operated for a long period of time, there is a lack of scientific papers on this subject in the generally accessible literature, which was motivation for me to take on this very topic.

The principal contentious issue, which is widely criticized and commented by Dr. Bernard Wichtowski is the low value of the adopted yield point for steel from which the analyzed bridge was built, and which determines its load-carrying capacity to the greatest extent.

In view of the adopted approach and the subject of the article, I tried to analyze the load-carrying capacity of the said bridge in accordance with current Eurocodes, as much as possible. This entailed the need for use of strict calculation procedures, but also forced the adoption of adequate strength of the material from which the bridge was built, so that it correspond, at least in some extent, to the requirements of production and design theory given in Eurocodes. Only then, my analysis can be considered as consistent and performed on the basis of the assumptions used in the Eurocodes. As concerns the strength of material, I tried to estimate it according to the procedures currently used.

The requirements of the current standards in the field of deformation and strength properties of structural steels relate to ensuring, by the manufacturer, an adequate level of

¹⁾ Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Świętokrzyska; kossak@tu.kielce.pl

Wymagania stawiane przez aktualnie obowiązujące normy w zakresie właściwości wytrzymałościowo-odkształceniowych stali konstrukcyjnych odnoszą się do zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości przez producenta w odpowiednio długim terminie. Oznacza to wymóg zebrania określonej przez normę liczby wyników, gromadzonych w określonym czasie dla poszczególnych partii produkowanego materiału. Wyniki te poddawane są obróbce statystycznej, która pozwala na zakwalifikowanie i spełnienie wymogów normowych danego gatunku stali. Dopiero wtedy producent może zadeklarować i niejako zagwarantować, że produkowany przez niego materiał spełnia wymogi normowe w zakresie właściwości wytrzymałościowo-odkształceniowych przy zachowaniu odpowiedniego zapasu bezpieczeństwa. Jak widać, udzielenie takich gwarancji możliwe jest dopiero po dokonaniu odpowiednio licznej próby statystycznej. Przy normalnym rozkładzie wartości parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych stali konstrukcyjnych ich wartości średnie są wyższe od minimalnych przy zachowaniu pewnego wystarczającego zapasu. I właśnie tę relację przyjąłem jako punkt odniesienia przy wyznaczeniu wytrzymałości stali analizowanego mostu.

Jako wartość referencyjną przyjęto granicę plastyczności stali S235JR wyznaczoną w trakcie badań na średnim poziomie $R_e = 320$ MPa. Porównując tę wartość z $R_e = 237,6$ MPa wyznaczoną eksperymentalnie dla badanej stali mostowej, określono, że odpowiada ona około 74% granicy plastyczności stali S235JR. Na tej zasadzie dokonano oszacowania wartości R_{eH} dla badanej stali mostowej pod kątem minimalnej granicy plastyczności. Uzyskano wynik równy wartości $R_{eH} = 174$ MPa, którą przyjęto w przeprowadzonej analizie nośności mostu. Jak wspomniano w dyskutowanym artykule, wartość ta koresponduje z $R_e = 180$ MPa podawaną w publikacji pt. „Degradacja mikrostruktur elementów konstrukcyjnych pochodzących z mostów wzniesionych na przełomie XIX i XX wieku” autorstwa Lesiuk, Szata (2010).

Oczywiście takie oszacowanie wytrzymałości stali mostowej jest dyskusyjne i zasadniczo konserwatywne. Dyskusyjna jest wartość współczynnika redukcyjnego przyjętego stal stali mostowej jako 0,74 i średnia wartość $R_e = 237,6$ MPa. Wartość ta przyjęta została jako średnia, a nie minimalna właśnie dlatego, aby odzwierciedlać medianę, referencyjny poziom granicy plastyczności badanego materiału (również w kierunku poprzecznym do walcowania z uwagi na brak dokładnej wiedzy na temat ułożenia blach w konstrukcji mostu). Aby w pełni zweryfikować te wielkości potrzebna jest wiedza na temat rozkładu statystycznego wytrzymałości analizowanego materiału, wykonanego dla odpowiednio licznej próby, a takich danych niestety brak. Chcąc spełnić

quality over a sufficiently long period of time. This implies gathering the number of results specified by the standard, collected within a specific time for each batch of produced material. These results are subjected to statistical processing, which allows you to qualify and meet the standard-based requirements of a given steel grade. Only then the manufacturer may declare and somehow ensure that the material produced by him complies with the requirements specified by the standards in the field of deformation and strength properties as well as maintain an adequate safety margin. As you can see, such a guarantee is possible only after providing a suitably large statistical sample. With a normal distribution of deformation and strength parameters of structural steels, their mean values are higher than the minimum ones, while maintaining a sufficient margin. And this relationship was adopted as a point of reference in the determination of strength of steel of the analyzed bridge.

The yield point of S235JR steel at an average level of $R_e = 320$ MPa, determined during tests, was assumed as the reference value. By comparing this value with $R_e = 237.6$ MPa determined experimentally for the tested bridge steel, it was found that it corresponds to about 74% of the yield point of the S235JR steel. On that basis, an estimation of the R_{eH} value for the tested bridge steel regarding a minimum yield strength was performed. The obtained result equal to the value $R_{eH} = 174$ MPa was adopted in the analysis of the load-carrying capacity of the bridge. As it was mentioned in the discussed article, this value corresponds to $R_e = 180$ MPa presented in the publication “Degradation of microstructures of structural elements coming from bridges built at the turn of the XIX and XX century” written by Lesiuk, Szata (2010).

Of course, such an estimation of strength of bridge steel is debatable and essentially conservative. The value of the reduction factor adopted for bridge steel equal to 0.74 and the average value of $R_e = 237.6$ MPa is questionable. This value was adopted as medium instead of minimum just to reflect the median, reference level of yield point of the tested material (also in the direction transverse to rolling due to the lack of precise knowledge about the orientation of sheets in the bridge structure). In order to verify fully these values, there is required knowledge about the statistical distribution of strength of the analyzed material, determined for a sufficiently large sample, and unfortunately, there is a lack of such data. In order to meet, in this respect, the requirements of current standards discussed above, one should implement a broad and comprehensive program for testing material of the same grade collected from the bridge

w tym zakresie omawiane wyżej wymogi aktualnych norm, należałoby wykonać szeroki i kompleksowy program badań wytrzymałościowych materiału tego samego gatunku, pobranego z konstrukcji mostów o podobnym wieku. Po odpowiedniej obróbce statystycznej, na podstawie uzyskanych wyników możliwe byłoby określenie wartości średnich, maksymalnych i minimalnych, i co istotne w analizowanym przypadku, określenie relacji między nimi. Finalnie możliwe byłoby wyznaczenie wartości minimalnej granicy plastyczności dla badanego materiału. Z uwagi na brak tego typu danych, swojej analizie przyjąłem postawę konserwatywną, skutkującą pewnym niedoszacowaniem nośności ustroju nośnego mostu. Mając tego świadomość, wyraźnie zaznaczyłem, że możliwość wyczerpania jego nośności jest teoretyczna, co jest związane właśnie z relatywnie niską wytrzymałością stali z której wykonano most przyjętą w weryfikacji, a także rygorystycznymi wymaganiami, jakie nakładają na mosty kolejowe normy Eurokod w zakresie przyjmowanych obciążeń oraz szacowania nośności konstrukcji.

Analizując zagadnienie nośności mostu szacowanej dla wyższych wytrzymałości, to przyjmując wyznaczoną wytrzymałość na średnim poziomie $R_e = 237,6$ MPa, po zgrubnym oszacowaniu otrzymujemy maksymalne wyężenie konstrukcji mostu na poziomie $1,28 \cdot 174/237,6 = 0,94$. Abstrahując jednak od uzyskanych przeze mnie wyników, przyjmując zalecaną przez Międzynarodowy Związek Kolejowy UIC wartość $R_e = 220,0$ MPa dla stali zlewnej i zgrzewnej, w analizowanym przypadku otrzymalibyśmy wyężenie $1,28 \cdot 174/220 = 1,01$. Z kolei zakładając granicę plastyczności jak dla stali zlewnej zgodnie z zaleceniami normy resortowej UN 73 6222 na poziomie $R_e = 210$ MPa, otrzymamy wyężenie $1,28 \cdot 174/210 = 1,06$. Choć w pierwszym przypadku pozostaje niewielki 6% zapas nośności, to już w drugim nośność konstrukcji jest przekroczona o 1%, a w ostatnim o 6%. W dodatku wartość granicy plastyczności zalecana była przez Międzynarodowy Związek Kolejowy UIC prawie 30 lat temu (publikacja z roku 1986), a przez normę UN 73 6222 ponad 50 lat temu (norma z 1962 r.). Obecnie można zatem założyć, że wartości te powinny być niższe i zakładając efekt starzenia skutkujący obniżeniem granicy plastyczności zalecanej w 1962 r. przez normę UN 73 6222 o około 10%, obecnie otrzymujemy wartość około $R_e = 189$ MPa, czyli tylko o prawie 9% większą niż przyjętą przeze mnie $R_{eH} = 174$ MPa. Wyężenie konstrukcji mostu przy założeniu $R_e = 189$ MPa wyniosłoby zatem $1,28 \cdot 174/189 = 1,18$. W takim przypadku trudno nie zakwalifikować konstrukcji jako nienośnej. Jeśliby całkowicie zanegować podejście konserwatywne, które zastosowałem

structures of similar age. After appropriate statistical processing, based on the obtained results, it would be possible to find the average, maximum and minimum values, and what is important in the present case, to determine the relationships between them. Ultimately, it would be possible to determine the values of the minimum yield point of the material being tested. Due to lack of such data, I accepted conservative attitude in my analysis, which resulted in some underestimation of load-carrying capacity of the bridge superstructure. With this in mind, I clearly pointed out that the possibility of exhaustion of its capacity is theoretical, which is associated just with relatively low strength of steel the bridge is built of, adopted in the verification, as well as with the strict requirements that are imposed on railway bridges by Eurocodes in terms of assumed loads and estimation of load-bearing capacity of the structure.

By analyzing the issue of load-carrying capacity of the bridge estimated for higher strengths and assuming the determined strength on an average level of $R_e = 237.6$ MPa, after the rough estimation we obtain the maximum load ratio of the bridge structure at the level of $1.28 \cdot 174/237.6 = 0.94$. However, taking no account of the results I obtained and assuming the value of $R_e = 220.0$ MPa for cast and wrought steel recommended by the International Union of Railways UIC, we would obtain the load ratio of $1.28 \cdot 174/220 = 1.01$ in the analyzed case. On the other hand, assuming the same yield point as in the case of cast steel, according to recommendations of the departmental standard UN 73 6222 at the level of $R_e = 210$ MPa, we obtain the load ratio of $1.28 \cdot 174/210 = 1.06$. Although in the first case there remains small 6% margin of load-carrying capacity, in the second case the load-carrying capacity of the structure is exceeded by 1%, and in the last one by about 6%. In addition, the value of the yield point was recommended by the International Union of Railways UIC almost 30 years ago (published in 1986), and by the standard UN 73 6222 over 50 years ago (the standard from 1962). Therefore, nowadays you can assume that these values should be lower and assuming the effect of aging resulting in a reduction in yield point recommended in 1962 by the standard UN 73 6222 by about 10%, now we get a value of about $R_e = 189$ MPa, which is only almost 9% higher than $R_{eH} = 174$ MPa I accepted. The load ratio of bridge structure, assuming $R_e = 189$ MPa, would therefore amount to $1.28 \cdot 174/189 = 1.18$. In this case, it is hard not to qualify the bridge as non-bearing structure. If we completely negate the conservative approach that I used in the conducted analysis, and reject the value of $R_{eH} = 174$ MPa as too low,

w przeprowadzonej analizie i odrzucić wartość $R_{eH} = 174$ MPa jako zbyt niską, osobiście w analizach tego typu obiektów skłaniałbym się już raczej za przyjmowaniem pewnych minimalnych, zalecanych przez normatywy i przepisy szczegółowe wartości granicy plastyczności uwzględniające efekt starzenia.

W pełni zgadzam się z wnioskami dr hab. inż. Bernarda Wichtowskiego, że ocena nośności mostów eksploatowanych długotrwale wymaga szerszego omówienia, ale według mnie również i usystematyzowania. Przede wszystkim należy opracować procedury na podstawie których należy dokonywać oceny nośności tego typu obiektów, bo trudno raczej przyjąć, że mogłyby one być weryfikowane na podstawie normatywów obowiązujących w momencie ich projektowania i budowy. Należy wziąć pod uwagę, że zbiór norm Eurokod będzie obowiązywał w Europie przez dłuższy czas, i będą to podstawowe przepisy regulujące kwestie nośności wszelkich obiektów budowlanych, stosowane przez kolejne pokolenia inżynierów i ekspertów w swoich opracowaniach. W mojej ocenie konieczne jest również określenie pewnej minimalnej wytrzymałości stali stosowanej do wykonania tego typu obiektów mostowych, tak aby mogłaby ona być stosowana w weryfikacjach inżynierskich obiektów, gdzie nie ma możliwości ścisłego jej wyznaczenia, lub są wątpliwości co do reprezentatywności wyników dla całego analizowanego obiektu.

Podzielam zdanie, że analizy nośności starych obiektów mostowych powinny być prowadzone również z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych. Decyzja o wzmocnieniu czy rozbiórce danego obiektu powinna być podejmowana na podstawie analizy wielu czynników, takich jak m.in. znaczne przekroczenie jego nośności oraz stwierdzenie uszkodzeń mogących prowadzić do awarii lub katastrofy. Odnosząc się do uwagi dotyczącej możliwości doprowadzenia do niepotrzebnej rozbiórki wielu podobnych obiektów mostowych na podstawie wyników mojej analizy, uwaga ta w mojej ocenie jest całkowicie nieuzasadniona. W diskutowanym artykule nie ma informacji i zalecenia, aby w podobnych sytuacjach od razu dokonywać wzmocnienia obiektu czy wręcz demontażu, i jak już wcześniej podałem, możliwość wyczerpania nośności analizowanego obiektu określona została jako teoretyczna. W przypadku obiektu analizowanego przeze mnie jego rozbiórka była spowodowana ogólnym bardzo złym stanem technicznym, a zarządca nie miał wglądu w wyniki mojej analizy nośności. Została ona wykonana przez mnie indywidualnie w okresie późniejszym, poza zakresem Pracy Badawczej Nr R04 007 01. Ty samymi wynikami omawianej analizy nie zostały ujęte w opracowaniu końcowym z pracy. Publikację moją sugerowałbym traktować jako próbę

I would rather, in analyzes of this type of objects, tempt personally to assume certain minimum values recommended by the standards and detailed rules regarding the specific yield point allowing for the aging effect.

I fully agree with the conclusions of Dr. Bernard Wichtowski that the assessment of the load carrying capacity of bridges with long-term operation life needs more attention, but also must be better systematized. First of all, the procedures should be elaborated, on the basis of which the load-carrying capacity of this type of objects must be performed, because it is rather difficult to assume that they could be verified on the basis of the applicable standards at the time of design and construction. There should be considered the fact that the Eurocodes will be valid in Europe for a long time, and they will be the basic rules regulating the load-carrying capacity of all buildings used for the next generation of engineers and experts in their studies. In my opinion, it is also necessary to define certain minimum strength of steel used for this type of bridge structures, so that it could be used in the verifications of engineering objects, where it is impossible to determine precisely their nature, or if there are any doubts as to the representativeness of the results for the whole analyzed object.

I agree that the analyses of the load-carrying capacity of old bridges should also be carried out with account of the economic aspects. Decision on strengthening or demolition of a given structure should be based on the analysis of many factors, such as, among others, significantly exceeded load-carrying capacity and damages that can lead to failure or crash. The remark regarding the possibility of bringing the unnecessary demolition of many similar bridges based on the results of my analysis, is totally unjustified in my opinion. The discussed article does not contain any information and recommendation, so as to strengthen or dismantle the object right away in similar situations, and as I already stated, the possibility of exhaustion of capacity of the analyzed object has been described as purely theoretical. In the case of the object being analyzed, its demolition was due to the overall very poor technical condition, and the manager had no insight into the results of my analysis of load-carrying capacity. I conducted it individually at a later date, beyond the scope of the Research Project No. 007 01 R04. Thus, the results of the current study were not included in the final paper. My paper should be regarded as an attempt to suggest a comprehensive approach to load-carrying capacity of bridges operated in a long period based on the current Eurocodes (with all the consequences of such an approach), and it is not a guideline,

kompleksowego potraktowania nośności mostów eksploatowanych przez okres długotrwały przy zastosowaniu aktualnych norm Eurokod (ze wszystkimi konsekwencjami takiego podejścia), a nie jako wytyczną, która arbitralnie nakazywałaby w sposób prosty i automatyczny podejmować decyzje co do dalszej eksploatacji danego obiektu. W mojej ocenie w przypadku obiektów, co do których stwierdzone jest przekroczenie ich nośności (oczywiście na pewnym akceptowalnym poziomie), ale są one we względnie dobrym stanie technicznym, obligatoryjnie powinno się wymagać dokonywania częstszych i bardziej szczegółowych przeglądów stanu technicznego, a decyzje co do dalszego postępowania opierać na wynikach i zaleceniach szczegółowych ekspertyz stanu technicznego.

which would arbitrarily dictate in a simple and automatic manner to take decisions regarding the further operation of a given object. In my opinion, in the case of objects being in relatively good condition, for which the load-carrying capacity is exceeded (of course, at a certain acceptable level), more frequent and detailed inspections of the technical condition should be obligatorily required, and decisions about further proceedings should be based on the findings and recommendations of the specific evaluations regarding the technical condition.