

Zbigniew RACZYŃSKI

BADANIA PARAMETRÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH PRZĘSŁA MOSTU MS-40

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań wytrzymałościowych przęsła mostu MS-40. Badania obejmowały statyczne obciążanie przęsła, zgodnie z wymaganiami normy dla modelu klasy MLC 70(T) - pojazdy gaśnicowe - i MLC 110(W) - pojazdy kołowe. W trakcie testów rejestrowano naprężenia w wytypowanych miejscach przęsła głównego i pomocniczego mostu.

Słowa kluczowe: przęsło mostu, badania tensometryczne, naprężenia, obciążenie, ugięcie.

1. WPROWADZENIE

Projekt rozwojowy pt. „Mobilny most składany MLC 70/110 do pokonywania średnich przeszkód wodnych i terenowych” jest pracą badawczo-rozwojową, mającą na celu opracowanie mostu do pokonywania przeszkody o rozpiętości do 40 metrów.

Początki prac nad tematem sięgają roku 2008, w którym rozpoczęto realizację projektu. Opracowanie docelowej konstrukcji modelu zostało poprzedzone pracami symulacyjnymi, których celem było opracowanie przęsła, spełniającego założenia taktyczno-techniczne oraz techniczno-konstrukcyjne przewidziane dla tego mostu.

Opracowany, a następnie wykonany zgodnie z dokumentacją konstrukcyjną model przęsła (rys. 1) należało poddać badaniom, potwierdzającym spełnienie przyjętych założeń.

Badany egzemplarz przęsła jest trzecią wersją modelu, do którego zostały wprowadzone zmiany konstrukcyjne i udoskonalenia, wynikające z wyników wcześniejszych badań [2].

W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań wytrzymałościowych konstrukcji nośnej przęsła, wykonanych podczas badań modelu mostu MS-40 „DAGLEZJA S”.



Rys. 1. Szkic przęsła głównego mostu MS-40 z podporami wysuwными

2. OCZUJNIKOWANIE MODELU PRZĘSŁA MOSTU MS-40

Odwzorowanie przęsła mostu modelem wytrzymałościowym i otrzymane wyniki obliczeń [1] pozwoliły wytypować miejsca, w których można się spodziewać największych naprężeń konstrukcji mechanicznej podczas przejazdu przez most pojazdów gaśnicowych klasy MLC 70 oraz pojazdów kołowych klasy MLC 110.

W miejscach wytypowanych przez konstruktorów OBRUM [3] w połowie długości mostu, na dolnym pasie przęsła głównego naklejono sześć tensometrów typu TFs-10 (rys. 2), oznaczonych odpowiednio jako: t1 ÷ t3 oraz t9 ÷ t11. Na przęśle pomocznym, stanowiącym

element nośny podczas rozkładania segmentów przęsła głównego (konstrukcja stalowa o kształcie prostokątnym) w połowie długości naklejono dwa tensometry: t6 (na górze) i t7 (od spodu).

Tensometry naklejono tak, aby kierunek bazy pomiarowej był usytuowany równolegle do osi podłużnej badanego przęsła.

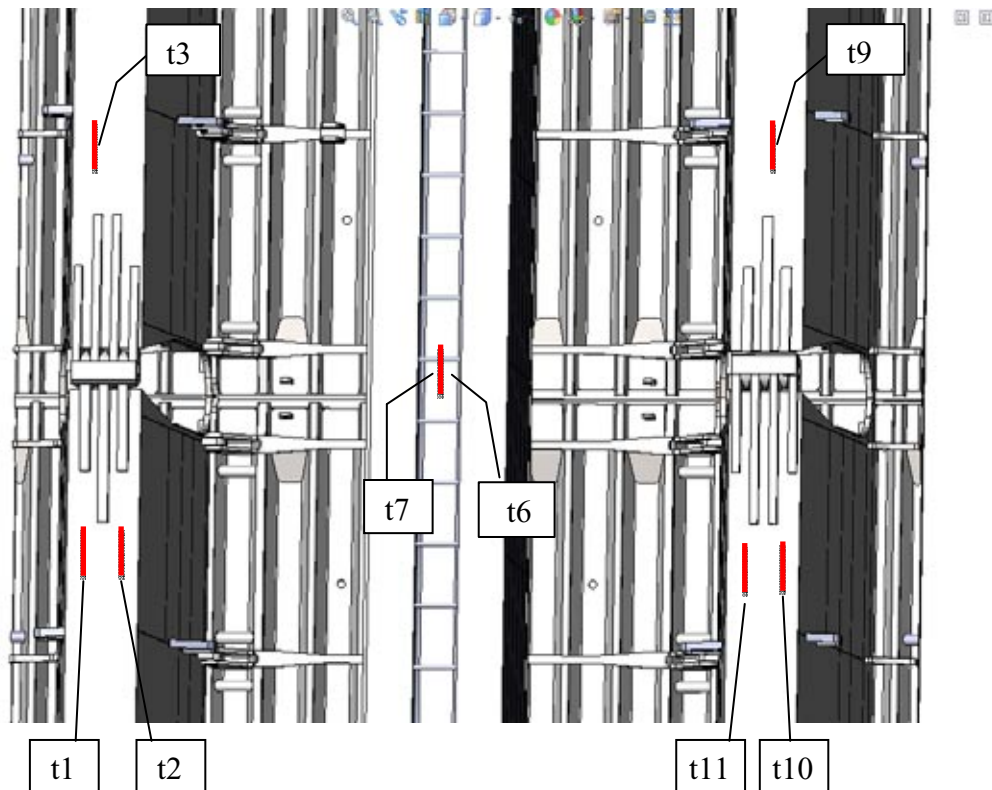
Aby móc ocenić wytrzymałość konstrukcji całego przęsła, a nie tylko w jego dolnym pasie, w połowie długości przęsła głównego w wybranych miejscach naklejono ponadto cztery pojedyncze tensometry (kierunek bazy pomiarowej równolegle do osi podłużnej przęsła), oznaczone na rys. 3 odpowiednio numerami: t4, t5, t8 i t12.

Dla oceny naprężeń w innych miejscach przęsła, dodatkowo naklejono jeszcze dwa tensometry: t13 i t14 (nie pokazano na rysunkach).

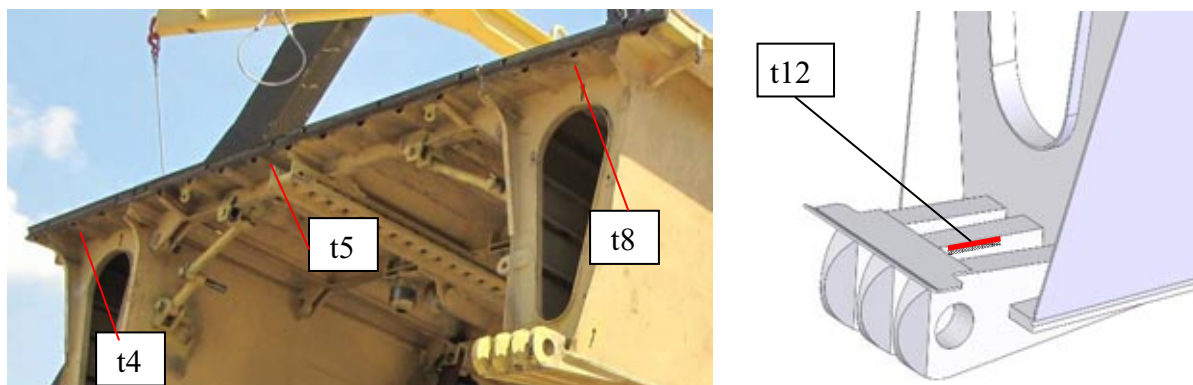
Wszystkie tensometry zostały podłączone do wielokanałowej aparatury rejestrującej UPM60 firmy HBM (rys. 4), umożliwiającej zbieranie otrzymanych wyników pomiarowych wydłużeń względnych z czujników tensometrycznych. Kompensację temperaturową tensometrów zapewnia sposób podłączenia do UPM60 poprzez listwę przyłączeniową VT21 z podłączonym tensometrem kompensacyjnym tego samego typu (praca każdego kanału tensometrycznego w układzie półmostkowym).

Do pomiaru strzałki ugięcia w środku obciążanego przęsła zastosowano potencjometryczny czujnik przesunięcia o zakresie 600 mm o błędzie nieliniowości $\pm 0,05\%$ firmy Buster (rys. 4), podłączony do aparatury Scadas Mobile firmy LMS International oraz laserowy miernik odległości DISTO A5 firmy Leica.

W załączniku 1 do artykułu przedstawiono zdjęcia, pokazujące miejsca z wybranymi tensometrami naklejonymi na badanym przęśle głównym.



Rys. 2. Szkic rozmieszczenia tensometrów na dolnym pasie segmentu środkowego przęsła głównego i na przęśle pomocniczym



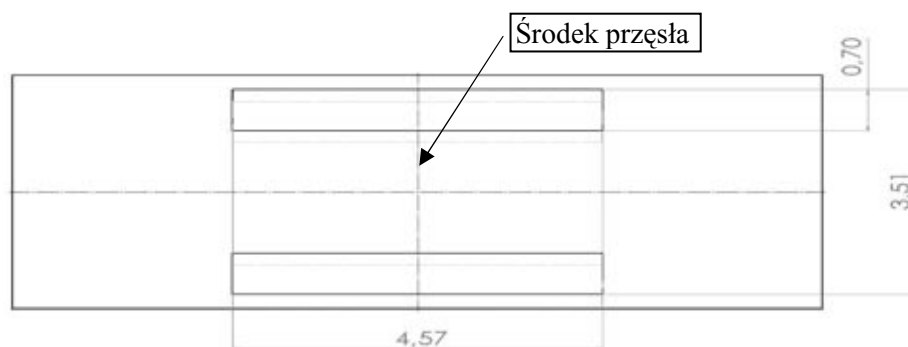
Rys. 3. Miejsce rozmieszczenia innych tensometrów na segmencie środkowym przęsła głównego



Rys. 4. Widok przetwornika przesunięcia i aparatury pomiarowej

3. PRÓBY WYTRZYMAŁOŚCIOWE PRZĘSŁA DLA KLASY MLC 70 – POJAZDY GAŚNIENICOWE [5]

Do zadawania obciążeń przęsła wg normy STANAG 2021 dla pojazdów gaśnicowych klasy MLC 70(T), przygotowano specjalną ramę technologiczną (powierzchnia styku ramy z przęsłem o długości ok. 4,57 m i szerokości ok. 0,7 m z podkładkami z twardej gumy o grubości 45 mm), imitującą gaśnicę czołgu. Ramę położono w osi przęsła jak na rys. 5.



Rys. 5. Wymiary ramy technologicznej symulującej obciążenie MLC 70(T) i jej usytuowanie na przęsle

3.1 Wpływ masy przęsła na obciążenie mostu

Przyjęto, że masa własna przęsła rozłożona jest równomiernie. W konkretnym przypadku, obciążenie jednostkowe ciężarem własnym badanego przęsła mostu MS-40 wynosi:

$$q_p \approx 9,8 \text{ kN/m}$$

Odległość pomiędzy osiami podpór przęsła wynosi: $L = 43,7 \text{ m}$.

Moment gnący w przekroju środkowym wynosi więc:

$$M_d = 1/8 \cdot q_p \cdot L^2 = 2340 \text{ kNm} \quad (1)$$

Taki sam moment otrzyma się przy obciążeniu skupionym zastępczym D , obliczonym ze wzoru:

$$D = M_d \cdot 4/L = 214,2 \text{ kN (21,8 t)} \quad (2)$$

Dla właściwej oceny całkowitego wyężenia konstrukcji, należało rozróżnić naprężenia od ciężaru własnego przęsła głównego i obciążeń użytkowych. W tym celu wykonano następujące czynności.

Przęsło zostało podparte z jednej strony na podporach własnych, a z drugiej strony na specjalnej ramie technologicznej (rys. 6) i wypoziomowane. Konstrukcja ramy technologicznej z prawej strony rysunku (z siłownikami hydraulicznymi) umożliwiła badanie przęsła na cykliczne obciążenia zmęczeniowe (nie jest tematem niniejszego artykułu).



Rys. 6. Sposób podparcia końców przęsła głównego mostu

W celu pomiaru naprężeń od ciężaru własnego przęsła, należało je odciążyć siłą przyłożoną w środku przęsła, równą obciążeniu skupionemu zastępczemu D (214,2 kN), obliczonemu ze wzoru (2). W tym celu środek przęsła został podciągnięty do góry suwnicą za pośrednictwem dynamometru, do uzyskania wskazań ok. 214,2 kN. W tym stanie wyzerowano wskazania aparatury tensometrycznej.

Następnie przęsło wróciło do położenia spoczynkowego i wykonano pomiar naprężeń σ_{do} od ciężaru własnego przęsła.

Wyniki zmierzonych naprężeń od ciężaru własnego przęsła przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Wyniki pomiarowe naprężeń od ciężaru własnego przęsła

	Nr tensometru													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
σ_{do} [MPa]	94	91	102	-42	-25	-5	-1	-49	105	91	89	69	-13	22

Największe wartości naprężeń od ciężaru własnego przęsła wystąpiły w dolnych pasach przęsła i wynosiły ok. 100 MPa.

Ponieważ w trakcie badań aparatura tensometryczna nie była powtórnie zerowana, zmierzone wartości naprężeń od ciężaru własnego przęsła były automatycznie dodawane do naprężeń mierzonych podczas prób obciążania przęsła mostu.

3.2 Próby przęsła z obciążeniem granicznym dla klasy MLC 70

Dla obciążeń klasy MLC70 (pojazdy gaśnicowe) [4], masa pojazdu wynosi: $G = 63,5$ t. Stąd wymagane (zgodnie z [4]) są następujące obciążenia przęsła mostu:

$$\text{- obciążenie nominalne (working load) - } P' = 1,075 \cdot (D+G) = 89,8 \text{ t} \quad (3)$$

$$\text{- przeciążenie (overload) - } O' = 1,33 \cdot P' = 119,4 \text{ t} \quad (4)$$

$$\text{- obciążenie graniczne (ultimate load) - } U' = 1,5 \cdot P' = 134,6 \text{ t} \quad (5)$$

Uwaga: Przy szacowaniu obciążenia nominalnego P' , współczynnik 1,075, wynika z uwzględnienia wpływu wszystkich innych czynników mniejszego rzędu na obciążenie przęsła [4].

Dla niskich klas obciążenia przyjmuje się go na poziomie 1,15 (do MLC 30), potem liniowo się go redukuje do 1,075 dla klas średnich (MLC 60 i wyżej). Dla klasy powyżej MLC 100, współczynnik ten jest pomijany.

Ponieważ obciążenie zakładane było na istniejące przęsło o obciążeniu skupionym zastępczym D , to dodatkowe obciążanie przęsła ciężarem dla klasy MLC 70 powinno być zmniejszone o tą wartość i będzie wynosiło odpowiednio:

$$P = P' - D; \quad O = O' - D; \quad U = U' - D \quad (6)$$

W rozpatrywanym przypadku:

- obciążenie nominalne - **$P = 68$ t;**
- przeciążenie - **$O = 97,6$ t;**
- obciążenie graniczne - **$U = 112,8$ t.**

Obciążenie zastępcze D przęsła stanowi ok. 32% obciążenia nominalnego i ok. 19% obciążenia granicznego (MLC70 – gaśnicowe).

Obciążanie przęsła (podpartego na podporach) wykonano następująco.

Na ramę kładziono sukcesywnie bloki betonowe, po dwa w jednej warstwie. Krok obciążenia ok. 16 t. Bloki ważono w momencie kładzenia na przęsło. Podczas obciążania przęsła została uwzględniona masa ramy technologicznej, wynosząca 1,64 t.

Obciążenie zwiększano stopniowo (rys. 7), rejestrując naprężenia i ugięcia z obu stron przęsła. Każde z obciążeń było utrzymywane przez 2 minuty.

Wartości obliczeniowe obciążeń: „ P'' ” – 68 t; „ O'' ” – 97,6 t; „ U'' ” – 112,8 t.

Wartości rzeczywiste obciążeń: „ P_r'' ” – 70,5 t; „ O_r'' ” – 96,5 t; „ U_r'' ” – 113,7 t.



Rys. 7. Pręśła w trakcie próby „P” – dla obciążenia gąsienicowego

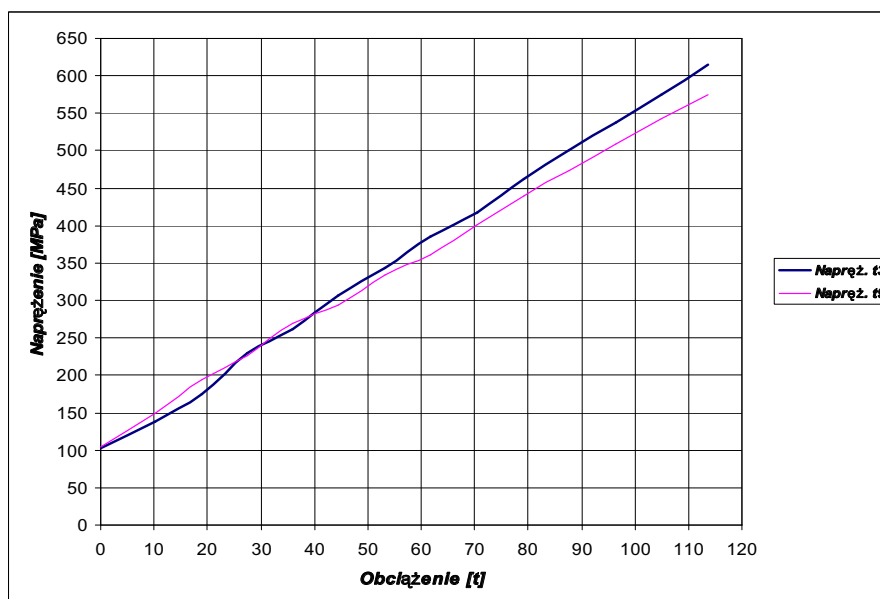
Próba przeciążeniowa pręśła była wykonywana trzy razy, z przetrzymaniem zadanego obciążenia „O_r” każdorazowo przez 30 minut.

Próba obciążenia granicznego była wykonywana tylko jeden raz, z przetrzymaniem zadanego obciążenia „U_r” przez 30 minut.

W tabelicy 2 przedstawiono wyniki pomiaru naprężeń w punktach tensometrycznych dla uzyskanych obciążeń rzeczywistych „P_r”, „O_r” i „U_r”.

Tablica 2. Wartości naprężeń w punktach tensometrycznych dla obciążeń „P_r”, „O_r” i „U_r”.

Obciążenie	Naprężenie	Nr tensometru													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
„P _r ” 70,5 t	σ _p [MPa]	372	367	417	-183	-79	-100	90	-169	402	320	336	239	-79	103
„O _r ” 96,5 t	σ _o [MPa]	481	476	538	-217	-94	-133	145	-199	508	399	423	296	-71	115
„U _r ” 113,7 t	σ _u [MPa]	551	546	610	-240	-109	-163	178	-219	575	451	476	328	-53	130

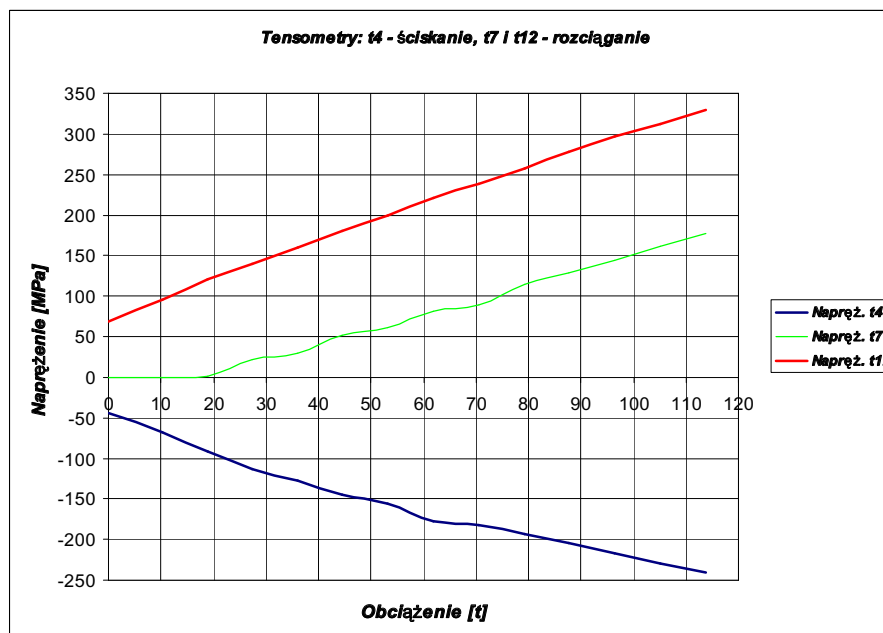


Rys. 8. Naprężenia zmierzone tensometrami t3 i t9 - dla obciążenia gąsienicowego

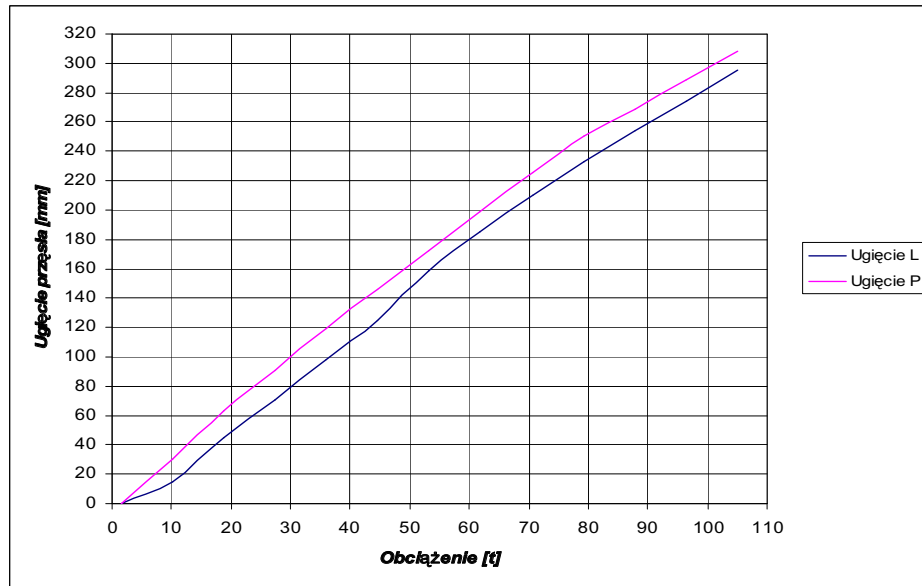
Największe naprężenia zarejestrowano w osiach pasów dolnych przęsła głównego.

Na rys. 8 i 9 przedstawiono wykresy naprężeń mierzonych wybranymi tensometrami, a na rys. 9 wykres strzałki ugięcia przęsła mostu od obciążenia.

Naprężenia od ciężaru własnego przęsła głównego mostu dla analizowanych pasów dolnych wynoszą ok. 100 MPa, dlatego wykres (Rys. 8) jest podniesiony o tę wartość.



Rys. 9. Naprężenia zmierzone tensometrami t4, t7 i t12 - dla obciążenia gąsienicowego



Rys. 10. Strzałka ugięcia, mierzona na środku przęsła mostu MS-40 - dla obciążenia gąsienicowego

Z charakterystyki ugięć przęsła (rys. 10) wynika, że strony lewa i prawa przęsła różnią się nieznacznie. Jest to wynik wstępnego luzu posadowienia mostu z jednej strony na stanowisku. Po jego wybraniu, charakterystyki ugięć są jednakowe w granicach błędu.

Charakter odkształceń wskazuje na rosnący udział przęsła pomocniczego w przyjmowaniu obciążeń (sztywność przęsła wzrasta – mniejszy przyrost ugięcia przęsła od obciążenia).

Na przęsle głównym i pomocniczym nie stwierdzono wyboczeń i pęknięcia spoin.

Odształcenie trwałe na strzałce ugięcia, po wszystkich trzech próbach („P”, „O”, „U”), wyniosło 2 mm.

Wzór na statyczny współczynnik bezpieczeństwa przęsła mostu w odniesieniu do granicy plastyczności jest następujący:

$$X_k = R_e / \sigma_{Px} \quad (7)$$

gdzie:

X_k - k-ta wartość statycznego współczynnika bezpieczeństwa,

σ_{Px} - zmierzone naprężenie tensometrem t_x przy obciążeniu nominalnym [MPa],

R_e - granica plastyczności materiału przęsła [MPa],

Największe naprężenia występowały w dolnym pasie przęsła i dochodziły do $\sigma_{P3} = 417$ MPa. Dla zastosowanej stali XABO, $R_e = 1100$ MPa. Zatem statyczny współczynnik bezpieczeństwa dla badanego modelu przęsła z obciążeniem klasy MLC70 (pojazdy gąsienicowe) oszacowany na podstawie pomiarów ze wzoru (7) wynosi:

$$X_1 = 1100/417 = 2,63$$

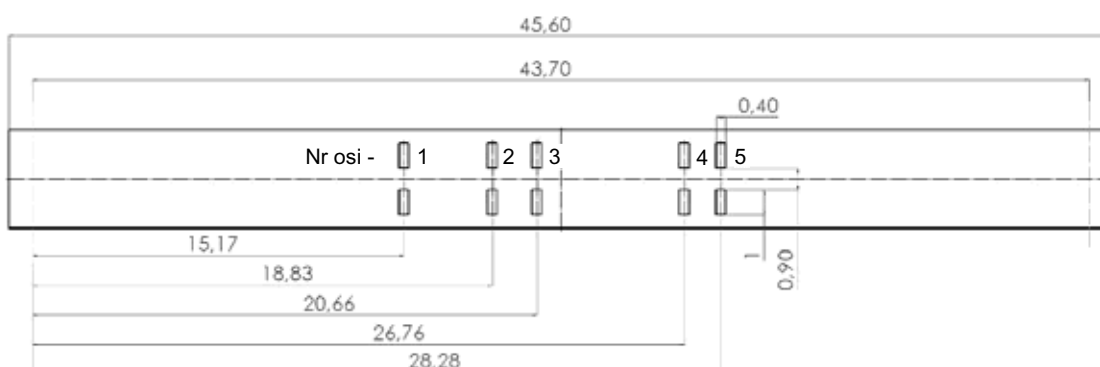
Uzyskana wartość X_1 jest znacznie większa od wymaganego statycznego współczynnika bezpieczeństwa przęsła mostu w odniesieniu do granicy plastyczności $X_B \geq 1,5$ (wymóg ZTT na most MS-40, pkt 5.13.1) [6].

4. PRÓBY WYTRZYMAŁOŚCIOWE PRZĘSŁA DLA KLASY MLC 110 – POJAZDY KOŁOWE [5]

Przygotowanie do prób obciążania przęsła mostu pojazdem klasy MLC110 było analogiczne do przygotowania opisanego w pkt. 3 artykułu. Dla odwzorowania nacisku kół na jezdnię przęsła zastosowano 10 miękkich podkładek o wymiarach 1,0 m x 0,4 m, odwzorowujących powierzchnię kontaktu kół pojazdu wzorcowego na przęsło (STANAG 2021).

Podkładki rozmieszczono na przęsle w sposób jak na rys. 11 tak, by środek ciężkości zestawu obciążeń w przybliżeniu pokrywał się ze środkiem geometrycznym w osi podłużnej przęsła. Odległości pomiędzy podkładkami (rozstaw osi) wynikają z modelu pojazdu wzorcowego dla klasy MLC 110 (W).

Przed próbami wyzerowano układ pomiarowy tak, by mierzone naprężenia uwzględniały udział ciężaru własnego przęsła (tak jak przed próbami w pkt. 3.1).



Rys. 11. Szkic rozmieszczenia podkładek gumowych na przęsle

4.1. Próby przęsła z obciążeniem granicznym dla klasy MLC 110

Dla obciążeń klasy MLC110 (pojazdy kołowe) [4], masa zestawu wynosi: $G = 114,8$ t.

Obciążenie nominalne (working load) przęsła zgodnie ze wzorem (3) wynosi (patrz **Uwaga** – pkt 3.2): $P' = G + D = 136,6$ t, a obciążenia O' (overload) i U' (ultimate load) zgodnie ze wzorami (4) i (5) wynoszą odpowiednio 181,7 t i 204,9 t.

Stąd, po odjęciu obciążenia skupionego zastępczego D zgodnie ze wzorem (6), wartości obciążeń przęsła będą wynosić odpowiednio:

$$P = 114,8 \text{ t}; \quad O = 159,9 \text{ t}; \quad U = 183,1 \text{ t}.$$

Obciążenie zastępcze D przęsła stanowi ok. 19% obciążenia nominalnego i ok. 12% obciążenia granicznego (MLC110 – kołowe).

Teoretyczny nacisk osi pojazdu kołowego na przęsło (o rozstawie osi zgodnie z rys. 11) powinien być następujący (Tablica 3):

Tablica 3. Teoretyczny nacisk osi pojazdu kołowego na przęsło

Oś 1	Oś 2	Oś 3	Oś 4	Oś 5	Suma
[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
15	30	30	19,9	19,9	P (114,8)
21	42	42	27,45	27,45	O (159,9)
23,9	47,8	47,8	31,8	31,8	U (183,1)

Wartości obliczeniowe obciążeń: „P” – 114,8 t; „O” – 159,9 t; „U” – 183,1 t.

Wartości rzeczywiste obciążeń: „P_r” – 111,2 t; „O_r” – 163,2 t; „U_r” – 184,2 t.

Obciążanie wypoziomowanego przęsła na podporach wykonano następująco.

Na przęsło z ułożonymi podkładkami gumowymi (rys. 11) kładziono sukcesywnie bloki betonowe. Obciążenie zwiększano stopniowo ze średnim krokiem ok. 8,5 t, rejestrując naprężenia i ugięcia z obu stron przęsła.

Każde z obciążeń było utrzymywane przez 2 minuty.

Próba przeciążeniowa przęsła była wykonywana trzy razy, z przetrzymaniem zadanego obciążenia „O_r” przez 30 minut.

Próba obciążenia granicznego była wykonywana tylko jeden raz, z przetrzymaniem zadanego obciążenia „U_r” przez 30 minut. Ze względu na wyczerpanie zapasu bloków betonowych, ostatnie obciążenie zrealizowano dodatkowymi ciężarami stalowymi (rys. 12).



Rys. 12. Widok przęsła obciążonego ciężarami w próbie „U” - dla obciążenia kołowego

Z braku możliwości technicznych, rzeczywiste naciski poszczególnych osi na badane przęsło nie były sprawdzane.

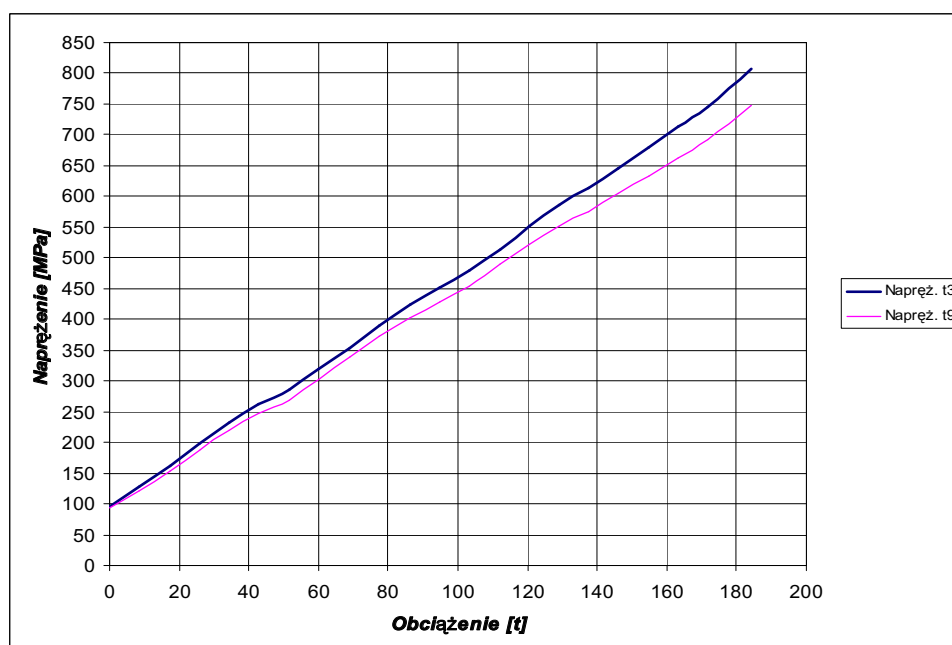
W tablicy 4 przedstawiono wyniki pomiaru naprężeń w punktach tensometrycznych dla uzyskanego obciążenia rzeczywistego przęsła „P_r”, „O_r” i „U_r”.

Największe naprężenia zarejestrowano w osiach pasów dolnych przęsła głównego.

Tablica 4. Wartości naprężeń w punktach tensometrycznych dla obciążeń „P_r”, „O_r” i „U_r”.

Obciążenie	Naprężenie	Nr tensometru													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
„P _r ” 111,2 t	σ_P [MPa]	467	469	514	-188	-106	-160	173	-178	489	396	415	287	-1	116
„O _r ” 163,2 t	σ_O [MPa]	650	653	713	-248	-147	-235	238	-237	662	543	569	383	17	167
„U _r ” 184,2 t	σ_U [MPa]	731	737	807	-274	-160	-267	279	-257	747	610	630	428	8	190

Na rys. 13 i 14 przedstawiono wykresy naprężeń mierzonych wybranymi tensometrami, a na rys. 15 wykres strzałki ugięcia przęsła mostu od obciążenia.

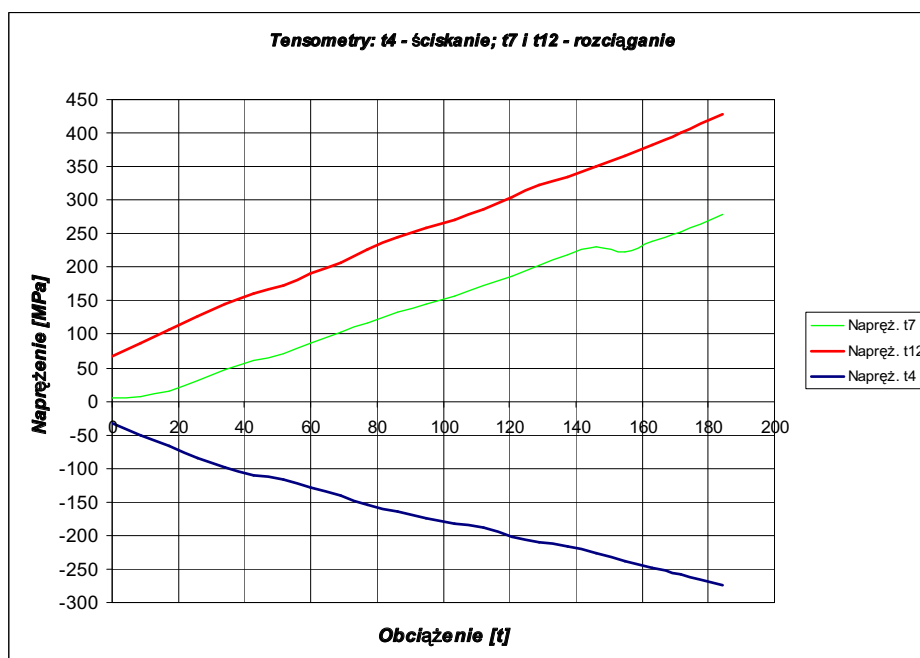


Rys. 13. Naprężenia zmierzone tensometrami t3 i t9 - dla obciążenia kołowego

Charakter odkształceń jest praktycznie liniowy. Dopiero po przekroczeniu obciążenia 140 t pojawia się niewielka nieliniowość (szybszy przyrost naprężeń na wykresie rys. 13).

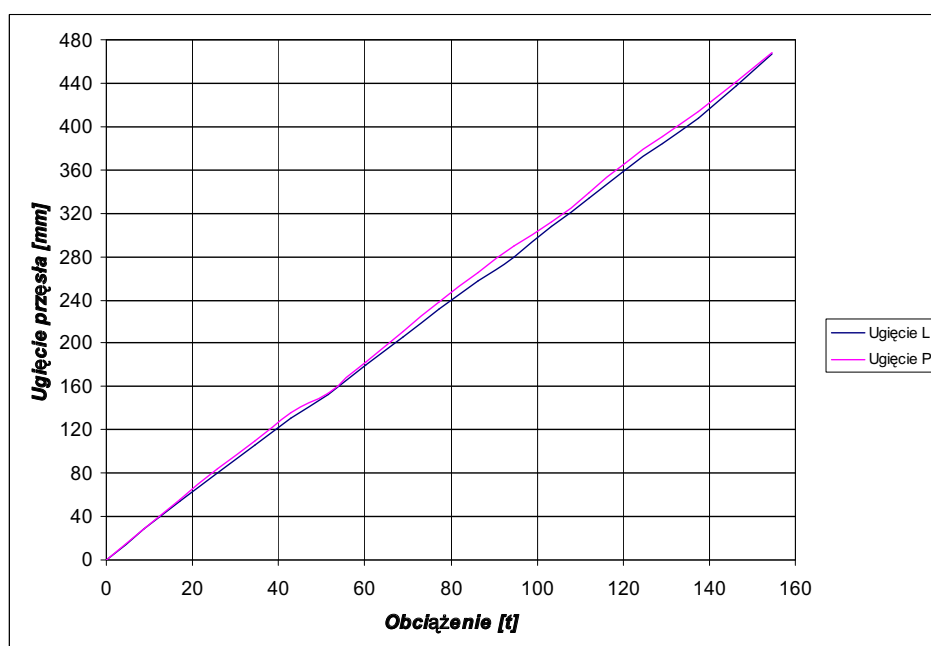
Z charakterystyki ugięć (rys. 15) wynika, że strony lewa i prawa nie różnią się. Po wcześniejszych obciążeniach przęsła, wszelkie możliwe luzy zostały usunięte.

Na przęśle głównym i pomocniczym nie stwierdzono wyboczeń i pęknięcia spoin.



Rys. 14. Naprężenia zmierzone tensometrami t4, t7 i t12 - dla obciążenia kołowego

Łączne odkształcenie plastyczne na strzałce ugięcia, po próbach przeciążeniowych („O”) i obciążeń granicznych („U”) wyniosło 12 mm.



Rys. 15. Strzałka ugięcia mierzona na środku przęsła mostu MS-40 - dla obciążenia kołowego

Naprężenia w dolnym pasie przęsła dochodziły do $\sigma_{P3} = 514$ MPa (dla zastosowanej stali XABO, $R_e = 1100$ MPa). Korzystając ze wzoru (4), statyczny współczynnik bezpieczeństwa dla modelu obciążenia klasy MLC110 (pojazdy kołowe) oszacowany na podstawie pomiarów (dla rozciąganego pasa dolnego) wynosi:

$$X_2 = 1100/514 = 2,14$$

Uzyskana wartość X_2 jest większa od wymaganego statycznego współczynnika bezpieczeństwa przęsła mostu w odniesieniu do granicy plastyczności $X_B \geq 1,5$ (wymóg ZTT na most MS-40, pkt 5.13.1) [6].

Naprężenia ściskające w pasie górnym (gdzie mogło wystąpić wyboczenie) wyniosły maksymalnie $\sigma_{P4} = 188$ MPa (tensometr t4).

Jako dopuszczalną granicę naprężeń ściskających można orientacyjnie przyjąć połowę wartości R_e (dla zastosowanej na pas górny stali, $R_e = 980$ MPa). Daje to wartość graniczną 490 MPa.

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule wyniki testów przęsła obejmują jedynie wybrany, ograniczony zakres badań wytrzymałościowych modelu mostu MS-40.

Przeprowadzono badania statycznego obciążania przęsła zgodnie z wymaganiami normy dla pojazdów klasy MLC70 (pojazdy gaśnicowe) oraz MLC110 (pojazdy kołowe).

Z otrzymanych wyników pomiarów tensometrycznych widać, że podczas badań przęsła z obciążeniem granicznym „U” największe naprężenia (występujące w dolnym pasie przęsła głównego) nie przekroczyły 810 MPa. W dolnym pasie przęsła zastosowano blachy o wytrzymałości $R_e = 1100$ MPa. Przęsło nie uległo uszkodzeniu.

Analiza wyników pomiarowych odkształcenia trwałego przęsła pokazuje, że łączne odkształcenie plastyczne po próbach przeciążeniowych „O” i obciążenia granicznego „U” (dla klasy MLC 110) na strzałce ugięcia wyniosło tylko 12 mm.

6. LITERATURA

- [1] Rusiński E., Iluk A.: Wykonanie obliczeń wytrzymałościowych głównego przęsła mostu MS-40. Raport nr SPR 34/2010 Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010 (niepublikowane).
- [2] Markiewicz K., Tomaszewski St., Iluk A.: Weryfikacja konstrukcji przęsła mostu wsparcia. Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe (31) nr 3, 2012 (str. 87 - 96). OBRUM sp. z o.o. Gliwice.
- [3] Pismo wewnętrzne OBRUM do Biura Badań OBRUM/RR/1989/2013: Wytypowanie punktów pomiarowych na przęsła głównym i pomocniczym MS-40 (nie publikowane).
- [4] Connor R. Hornbeck K. Kluck J.: Trilateral Design and Test Code for Military Bridging and Gap-Crossing Equipment. US, January 2005.
- [5] OBRUM/RB/867/2013: Sprawozdanie z badań wytrzymałościowych przęsła mostu MS-40 „DAGLEZJA-S”, wrzesień 2013. Opracowanie OBRUM sp. z o.o. (nie publikowane).
- [6] Założenia Taktyczno-Techniczne na most składany MLC 70/110 do pokonywania średnich przeszkód wodnych i terenowych kryptonim DAGLEZJA-S. Departament Polityki Zbrojeniowej MON, Warszawa 2007.
- [7] Hoffman K.: Eine Einführung In die Technik des Messens mit Dehnungsmeßstreifen. HBM GmbH, Darmstadt 1987.

7. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1: Miejsca naklejenia wybranych tensometrów.

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE MS-40 BRIDGE SPAN

Abstract. The paper presents selected results of strength tests of the MS-40 bridge span. The tests included static loading of the bridge as specified by the standard for MLC 70 (T) class - tracked vehicles - and MLC 110 (W) class - wheeled vehicles. Stresses in selected points of the main and auxiliary spans of the bridge were recorded during the tests.

Keywords: bridge span, tensometric tests, stresses, load, deflection

Załącznik 1. Miejsca naklejenia wybranych tensometrów**Tens. t1 i t2 – prawy dolny pas segmentu środkowego przęśla głównego****Tens. t9 – lewy dolny pas segmentu środkowego przęśla głównego****Tens. t7 – dolny pas segmentu środkowego przęśla pomocniczego****Tens. t4 i t13 – spód jezdni i pionowa ścianka segmentu środkowego przęśla głównego****Tens. t12 – ucho przy sworzniu przęśla głównego****Tens. t14 – prawy dolny pas segmentu najazdowego przęśla głównego**