



Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Road and Bridge Research Institute
Institut de Recherche des Ponts et Chaussées
Forschungsinstitut für Strassen und Brücken

ZAKŁAD MOSTÓW
03-302 WARSZAWA, UL. INSTYTUTOWA 1

Na podstawie umowy nr 3/10/2020 z dnia 9.10.2020 r.

Ekspertyza uszkodzeń łóżysk mostu MA268 zlokalizowanego w km 406+726 autostrady A2 przez rz. Rawkę w m. Bolimów

mgr inż. Tomasz Gajda

Kierownik Zakładu Mostów

Opracowali:

mgr inż. Artur Sakowski

mgr inż. Aleksandra Jivan-Coteti

Rafał Mróz

Warszawa, listopad 2020 r.

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Opracowanie zostało wykonane na podstawie umowy nr 3/10/2020 z dnia 9.10.2020 r. zawartej pomiędzy Skarbem Państwa – Generalnym Dyrektorem Dróg Krajowych i Autostrad (Oddział Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Łodzi, ul. Irysowa 2, 91-857 Łódź) a Instytutem Badawczym Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa.

2. MATERIAŁY WYKORZYSTANE DO WYKONANIA NINIEJSZEGO OPRACOWANIA

Przy wykonaniu niniejszego opracowania wykorzystano następujące materiały:

- [1] Projekt architektoniczno – budowlany obiektu, pn. Projekt i budowa autostrady A-2 Stryków – Konotopa, Obiekt budowlany: Odcinek B – od km 394+500,00 do km 411+465,80, Tom III/19, Obiekt MA-268+PZd (PZDzd 5), 04.2010 r. (przekazany przez Zamawiającego)
- [2] Raport z Przeglądu Szczegółowego obiektu mostowego nr: TPM-442/TP-67/2017/10 i nr: TPM-442/TP-67/2017/11, sierpień 2017 r. (przekazane przez Zamawiającego)
- [3] Wybrane tomy dokumentacji powykonawczej i wykonawczej mostu (przekazane przez Zamawiającego)
- [4] Wyniki wizji lokalnej i inwentaryzacji mostu i łożysk, wykonanych przez pracowników Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w dniach: 7 i 21 października oraz 10, 18 i 19 listopada 2020 r.
- [5] Zalecenia dotyczące doboru mostowych urządzeń dylatacyjnych oraz ich wbudowania i odbioru. Załącznik do Zarządzenia Nr 4 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 24 stycznia 2007 roku
- [6] PN-85/S-10030 Obiekty mostowe. Obciążenia
- [7] PN-EN 1337-5 Łożyska konstrukcyjne - Część 3: Łożyska garnkowe
- [8] Dz.U.2000.63.735 Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie

3. IDENTYFIKACJA OBIEKTU

Obiektem ekspertyzy jest most autostradowy, dwujezdniowy MA-268+PZd w ciągu autostrady A-2 Stryków – Konotopa, zlokalizowany od km 406+726,550 do km 407+321,550, nad rzeką Rawką, korytarzem ekologicznym oraz drogami dojazdowymi klasy D(L). Obiekt zlokalizowany jest w powiecie skierniewickim, gm. Bolimów, woj. łódzkie. Lokalizację obiektu na mapie przedstawia Rys. 1.



Rys. 1 Lokalizacja mostu (zaznaczono czerwonym kolorem)

4. ZAKRES OPRACOWANIA

Zakres opracowania obejmuje:

- przeprowadzenie inspekcji i oględzin obiektu, w tym wyszczególnienie stwierdzonych uszkodzeń/wad łożysk w formie opisowej i zdjęciowej (zdjęcia umieszczone w załączniku nr 1 do niniejszego opracowania);
- ocenę stanu technicznego łożysk i mostu wraz z wnioskami z przeprowadzonej inspekcji;
- analizę obliczeniową konstrukcji mostu i zastosowanych łożysk;
- opracowanie wniosków i zaleceń odnośnie dalszego użytkowania i eksploatacji obiektu, w świetle uszkodzeń łożysk, w tym przedstawienie programu naprawczego łożysk.

5. OPIS TECHNICZNY MOSTU

Most stanowią dwa odrębne obiekty, po jednym dla każdego kierunku ruchu autostrady A2 Poznań – Warszawa. Obiekt składa się z dwóch równoległych nitek, mostu północnego – N oraz mostu południowego - S.

Most stanowi konstrukcja z dźwigarów stalowych zespolonych z żelbetową (monolityczną) płytą pomostu jako belkę ciągłą podpartą na łożyskach garnkowych. Konstrukcja opiera się na masywnych przyczółkach oraz ściankowych podporach pośrednich, zamocowanych w płytach fundamentowych zwieńczających pale. Obiekt posadowiony jest na palach. Most wybudowano i oddano do użytkowania w 2012 roku. Most został zaprojektowany jako obiekt 11 przęsłowy.

Konstrukcja nośna składa się z dwóch dźwigarów, blachownic stalowych o zmiennej wysokości od 2,30 m do 4,70 m, o stałej szerokości pasów dolnych i górnych wynoszących 1,0 m, stężonych na całej długości poprzecznicami, w rozstawie wynoszącym 5,0 m. Dźwigary i poprzecznice włączone są do współpracy z żelbetową płytą pomostu za pomocą sworzni, opórek trzpieniowych o średnicy 22 mm. Pochylenie niwelety jezdni na obiekcie wynosi 0,5%.

Podstawowe dane techniczno-konstrukcyjne mostu, na podstawie [1 i 3]:

- szerokość całkowita (most N i most S): 36,80 m
- szerokość jednej nitki: 17,90 m
- długość całkowita: 630,95 m (w końcach skrzydeł)
- długości teoretyczne w osiach podparć:
 - dla mostu N: $35,0\text{m}+50,0\text{m}+55,0\text{m}+2\times 85,0\text{m}+5\times 50,0\text{m}+35,0\text{m} = 595,0\text{m}$
 - dla mostu S: $35,0\text{m}+50,0\text{m}+50,0\text{m}+2\times 85,0\text{m}+55,0\text{m}+4\times 50,0\text{m}+35,0\text{m}=595,0\text{m}$
- wysokość konstrukcyjna: 2,956 m do 5,356m
- grubość płyty pomostu: 0,25m do 0,35m
- klasa obciążenia: „A” wg PN-85/S-10030 – cały obiekt, oraz klasa 150 wg STANAG 2021 – pomost;
- ciężar pojazdów dopuszczonych do ruchu po obiekcie: 50t (dla klasy A wg PN-85/S-10030).

Podstawowe dane materiałowe mostu, na podstawie [1]:

- zabudowy: kapa i gzyms - beton: B30, stal zbrojeniowa: AIIIN;
- ustrój nośny – ruszt stalowy stal konstrukcyjna: S355;
- ustrój nośny – płyta żelbetowa beton: B40, stal zbrojeniowa: AIIIN;
- przyczółki - beton: B35, stal zbrojeniowa: AIIIN;
- filary beton: B35, stal zbrojeniowa: AIIIN;
- ławy fundamentowe beton: B35, stal zbrojeniowa: AIIIN;
- pale prefabrykowane beton: B50, stal zbrojeniowa: AIIIN;
- beton wyrównawczy beton: B10.

6. ANALIZA I OCENA STANU TECHNICZNEGO ŁOŻYSK

6.1 Wstęp

Pracownicy IBDiM w dniach 7.10, 21.10, 10.11, 18.11 i 19.11 przeprowadzili wizję lokalną obiektu, podczas której:

- dokonano inspekcji technicznej obiektu,
- dokonano inwentaryzacji i identyfikacji uszkodzeń łożysk,
- wykonano pomiary przemieszczeń oraz obrotów łożysk;
- wykonano dokumentację zdjęciową uszkodzeń i nieprawidłowości łożysk mostu;
- wykonano pomiary geodezyjne przemieszczeń i obrotów podpór.

6.2 Inwentaryzacja uszkodzeń

6.2.1 Łożyska

Obie jezdnie mostu są wyposażone łącznie w 48 łożysk garnkowych (cztery łożyska na każdej podporze po dwa na jezdnię). Na obu jezdniach w osiach dźwigarów A i D (skrajne, oznaczenie wg rysunków w załączniku 3) wszystkie łożyska są uszkodzone. Elastomer wypełniający garnki łożysk umożliwiający obroty na łożyskach jest wyciskany przez szczelinę pomiędzy ścianką garnka a tłokiem. Dodatkowo na podporach 9, 10 i 11 uszkodzeniu ulegają również łożyska w osiach B i C (środkowe). Na fot. 1 pokazano typowe uszkodzenie łożyska (wyciskany elastomer). Pełna dokumentacja zdjęciowa łożysk została zamieszczona w załączniku 1.

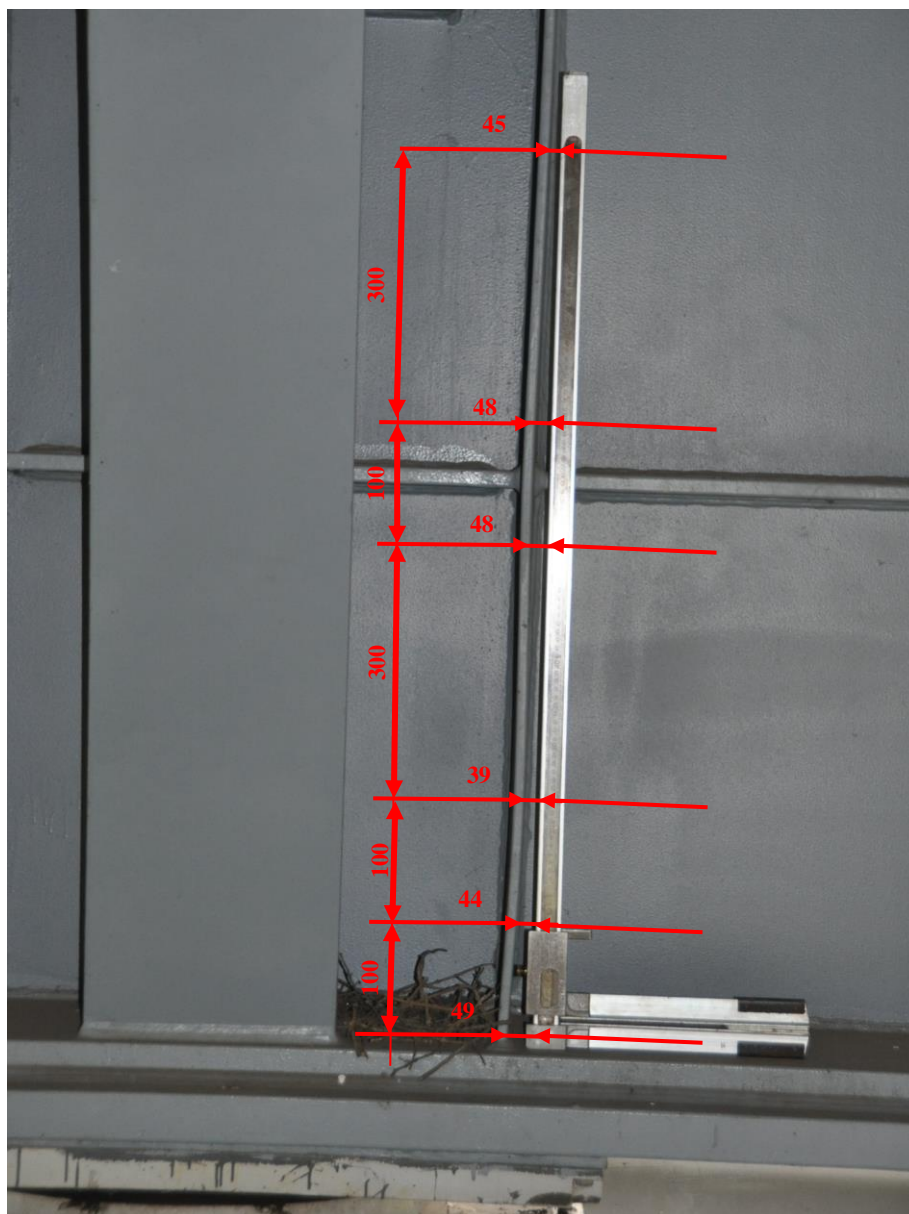


Fot. 1 Typowe uszkodzenie łożyska wyciskany elastomer

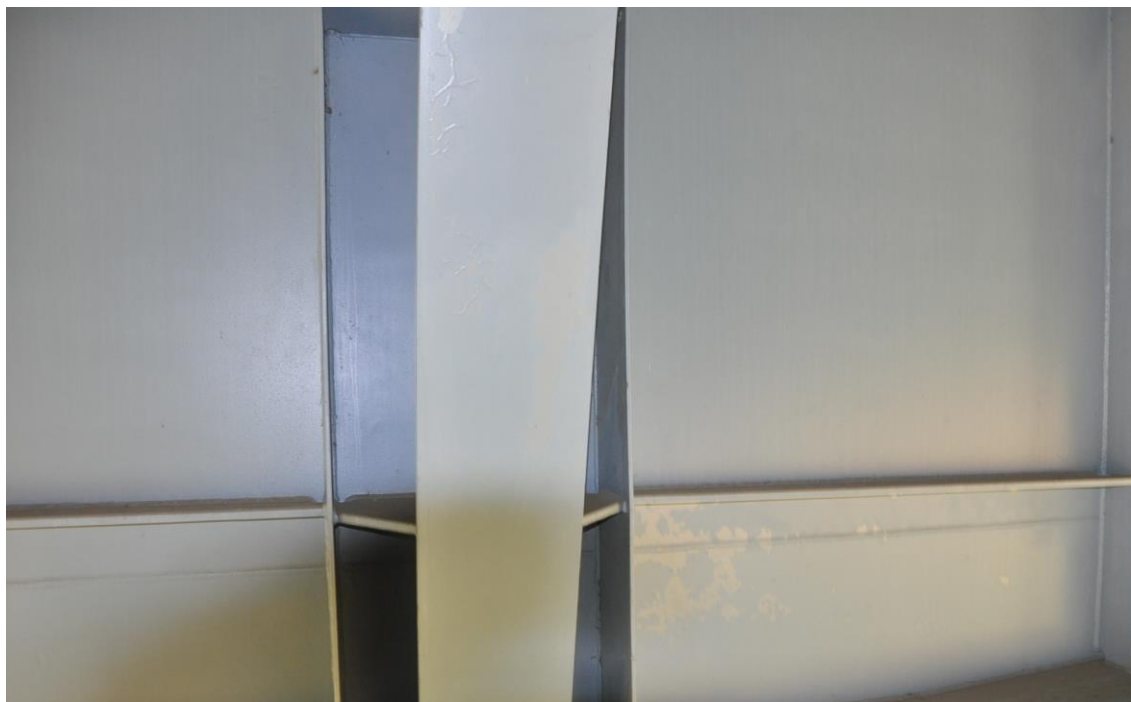
6.2.2 Konstrukcja stalowa w pobliżu łożysk

W czasie inspekcji zaobserwowano odkształcenia żebier pionowych nad podporami (wyboczenia). Odkształcenia miejscowo sięgają do 10 mm na długości 100 cm. Odkształcenia są bardziej widoczne na dźwigarach zewnętrznych. Na fot. 2 pokazano przykładowe odkształcenie żebra. Ze względu na złożoność węzłów dźwigarów nad podporami (dodatkowe żebra pionowe i poziome, zastrzały poszerzone poprzecznice) nie można jednoznacznie określić czy przyczyną wyboczenia żebier są przeciążenia czy błędy montażowe (np. naprężania spawalnicze).

Na powierzchniach blachownic występują miejscowo delaminacje i ślady kredowania powłok malarskich (fot. 3)



Fot. 2 Odształcone żebro pionowe nad łożyskiem LD-2



Fot. 3 Delaminacja powłok malarskich w pobliżu łożyska LA-6

6.2.3 Płyta pomostu – elementy wyposażenia

W ramach ekspertyzy dokonano przeglądu pozostałych elementów wyposażenia obiektu, w tym urządzeń dylacyjnych. Przegląd wyposażenia obiektu odniesiono do jego wpływu na pracę łożysk. W załączniku nr 2 zestawiono wyniki przeglądu.

6.2.4 Pomiary na obiekcie

W czasie inspekcji wykonano pomiary przemieszczeń blach ślizgowych łożysk. Pomiary wykonywano po obu ich stronach. W tablicy 1 zestawiono wyniki pomiarów.

Tablica 1

Numer podpory	Oznaczenie łożyska wg rysunku	Oznaczenie łożyska wg producenta	Pomiar przemieszczeń blachy ślizgowej od strony [mm]		Temperatura obiektu w trakcie pomiaru [°C]	Zakres granicznych przemieszczeń na podstawie pomiarów [mm]
			Poznania	Warszawy		
1	2	3	4	5	6	7
P1	LA-1	GL 2600-360.20	120	263	7,9	383,0
P2	LA-2	GL 8500-300.20	110	235	9,4	345,0
P3	LA-3	GL 7700-250.20	102	194	11	296,0
P4	LA-4	GL 11700-200.20	120	137	9,6	257,0
P5	LA-5	GL 16200-100.20	60	61	10,2	121,0
P6	LA-6	GG 11900-800-20	28	15	9,6	43,0
P7	LA-7	GL 8100-120.20	95	65	9,5	160,0
P8	LA-8	GL 8700-120.20	110	60	10,1	170,0
P9	LA-9	GL 8500-230.20	155	105	11,5	260,0
P10	LA-10	GL 8500-230.20	173	95	10,6	268,0

P11	LA-11	GL 8500-300.20	205	130	10,4	335,0
P12	LA-12	GL 2600-360.20	263	114	8,7	377,0
P1	LB-1	GG 2700-300-360	115	260	7,9	375,0
P2	LB-2	GG 8600-1000-300	100	215	9,4	315,0
P3	LB-3	GG 7700-1100-250	90	187	11	277,0
P4	LB-4	GL 11800-1600-200	98	117	9,6	215,0
P5	LB-5	GG 16300-1900-100	50	66	10,2	116,0
P6	LB-6	FX 12000-1789	0	0	10,3	0,0
P7	LB-7	GG 8100-1200-60	58	31	9,5	89,0
P8	LB-8	GG 8800-1100-120	92	40	10,1	132,0
P9	LB-9	GG 8600-1000-300	187	120	11,5	307,0
P10	LB-10	GG 8600-1000-300	195	115	10,6	310,0
P11	LB-11	GG 8100-1000-280	195	100	10,4	295,0
P12	LB-12	GG 2700-300-360	250	120	8,7	370,0
P1	LC-1	GG 2700-300-360	130	255	7,8	385,0
P2	LC-2	GG 8600-1000-300	115	200	9,4	315,0
P3	LC-3	GG 7700-1100-250	110	166	11	276,0
P4	LC-4	GL 11800-1600-200	100	112	9,7	212,0
P5	LC-5	GG 16300-1900-100	63	61	10,2	124,0
P6	LC-6	FX 12000-1789	0	0	10,3	0,0
P7	LC-7	GG 8100-1200-60	65	20	9,3	85,0
P8	LC-8	GG 8800-1100-120	93	37	10,2	130,0
P9	LC-9	GG 8600-1000-300	190	120	11,5	310,0
P10	LC-10	GG 8600-1000-300	200	115	10,7	315,0
P11	LC-11	GG 8100-1000-280	190	115	10,3	305,0
P12	LC-12	GG 2700-300-360	261	110	8,7	371,0
P1	LD-1	GL 2600-360.20	140	263	7,8	403,0
P2	LD-2	GL 8500-300.20	124	205	9,4	329,0
P3	LD-3	GL 7700-250.20	118	175	11	293,0
P4	LD-4	GL 11700-200.20	137	122	9,7	259,0
P5	LD-5	GL 16200-100.20	90	80	10,2	170,0
P6	LD-6	GG 11900-800-20	15	25	10,3	40,0
P7	LD-7	GL 8100-120.20	100	65	9,3	165,0
P8	LD-8	GL 8700-120.20	105	60	10,2	165,0
P9	LD-9	GL 8500-230.20	170	90	11,5	260,0
P10	LD-10	GL 8500-230.20	170	92	10,7	262,0
P11	LD-11	GL 8500-300.20	210	130	10,3	340,0
P12	LD-12	GL 2600-360.20	255	122	8,7	377,0

Na łożyskach w osiach skrajnych wykonano pomiary obrotów w kierunku prostopadłym do osi obiektu. W tablicy 2 zestawiono wyniki pomiarów.

Tablica 2

Numer podpory	Oznaczenie łożyska wg rysunku	Wielkość szczeliny pomiędzy cylindrem a blachą ślizgową [mm]		Pomiar średnica cylindra [mm]		Obliczony kąt obrotu łożyska prostopadłe do osi obiektu
		o strony południowej	od strony północnej	równoległe do osi obiektu	prostopadłe do osi obiektu	
1	2	3	4	5	6	7
P2	LA-2	3,05	3,15	642,0	640,4	0,0002
P3	LA-3	17,1	13,4	609,0	606,8	0,0066
P4	LA-4	14,12	14,9	-*)	-*)	0,0011
P5	LA-5	16,76	18,54	-*)	-*)	0,0020
P7	LA-7	17,8	19,82	-*)	-*)	0,0033
P8	LA-8	17,45	18,66	655,0	651,8	0,0020
P9	LA-9	18,2	21,6	642,3	637,0	0,0057
P10	LA-10	18	20,4	-*)	-*)	0,0040
P11	LA-11	18,5	19,1	-*)	-*)	0,0010
P2	LD-2	17,13	16,6	641,0	638,6	0,0009
P3	LD-3	17,5	16,68	-*)	-*)	0,0015
P4	LD-4	16,71	14,21	772,0	769,1	0,0037
P5	LD-5	13,99	15,31	891,0	886,0	0,0015
P7	LD-7	18,1	17,9	633,0	600,8	0,0003
P8	LD-8	19,5	17,26	-*)	-*)	0,0037
P9	LD-9	19,5	19,3	644,0	637,0	0,0003
P10	LD-10	20,2	18,6	642,0	637,0	0,0027
P11	LD-11	20,9	19,2	-*)	-*)	0,0028
*) pomiaru nie wykonano powierzchnie zanieczyszczone powłokami malarskimi zabezpieczającym elementy betonowe oraz odkształconymi tabliczkami						

Oznaczenia łożysk przyjęto wg rysunku w załączniku 3.

Dodatkowo na dwóch łożyskach wykonano pomiary obrotu równoległe do osi obiektu przejeżdżających pojazdów. Przesunięcia wywołane obrotem na łożysku mierzono czujnikami zegarowymi z dokładności do 0,001 mm i częstotliwością pomiaru 50Hz. Pomiary wykonywano w czasie 30 min każde. W tablicy 3 zestawiono wartości ekstremalne.

Tablica 3

Oznaczenie łożyska wg rysunku	Ekstremum pomiarów na czujniku [mm]		Odległość pomiędzy czujnikami [mm]	Obliczony kąt obrotu łożyska równoległe do osi obiektu [RAD]
	Nr 1	Nr 2		
1	2	3	4	5
LA-7	0,180	0,195	1250	0,000568
	-0,145	-0,190		
LD-6	0,140	0,190	1460	0,000507
	-0,070	-0,241		

6.3 Analiza termiki przęsła i zastosowanych łożysk garnkowych

Do sprawdzenia poprawności ustawienia łożysk na obiekcie przyjęto zakres temperatur:

- od -15°C do +30°C, wg normy [6], oraz
- od -25°C do +40°C, zaleceń [5].

Wyniki obliczeń przemieszczeń blach ślizgowych w skrajnych temperaturach zestawiono w tablicy 4 i 5.

Tablica 4

Oznaczenie łożyska wg rysunku	Pomiar położenia blachy ślizgowej od strony [mm]		Temperatura obiektu w trakcie pomiaru [°C]	Położenie blachy ślizgowej względem łożyska w temperaturze*) [mm]			
				+30°C od strony		-15°C od strony	
	Poznania	Warszawy		Poznania	Warszawy	Poznania	Warszawy
1	2	3	4	5	6	7	8
LA-1	120	263	7,9	37,8	345,2	205,2	177,8
LA-2	110	235	9,4	42,0	303,0	190,5	154,5
LA-3	102	194	11	50,7	245,3	172,2	123,8
LA-4	120	137	9,6	78,4	178,6	170,2	86,8
LA-5	60	61	10,2	39,8	81,2	85,7	35,3
LA-6	28	15	9,6	25,8	17,2	30,7	12,3
LA-7	95	65	9,5	107,3	52,7	80,3	79,7
LA-8	110	60	10,1	133,9	36,1	79,9	90,1
LA-9	155	105	11,5	188,3	71,7	107,3	152,7
LA-10	173	95	10,6	219,6	48,4	111,6	156,4
LA-11	205	130	10,4	263,8	71,2	128,8	206,2
LA-12	263	114	8,7	335,8	41,2	181,9	195,1
LB-1	115	260	7,9	32,8	342,2	200,2	174,8
LB-2	100	215	9,4	32,0	283,0	180,5	134,5
LB-3	90	187	11	38,7	238,3	160,2	116,8
LB-4	98	117	9,6	56,4	158,6	148,2	66,8
LB-5	50	66	10,2	29,8	86,2	75,7	40,3
LB-6	0	0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0
LB-7	58	31	9,5	70,3	18,7	43,3	45,7
LB-8	92	40	10,1	115,9	16,1	61,9	70,1
LB-9	187	120	11,5	220,3	86,7	139,3	167,7
LB-10	195	115	10,6	241,6	68,4	133,6	176,4
LB-11	195	100	10,4	253,8	41,2	118,8	176,2
LB-12	250	120	8,7	322,8	47,2	168,9	201,1
LC-1	130	255	7,8	48,7	336,3	213,4	171,6
LC-2	115	200	9,4	48,3	266,7	194,1	120,9
LC-3	110	166	11	59,8	216,2	178,6	97,4
LC-4	100	112	9,7	58,6	153,4	150,4	61,6
LC-5	63	61	10,2	42,8	81,2	88,7	35,3
LC-6	0	0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0
LC-7	65	20	9,3	78,7	6,3	49,0	36,0
LC-8	93	37	10,2	117,9	12,1	61,2	68,8
LC-9	190	120	11,5	224,4	85,6	140,7	169,3
LC-10	200	115	10,7	247,5	67,5	136,8	178,2
LC-11	190	115	10,3	250,3	54,7	112,6	192,4
LC-12	261	110	8,7	335,1	35,9	178,5	192,5
LD-1	140	263	7,8	58,7	344,3	223,4	179,6

LD-2	124	205	9,4	57,3	271,7	203,1	125,9
LD-3	118	175	11	67,8	225,2	186,6	106,4
LD-4	137	122	9,7	95,6	163,4	187,4	71,6
LD-5	90	80	10,2	69,8	100,2	115,7	54,3
LD-6	15	25	10,3	11,8	28,2	16,6	23,4
LD-7	100	65	9,3	113,7	51,3	84,0	81,0
LD-8	105	60	10,2	129,9	35,1	73,2	91,8
LD-9	170	90	11,5	204,4	55,6	120,7	139,3
LD-10	170	92	10,7	217,5	44,5	106,8	155,2
LD-11	210	130	10,3	270,3	69,7	132,6	207,4
LD-12	255	122	8,7	329,1	47,9	172,5	204,5
*) kursywą i podkreślone wartości poniżej 10 mm - przejście w zakres niebezpieczny wg normy PN-EN 1337 [7]							

Tablica 5

Oznaczenie łożyska wg rysunku	Pomiar przemieszczeń blachy ślizgowej od strony [mm]		Temperatura obiektu w trakcie pomiaru [°C]	Położenie blachy ślizgowej względem łożyska w temperaturze*) [mm]			
	Poznania	Warszawy		+40°C od strony		-25°C od strony	
				Poznania	Warszawy	Poznania	Warszawy
1	2	3	4	5	6	7	8
LA-1	120	263	7,9	0,6	382,4	242,4	140,6
LA-2	110	235	9,4	9,0	336,0	223,5	121,5
LA-3	102	194	11	23,7	272,3	199,2	96,8
LA-4	120	137	9,6	58,0	199,0	190,6	66,4
LA-5	60	61	10,2	29,6	91,4	95,9	25,1
LA-6	28	15	9,6	24,7	18,3	31,7	11,3
LA-7	95	65	9,5	113,3	46,7	74,3	85,7
LA-8	110	60	10,1	145,9	24,1	67,9	102,1
LA-9	155	105	11,5	206,3	53,7	89,3	170,7
LA-10	173	95	10,6	243,6	24,4	87,6	180,4
LA-11	205	130	10,4	293,8	41,2	98,8	236,2
LA-12	263	114	8,7	370,0	7,0	147,7	229,3
LB-1	115	260	7,9	-4,4	379,4	237,4	137,6
LB-2	100	215	9,4	-1,0	316,0	213,5	101,5
LB-3	90	187	11	11,7	265,3	187,2	89,8
LB-4	98	117	9,6	36,0	179,0	168,6	46,4
LB-5	50	66	10,2	19,6	96,4	85,9	30,1
LB-6	0	0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0
LB-7	58	31	9,5	76,3	12,7	37,3	51,7
LB-8	92	40	10,1	127,9	4,1	49,9	82,1
LB-9	187	120	11,5	238,3	68,7	121,3	185,7
LB-10	195	115	10,6	265,6	44,4	109,6	200,4
LB-11	195	100	10,4	283,8	11,2	88,8	206,2
LB-12	250	120	8,7	357,0	13,0	134,7	235,3
LC-1	130	255	7,8	12,1	372,9	250,0	135,0
LC-2	115	200	9,4	15,9	299,1	226,5	88,5
LC-3	110	166	11	33,4	242,6	205,0	71,0
LC-4	100	112	9,7	38,2	173,8	170,8	41,2

LC-5	63	61	10,2	32,6	91,4	98,9	25,1
LC-6	0	0		0,0	0,0	0,0	0,0
LC-7	65	20	9,3	85,3	-0,3	42,4	42,6
LC-8	93	37	10,2	130,5	-0,5	48,6	81,4
LC-9	190	120	11,5	243,0	67,0	122,1	187,9
LC-10	200	115	10,7	272,1	42,9	112,2	202,8
LC-11	190	115	10,3	280,9	24,1	82,0	223,0
LC-12	261	110	8,7	369,9	1,1	143,7	227,3
LD-1	140	263	7,8	22,1	380,9	260,0	143,0
LD-2	124	205	9,4	24,9	304,1	235,5	93,5
LD-3	118	175	11	41,4	251,6	213,0	80,0
LD-4	137	122	9,7	75,2	183,8	207,8	51,2
LD-5	90	80	10,2	59,6	110,4	125,9	44,1
LD-6	15	25		10,7	29,3	17,7	22,3
LD-7	100	65	9,3	120,3	44,7	77,4	87,6
LD-8	105	60	10,2	142,5	22,5	60,6	104,4
LD-9	170	90	11,5	223,0	37,0	102,1	157,9
LD-10	170	92	10,7	242,1	19,9	82,2	179,8
LD-11	210	130	10,3	300,9	39,1	102,0	238,0
LD-12	255	122	8,7	363,9	13,1	137,7	239,3
*) wartości ujemne w kolorze czerwonym oznaczają przesunięcie poza zakres, wartości poniżej 10 mm oznaczają przejście w zakres niebezpieczny wg normy [7]							

Łożyska w zakresie przemieszczeń wywołanych zmianą temperatury w zakresie zgodnym z normą [6] są zamontowane poprawnie.

6.4 Analiza obliczeniowa wpływu uszkodzonych łożysk na pracę ustroju nośnego

Analiza etapów budowy

Analizę obliczeniową etapowania budowy wykonano niezależnie dla obu jezdni. Ze względu na wykonywanie dźwigarów i betonowanie pomostu sekcjami, przeprowadzono analizę zmiany obciążenia i obrotów na łożyskach w każdej sekcji. Na podstawie zapisów w dzienniku budowy odtworzono chronologicznie etapy budowy. Budowa konstrukcji nośnej obu jezdni została podzielona na jedenaście etapów każda. Na rysunkach Z-2 w załączniku 3 pokazano podział na etapy budowy konstrukcji stalowej i betonowania pomostu.

Obliczenia wykonywano w programie ROBOT metodą elementów skończonych wykorzystując model płytowo prętowy. W załączniku 4 zestawiono zrzuty z programu (zrzuty z programu wykonano tylko dla obiektu N, ponieważ metodologia obliczeń dla obu obiektów była taka sama a różnice w wynikach wynikają z innego etapowania betonowania). W tablicy 6 i 7 zestawiono siły pionowe na łożyskach obciążeń obliczeniowych od kolejnych etapów budowy obu jezdni.

W tablicach 8 i 9 zestawiono kąty obrotu na łożyskach równoległe do osi obiektu od obciążeń charakterystycznych od kolejnych etapów budowy obu jezdni.

Analiza obciążeń długotrwałych i zmiennych

Analizę obliczeniową zmiennych długotrwałych i ruchomych wykonano niezależnie dla obu jezdni. Obciążenia długotrwałe zostały przyjęte na podstawie pomiarów wykonywanych przy opracowaniu dokumentacji powykonawczej. Obciążenia zmienne przyjęto w klasie A zgodnie z

normą [6] (obciążenie STANAG 150 wg rozrządzenia [8] pominięto, gdyż dotyczy ono projektowania płyty pomostu). Przejazd pojazdu K z krokiem 1 m zamodelowano przy krawężniku niższym (strona S) oraz przy krawężniku wyższym (strona N) wybierając bardziej niekorzystny układ.

Obliczenia wykonywano w programie ROBOT metodą elementów skończonych wykorzystując model płytowo prętowy. W tablicy 10 i 11 zestawiono siły pionowe na łożyskach od obciążeń obliczeniowych od poszczególnych obciążeń.

W tablicach 12 i 13 zestawiono ekstremalne kąty obrotu na łożyskach równoległe do osi obiektu od obciążeń od poszczególnych obciążeń.

W wyniku analizy obliczeniowej obciążeń obu jezdni siły pionowe przekazywane na łożyska w stanie granicznym nośności wynosiły do 150% wartości dopuszczalnych określonych przez producenta łożysk.

Obroty w stanie granicznym użytkowania na łożyskach osiągają do 110% nominalnych wartości określonych przez producenta łożysk.

W tablicy 14 i 15 zestawiono wartości ekstremalne oraz obliczono wyężenia łożysk.

Tablica 6 – jezdnia lewa - obiekt N (wartości w kN) – zmiana sił pionowych na łożyskach od obciążeń w trakcie wykonywania pomostu

Oznaczenie łożyska	Etap 1	Etap 2	Etap 3	Etap 4	Etap 5	Etap 6	Etap 7	Etap 8	Etap 9	Etap 10	Etap 11	Nośność łożysk
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LA-1	66,2	1069,4	1069,5	1070,6	1066,0	1161,7	1161,9	1110,0	1110,8	1110,7	1110,7	2600
LA-2	193,0	4075,6	4075,5	4071,5	4087,6	3732,3	3731,8	3926,6	3923,4	3923,5	3923,5	8500
LA-3	184,6	1325,1	1325,4	1337,9	1287,2	4300,0	4301,7	3686,1	3697,5	3697,0	3697,1	7700
LA-4	292,7	70,1	69,5	40,8	156,6	1774,7	1771,0	4041,8	5528,8	5530,0	5529,8	11700
LA-5	421,5	492,0	493,4	557,6	298,7	-32,6	-24,2	7648,1	7664,3	7661,8	7662,2	16200
LA-6	288,6	255,5	250,6	32,0	1408,3	1564,2	1535,7	3878,7	5366,1	5374,6	5373,2	11900
LA-7	161,1	176,1	191,8	1271,3	4034,2	3962,9	4053,8	3378,5	3388,6	3361,4	3365,9	8100
LA-8	232,7	229,0	179,1	4388,9	4132,8	4152,0	3863,5	4045,4	4042,9	4129,8	4115,1	8700
LA-9	90,0	90,6	369,3	1434,6	1514,8	1508,8	4352,3	4295,7	4296,5	4021,6	4068,2	8500
LA-10	0,0	0,0	845,4	633,0	608,1	610,0	1992,6	2010,0	2009,7	4811,8	4660,5	8500
LA-11	0,0	0,0	759,7	830,5	838,7	838,1	504,9	499,1	499,2	1945,6	4286,7	8500
LA-12	0,0	0,0	168,9	149,8	147,6	147,7	237,6	239,1	239,1	-41,6	1205,8	2600
LB-1	66,1	1104,2	1104,2	1105,3	1101,0	1200,9	1201,1	1146,2	1147,2	1147,2	1147,2	2700
LB-2	192,9	4249,3	4249,2	4245,1	4261,7	3889,5	3889,0	4092,7	4089,6	4089,7	4089,7	8600
LB-3	184,6	1376,6	1376,9	1390,0	1337,1	4485,7	4487,4	3842,3	3851,6	3851,1	3851,2	7700
LB-4	292,7	60,2	59,5	29,7	150,0	1840,2	1836,3	4215,0	5776,9	5778,1	5777,9	11800
LB-5	421,4	495,1	496,6	563,3	294,2	-51,9	-43,3	7989,6	8000,8	7998,2	7998,7	16300
LB-6	288,6	254,1	249,2	20,6	1459,5	1621,8	1592,1	4033,4	5594,8	5603,7	5602,2	12000
LB-7	161,1	161,1	176,8	1305,5	4191,7	4117,8	4213,2	3512,5	3521,4	3492,9	3498,0	8100
LB-8	232,7	232,7	182,8	4580,5	4312,5	4332,4	4029,6	4218,3	4215,7	4306,8	4291,0	8800
LB-9	90,0	90,0	368,6	1481,1	1564,0	1557,8	4530,4	4472,1	4472,9	4182,3	4232,9	8600
LB-10	0,0	0,0	845,3	623,7	597,9	599,8	2043,7	2062,0	2061,8	5001,7	4836,0	8600
LB-11	0,0	0,0	759,7	833,5	842,1	841,5	493,7	487,6	487,7	1995,4	4540,3	8100
LB-12	0,0	0,0	168,9	149,0	146,7	146,8	240,6	242,2	242,2	-51,4	1282,8	2700

Tablica 7 – jezdnie prawa - obiekt S (wartości w kN) – zmiana sił pionowych na łożyskach od obciążeń w trakcie wykonywania pomostu

Oznaczenie łożyska	Etap 1	Etap 2	Etap 3	Etap 4	Etap 5	Etap 6	Etap 7	Etap 8	Etap 9	Etap 10	Etap 11	Nośność łożysk
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LC-1	146,2	1191,5	1188,2	1188,2	1266,2	1178,0	1177,5	1210,1	1210,3	1210,2	1210,2	2700
LC-2	876,9	4927,5	4940,7	4940,6	4650,4	4980,3	4982,0	4858,5	4857,9	4858,1	4858,1	8600
LC-3	623,4	1840,5	1794,6	1794,9	4698,1	3558,3	3552,5	3979,5	3981,3	3980,8	3980,9	7700
LC-4	1495,6	1240,2	1339,3	1338,6	2767,4	7725,3	7738,1	6811,9	6807,8	6809,0	6808,8	11800
LC-5	2640,9	2715,6	2504,9	2506,3	2238,8	5058,5	5031,3	10209,1	10217,7	10215,2	10215,6	16300
LC-6	1538,5	1505,2	2555,5	2551,1	2670,3	1784,7	1870,9	7033,8	7006,7	7014,8	7013,4	12000
LC-7	637,0	651,2	5103,5	5118,6	5067,1	5450,0	5158,8	4244,3	4336,5	4308,8	4313,5	8100
LC-8	946,4	942,5	1999,7	1949,9	1965,1	1852,3	4818,0	5088,0	4787,1	4877,8	4861,9	8800
LC-9	433,0	433,7	315,2	593,7	589,0	623,8	2056,4	1973,3	4944,0	4656,2	4706,7	8600
LC-10	0,0	0,0	0,0	847,5	849,0	838,1	517,0	542,8	1987,6	4919,4	4755,1	8600
LC-11	0,0	0,0	0,0	762,1	761,6	765,2	872,1	863,5	515,5	2028,3	4570,6	8100
LC-12	0,0	0,0	0,0	170,4	170,5	169,5	140,7	143,1	236,8	-57,9	1286,5	2700
LD-1	146,1	1151,5	1147,8	1147,9	1223,2	1138,4	1137,9	1170,2	1170,4	1170,3	1170,3	2600
LD-2	876,9	4755,8	4768,6	4768,5	4489,2	4805,8	4807,4	4688,5	4688,0	4688,1	4688,1	8500
LD-3	623,4	1788,5	1744,6	1744,9	4525,2	3431,7	3426,0	3837,1	3838,9	3838,4	3838,5	7700
LD-4	1495,6	1251,1	1346,4	1345,7	2711,8	7461,4	7473,8	6583,7	6579,9	6581,0	6580,9	11700
LD-5	2640,9	2712,4	2510,1	2511,5	2255,6	4953,0	4926,8	9885,5	9893,8	9891,3	9891,7	16200
LD-6	1538,5	1506,6	2511,4	2506,9	2621,3	1771,8	1854,3	6802,4	6776,3	6784,1	6782,7	11900
LD-7	637,0	650,7	4914,9	4930,1	4880,5	5248,9	4969,3	4087,0	4175,5	4149,1	4153,8	8100
LD-8	946,4	942,7	1953,4	1903,7	1918,2	1810,0	4650,2	4910,4	4620,9	4707,9	4692,7	8700
LD-9	433,0	433,7	320,4	598,9	594,4	627,9	1998,3	1917,4	4762,4	4485,5	4534,2	8500
LD-10	0,0	0,0	0,0	847,5	848,9	838,5	531,1	556,1	1938,1	4745,8	4587,1	8500
LD-11	0,0	0,0	0,0	762,1	761,6	765,1	867,5	859,1	526,0	1973,1	4408,4	8500
LD-12	0,0	0,0	0,0	170,4	170,5	169,6	142,0	144,2	233,9	-48,2	1244,3	2600

Tablica 8 – jezdnie lewa - obiekt N

Oznaczenie łożyska	Etap 1	Etap 2	Etap 3	Etap 4	Etap 5	Etap 6	Etap 7	Etap 8	Etap 9	Etap 10	Etap 11	Max. obrót na łożysku
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LA-1	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	±0,010
LA-2	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LA-3	0,000	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,001	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	±0,010
LA-4	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	-0,003	-0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	±0,010
LA-5	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	±0,010
LA-6	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,002	0,002	0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	±0,010
LA-7	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LA-8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	±0,010
LA-9	0,000	0,000	0,001	-0,002	-0,002	-0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	±0,010
LA-10	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	-0,003	-0,003	-0,003	0,001	0,000	±0,010
LA-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	-0,003	-0,001	±0,010
LA-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	-0,003	±0,010
LB-1	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	±0,010
LB-2	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LB-3	0,000	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	±0,010
LB-4	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	-0,003	-0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	±0,010
LB-5	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	±0,010
LB-6	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,002	0,002	0,002	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	±0,010
LB-7	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,001	-0,001	-0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LB-8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	±0,010
LB-9	0,000	0,000	0,001	-0,002	-0,002	-0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	±0,010
LB-10	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	-0,003	-0,003	-0,003	0,001	0,000	±0,010
LB-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	-0,003	-0,001	±0,010
LB-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0,002	-0,002	±0,010

Tablica 9 – jezdnia lewa - obiekt S

Oznaczenie łożyska	Etap 1	Etap 2	Etap 3	Etap 4	Etap 5	Etap 6	Etap 7	Etap 8	Etap 9	Etap 10	Etap 11	Max. obrót na łożysku
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LC-1	0,000	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	±0,010
LC-2	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LC-3	-0,001	-0,004	-0,004	-0,004	0,000	-0,004	-0,004	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	±0,010
LC-4	0,001	0,002	0,002	0,002	-0,001	0,006	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003	±0,010
LC-5	0,000	0,000	-0,001	-0,001	0,000	-0,008	-0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	±0,010
LC-6	-0,001	-0,001	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	±0,010
LC-7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LC-8	0,000	0,000	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	±0,010
LC-9	-0,001	-0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	-0,002	-0,002	0,002	0,001	0,001	±0,010
LC-10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,003	0,001	0,000	±0,010
LC-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,003	-0,001	±0,010
LC-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,002	-0,002	±0,010
LD-1	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LD-2	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LD-3	-0,001	-0,004	-0,004	-0,004	0,000	-0,004	-0,004	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	±0,010
LD-4	0,001	0,002	0,002	0,002	-0,001	0,006	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003	±0,010
LD-5	0,000	0,000	-0,001	-0,001	0,000	-0,007	-0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	±0,010
LD-6	-0,001	-0,001	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	±0,010
LD-7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	±0,010
LD-8	0,000	0,000	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	±0,010
LD-9	-0,001	-0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	-0,002	-0,002	0,002	0,001	0,001	±0,010
LD-10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,003	0,001	0,000	±0,010
LD-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,003	-0,001	±0,010
LD-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,001	-0,003	±0,010

Tablica 10 - jezdnia lewa - obiekt N (wartości w kN) – zmiana sił pionowych na łożyskach od obciążeń długotrwałych i zmiennych

Oznaczenie łożyska	Obciążenie ciężarem własnym	Obciążenie długotrwałe	Obciążenie ruchome			Siła pionowa w łożysku		Nośność łożysk
			Obciążenie $q+t^{*)}$	Pojazd K	Pojazd K ze współ. dyn.	max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
LA-1	1110,7	1677,4	2175,1	3345,1	3549,9	3549,9	1110,7	2600
LA-2	3923,5	6209,8	8279,7	9522,0	9739,3	9739,3	3923,5	8500
LA-3	3697,1	5992,2	7940,4	9181,4	9398,5	9398,5	3697,1	7700
LA-4	5529,8	9235,7	12138,8	13420,5	13644,8	13644,8	5529,8	11700
LA-5	7662,2	12607,9	16626,4	17870,1	18087,7	18087,7	7662,2	16200
LA-6	5373,2	8752,6	11577,9	12878,8	13106,5	13106,5	5373,2	11900
LA-7	3365,9	5444,0	7211,0	8452,8	8670,1	8670,1	3365,9	8100
LA-8	4115,1	6690,9	8869,8	10109,3	10326,2	10326,2	4115,1	8700
LA-9	4068,2	6510,1	8561,1	9801,5	10018,5	10018,5	4068,2	8500
LA-10	4660,5	7040,8	9152,0	10392,0	10609,0	10609,0	4660,5	8500
LA-11	4286,7	6501,9	8510,0	9752,8	9970,3	9970,3	4286,7	8500
LA-12	1205,8	1798,6	2314,2	3494,9	3701,5	3701,5	1205,8	2600
LB-1	1147,2	1665,0	2232,3	3514,2	3738,5	3738,5	1147,2	2700
LB-2	4089,7	6151,0	8501,4	9868,4	10107,6	10107,6	4089,7	8600
LB-3	3851,2	5872,2	8082,7	9448,7	9687,8	9687,8	3851,2	7700
LB-4	5777,9	8709,7	12021,7	13428,0	13674,1	13674,1	5777,9	11800
LB-5	7998,7	12056,3	16623,5	17991,5	18230,9	18230,9	7998,7	16300
LB-6	5602,2	8623,2	11830,3	13256,2	13505,7	13505,7	5602,2	12000
LB-7	3498,0	5366,0	7379,7	8745,8	8984,8	8984,8	3498,0	8100
LB-8	4291,0	6509,0	8988,4	10353,4	10592,3	10592,3	4291,0	8800
LB-9	4232,9	6266,3	8600,5	9966,1	10205,1	10205,1	4232,9	8600
LB-10	4836,0	6853,7	9260,0	10625,4	10864,3	10864,3	4836,0	8600
LB-11	4540,3	6524,1	8806,5	10174,3	10413,7	10413,7	4540,3	8100
LB-12	1282,8	1835,8	2421,7	3717,5	3944,3	3944,3	1282,8	2700

Tablica 11 - jezdnia prawa - obiekt S (wartości w kN)

Oznaczenie łożyska	Obciążenie ciężarem własnym	Obciążenie długotrwałe	Obciążenie ruchome			Siła pionowa w łożysku		Nośność łożysk
			Obciążenie $q+t^{*)}$	Pojazd K	Pojazd K ze współ. dyn.	max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
LC-1	1210,2	1643,6	2173,4	3451,9	3675,7	3675,7	1210,2	2700
LC-2	4858,1	6743,8	9050,5	10409,5	10647,3	10647,3	4858,1	8600
LC-3	3980,9	5534,9	7476,9	8834,4	9072,0	9072,0	3980,9	7700
LC-4	6808,8	9782,3	12856,1	14291,3	14542,5	14542,5	6808,8	11800
LC-5	10215,6	13952,4	18334,7	19695,0	19933,0	19933,0	10215,6	16300
LC-6	7013,4	9597,7	12777,5	14175,1	14419,7	14419,7	7013,4	12000
LC-7	4313,5	6219,3	8322,6	9680,5	9918,1	9918,1	4313,5	8100
LC-8	4861,9	6794,3	9128,5	10486,5	10724,2	10724,2	4861,9	8800
LC-9	4706,7	6648,0	8901,0	10259,0	10496,7	10496,7	4706,7	8600
LC-10	4755,1	6505,9	8807,7	10165,6	10403,2	10403,2	4755,1	8600
LC-11	4570,6	6477,4	8669,7	10029,4	10267,4	10267,4	4570,6	8100
LC-12	1286,5	1819,6	2381,0	3674,8	3901,3	3901,3	1286,5	2700
LD-1	1170,3	1816,7	2385,8	3166,0	3556,1	3556,1	1170,3	2600
LD-2	4688,1	7538,0	10003,7	10833,5	11248,4	11248,4	4688,1	8500
LD-3	3838,5	6214,3	8296,9	9125,5	9539,8	9539,8	3838,5	7700
LD-4	6580,9	10831,1	14126,1	14999,2	15435,8	15435,8	6580,9	11700
LD-5	9891,7	15455,3	20146,2	20976,7	21392,0	21392,0	9891,7	16200
LD-6	6782,7	10546,9	13943,9	14794,9	15220,4	15220,4	6782,7	11900
LD-7	4153,8	6500,3	8759,4	9588,9	10003,7	10003,7	4153,8	8100
LD-8	4692,7	7137,8	9633,4	10462,3	10876,8	10876,8	4692,7	8700
LD-9	4534,2	6974,1	9384,5	10213,6	10628,1	10628,1	4534,2	8500
LD-10	4587,1	6908,4	9372,3	10201,3	10615,8	10615,8	4587,1	8500
LD-11	4408,4	6821,0	9166,1	9996,5	10411,7	10411,7	4408,4	8500
LD-12	1244,3	1900,8	2502,6	3289,9	3683,6	3683,6	1244,3	2600

Tablica 12 - jezdnia lewa - obiekt N

Oznaczenie łożyska	Obroty na łożysku od obciążenia		Obroty na łożysku od obciążenia eksploatacyjnego				Obroty ekstremalne na łożysku		Max. obrót na łożysku
	ciężarem własnym	długotrwałego	Obciążenie q + t		Pojazd K				
			max	min	max	min	max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LA-1	0,002	0,003	0,005	0,001	0,007	0,000	0,007	0,000	±0,010
LA-2	0,001	0,001	0,003	-0,001	0,005	-0,003	0,005	-0,003	±0,010
LA-3	-0,001	-0,001	0,002	-0,005	0,004	-0,007	0,004	-0,007	±0,010
LA-4	0,002	0,003	0,007	-0,001	0,009	-0,003	0,009	-0,003	±0,010
LA-5	0,000	0,000	0,004	-0,004	0,006	-0,006	0,006	-0,006	±0,010
LA-6	-0,002	-0,003	0,000	-0,007	0,002	-0,009	0,002	-0,009	±0,010
LA-7	0,001	0,002	0,006	-0,001	0,008	-0,003	0,008	-0,003	±0,010
LA-8	-0,001	-0,001	0,002	-0,004	0,004	-0,006	0,004	-0,006	±0,010
LA-9	0,001	0,001	0,004	-0,002	0,006	-0,004	0,006	-0,004	±0,010
LA-10	0,000	0,000	0,003	-0,003	0,005	-0,005	0,005	-0,005	±0,010
LA-11	-0,001	-0,001	0,001	-0,003	0,003	-0,005	0,003	-0,005	±0,010
LA-12	-0,003	-0,004	-0,003	-0,006	-0,002	-0,009	-0,002	-0,009	±0,010
LB-1	0,002	0,003	0,006	0,001	0,009	0,000	0,009	0,000	±0,010
LB-2	0,001	0,001	0,004	-0,001	0,006	-0,003	0,006	-0,003	±0,010
LB-3	0,000	0,000	0,004	-0,005	0,006	-0,007	0,006	-0,007	±0,010
LB-4	0,002	0,003	0,008	-0,001	0,010	-0,003	0,010	-0,003	±0,010
LB-5	0,000	0,000	0,005	-0,005	0,007	-0,007	0,007	-0,007	±0,010
LB-6	-0,003	-0,004	0,000	-0,009	0,002	-0,011	0,002	-0,011	±0,010
LB-7	0,001	0,002	0,007	-0,002	0,009	-0,004	0,009	-0,004	±0,010
LB-8	-0,001	-0,001	0,003	-0,005	0,005	-0,007	0,005	-0,007	±0,010
LB-9	0,001	0,001	0,005	-0,003	0,007	-0,005	0,007	-0,005	±0,010
LB-10	0,000	0,000	0,003	-0,003	0,005	-0,005	0,005	-0,005	±0,010
LB-11	-0,001	-0,001	0,001	-0,003	0,003	-0,005	0,003	-0,005	±0,010
LB-12	-0,002	-0,003	-0,001	-0,006	0,000	-0,009	0,000	-0,009	±0,010

Tablica 13 - jezdnia prawa - obiekt S

Oznaczenie łożyska	Obroty na łożysku od obciążenia		Obroty na łożysku od obciążenia eksploatacyjnego				Obroty ekstremalne na łożysku		Max. obrót na łożysku
	ciężarem własnym	długotrwałego	Obciążenie q + t		Pojazd K				
			max	min	max	min	max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LC-1	0,002	0,003	0,006	0,001	0,009	0,000	0,009	0,000	±0,010
LC-2	0,001	0,001	0,004	-0,001	0,006	-0,003	0,006	-0,003	±0,010
LC-3	-0,003	-0,004	0,000	-0,009	0,002	-0,011	0,002	-0,011	±0,010
LC-4	0,003	0,004	0,009	0,000	0,011	-0,002	0,011	-0,002	±0,010
LC-5	0,000	-0,001	0,004	-0,006	0,006	-0,008	0,006	-0,008	±0,010
LC-6	-0,002	-0,002	0,002	-0,007	0,004	-0,009	0,004	-0,009	±0,010
LC-7	0,001	0,001	0,006	-0,003	0,008	-0,005	0,008	-0,005	±0,010
LC-8	-0,001	-0,001	0,003	-0,005	0,005	-0,007	0,005	-0,007	±0,010
LC-9	0,001	0,001	0,005	-0,003	0,007	-0,005	0,007	-0,005	±0,010
LC-10	0,000	0,000	0,003	-0,003	0,005	-0,005	0,005	-0,005	±0,010
LC-11	-0,001	-0,001	0,001	-0,003	0,003	-0,005	0,003	-0,005	±0,010
LC-12	-0,002	-0,003	-0,001	-0,006	0,000	-0,009	0,000	-0,009	±0,010
LD-1	0,001	0,002	0,004	0,000	0,006	-0,001	0,006	-0,001	±0,010
LD-2	0,001	0,002	0,004	0,000	0,006	-0,002	0,006	-0,002	±0,010
LD-3	-0,003	-0,004	-0,001	-0,008	0,001	-0,010	0,001	-0,010	±0,010
LD-4	0,003	0,005	0,009	0,002	0,011	0,000	0,011	0,000	±0,010
LD-5	0,000	-0,001	0,003	-0,005	0,005	-0,007	0,005	-0,007	±0,010
LD-6	-0,002	-0,003	0,001	-0,007	0,003	-0,009	0,003	-0,009	±0,010
LD-7	0,001	0,001	0,005	-0,003	0,007	-0,005	0,007	-0,005	±0,010
LD-8	-0,001	-0,001	0,002	-0,004	0,004	-0,006	0,004	-0,006	±0,010
LD-9	0,001	0,001	0,004	-0,002	0,006	-0,004	0,006	-0,004	±0,010
LD-10	0,000	0,000	0,003	-0,003	0,005	-0,005	0,005	-0,005	±0,010
LD-11	-0,001	-0,001	0,001	-0,003	0,003	-0,005	0,003	-0,005	±0,010
LD-12	-0,003	-0,004	-0,003	-0,006	-0,002	-0,009	-0,002	-0,009	±0,010

Tablica 14

Oznaczenie łożyska	Siła pionowa w łożyskach [kN]		Nośność łożysk [kN]	Wytężenie łożyska
	max	min		
1	2	3	4	5
LA-1	3549,9	1110,7	2600	43% ÷ 137%
LA-2	9739,3	3923,5	8500	46% ÷ 115%
LA-3	9398,5	3697,1	7700	48% ÷ 122%
LA-4	13644,8	5529,8	11700	47% ÷ 117%
LA-5	18087,7	7662,2	16200	47% ÷ 112%
LA-6	13106,5	5373,2	11900	45% ÷ 110%
LA-7	8670,1	3365,9	8100	42% ÷ 107%
LA-8	10326,2	4115,1	8700	47% ÷ 119%
LA-9	10018,5	4068,2	8500	48% ÷ 118%
LA-10	10609,0	4660,5	8500	55% ÷ 125%
LA-11	9970,3	4286,7	8500	50% ÷ 117%
LA-12	3701,5	1205,8	2600	46% ÷ 142%
LB-1	3738,5	1147,2	2700	42% ÷ 138%
LB-2	10107,6	4089,7	8600	48% ÷ 118%
LB-3	9687,8	3851,2	7700	50% ÷ 126%
LB-4	13674,1	5777,9	11800	49% ÷ 116%
LB-5	18230,9	7998,7	16300	49% ÷ 112%
LB-6	13505,7	5602,2	12000	47% ÷ 113%
LB-7	8984,8	3498,0	8100	43% ÷ 111%
LB-8	10592,3	4291,0	8800	49% ÷ 120%
LB-9	10205,1	4232,9	8600	49% ÷ 119%
LB-10	10864,3	4836,0	8600	56% ÷ 126%
LB-11	10413,7	4540,3	8100	56% ÷ 129%
LB-12	3944,3	1282,8	2700	48% ÷ 146%
LC-1	3675,7	1210,2	2700	47% ÷ 141%
LC-2	10647,3	4858,1	8600	57% ÷ 125%
LC-3	9072,0	3980,9	7700	52% ÷ 118%
LC-4	14542,5	6808,8	11800	58% ÷ 124%
LC-5	19933,0	10215,6	16300	63% ÷ 123%
LC-6	14419,7	7013,4	12000	59% ÷ 121%
LC-7	9918,1	4313,5	8100	53% ÷ 122%
LC-8	10724,2	4861,9	8800	56% ÷ 123%
LC-9	10496,7	4706,7	8600	55% ÷ 123%
LC-10	10403,2	4755,1	8600	56% ÷ 122%
LC-11	10267,4	4570,6	8100	54% ÷ 121%
LC-12	3901,3	1286,5	2700	49% ÷ 150%
LD-1	3556,1	1170,3	2600	43% ÷ 132%
LD-2	11248,4	4688,1	8500	55% ÷ 131%
LD-3	9539,8	3838,5	7700	50% ÷ 124%
LD-4	15435,8	6580,9	11700	56% ÷ 131%
LD-5	21392,0	9891,7	16200	61% ÷ 131%
LD-6	15220,4	6782,7	11900	57% ÷ 127%

LD-7	10003,7	4153,8	8100	51% ÷ 124%
LD-8	10876,8	4692,7	8700	53% ÷ 124%
LD-9	10628,1	4534,2	8500	53% ÷ 124%
LD-10	10615,8	4587,1	8500	53% ÷ 123%
LD-11	10411,7	4408,4	8500	54% ÷ 129%
LD-12	3683,6	1244,3	2600	46% ÷ 136%

Tablica 15

Oznaczenie łożyska	Obroty na łożyskach		Dopuszczalne obroty na łożyskach	Wytężenie łożyska
	max	min		
1	2	3	4	5
LA-1	0,007	0,000	±0,010	0% ÷ 70%
LA-2	0,005	-0,003	±0,010	-30% ÷ 50%
LA-3	0,004	-0,007	±0,010	-70% ÷ 40%
LA-4	0,009	-0,003	±0,010	-30% ÷ 90%
LA-5	0,006	-0,006	±0,010	-60% ÷ 60%
LA-6	0,002	-0,009	±0,010	-90% ÷ 20%
LA-7	0,008	-0,003	±0,010	-30% ÷ 80%
LA-8	0,004	-0,006	±0,010	-60% ÷ 40%
LA-9	0,006	-0,004	±0,010	-40% ÷ 60%
LA-10	0,005	-0,005	±0,010	-50% ÷ 50%
LA-11	0,003	-0,005	±0,010	-50% ÷ 30%
LA-12	-0,002	-0,009	±0,010	-90% ÷ -20%
LB-1	0,009	0,000	±0,010	0% ÷ 90%
LB-2	0,006	-0,003	±0,010	-30% ÷ 60%
LB-3	0,006	-0,007	±0,010	-70% ÷ 60%
LB-4	0,010	-0,003	±0,010	-30% ÷ 100%
LB-5	0,007	-0,007	±0,010	-70% ÷ 70%
LB-6	0,002	-0,011	±0,010	-110% ÷ 20%
LB-7	0,009	-0,004	±0,010	-40% ÷ 90%
LB-8	0,005	-0,007	±0,010	-70% ÷ 50%
LB-9	0,007	-0,005	±0,010	-50% ÷ 70%
LB-10	0,005	-0,005	±0,010	-50% ÷ 50%
LB-11	0,003	-0,005	±0,010	-50% ÷ 30%
LB-12	0,000	-0,009	±0,010	-90% ÷ 0%
LC-1	0,009	0,000	±0,010	0% ÷ 90%
LC-2	0,006	-0,003	±0,010	-30% ÷ 60%
LC-3	0,002	-0,011	±0,010	-110% ÷ 20%
LC-4	0,011	-0,002	±0,010	-20% ÷ 110%
LC-5	0,006	-0,008	±0,010	-80% ÷ 60%
LC-6	0,004	-0,009	±0,010	-90% ÷ 40%
LC-7	0,008	-0,005	±0,010	-50% ÷ 80%
LC-8	0,005	-0,007	±0,010	-70% ÷ 50%
LC-9	0,007	-0,005	±0,010	-50% ÷ 70%
LC-10	0,005	-0,005	±0,010	-50% ÷ 50%
LC-11	0,003	-0,005	±0,010	-50% ÷ 30%

LC-12	0,000	-0,009	$\pm 0,010$	-90% ÷ 0%
LD-1	0,006	-0,001	$\pm 0,010$	-10% ÷ 60%
LD-2	0,006	-0,002	$\pm 0,010$	-20% ÷ 60%
LD-3	0,001	-0,010	$\pm 0,010$	-100% ÷ 10%
LD-4	0,011	0,000	$\pm 0,010$	0% ÷ 110%
LD-5	0,005	-0,007	$\pm 0,010$	-70% ÷ 50%
LD-6	0,003	-0,009	$\pm 0,010$	-90% ÷ 30%
LD-7	0,007	-0,005	$\pm 0,010$	-50% ÷ 70%
LD-8	0,004	-0,006	$\pm 0,010$	-60% ÷ 40%
LD-9	0,006	-0,004	$\pm 0,010$	-40% ÷ 60%
LD-10	0,005	-0,005	$\pm 0,010$	-50% ÷ 50%
LD-11	0,003	-0,005	$\pm 0,010$	-50% ÷ 30%
LD-12	-0,002	-0,009	$\pm 0,010$	-90% ÷ -20%

6.5 Wpływ uszkodzeń łożysk na elementy konstrukcji

Stan elementów konstrukcji ze względu na uszkodzenia łożysk nie uległ pogorszeniu jednak zaobserwowano odkształcenia pionowych żeber usztywniających środniki dźwigarów w pobliżu łożysk. Nie zaobserwowano wyboczenia środników. Przyczyną odkształceń żeber mogą być zarówno błędy przy montażu np. naprężenia po spawaniu jak i ograniczony zakres obrotu dźwigarów na łożyskach spowodowany wyciśnięciem elastomeru z garnka i obniżeniem w nim tłoka. Pomiary średnicy garnków wykazały odkształcenia zewnętrznych powierzchni garnków.

6.6 Ocena stanu technicznego mostu w świetle uszkodzeń łożysk i ich wpływu na parametry użytkowe mostu

Po przeprowadzeniu inspekcji obiektu stwierdzono, iż stan łożysk jest awaryjny. Na skutek przeciążenia łożysk obiekt mostowy będzie osiadał zaś w uszkodzonych łożyskach będzie się zmniejszał zakres obrotu dźwigarów na nich. Może to doprowadzić do uszkodzeń dźwigarów i/lub ciosów podłożyskowych - awarii obiektu.

Oszacowano, że na najbardziej uszkodzonych łożyskach obiekt osiadł ok. 1 cm. A zakres obrotu tych łożysk zmniejszył się o ok. 50%.

6.7 Określenie przyczyn uszkodzeń łożysk

Przyczyną uszkodzeń łożysk jest ich przeciążenie. Z przeprowadzonej analizy obliczeniowej wynika, łożyska zostały niewłaściwie dobrane (wartość obliczeniowych sił pionowych sięgają o 150% wartości nominalnych łożysk a obroty od obciążeń charakterystycznych 110%). Z dostępnych materiałów nie można stwierdzić czy błąd popełniono na etapie projektowania obiektu czy doborze łożysk.

Należy również zauważyć, że zgodnie z normą [6], do obliczeń sprawdzających przyjęto obciążenie q na całej jezdni a przejazd pojazdu K prowadzono w dwóch skrajnych położeniach powodujący przeciążenia na dźwigarach i łożyskach. Na chwilę obecną ruch odbywa się na dwóch pasach a szerokość obiektu pozwala na przeprowadzenie ruchu na trzech pasach. Zatem obiekt nie jest w pełni obciążony, a mimo to stan łożysk świadczy o ich przeciążeniu. Może to

świadczyć to o tym, że po obiekcie poruszają się pojazdy wywołujące przeciążenie obiektu. W innym wypadku awarii uległyby łożyska dopiero po wyznaczeniu trzeciego pasa ruchu.

7. WNIOSKI I ZALECENIA

Obiekt można użytkować bez ograniczeń przez okres do jednego roku. W czasie tego czasu należy:

- raz na kwartał dokonać kontroli metodami geodezyjnymi osiadania płyty pomostu w miejscach podparcia nad podporami. Należy wyznaczyć stałe punkty pomiarowe (repery) na konstrukcji stalowej nad łożyskami (minimum dwa punkty). Pomiary należy wykonywać z dokładnością 0,05 mm. Aby ograniczyć wpływ rozszerzalności termicznej obiektu pomiary należy wykonywać w zbliżonej temperaturze ($\pm 4^{\circ}\text{C}$).
- raz na kwartał dokonywać kontroli łożysk o największym przeciążeniu (zgodnie z tablicą 14 - powyżej 130%). W trakcie kontroli należy m.in. mierzyć szczelinę pomiędzy garnkiem a blachą ślizgową. Pomiary należy wykonywać po bokach po obu stronach łożyska. Dodatkowo należy sprawdzić czy elementy dźwigarów nie odkształcają się i czy nie ma zarysowań i pęknięć na ciosach podłożyskowych.
- w czasie jednego roku należy zweryfikować obliczeniowo czy inne elementy obiektu, w tym w szczególności miejsca podparcia ustroju niosącego mają wystarczającą nośność.
- w czasie jednego roku należy przygotować projekt wymiany łożysk. Ze względu na wymiary pasów dolnych dźwigarów oraz ugięcia dźwigarów pod obciążeniem należy wymienić łożyska na soczewkowe.

8. PROGRAM NAPRAWCZY

- A. W ciągu jednego roku przygotować projekt wymiany łożysk. W projekcie należy zwiększyć zakres temperaturowych przemieszczeń zgodnie z zaleceniami [5] tj. od -25°C do $+55^{\circ}\text{C}$. Wymianę łożysk na soczewkowe należy przeprowadzić na podporach 1, 4, 5, 6, 7 i 12.
- B. Zweryfikować obliczeniowo nośność obiektu ze szczególnym uwzględnieniem elementów podporowych (tzn. dźwigarów, poprzecznic i żeber przy podporach).
- C. W czasie wymiany łożysk obiekt musi być zamknięty dla ruchu.
- D. Przy wymianie łożysk należy sprawdzić niweletę obiektu i w razie potrzeby dokonać jej korekty (korekty można dokonać wyłącznie nad podporami). w przypadku zmiany niwelety w środku rozpiętości przęsła (wzrost ugięć trwałych) należy wykonać ekspertyzę.
- E. Prace związane z wymianą łożysk należy zlecić wykonawcy mającemu doświadczenie w pracach związanych z montażem, wymianą i rektyfikacją łożysk.
- F. Prace związane z wymianą łożysk należy wykonać pod nadzorem Jednostki Naukowej.

ZAŁĄCZNIK NR 1



Fot. 1 Widok łożyska LA-1 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 2 Widok łożyska LB-1 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 3 Widok łożyska LC-1 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 4 Widok łożyska LD-1 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 5 Widok łożyska LA-2 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 6 Widok łożyska LB-2 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 7 Widok łożyska LC-2 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 8 Widok łożyska LD-2 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 9 Widok łożyska LA-3 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 10 Widok łożyska LB-3 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 11 Widok łożyska LC-3 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 12 Widok łożyska LD-3 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 13 Widok łożyska LA-4 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 14 Widok łożyska LB-4 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 15 Widok łożyska LC-4 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 16 Widok łożyska LD-4 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 17 Widok łożyska LA-5 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 18 Widok łożyska LB-5 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 19 Widok łożyska LC-5 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 20 Widok łożyska LD-5 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 21 Widok łożyska LA-6 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 22 Widok łożyska LB-6 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 23 Widok łożyska LC-6 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 24 Widok łożyska LD-6 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 25 Widok łożyska LA-7 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 26 Widok łożyska LB-7 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 27 Widok łożyska LC-7 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 28 Widok łożyska LD-7 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 29 Widok łożyska LA-8 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 30 Widok łożyska LB-8 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 31 Widok łożyska LC-8 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 32 Widok łożyska LD-8 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 33 Widok łożyska LA-9 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 34 Widok łożyska LB-9 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 35 Widok łożyska LC-9 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 36 Widok łożyska LD-9 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 37 Widok łożyska LA-10 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 38 Widok łożyska LB-10 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 39 Widok łożyska LC-10 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 40 Widok łożyska LD-10 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 41 Widok łożyska LA-11 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 42 Widok łożyska LB-11 (jezdnia lewa w kierunku Poznania)



Fot. 43 Widok łożyska LC-11 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 44 Widok łożyska LD-11 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 45 Widok łożyska LA-12 (jezdni lewa w kierunku Poznania)



Fot. 46 Widok łożyska LB-12 (jezdni lewa w kierunku Poznania)



Fot. 47 Widok łożyska LC-12 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 48 Widok łożyska LD-12 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)

ZAŁĄCZNIK NR 2

**OKEŚLENIE STANU TECHNICZNEGO ELEMENTÓW I URZĄDZEŃ
WYPOSAŻENIA WBUDOWANYCH W STREFIE PŁYTY POMOSTU
MOSTU MA 268, ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM OCENY URZĄDZEŃ
DYLATACYJNYCH W ZAKRESIE POPRAWNOŚCI ICH PRACY
Z PUNKTU WIDZENIA CELU KTÓREMU SŁUŻĄ**

I. INFORMACJE O URZĄDZENIACH DYLATACYJNYCH

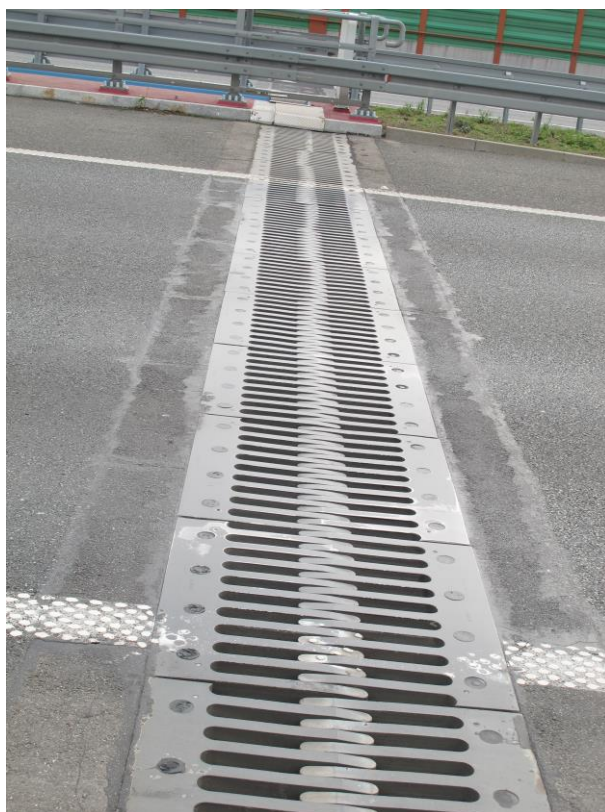
Na moście zamontowano 4 płaczaste urządzenia dylatacyjne firmy B2 Sp. z o.o. typu B2P400 o przemieszczeniach nominalnych 400 mm (± 200 mm), wbudowane nad podporami skrajnymi obu jezdni w osi 1 i 12 (fot. 1, 2, 3 i 4)



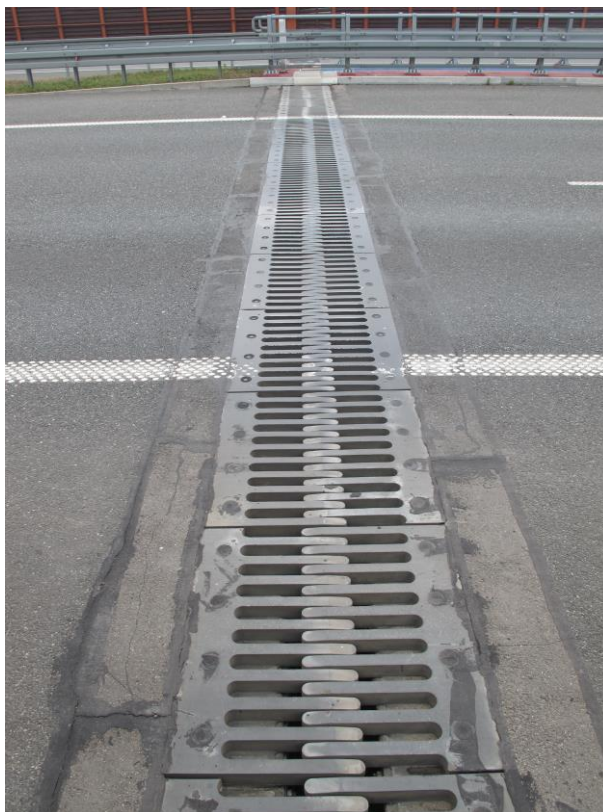
Fot. 1 Widok płaczastego urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego nad podporą skrajną w osi 1 (jezdnią prawą w kierunku Warszawy)



Fot. 2 Widok palczastego urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego nad podporą skrajną w osi 12 (jezdnia prawa w kierunku Warszawy)



Fot. 3 Widok palczastego urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego nad podporą skrajną w osi 1 (jezdnia prawa w kierunku Poznania)



Fot. 4 Widok palczastego urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego nad podporą skrajną w osi 12 (jezdni prawa w kierunku Poznania)

Palczaste urządzenia dylatacyjne typoszeregu B2P, w tym palczaste urządzenie dylatacyjne B2P400 zwane dalej urządzeniem dylatacyjnym B2P400, są przeznaczone do wbudowywania w drogowych obiektach mostowych o konstrukcji stalowej, zespolonej, żelbetowej lub sprężonej. Mogą być stosowane na drogach wszystkich kategorii obciążenia ruchem.

Urządzenie dylatacyjne pokazane na fot. 1÷4 są zbudowane ze stalowych płyt mocowanych z obu stron szczeliny dylatacyjnej. Z każdej płyty są wyprowadzone naprzemianległe, wspornikowe, palczaste elementy stalowe sięgające nad szczelinę dylatacyjną. Przejazd kół pojazdów odbywa się po wspornikach. Standardowo mocowanie urządzeń dylatacyjnych do konstrukcji obiektu mostowego wykonuje się za pomocą kotew sprężanych.

II. ZAKRES PRACY URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH

Podstawowym zadaniem mostowego urządzenia dylatacyjnego jest zapewnienie swobody odkształceń ustroju nośnego, natomiast podstawowym czynnikiem określającym przydatność urządzenia dylatacyjnego do stosowania jest jego wodoszczelność. Tylko wodoszczelne urządzenia dylatacyjne, które uniemożliwiają wpływ wody w głąb szczeliny dylatacyjnej prawidłowo chronią krawędzie przęsła i łożyska przed korozją spowodowaną zawilgoceniem.

Podstawowymi czynnikami, które wpływają na przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych w wypadku mostu MA 268 są:

- zmiany temperatury otoczenia,

- obroty przekrojów podporowych przęseł spowodowane ugięciami konstrukcji od obciążenia taborem samochodowym.

W wypadku mostu MA 268 maksymalne odległości od punktu stałego (łożyska stałego na podporze pośredniej w osi 6) do krawędzi szczelin dylatacyjnych wynoszą:

- wypadku mostu S (jezdni w kierunku Warszawy):
 - do szczeliny dylatacyjnej nad podporą w osi 1 - wynosi 305,87 m,
 - do szczeliny dylatacyjnej nad podporą w osi 12 wynosi 290,87 m;
- wypadku mostu N (jezdni w kierunku Poznania):
 - do szczeliny dylatacyjnej nad podporą w osi 1 - wynosi 310,87 m,
 - do szczeliny dylatacyjnej nad podporą w osi 12 wynosi 285,87 m.

Współczynniki rozszerzalności liniowej betonu α_t i zakresy temperaturowe Δt przyjęto według normy PN-85/S-10030 *Obiekty mostowe - Obciążenia*. W wypadku obiektów zespolonych zbudowanych z dźwigarów stalowych i żelbetowej płyty współpracującej, przyjęto obliczeniowy zakres temperatury tak jak dla stali, ale współczynnik rozszerzalności liniowej tak jak dla betonu, zgodnie z *Zaleceniami dotyczącymi doboru mostowych urządzeń dylatacyjnych oraz ich wbudowania i odbioru, Załącznik do Zarządzenia Nr 4 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 24 stycznia 2007 r.*, zwane dalej *Zaleceniami*, w związku z tym, iż o wielkości odkształceń termicznych przęsła zespolonego decyduje płyta żelbetowa.

W wypadku konstrukcji żelbetowych współczynnik rozszerzalności liniowej zgodnie z PN-85/S-10030 wynosi 0,000010 [1/°C], natomiast obliczeniowy zakres temperatury w wypadku konstrukcji stalowych wynosi od -25 do + 55°C ($\Delta t = 80^\circ\text{C}$).

Przemieszczenia nominalne krawędzi szczeliny dylatacyjnej wynoszą:

a) obiekt S (jezdni w kierunku Warszawy)

- przemieszczenia od zmian temperatury otoczenia:

- szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 80 \times 305870 = 244,7 \text{ mm}$$

- szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 80 \times 290870 = 232,7 \text{ mm}$$

- przemieszczenia od obrotu przekroju podporowego obu obiektów:

$$\Delta l_\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i \times h_i = 0,003 \times 2731 = 8,2 \text{ mm}$$

- całkowite przemieszczenie nominalne:

- szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_{oblicz} = 244,7 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 252,9 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

- szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_{oblicz} = 232,7 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 240,9 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

b) obiekt N (jezdnia w kierunku Poznania)

- przemieszczenia od zmian temperatury otoczenia:

- szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 80 \times 310870 = 248,7 \text{ mm}$$

- szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 80 \times 285870 = 228,7 \text{ mm}$$

- przemieszczenia od obrotu przekroju podporowego obu obiektów:

$$\Delta l_\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i \times h_i = 0,003 \times 2731 = 8,2 \text{ mm}$$

- całkowite przemieszczenie nominalne:

- szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_{oblicz} = 248,7 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 256,9 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

- szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_{oblicz} = 228,7 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 236,9 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

W wypadku *Zaleceń* podane są także powiększone zakresy temperaturowe, wynoszące w wypadku konstrukcji zespolonych od -35 do +65°C ($\Delta t = 100^\circ\text{C}$).

Przemieszczenia nominalne krawędzi szczeliny dylatacyjnej wynoszą:

a) obiekt S (jezdnia w kierunku Warszawy)

- przemieszczenia od zmian temperatury otoczenia:

- szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 100 \times 305870 = 305,9 \text{ mm}$$

- szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 100 \times 290870 = 290,9 \text{ mm}$$

- przemieszczenia od obrotu przekroju podporowego obu obiektów:

$$\Delta l_\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i \times h_i = 0,003 \times 2731 = 8,2 \text{ mm}$$

- całkowite przemieszczenie nominalne:

- szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_{oblicz} = 305,9 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 314,1 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

– szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_{oblicz} = 290,9 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 299,1 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

b) obiekt N (jezdnia w kierunku Poznania)

- przemieszczenia od zmian temperatury otoczenia:

– szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 100 \times 310870 = 310,9 \text{ mm}$$

– szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 100 \times 285870 = 285,9 \text{ mm}$$

- przemieszczenia od obrotu przekroju podporowego obu obiektów:

$$\Delta l_{\varphi} = \sum_{i=1}^n \varphi_i \times h_i = 0,003 \times 2731 = 8,2 \text{ mm}$$

- całkowite przemieszczenie nominalne:

– szczelina dylatacyjna nad podporą 1

$$\Delta l_{oblicz} = 310,9 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 319,1 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

– szczelina dylatacyjna nad podporą 12

$$\Delta l_{oblicz} = 285,9 \text{ mm} + 8,2 \text{ mm} = 294,1 \text{ mm} < \mathbf{400 \text{ mm}}$$

Na podstawie powyższych obliczeń można stwierdzić, iż urządzenia dylatacyjne B2P na obiekcie zostały prawidłowo dobrane do zakresu występujących przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych w moście MA 268.

III. SPRAWDZENIE POPRAWNOŚCI KOMPENOWANIA PRZEMIESZCZEŃ URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH

Pomiary szerokości rozstawu profili stalowych wykonywano podczas wizji lokalnej w dniu 21.10.2020 r. przy temperaturze konstrukcji wynoszącej 11°C w wypadku mostu S (jezdnia w kierunku Warszawy) i 12°C w wypadku mostu N (jezdnia w kierunku Poznania).

Na fotografiach od 5 do 8 pokazano pomiary rozwartości urządzeń dylatacyjnych. W tablicy 1 zestawiono wyniki pomiarów.



Fot. 5 Przykładowy pomiar szerokości rozwarcia elementów palczastych urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego na moście S nad podporą w osi 1



Fot. 6 Przykładowy pomiar szerokości rozwarcia elementów palczastych urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego na moście S nad podporą w osi 12



Fot. 7 Przykładowy pomiar szerokości rozwarcia elementów palczastych urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego na mości N nad podporą w osi 1



Fot. 8 Pomiar szerokości rozwarcia elementów palczastych urządzenia dylatacyjnego B2P400 wbudowanego na mości N nad podporą w osi 12

Tablica 1

Lp.	Obiekt	Urządzenie dylatacyjne nad podporą	Wartość [mm]	Temperatura pomiaru [°C]
1	2	3	4	5
1	Obiekt S	1	232	11
2		12	238	11
3	Obiekt N	1	228	12
4		12	231	12

Nominalna wartość szerokości rozstawu elementów palczastych (rozwarcia urządzeń dylatacyjnych) w wypadku urządzenia dylatacyjnego B2P400 wynosi 200 mm w temperaturze montażu 10°C (nominalna temperatura montażu):

Korekta rozstawu elementów palczastych urządzenia dylatacyjnego B2P400 z temperatury nominalnej 10°C do temperatury pomiaru wynosi:

- obiekt S - podpora 1:

$$\Delta l_i = \alpha_i \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 1 \times 305870 = 3,1 \text{ mm},$$

- obiekt S - podpora 12:

$$\Delta l_i = \alpha_i \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 1 \times 290870 = 2,9 \text{ mm},$$

- obiekt N - podpora 1:

$$\Delta l_i = \alpha_i \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 2 \times 310870 = 6,2 \text{ mm},$$

- obiekt N - podpora 12:

$$\Delta l_i = \alpha_i \times \Delta t \times \sum_{i=1}^n l_i = 0,000010 \times 2 \times 285870 = 5,7 \text{ mm}.$$

Nominalny rozstaw elementów palczastych urządzenia dylatacyjnego B2P400 z w temperaturze pomiaru wynosi:

- obiekt S - podpora 1 (11°C):

$$a = 200 \text{ mm} - 3,1 \text{ mm} \approx 197 \text{ mm},$$

- obiekt S - podpora 12 (11°C):

$$a = 200 \text{ mm} - 2,9 \text{ mm} \approx 197 \text{ mm},$$

- obiekt N - podpora 1 (12°C):

$$a = 200 \text{ mm} - 6,1 \text{ mm} \approx 194 \text{ mm},$$

- obiekt N - podpora 12 (12°C):

$$a = 200 \text{ mm} - 5,8 \text{ mm} \approx 194 \text{ mm}.$$

Z powyższych obliczeń wynika, że w trakcie montażu nie zastosowano korekty rozstawu elementów palczastych urządzeń dylatacyjnych. Jednak ze względu na duże „zapasy” w

kompensowaniu przemieszczeń są wystarczające, żeby praca urządzeń dylatacyjnych była prawidłowa a przemieszczenia kompensowane w całym zakresie przewidzianych temperatur eksploatacyjnych wg PN-85/S-10030 i *Zaleceń*.

W tablicy 2 zestawiono obliczenia przemieszczeń elementów palczastych dylatacji i zakresy przemieszczeń po uwzględnieniu pomiarów.

Tablica 1

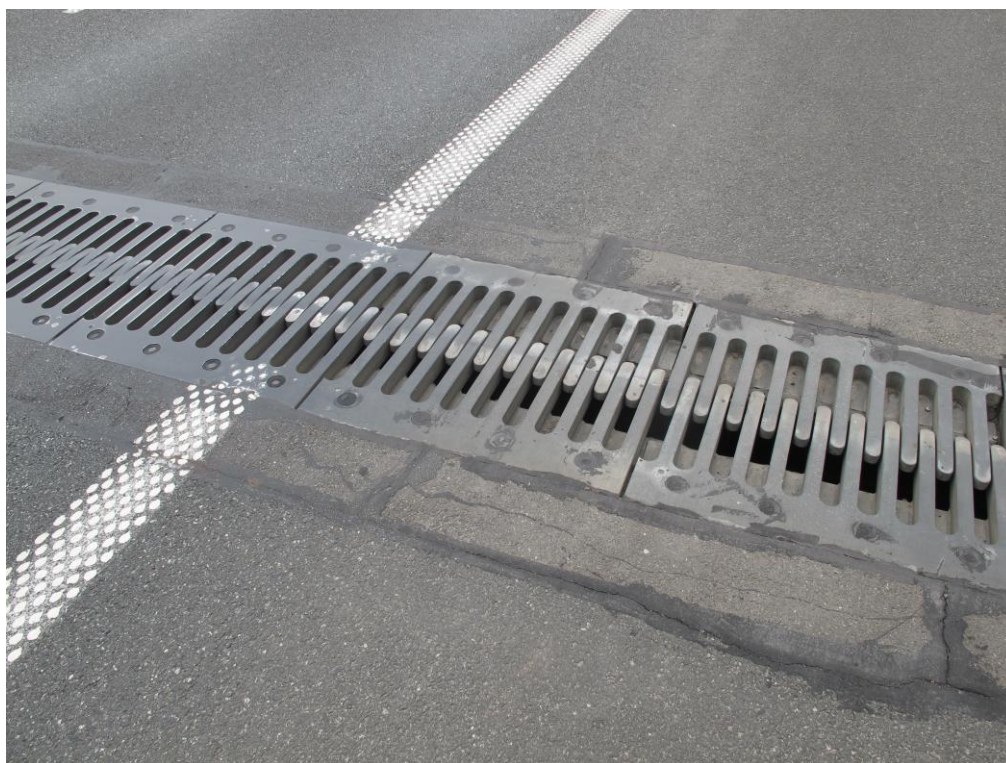
Lp.	Obiekt	Urządzenie dylatacyjne nad podporą	Pomierzona wartość rozstawu elementów palczastych [mm]	Temperatura pomiaru [°C]	Nominalny rozstaw elementów palczastych w temperaturze pomiaru	Różnica	Przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej *)	Zakres przemieszczeń po korekcie pomiarowej
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	S	1	232	11	197	35	314,1 (±157)	-122 +192
2		12	238	11	197	41	299,1 (±150)	-109 +191
3	N	1	228	12	194	34	319,1 (±160)	-126 +194
4		12	231	12	194	37	294,1 (±147)	-110 +184
*) rozszerzony zakres temperatur $\Delta T=100^{\circ}\text{C}$								

Nominalne zakresy przemieszczeń są mniejsze od nominalnych przemieszczeń urządzeń dylatacyjnych B2P (tj. ± 200 mm)

IV. INSPEKCJA URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH

W wypadku wszystkich urządzeń dylatacyjnych wbudowanych na moście MA 268 stwierdzono także następujące uszkodzenia:

- spękania i ubytki w strefie przejściowej między nawierzchnią a stalowymi elementami palczastymi (fot. 9);
- lokalne ubytki masy zalewowej zabezpieczającej otwory w których znajdują się kotwy sprężane (fot. 10);



Fot. 9 Spękania i ubytki w strefie przejściowej między nawierzchnią a stalowymi elementami palczastymi



Fot. 10 lokalne ubytki masy zalewowej zabezpieczającej otwory w których znajdują się kotwy sprężane (fot. 10);

W trakcie wizji lokalnej w dniu 21.10.2020 r. sprawdzono szczelność urządzeń dylatacyjnych oraz występowanie uszkodzeń tych urządzeń mających negatywny wpływ na ich pracę.

Szczelność urządzeń dylatacyjnych oceniano w czasie oględzin szczelin dylatacyjnych od spodu obiektu przy użyciu zwyżki. Sprawdzono, czy ze szczelin dylatacyjnych nie wypływa woda i nie występują ślady po przeciekach na ściankach zapleczyńnych oraz na ławach podłożyskowych obu podpór (przyczółków). W wyniku przeprowadzonej wizji lokalnej nie stwierdzono aktywnych przecieków ze szczelin dylatacyjnych, ani śladów po przeciekach. Urządzenia dylatacyjne B2P zamontowane na obiekcie MA 268 są szczelne. Nie stwierdzono także uszkodzeń mechanicznych w/w urządzeń dylatacyjnych mogących mieć negatywny wpływ na ich pracę.

V. POZOSTAŁE ELEMENTY I URZĄDZENIA WYPOSAŻENIA MOSTU MA 268

W trakcie wizji lokalnej w dniu 21.10.2020 r. stwierdzono następujące uszkodzenia pozostałych elementów i urządzeń wyposażenia wbudowanych w strefie płyty pomostu mostu MA 268:

- ubytki i złuszczenia napowierzchni betonowych podwalin pod ekrany akustyczne w związku z zachodzącymi procesami korozyjnymi, w tym także uszkodzenia związane z nieprawidłowym ich osadzeniem w stalowych słupach (fot. 11 i 12);
- korozja elementów stalowych mocujących pochwyty, w tym pochwyty, do stalowych słupów a także uszkodzenie pochwyty (most N, około 23 m od osi 1 w kierunku osi 12) (fot. 13), a także wymagające odnowienia zabezpieczenie elementów drewnianych (fot.13);
- uszkodzenia drewnianych ekranów akustycznych w strefie urządzeń dylatacyjnych wbudowanych nad podporą w osi 12 (most S i N), w związku z brakiem zastosowania rozwiązań uwzględniających występujące przemieszczenia krawędzi płyty pomostu (fot. 14);
- liczne rdzawe wykwyty na licu krawężników granitowych powstałe w wyniku korozji stalowych prętów zbrojeniowych, które zostały nieprawidłowo osadzone (wklejone) za pomocą żywicy syntetycznej (fot. 15);
- spękania i lokalne ubytki izolacji nawierzchni na bazie żywicy syntetycznych (fot. 16);
- wegetacja roślinności w strefie krawężników (fot. 17);
- liczne pęknięcia poprzeczne przeciwnapadu wykonanego z asfaltu lanego (fot. 18).
- zacieki na ścianie bocznej przyczółka w osi 12 od strony północnej powstały w wyniku awarii elementu odwadniającego odprowadzającego wodę z fartucha urządzenia dylatacyjnego (fot. 19).



Fot. 11 Ubytki i złuszczenia na powierzchni betonowych podwalin pod ekrany akustyczne



Fot. 12 Uszkodzenia podwaliny betonowej związane z nieprawidłowym jej osadzeniem w stalowych słupach



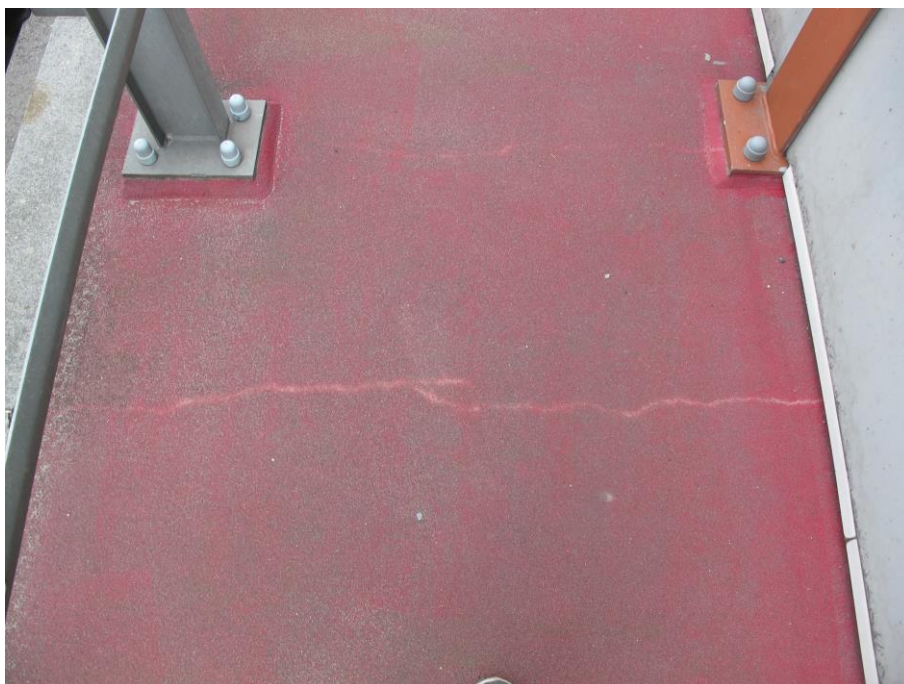
Fot. 13 Korozja elementów stalowych mocujących pochwyty, w tym pochwyty, do stalowych słupów a także uszkodzenie pochwyty (most N, około 23 m od osi 1 w kierunku osi 12).
Zabezpieczenie elementów drewnianych wymaga odnowienia



Fot. 14 Uszkodzenia drewnianych ekranów akustycznych w strefie urządzeń dylatacyjnych wbudowanych nad podporą w osi 12 (most S)



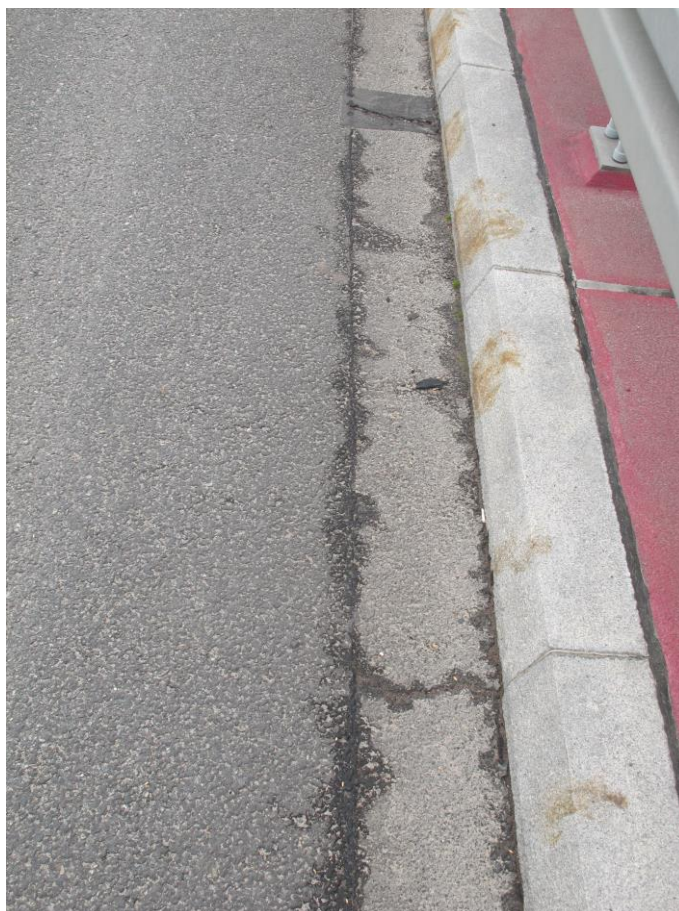
Fot. 15 Rdzawe wykwity na licu krawężników granitowych



Fot. 16 Poprzeczne spękania izolacyjno-nawierzchni na bazie żywicy syntetycznych



Fot. 17 Wegetacja roślinności w strefie krawężników

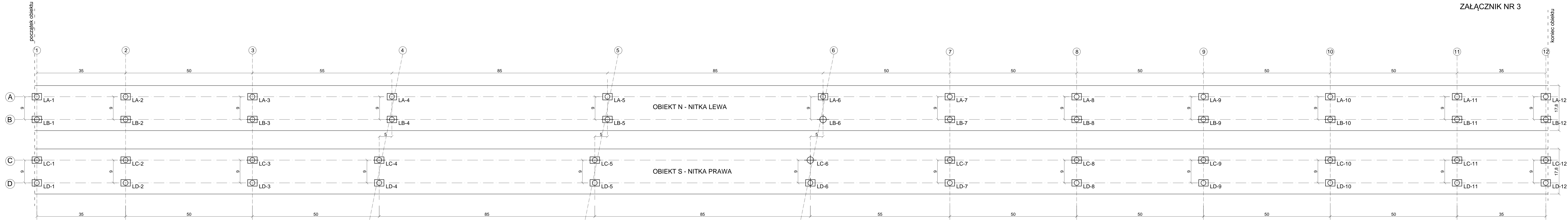






Fot. 18 Pęknięcia poprzeczne przeciwspadku wykonanego z asfaltu lanego



Fot. 19 Zaciek na ścianie bocznej przyczółka w osi 12 od strony północnej

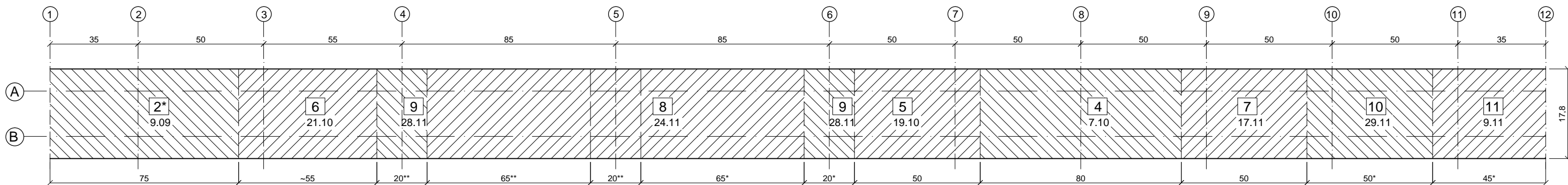
ZAŁĄCZNIK NR 3



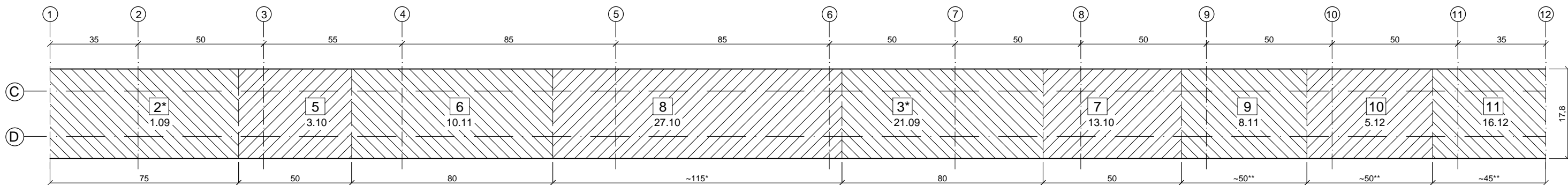
-  - łożysko jednokierunkowoprzesuwne
-  - łożysko jednokierunkowoprzesuwne
-  - łożysko wielokierunkowoprzesuwne
-  - łożysko nieprzesuwne

Rys. Z-1

Most N jezdnia lewa / przypuszczalny schemat betonowania



Most S jezdnia prawa / przypuszczalny schemat betonowania



Etapy montażu mostu N jezdnia lewa:

- 1 - etap montażu konstrukcji stalowej w osiach 1 - 9
- 2, 4, 5...11 - etapy betonowania
- 3 - etap montażu konstrukcji stalowej w osiach 9 -12

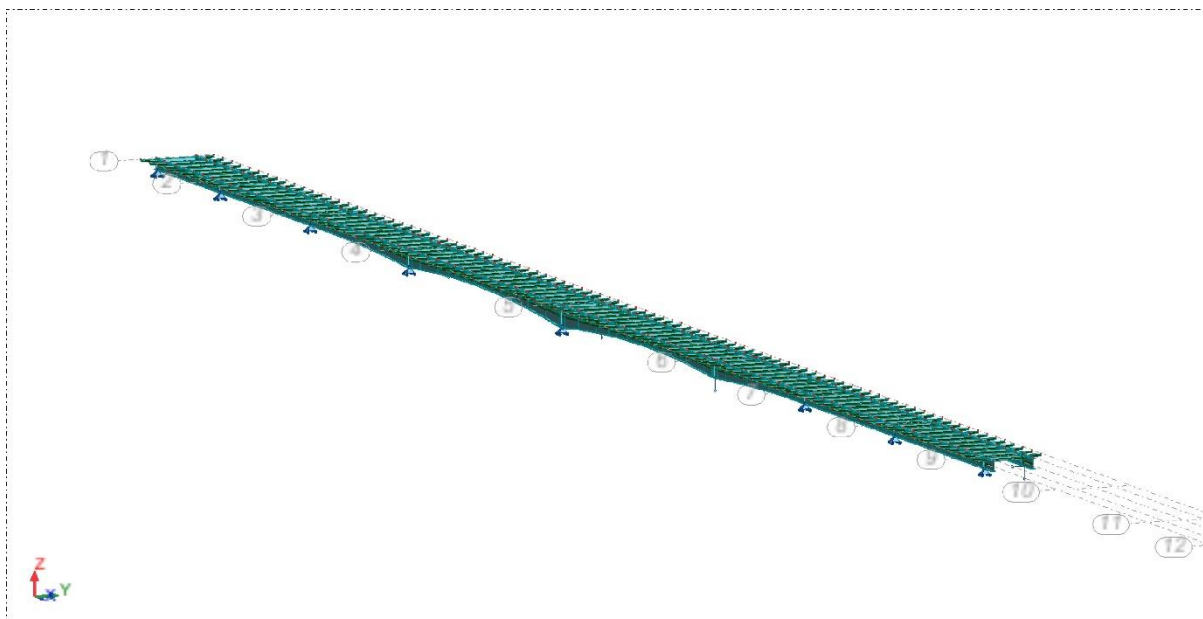
Etapy montażu mostu S jezdnia prawa:

- 1 - etap montażu konstrukcji stalowej w osiach 1 - 9
- 2, 3, 5...11 - etapy betonowania
- 4 - etap montażu konstrukcji stalowej w osiach 9 -12

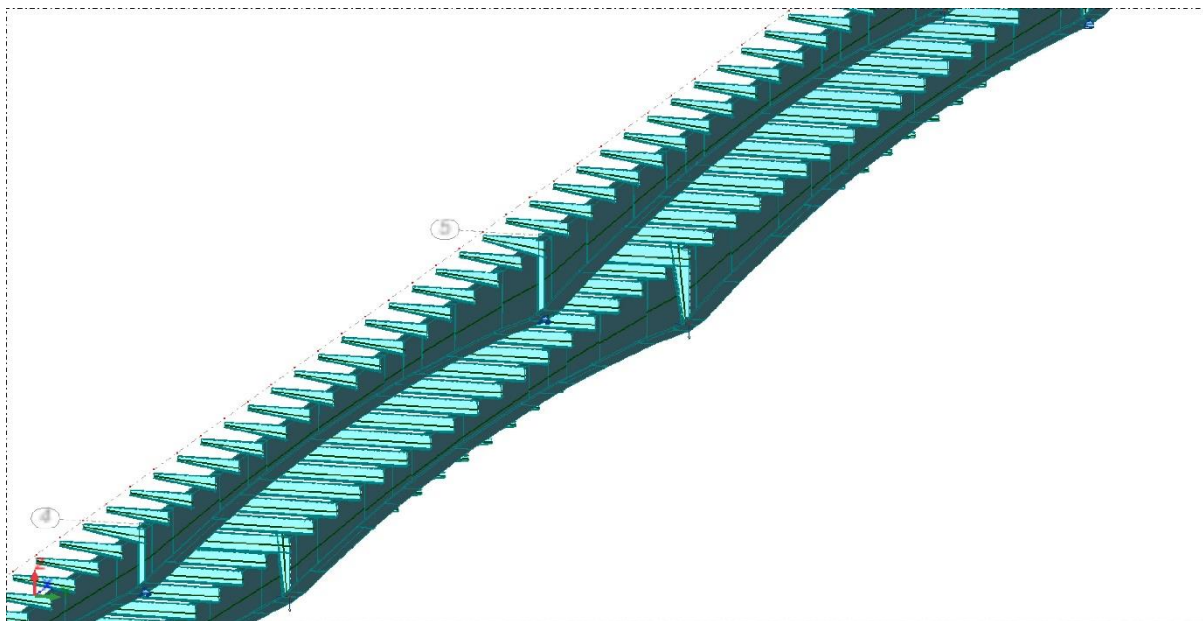
* - konstrukcja stalowa tylko do podpory 9

** - wymiar szacowany do ekspertyzy, brak zapisów w otrzymanej dokumentacji
co do długości etapu betonowania

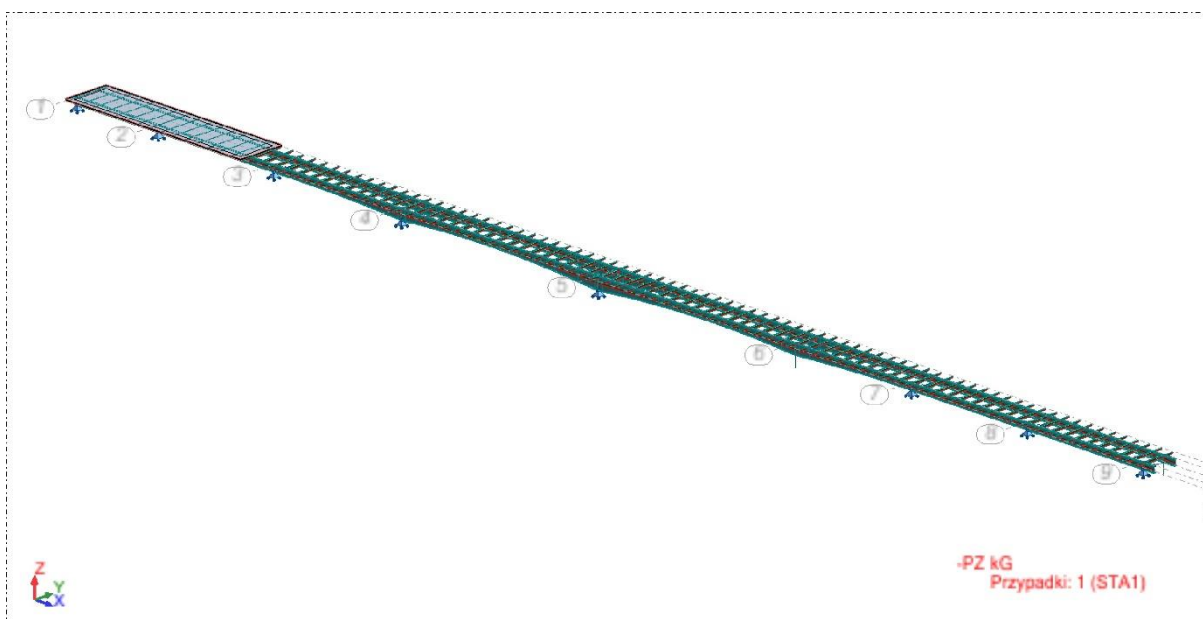
ZAŁĄCZNIK NR 4



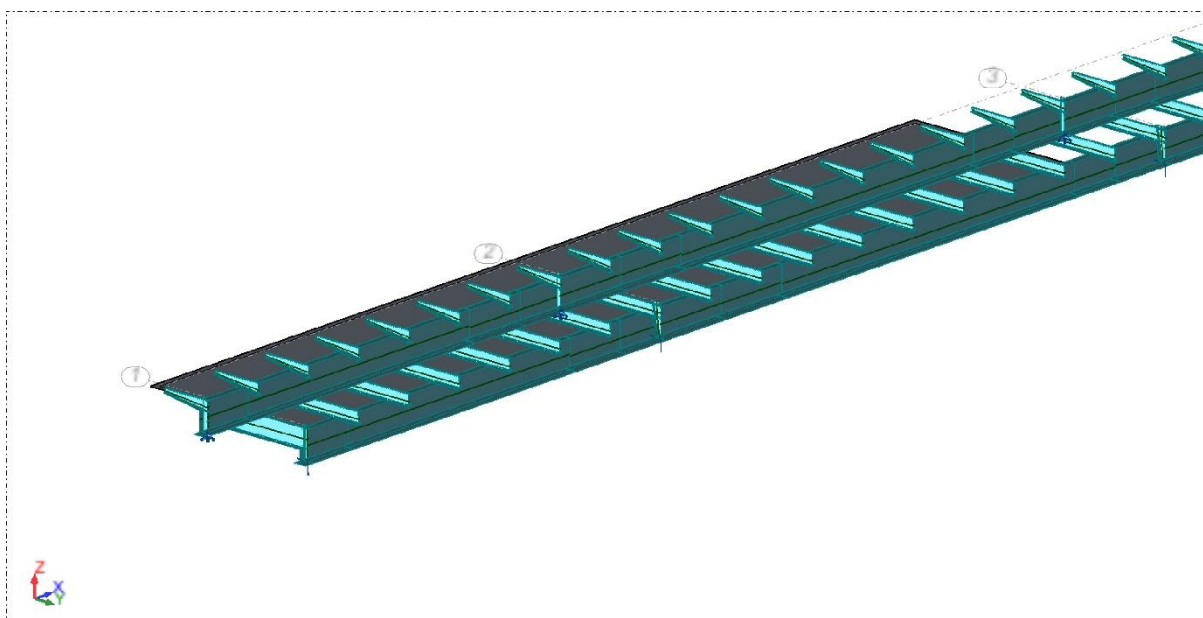
Fot. Z3-1 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 1



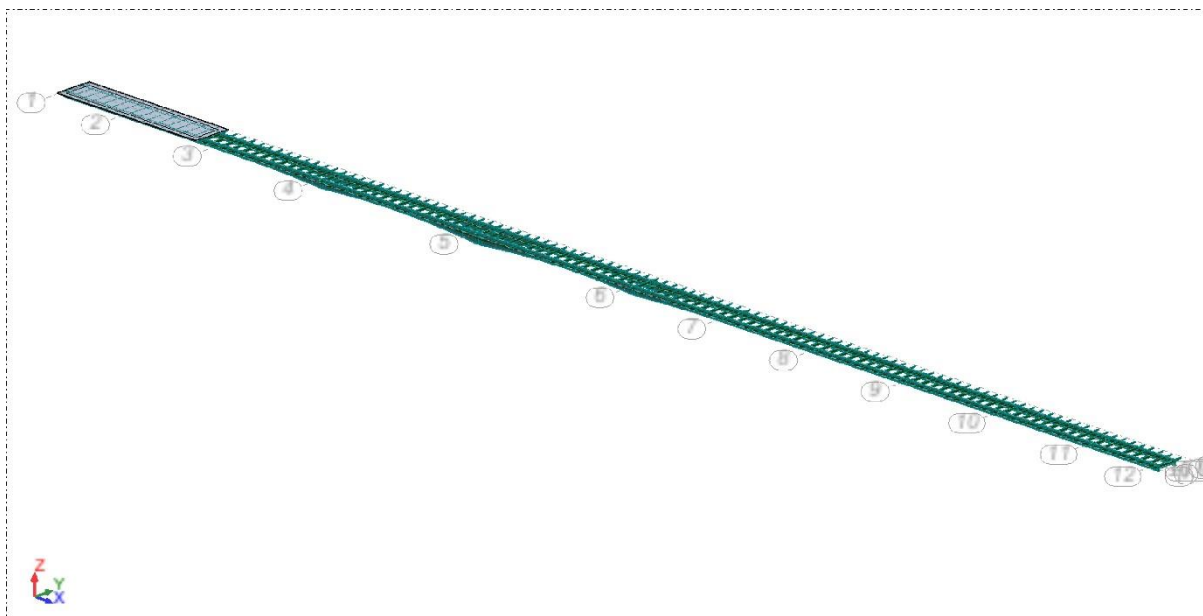
Fot. Z3-2 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 1 (szczegóły)



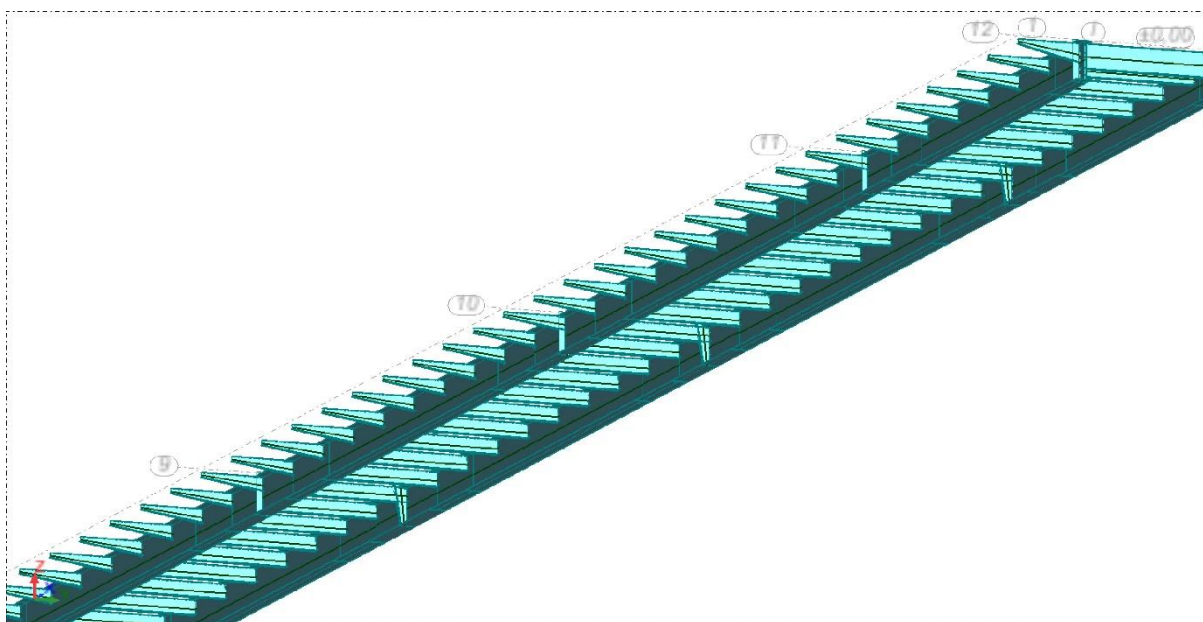
Fot. Z3-3 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 2



Fot. Z3-4 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 2 (szczegóły)



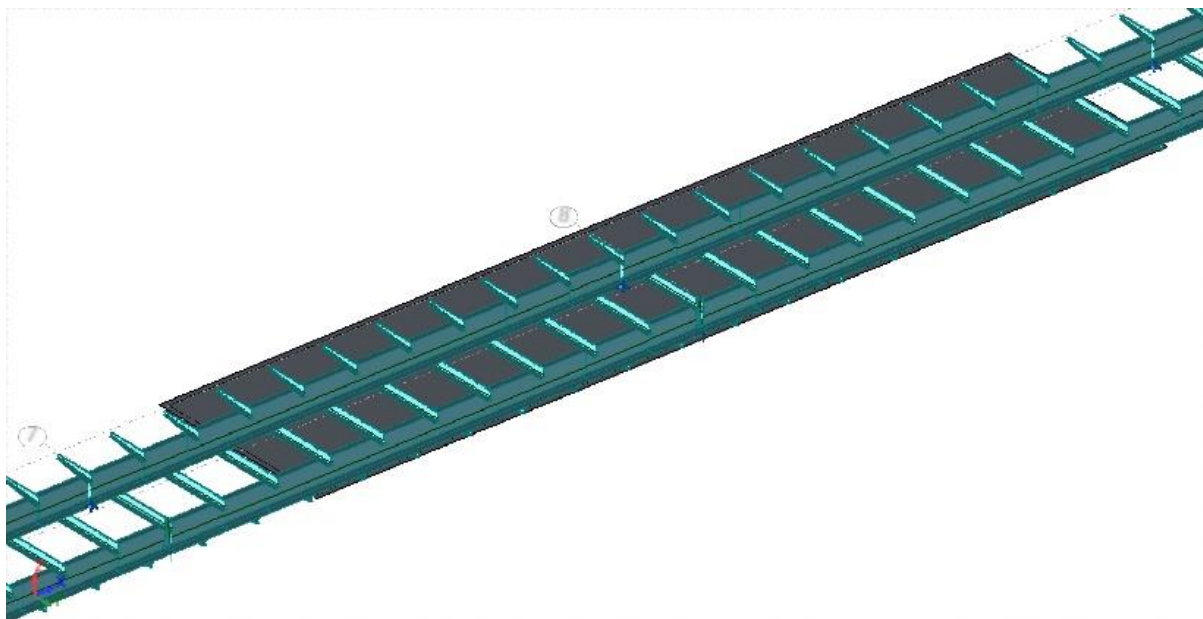
Fot. Z3-5 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 3



Fot. Z3-6 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 3 (szczegóły)



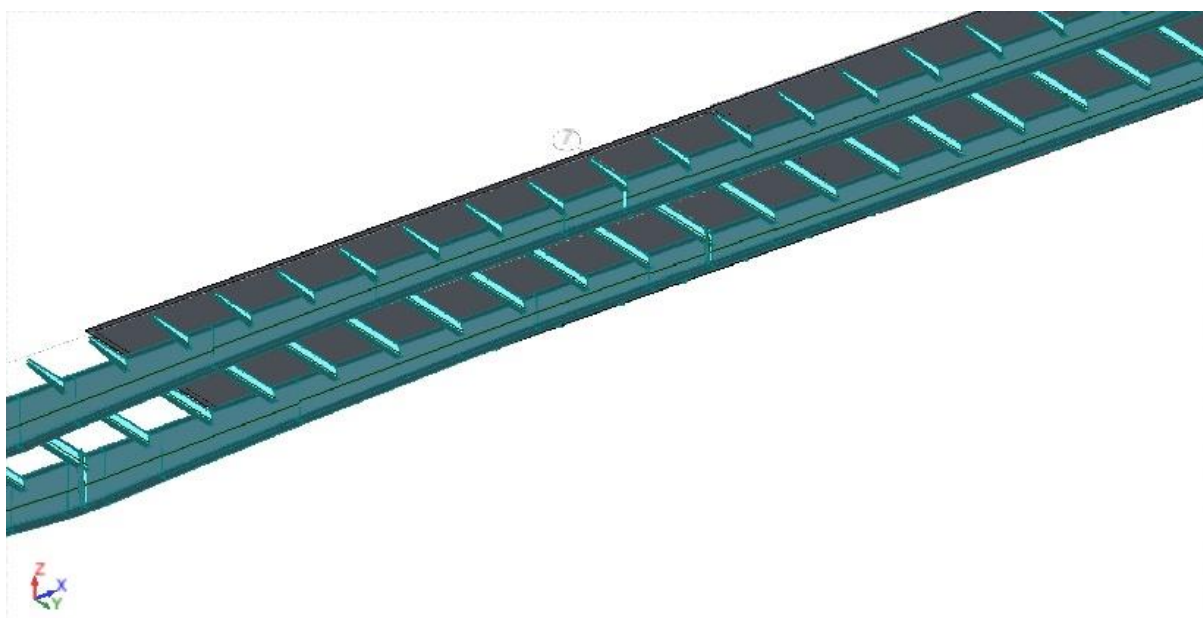
Fot. Z3-7 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 4



Fot. Z3-8 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 4 (szczegóły)



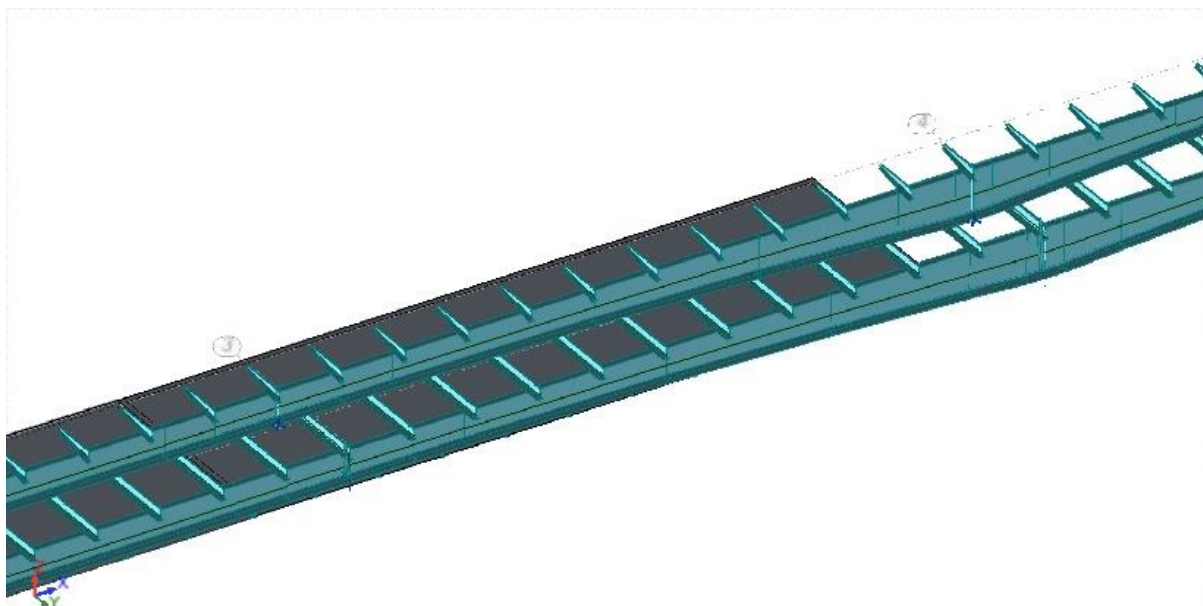
Fot. Z3-9 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 5



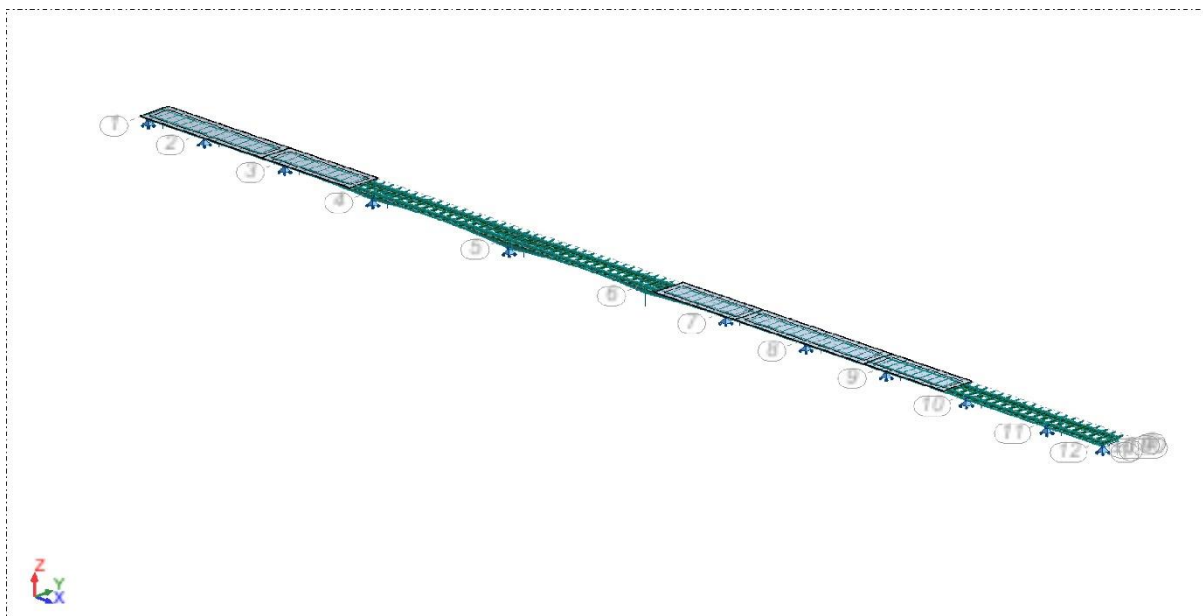
Fot. Z3-10 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 5 (szczegół)



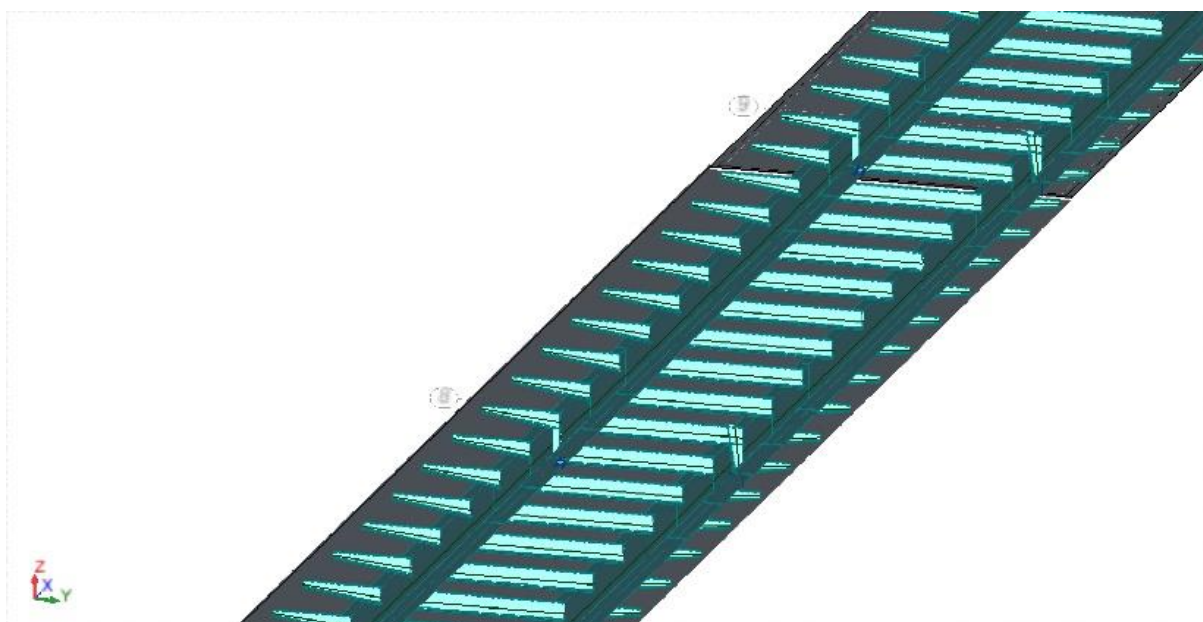
Fot. Z3-11 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 6



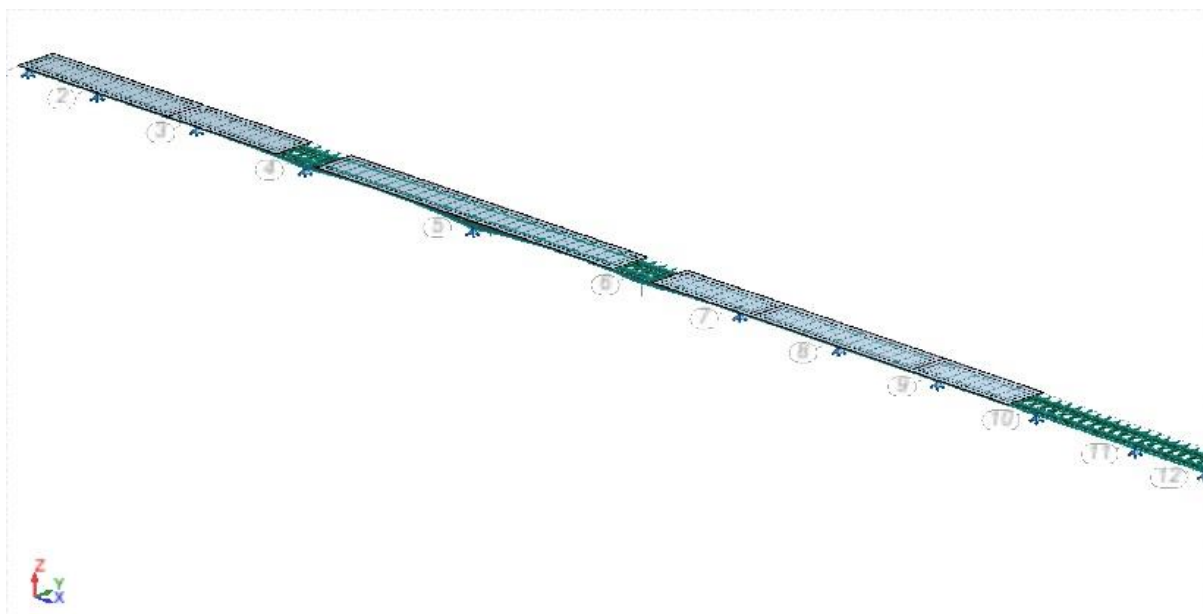
Fot. Z3-12 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 6 (szczegół)



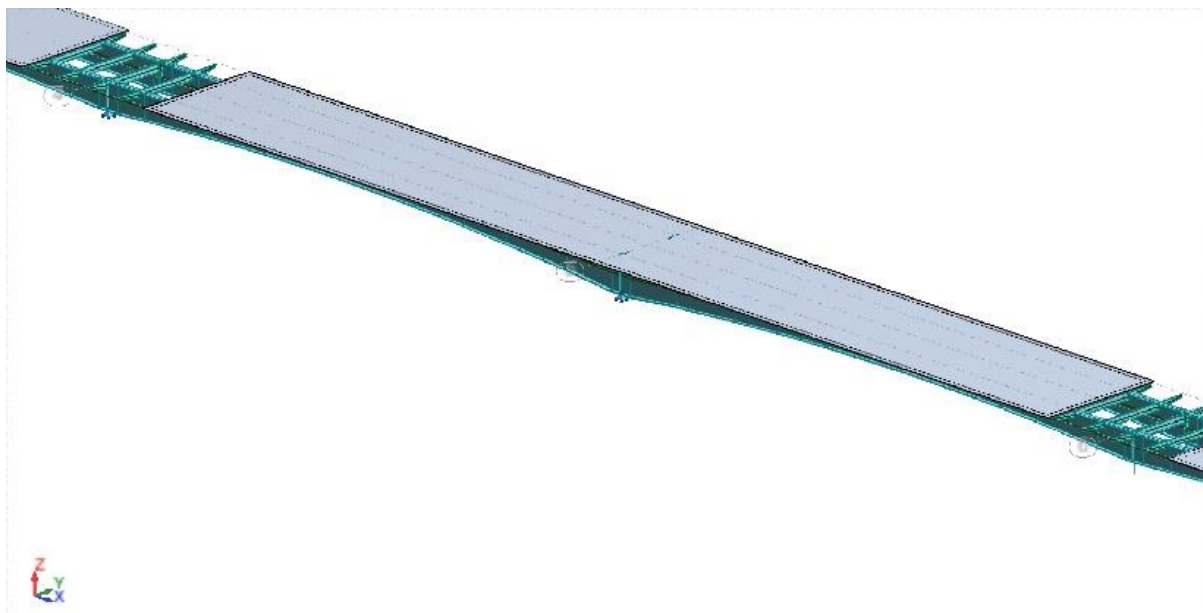
Fot. Z3-13 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 7



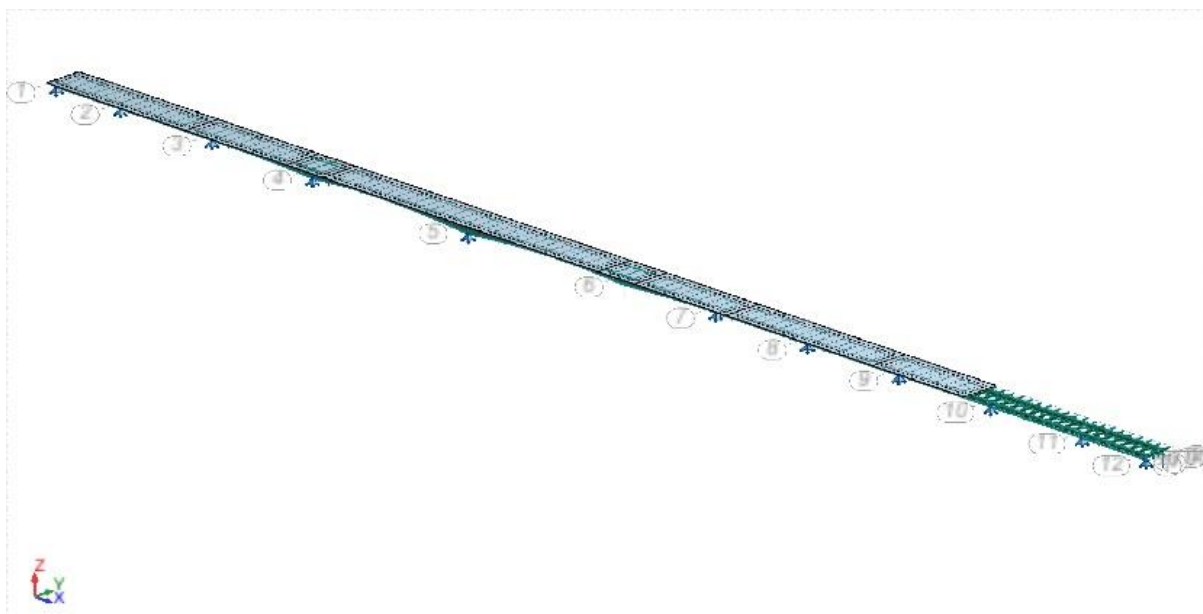
Fot. Z3-14 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 7 (szczegóły)



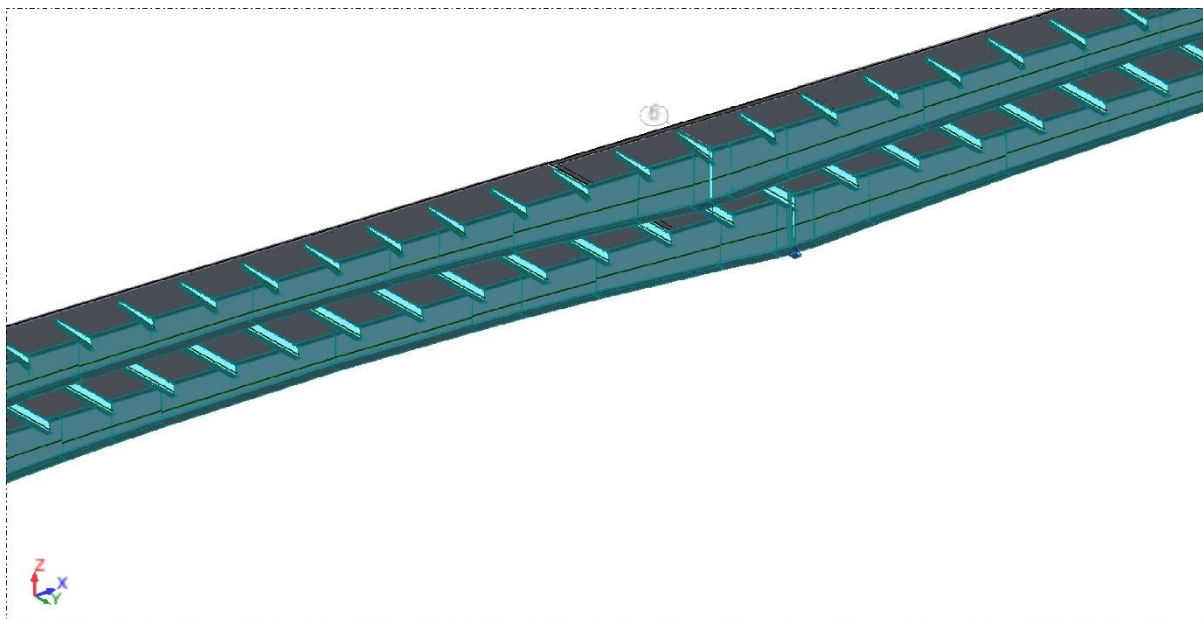
Fot. Z3-15 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 8



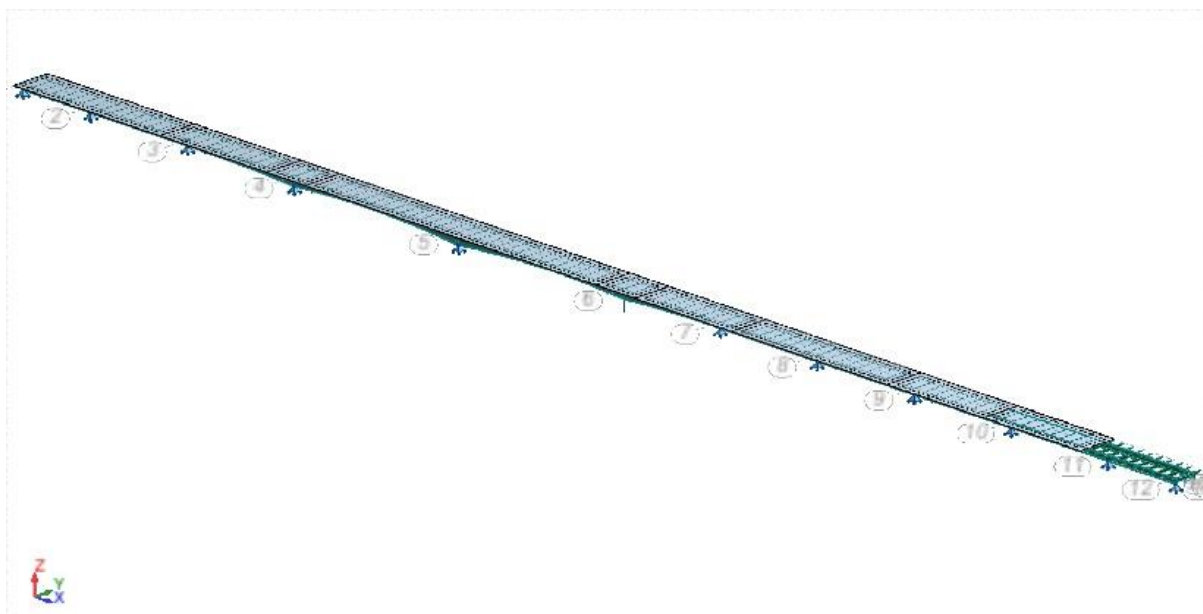
Fot. Z3-16 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 8 (szczegół)



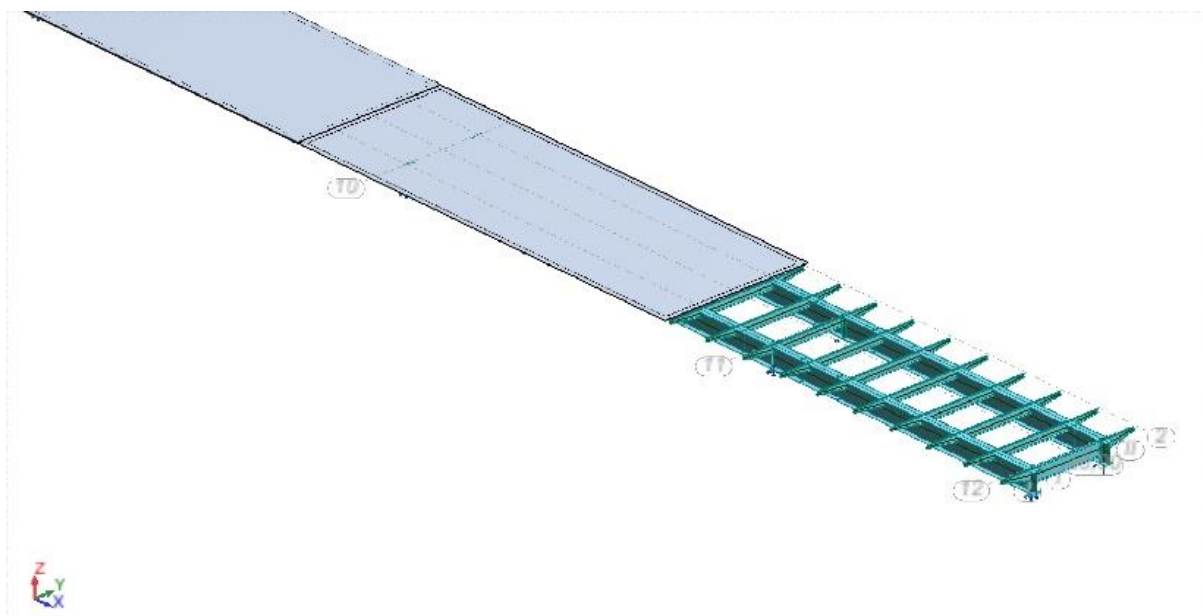
Fot. Z3-17 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 9



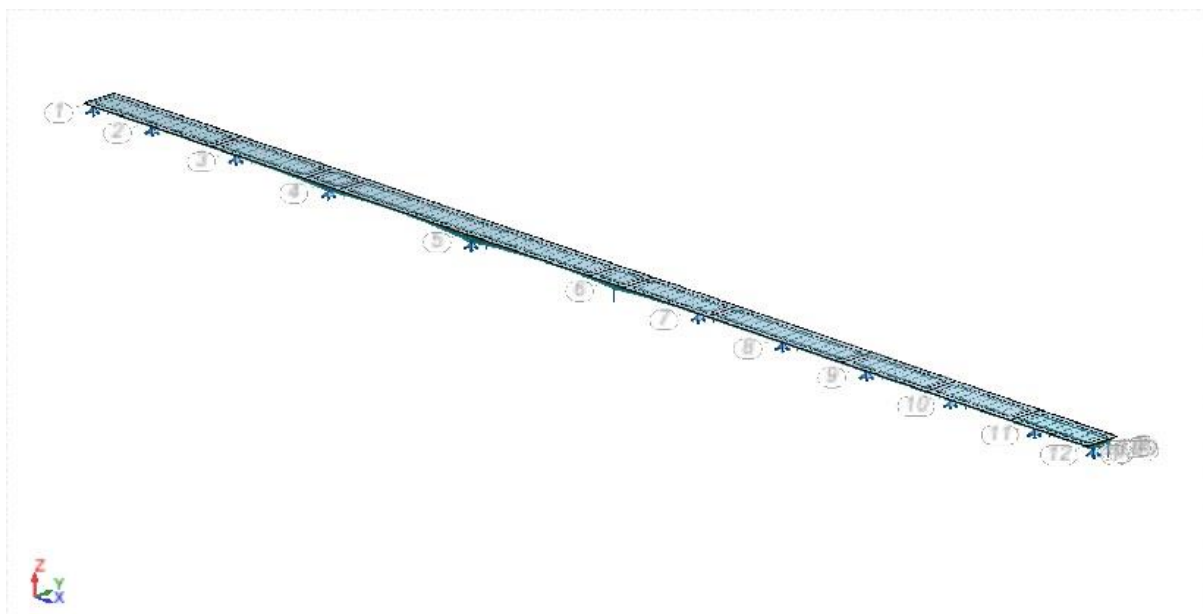
Fot. Z3-18 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 9 (szczegóły)



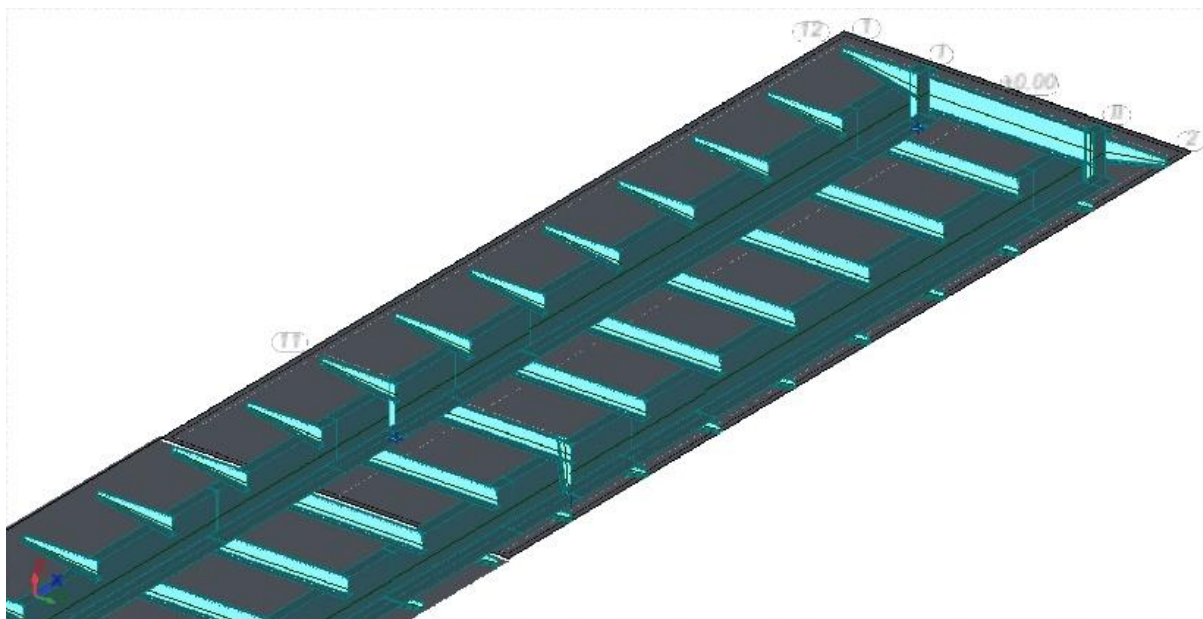
Fot. Z3-19 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 10



Fot. Z3-20 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 10 (szczegóły)



Fot. Z3-21 –Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 11



Fot. Z3-22 – Budowa pomostu jezdni lewej obiekt N - Etap 11 (szczegóły)