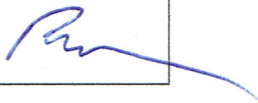


EKSPERTYZA TECHNICZNA

OBIEKT: **Wiadukt nad drogą ekspresową S3
w km 27+250 w węźle Pyrzyce - JN1 35001798**
ZAMAWIAJĄCY: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
Oddział w Szczecinie
70-340 Szczecin, al. Bohaterów Warszawy 33
UMOWA: Nr 3/WM/2023 z dnia 31.05.2023 r.



Autor opracowania	mgr inż. Zbigniew Bartnikowski	upr. proj. i wyk. w specjal. konstruk. - inżynier. w zakresie mostów nr 1921/EL/94	
-------------------	--------------------------------	---	---

Gdynia, wrzesień 2023 r.

Zawartość opracowania

I. Część opisowa

- 1.0. Podstawa opracowania
- 2.0. Cel opracowania
- 3.0. Charakterystyka obiektu
- 4.0. Stan techniczny obiektu
- 5.0. Przyjęte założenia do obliczeń
- 6.0 Wyniki obliczeń statyczno-wytrzymałościowych
- 7.0. Wnioski końcowe i zalecenia

II. Kosztorys szacunkowy remontu wiaduktu

III. Część rysunkowa

IV. Dokumentacja fotograficzna

V. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

CZĘŚĆ OPISOWA

1.0. Podstawa opracowania

1. Umowa Nr 3/WM/2023 z dnia 31.05.2023 r. pomiędzy GDDKiA Oddział w Szczecinie a „TRAB-Mosty. Projektowanie. Nadzory. Zbigniew Bartnikowski” Gdynia ul. Makuszyńskiego 34.
2. PN-85/S-10030 „Obiekty mostowe. Obciążenia”.
3. PN-91/S-10042 „Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie”.
4. Zarządzenie nr 38 Ministra Infrastruktury w sprawie wyznaczenia wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych (Dz. Urzęd. Ministra Infrastruktury nr 13 z dnia 28.10. 2010 r.) wraz z załącznikiem nr 2 „Metodyka postępowania w zakresie wyznaczania klasy MLC dla nowobudowanych i przebudowywanych obiektów mostowych na drogach publicznych”.
5. Umowa standaryzacyjna NATO - STANAG 2010: Oznaczenia wojskowej klasyfikacji obciążeń (wydanie nr 5).
6. Umowa standaryzacyjna NATO - STANAG 2021: Wojskowe obliczenia klasyfikacji mostów, promów, tratw i pojazdów (wydanie nr 5).
7. Rozporządzenie MTiGM z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. z 2000 r. nr 63 poz. 735 z póź. zm.).
8. Projekt Wykonawczy. Droga ekspresowa S3 Węzeł „Klucz” - Węzeł „Pyrzyce” km 0+000 ÷ 28+200. Wiadukt WD-22 w km 27+250 - Transprojekt Gdański lipiec 2006 r.
9. Projekt próbnego obciążenia wiaduktu WD-22 - PPDiM Szczecin, kwiecień 2009 r.
10. Raport o wynikach próbnego obciążenia - ZUT w Szczecinie, listopad 2009 r.
11. Przegląd szczegółowy wiaduktu - TRAB-Mosty, listopad 2022 r.
12. Wizja lokalna, pomiary inwentaryzacyjne i badania konstrukcji wiaduktu.

2.0. Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest ocena stanu technicznego wiaduktu w kontekście występujących uszkodzeń konstrukcji przęsła (zarysowań dźwigara sprężonego), wykonanie analizy statyczno-wytrzymałościowej wraz z podaniem aktualnej nośności wg PN-85/S-10030, oraz wyznaczenie wojskowej klasy obciążeń MLC.

3.0. Charakterystyka obiektu

Przedmiotowy obiekt usytuowany jest nad drogą ekspresową S3 w km 27+250 w obrębie węzła „Pyrzyce”. Wiadukt umożliwia przejazd przez drogę S3 w kierunku Krajnika Dolnego i Pyrzyce.

Konstrukcję nośną wiaduktu stanowi 1-przęsłowa monolityczna belka z betonu sprężonego o wymiarach 2,40x1,60 m wzmocniona łukiem stalowym o przekroju skrzynkowym i z wieszakami w postaci firmowych cięgien - 2 prętów stalowych Ø 52 mm. Wieszaki na długości usytuowane są wachlarzowo. Wymiary skrzynki w kluczu łuku to 96x82 cm. Grubość ścianek przekroju skrzynkowego to 20 mm na całej długości przęsła. Łuk stalowy nad przyczółkami przechodzi w masywne żelbetowe wezgłowania stanowiące monolit z poprzecznikami podporowymi dźwigara sprężonego.

Konstrukcja pomostu wykonana jest w postaci 2-wspornikowej symetrycznej płyty żelbetowej doprężonej poprzecznymi kablami i podpartej na ukośnych zastrzałach z rur stalowych Ø 273/20 mm. Grubość płyty pomostu jest zmienna na wysięgu wsporników i wynosi 20÷37,5 cm.

Rozpiętość teoretyczna przęsła w osiach łożysk wynosi 54,00 m. Całkowita długość konstrukcji ustroju nośnego wynosi 55,00 m. Przęsło na przyczółku podparte jest poprzez 2 łożyska garnkowe w rozstawie 4,00 m. Wiadukt wyposażony jest w dylatacje typu modułowego.

Przyczółki stanowią pełnościenne żelbetowe konstrukcje ze skrzydłami równoległymi. Posadowienie przyczółków jest bezpośrednie na ławach fundamentowych. Za przyczółkami ułożone są żelbetowe płyty przejściowe o długości 5,00 m.

W przekroju poprzecznym wiadukt posiada 2 jezdnie z obustronnymi opaskami, rozdzielone pasem rozdziału gdzie kotwione są wieszaki łuku. Szerokość pojedynczej jezdni w licu krawężników równa jest 6,00 m. Gabarytowa szerokość wiaduktu w licu desek gzymsowych wynosi 17,16 m.

Na pasie rozdziału zamocowane są stalowe bariery drogowe. Na opaskach zewnętrznych (kapach) ustawione są barieroporce mostowe. Na obiekcie nie występują chodniki.

Przekrój poprzeczny wiaduktu jest stały na całej długości przęsła.

Podstawowe dane techniczne wiaduktu:

- przekrój drogowy -	2-jezdniowy
- szerokość obu jezdni z opaskami -	2x6,00 m
- szerokość pasa rozdziału -	2,80 m
- szerokość kap -	2x1,18 m
- szerokość całkowita -	17,16 m
- rozpiętość teoretyczna przęsła -	54,00 m
- kąt skrzyżowania z osią drogi -	65 °
- nośność wg PN-85/S-10030	klasa A (50 ton).

4.0. Stan techniczny obiektu

Konstrukcja wiaduktu jest ogólnie w zadowalającym stanie technicznym. Jednak w trakcie wykonywania ostatniego przeglądu szczegółowego, oprócz typowych uszkodzeń wynikających z kilkunastoletniej już eksploatacji obiektu, stwierdzono występowanie licznych zarysowań betonu dźwigara sprężonego na całej długości przęsła.

Występujące uszkodzenia poszczególnych elementów wiaduktu przedstawiono poniżej.

Nawierzchnia na jezdni

Wzdłuż krawężników występują zanieczyszczenia w postaci zalegających warstw piasku. Widoczne są również drobne wykruszenia warstwy ścierniczej nawierzchni na styku z profilami stalowymi dylatacji modułowych.

Nawierzchnia na kapach

Na kapach (opaskach) występują spękania nawierzchni syntetycznej i rdzawe osady od korozji elementów barier. Na całej długości wiaduktu krawężniki kamienne pokryte są rdzawymi wykwitami od korozji zakotwień w kapie - fot. 10.

Bariery

Bariery (barieroporce) są zanieczyszczone i pokryte osadami. Podstawy słupków wykazują liczne ogniska korozji, co skutkuje rozległymi rdzawymi wykwitami na nawierzchni kap - fot. 11.

Odwodnienie

Część wpustów jest zanieczyszczona pozostałościami roślinnymi. Króćce żeliwne wpustów są skorodowane - fot. 15.

Dylatacje

Obiekt wyposażony jest w dylatacje typu modułowego. Dylatacje na przyczółku od strony Pyrzyc i Krajnika Dolnego są skorodowane, w szczególności w obszarze jezdni przy krawężnikach - fot. 16.

Łożyska

Łożyska na przyczółkach w liczbie 4 sztuk nie wykazują uszkodzeń poza osadami i zanieczyszczeniami zbierającymi się za osłonami. Widoczne są pojedyncze ogniska korozji - fot. 14.

Przyczółki

Nie stwierdzono występowania oznak złego funkcjonowania posadowienia przyczółków. Powierzchnie betonowe korpusów i skrzydeł posiadają pełne powłoki zabezpieczające. Widoczne są przebarwienia betonu. Występują miejscowe ubytki (raki) betonu. Na przyczółku od strony Krajnika Dolnego ma miejsce poziome spękanie w obrębie korpusu i skrzydła - fot. 18.

Konstrukcja przęsła

Dźwigar sprężony wykazuje liczne uszkodzenia o charakterze korozyjnym na spodzie w postaci rdzawych wykwitów oraz zarysowań siatkowych (podłużnych i poprzecznych) betonu. Spowodowane jest to korozją zbrojenia miękkiego i w ślad za tym pękaniem otuliny betonowej - fot. 32-34. Duża ilość rys i wykwitów ma miejsce także w obrębie zakotwień stalowych zastrzałów - fot. 29.

Oprócz uszkodzeń od korozji zbrojenia występują na spodzie i na bokach pionowe zarysowania betonu ze zróżnicowaną intensywnością na długości przęsła. Najwięcej rys usytuowanych jest nad oboma jezdniami w ok. $\frac{1}{4}$ rozpiętości przęsła - fot. 35 i 36.

W dużo mniejszym stopniu zarysowane są końce dźwigara (poprzecznice podporowe) w strefie podparcia na przyczółkach - fot. 19-28.

Łuk stalowy stanowiący wzmocnienie dźwigara sprężonego wykazuje ubytki zewnętrznej powłoki malarskiej w części do strony zachodniej (dojazdu od strony Krajnika Dolnego) - fot. 13.

Pomost nie wykazuje znaczących uszkodzeń. Stalowe zastrzały posiadają rozległe ubytki zewnętrznej powłoki malarskiej - fot. 12. Na osłonach zakotwień kabli sprężających płytę pomostu występują ogniska korozji - fot. 17.

Otoczenie obiektu

Na skarpach nasypu za przyczółkami mają miejsce niewielkie ubytki (rozmycia) i przemieszczenia gruntu.

Dojazdy

Wzdłuż krawężników występują zanieczyszczenia w postaci zalegających warstw piasku. W obrębie opasek za przyczółkami mają miejsce spękania nawierzchni syntetycznej. Na długości skrzydeł przyczółka od strony Pырzyc występują podłużne spękania nawierzchni - fot. 9.

Aktualny obraz uszkodzeń przedstawiono w załączonej dokumentacji fotograficznej.

5.0. Przyjęte założenia do obliczeń

Załączone obliczenia statyczno-wytrzymałościowe konstrukcji wiaduktu wykonano przy przyjęciu następujących założeń:

- analizę obliczeniową wykonano uwzględniając przestrzenną pracę konstrukcji wiaduktu, przy zastosowaniu programu ROBOT Millennium; po sprawdzeniu wpływu obciążenia ustawionego niesymetrycznie na 1 jezdni na wyężenie dźwigara sprężonego dla prostoty i przejrzystości obliczeń przyjęto do dalszej analizy schemat płaski, który dla obliczeń inżynierskich jest wystarczającym przybliżeniem.
- sprawdzeniu poddano wiodący element konstrukcji wiaduktu (dźwigar sprężony) wykazujący uszkodzenia mogące mieć wpływ na nośność obiektu jako całości; przyjęto do analizy najbardziej wyężone przekroje reprezentatywne dla całości konstrukcji.
- przy sprawdzaniu nośności obiektu i wyznaczaniu klasy obciążenia MLC brano pod uwagę tylko konstrukcję przęsła, albowiem podpory (korpusy, fundamenty) są projektowane z wyższym globalnym współczynnikiem bezpieczeństwa niż przęsła; wynika to z wyższego stopnia nieprzewidywalności warunków posadowienia i obciążenia podpór w stosunku do podparcia i obciążenia przęsła; jest to podejście zgodne z zapisami punktu 9c umowy standaryzacyjnej.
- zgodnie z zarządzeniem nr 38 Ministra Infrastruktury podstawę określenia klasy obciążenia MLC dla obiektu stanowi zależność $F_w \leq F_p + F_{qt}$, gdzie: F_w - siła wewnętrzna od obciążenia pojazdami wojskowymi; F_p - siła wewnętrzna od obciążenia normowego ruchomego na jezdni; F_{qt} - siła wewnętrzna od obciążenia normowego ruchomego na chodniku; analizie nie podlegają siły wewnętrzne od obciążeń stałych.
- przyjęty współczynnik obciążenia dla obciążenia pojazdami wojskowymi - $\gamma_f = 1,35$.
- przyjęty współczynnik dynamiczny dla obciążenia pojazdami wojskowymi - jak dla obciążenia ruchomego wg PN-85/S-10030.
-

6.0. Wyniki obliczeń statyczno-wytrzymałościowych

Końcowe wyniki obliczeń przedstawiono poniżej.

6.1. Według PN-85/S-10030

Stan użytkowy - obciążenia stałe - obciążenie ruchome kl. A	Naprężenia normalne [MPa] przekrój przęsłowy dźwigar sprężony	
	σ_{bg} obliczeniowe	σ_{bd} charakterystyczne
punkt A - środek przęsła l/2	-1,2	4,6
punkt B - l/4	2,8	-1,6

Wartości przyjętych wytrzymałości obliczeniowej i charakterystycznej dla betonu dźwigara B40

$R_{b1} = 23,1 \text{ MPa}$ - ściskanie
 $R_{btk\ 0,05} = 2,10 \text{ MPa}$ - rozciąganie
 $R_{bt\ 0,05} = 1,40 \text{ MPa}$ - rozciąganie.

6.2. Klasa obciążenia wojskowego MLC

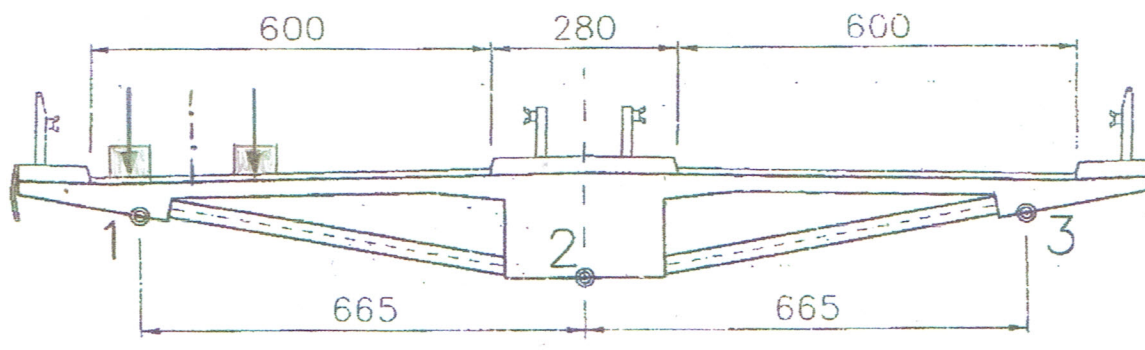
Lp.	Nr drogi publicznej	Kilometraż	JNI	Najbliższa miejscowość Nazwa przeszkody	Rodzaj obiektu	Wojskowa klasa obciążenia MLC			
						Pojazdy kołowe		Pojazdy gąsienicowe	
						↑↓	↑	↑↓	↑
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	S3	27+250	35001798	Pyrzyce węzeł drogowy	Wnd	90	150	80	150

* M - most, W - wiadukt w ciągu drogi, Wnd - wiadukt nad drogą.

6.3. Próbné obciążenie

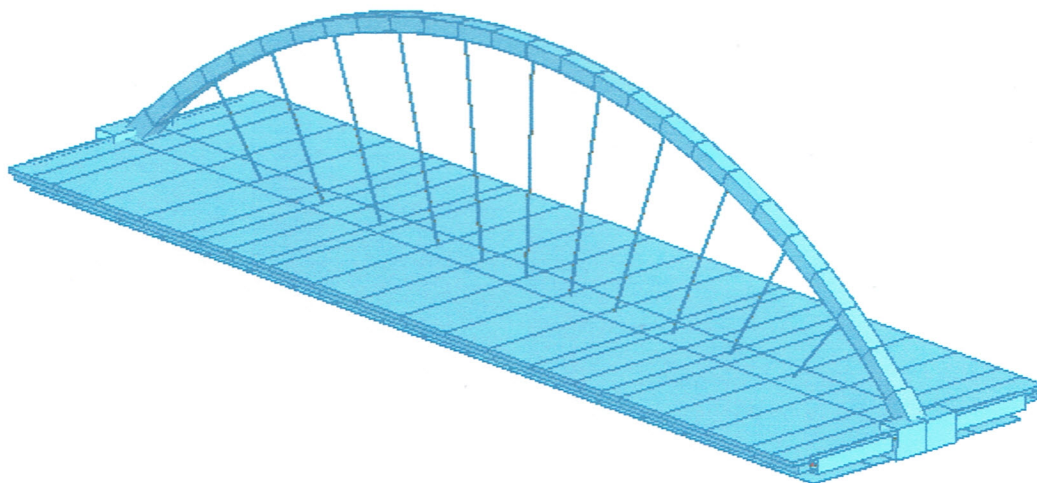
Próbné obciążenie wiaduktu przeprowadzone zostało w 2009 roku na podstawie wykonanego wcześniej projektu. Przyjęto do realizacji schematy obciążenia dla oceny poprawności wykonania konstrukcji wiaduktu i zachowania się zgodnie z przyjętymi założeniami projektowymi.

W celu weryfikacji obciążono pojazdami próbnego obciążenia przyjęte w niniejszym opracowaniu schematy statyczne. Wyniki przedstawione w poniższych tabelach są porównywalne i dla obliczeń inżynierskich przyjęte przybliżenie jest wystarczające.



	Przemieszczenia pionowe [mm] próbné obciążenie - ustawienie niesymetryczne		
	1	2	3
Projekt próbnego obciążenia wartości obliczone	21,1	5,6	-6,0
Próbné obciążenie wartości pomierzone	18,0	5,0	-6,0
Przyjęty schemat statyczny wartości obliczone	22,4	5,7	-8,9

	Momenty zginające [kNm] próbné obciążenie - ustawienie niesymetryczne	
schemat statyczny	punkt A - L/2	punkt B - L/4
rama płaska – z obciążenia linii wpływowych	512	983
przestrzenny – siły wypadkowe z osi kół	654	997
przestrzenny – rzeczywiste naciski kół	647	1001



7.0. Wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę:

- wykonaną analizę statyczno-wytrzymałościową konstrukcji wiaduktu,
- aktualny stan techniczny wiaduktu stwierdzony podczas oględzin i badań,

formułuje się następujące wnioski.

1. Najbardziej wyężony przekrój dźwigara sprężonego usytuowany jest nie w środku rozpiętości a w ok. 1/4 rozpiętości, co jest znajduje swoje potwierdzenie w obserwowanych zarysowaniach betonu.
2. Przyjęta w projekcie trasa kabli sprężających powoduje, że w miejscu największego momentu zginającego w ok. 1/4 mimośród siły sprężającej jest mniejszy niż w środku rozpiętości, przez co efekt sprężenia nie jest tak skuteczny, jak należałoby oczekiwać.
3. Próbné obciążenie wiaduktu przeprowadzone w 2009 roku nie brało pod uwagę analizy najbardziej wyężonego przekroju dźwigara sprężonego. Przyjęte ustawienia pojazdów miały wywołać bliski maksymalnemu moment zginający w środku rozpiętości oraz sprawdzić przestrzenną pracę konstrukcji poprzez ustawienia obciążenia niesymetrycznie na 1 jezdni w położeniu skrajnym.
4. Obserwowane zarysowania betonu dźwigara mogą mieć zdaniem autora dwie przyczyny:
 - a/ za mała jest wartość siły sprężającej:
 - niedoszacowano na etapie projektu, co wydaje się jednak mało prawdopodobne,
 - nastąpił spadek siły sprężającej np. poprzez większe straty niż zostało to przyjęte w projekcie.
 - b/ na etapie budowy wiaduktu:
 - według dokumentacji projektowej naciąg wieszaków był wykonywany po całkowitym sprężeniu konstrukcji przęsła przed zdjęciem rusztowań; mając na uwadze schemat statyczny wiaduktu, gdzie wpływ wieszaków wydaje się być kluczowy dla wyężenia dźwigara sprężonego, niezamierzone błędy w naciągu mogły być przyczyną powstania zarysowań betonu już na etapie budowy.
5. Biorąc pod uwagę występujące zarysowania dźwigara wnioskuje się:
 - a. Obniżenie nośności wiaduktu do klasy B (40 ton) wg PN-85/S-10030.
Konstrukcja nie spełnia wymagań dla sprężenia pełnego (SP), albowiem nie jest spełniony warunek normowy $\sigma_{btk} \geq 0$ tj. występują naprężenia rozciągające w betonie.
Konstrukcja spełnia natomiast wymagania dla sprężenia ograniczonego (SO), gdzie dopuszcza się rozciąganie betonu, ale nie większe niż wytrzymałość charakterystyczna betonu na rozciąganie: $|\sigma_{bd}| = 1,60 \text{ MPa} < R_{btk 0,05} = 2,10 \text{ MPa}$ - spód dźwigara sprężonego w ok. 1/4 rozpiętości.
 - b. Obniżenie wojskowej klasy obciążenia MLC dla ruchu 2-kierunkowego
 - dla pojazdu kołowego do wartości MLC 80
 - dla pojazdu gąsienicowego do wartości MLC 70.

Po wykonaniu n/w wzmocnienia dźwigara będzie możliwe przywrócenie pierwotnej klasy A oraz wartości MLC 90 dla pojazdu kołowego oraz MLC 80 dla pojazdu gąsienicowego.
6. Z uwagi na występujące zarysowania betonu na długości przęsła proponuje się wykonać wzmocnienie dźwigara sprężonego w sposób pasywny np. naklejanymi taśmami z włókien węglowych. Brak przystąpienia do prac naprawczych w przeciągu najbliższych 2-3 lat może skutkować wprowadzeniem ograniczenia nośności wiaduktu.
7. W celu likwidacji występujących uszkodzeń na całej konstrukcji wiaduktu należy przystąpić w najbliższym czasie do naprawy, która powinna obejmować m. in. następujące prace:
 - skucie otuliny betonowej,
 - oczyszczenie i naprawa skorodowanego zbrojenie miękkiego,
 - uzupełnienie ubytków betonu zaprawami PCC,
 - iniekcja wysokociśnieniowa istniejących zarysowań betonu dźwigara,
 - odnowa zabezpieczenia antykorozyjnego stalowej konstrukcji łuku i zastrzałów pomostu.

W załączeniu kosztorys szacunkowy w/w prac naprawczych konstrukcji wiaduktu.

8. Do czasu przystąpienia do prac naprawczych można użytkować obiekt na dotychczasowych zasadach pod warunkiem stałego monitoringu stanu technicznego. W tym celu wnioskuję się wykonywanie przeglądu rozszerzonego obiektu pod kątem występującego zarysowania konstrukcji dźwigara sprężonego co 12 miesięcy.

opracował :


Zbigniew Bartnikowski

KOSZTORYS SZACUNKOWY
remont wiaduktu nad drogą ekspresową S3
w km 27+250 na węźle Pyrzyce (JNI 35001798)

Lp.	Pozycja SST		Wyszczególnienie robót	Jm	Ilość	Cena jednostkowa	Wartość zł
1	2	3	4	5	6	7	8
	D- 01.00.00.		ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE				
	D- 01.02.04.		Roboty rozbiórkowe				
1			Beton (skorodowana otulina zbrojenia) spodu dźwigara sprężonego konstrukcji przęsła wiaduktu - rozbiórka metodą hydrodynamiczną, 75 % procent powierzchni spodu przęsła - $[(2,40 \times 54,0) \times 0,05] \times 0,75 =$	m ³	4,9	3000,0	14700,0
	M-14.00.00		KONSTRUKCJE STALOWE				
	M-14.01.02.		Konstrukcje stalowe				
2			Odnowa zabezpieczenia antykorozyjnego stalowej konstrukcji przęsła poprzez malowanie farbami na bazie żywic EP i PUR - system malarski renowacyjny: łuk i zastrzały - $57,6 \times (4 \times 1,0) + 18 \times 2 \times (5,6 \times 0,86) = 230,4 + 173,4 =$	m ²	403,8	300,0	121140,0
	M-20.00.00.		INNE ROBOTY				
	M-20.01.00.		ROBOTY MOSTOWE				
	M-20.01.09.		Zabezpieczenie antykorozyjne betonu				
3			Wykonanie zabezpieczenia powierzchni betonowych powłoką ochronną, system sztywny nieprzenoszący zarysowań - spód i boki dźwigara sprężonego po naprawie - $(2,40 + 2 \times 1,20) \times 55,0 =$	m ²	264,0	200,0	52800,0
	M-20.01.17.		Iniekcja rys i spękań				
4			Wykonanie iniekcji wysokociśnieniowej rys i spękań sprężonej i żelbetowej konstrukcji wiaduktu - $[(1,20 + 2,40 + 1,20) \times 25] + [1,50 \times 10] \times 1,5 =$	m	202,5	500,0	101250,0
	M-20.01.18.		Naprawa elementów z betonu				
5			Wykonanie naprawy powierzchni betonowych zaprawami typu PCC nakładanymi ręcznie - spód dźwigara sprężonego, 75% powierzchni - $[(2,40 \times 54,0) \times 0,05] \times 0,75 =$	m ³	4,9	12000,0	58800,0
	M-20.03.01.		Wzmocnienie materiałami kompozytowymi CFRP				
6			Wykonanie wzmocnienia dźwigarów i poprzecznic podporowych przyklejanymi taśmami z włókien węglowych CFRP- typ 120x1,4 mm o module $E_L = 210$ GPa i wytrzymałości na rozciąganie $f_L = 2800$ MPa - $(8 \times 2) \times 55,0 =$	m ²	880,0	1500,0	1320000,0
			ORGANIZACJA RUCHU NA CZAS ROBÓT				
7			Wykonanie oznakowania, utrzymanie podczas trwania robót i demontaż oznakowania po zakończeniu robót - zgodnie z projektem organizacji ruchu na czas remontu wiaduktu	ryczałt	1	60000,0	60000,0
8			Wykonanie i demontaż rusztowań np. podwieszonych do spodu przęsła lub innym sposobem - według projektu Wykonawcy i w uzgodnieniu z zarządcą drogi	ryczałt	1	200000,0	200000,0
			PRÓBNE OBCIĄŻENIE WIADUKTU				
9			Wykonanie próbnego obciążenia wiaduktu (statyczne i dynamiczne) - zgodnie z projektem próbnego obciążenia	ryczałt	1	100000,0	100000,0
RAZEM :						2.028.690,00	
VAT 23%:						466.598,70	
OGÓŁEM:						2.495.288,70	

CZĘŚĆ RYSUNKOWA

DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA

	DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA OBIEKTU	
--	---	--



Fot. 1. Widok obiektu z boku.



Fot. 2. Widok obiektu z boku.

	DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA OBIEKTU	
--	---	--



Fot. 3. Widok obiektu od góry - jezdnia w kierunku Pyrzyc.



Fot. 4. Widok obiektu od góry - jezdnia w kierunku Krajnika Dolnego.

DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA OBIEKTU



Fot. 5. Widok obiektu od spodu.



Fot. 6. Łożysko stałe na przyczółku.



Fot. 7. Widok zamocowania wieszaków w konstrukcji łuku stalowego.



Fot. 8. Widok zamocowania wieszaków w konstrukcji dźwigara sprężonego.

	DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA USZKODZEŃ	
--	---	--



Fot. 9. Spękania nawierzchni jezdni na dojeździe w obrębie skrzydeł przyczółka.



Fot. 10. Rdzawe wykwity na krawężniku spowodowane korozją zakotwienia w kapie.

	DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA USZKODZEŃ	
--	---	--



Fot. 11. Korozja w obrębie podstawy słupka bariery.



Fot. 12. Ubytki powłoki malarskiej na konstrukcji zastrzałów podpierających płytę pomostu.

	DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA USZKODZEŃ	
--	---	--



Fot. 13. Ubytki powłoki malarskiej na powierzchni stalowej konstrukcji łuku od strony Krajnika Dolnego.



Fot. 14. Osady i zanieczyszczenia na powierzchni łożyska. Pojedyncze ogniska korozji.



Fot. 15. Korozja żeliwnego króćca wylotu wpustu odwodnienia jezdni.



Fot. 16. Korozja stalowych profili dylatacji modułowej, częściowo naprawiona.



Fot. 17. Ogniska korozji na osłonie zakotwienia kabli sprężających płytę pomostu.



Fot. 18. Spękania betonu korpusu przyczółka od strony Krajnika Dolnego.



Fot. 19. Oparcie przęsła na przyczółku od strony Pyrzyc - widok od strony północnej.



Fot. 20. Szczegół zarysowania betonu poprzecznicy podporowej ze zdjęcia nr 19.



Fot. 21. Szczegół zarysowania betonu poprzecznicy podporowej z zdjęcia nr 19.



Fot. 22. Szczegół zarysowania betonu poprzecznicy podporowej ze zdjęcia nr 19.

DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA USZKODZEŃ



Fot. 23. Oparcie przęsła na przyczółku od strony Pyrzyc - widok od strony południowej.



Fot. 24. Szczegół zarysowania betonu poprzecznicy podporowej ze zdjęcia nr 23.



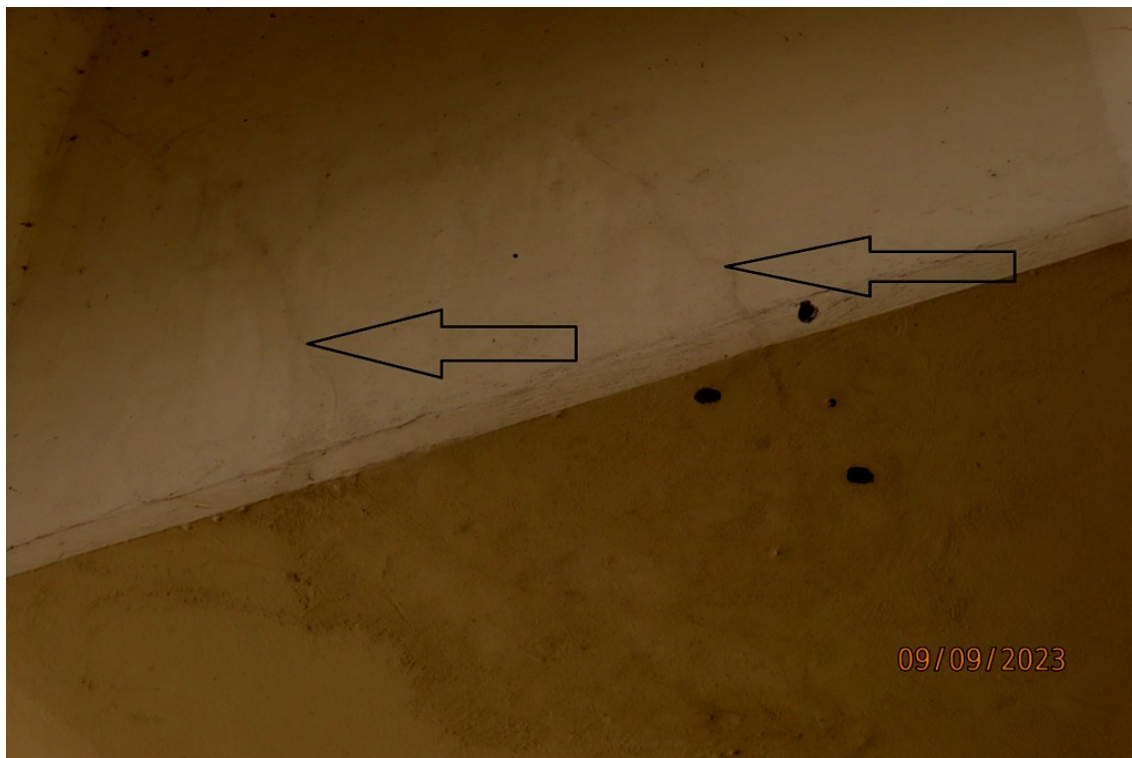
Fot. 25. Oparcie przęsła na przyczółku od strony Krajnika - widok od strony południowej.



Fot. 26. Szczegół zarysowania betonu poprzecznicy podporowej ze zdjęcia nr 25.



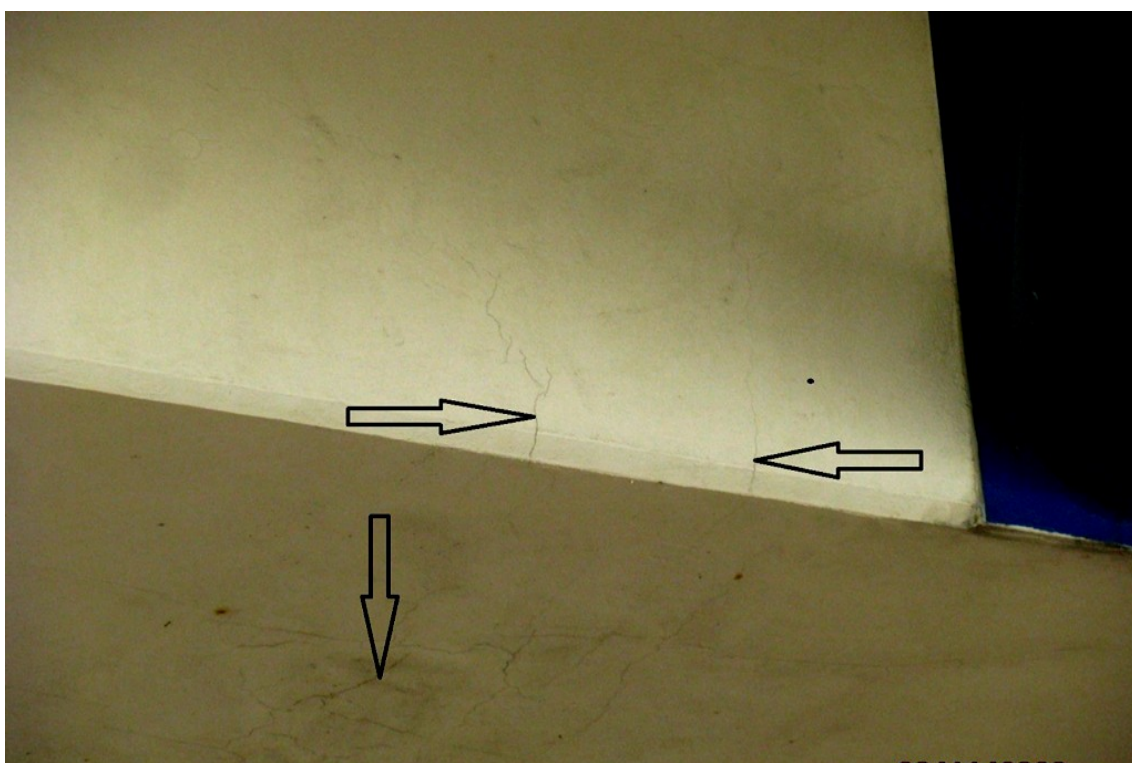
Fot. 27. Oparcie przęsła na przyczółku od strony Krajnika - widok od strony północnej.



Fot. 28. Szczegół zarysowania betonu poprzecznicy podporowej ze zdjęcia nr 27.



Fot. 29. Rdzawe wykwity i zarysowania betonu na spodzie dźwigara w miejscu zamocowania zastrzału konstrukcji pomostu, spowodowane korozją zbrojenia.



Fot. 30. Zarysowania betonu na boku i spodzie dźwigara w obrębie zamocowania zastrzału konstrukcji pomostu.



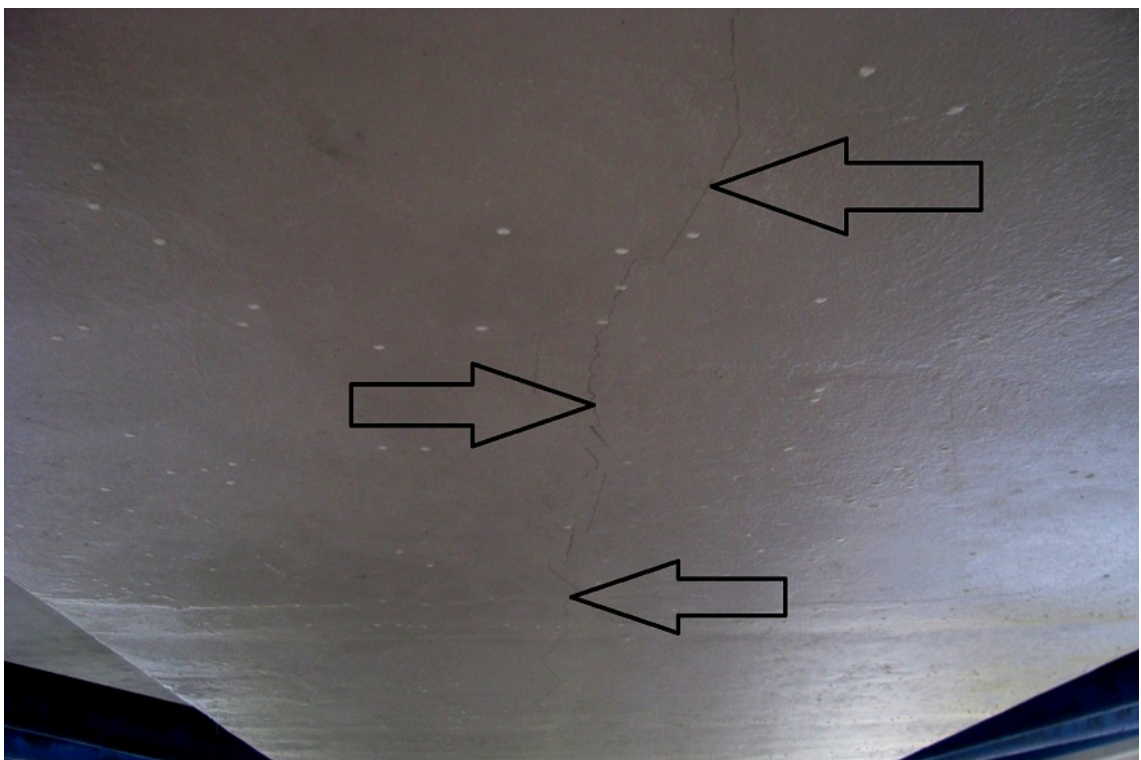
Fot. 31. Usytuowanie uszkodzeń korozyjnych na spodzie dźwigara - nad obiema jezdniami.



Fot. 32. Szczegół uszkodzeń korozyjnych ze zdjęcia jw - rdzawe wykwity i zarysowania betonu spowodowane korozją zbrojenia.



Fot. 33. Szczegół uszkodzeń korozyjnych ze zdjęcia jw - rdzawe wykwity i zarysowania betonu spowodowane korozją zbrojenia.



Fot. 34. Podłużne zarysowania betonu na spodzie dźwigara.

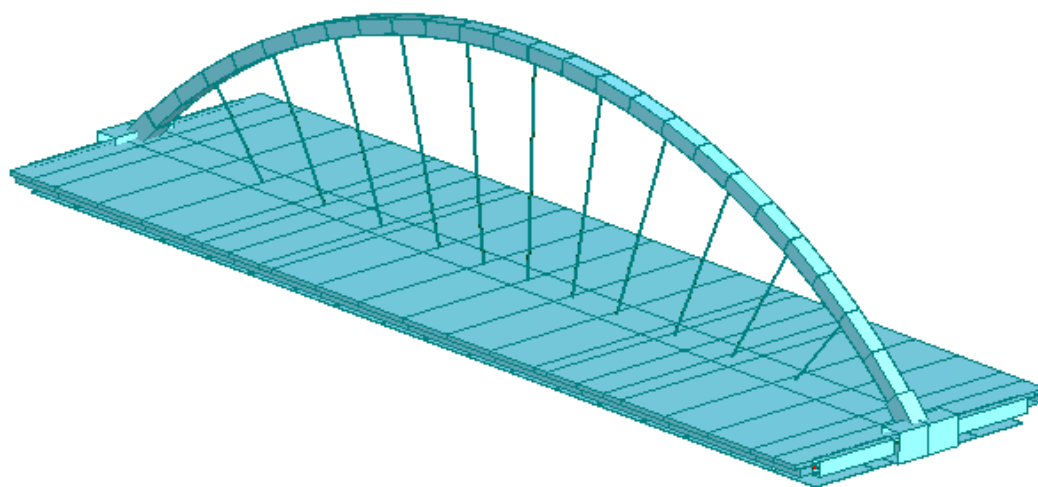


Fot. 35. Zarysowania betonu dźwigara sprężonego konstrukcji w przęśle nad jezdnią.



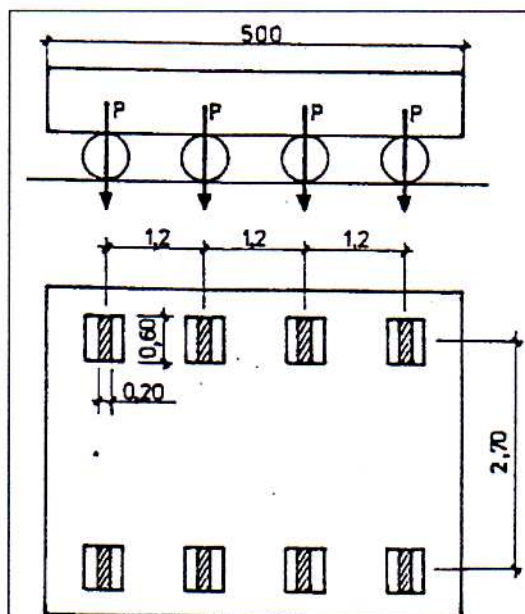
Fot. 36. Zarysowania betonu dźwigara sprężonego konstrukcji w przęśle nad jezdnią.

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

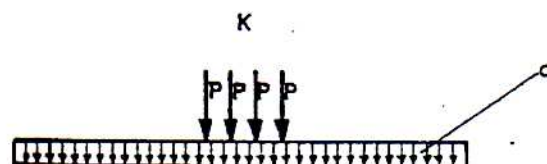


SCHEMATY OBCIĄŻEŃ

OBCIĄŻENIE RUCHOWE WG PN-85/S-10030



Rys. Z-4.1. Schemat pojazdu K

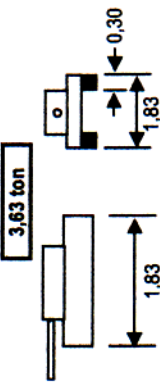
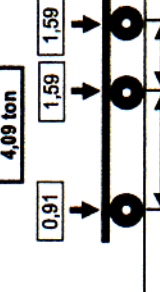
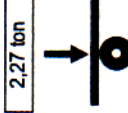
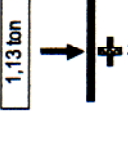
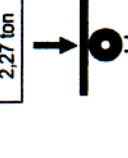
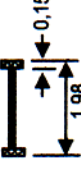

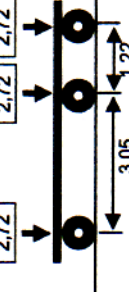

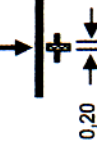
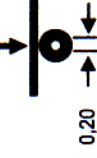
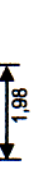
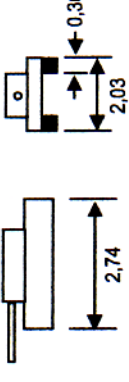
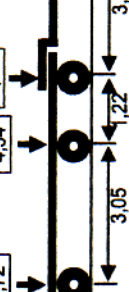
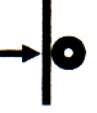
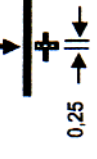
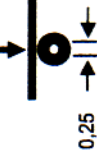
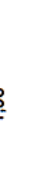
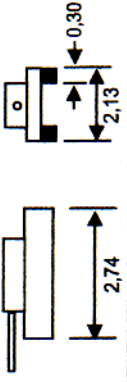
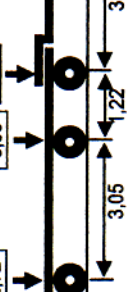
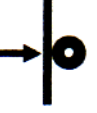
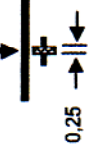
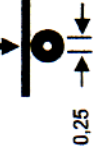
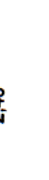


Rys. Z-3.2. Schemat obciążenia pojazdem K i obciążeniem równomiernie rozłożonym q

Klasa obciążenia	Mnożnik do klasy A	Obciążenie q kN/m ²	Obciążenie K kN	Nacisk na oś kN
A	1.00	4.00	800	200
B	0.75	3.00	600	150
C	0.50	2.00	400	100
D	0.40	1.60	320	80
E	0.30	1.20	240	60

Tabl. Z-4.2. Wartości obciążenia K i q

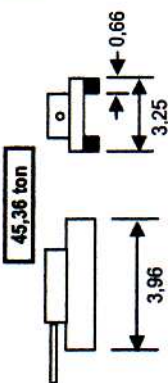
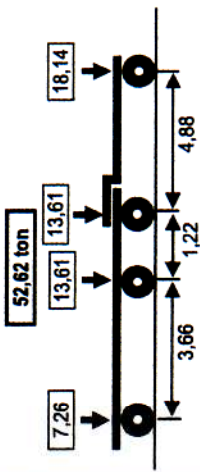
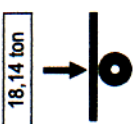
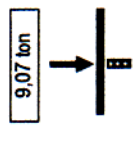
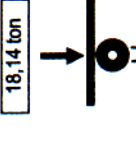

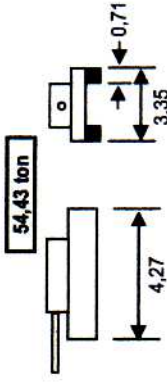
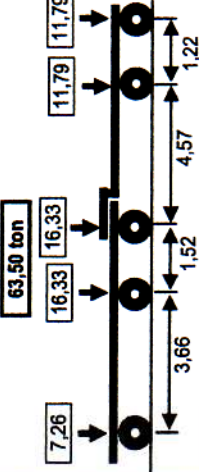
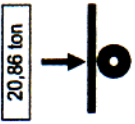
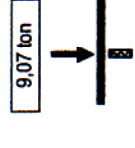
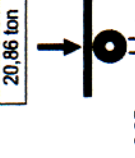

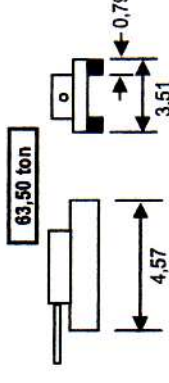
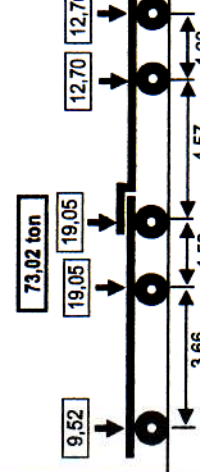
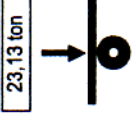
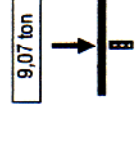
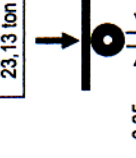

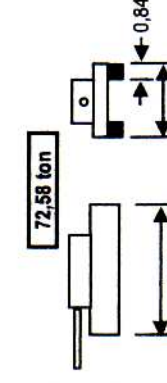
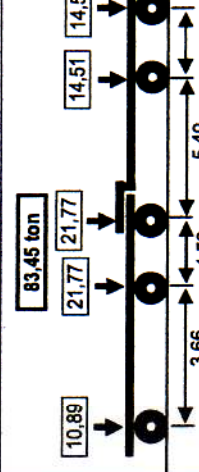
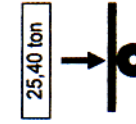
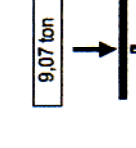
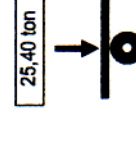

POJAZDY HIPOTETYCZNE DO WOJSKOWEJ KLASYFIKACJI OBCIĄŻEŃ RZECZYWISTYCH POJAZDÓW I MOSTÓW

MLC	Pojazdy gasienicowe	Pojazdy kołowe				Szerokość osi i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m) [1]
		Obciążenie (tony) i rozstaw osi (m)	Maksymalne obciążenie pojedynczej osi	Obciążenie opony i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m)	Nacisk na oś i nominalna długość kontaktu z podłożem (m)	
4						
8						
12						
16						

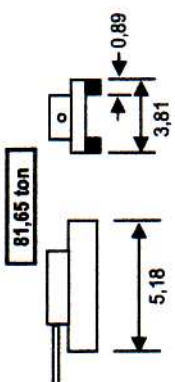
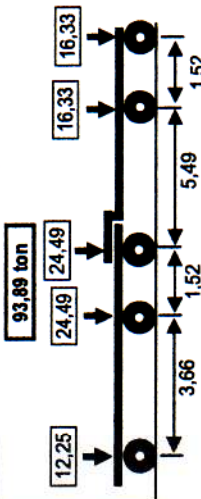
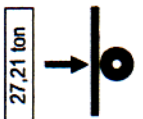
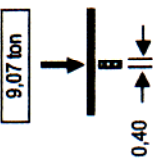
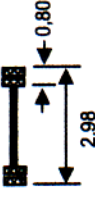
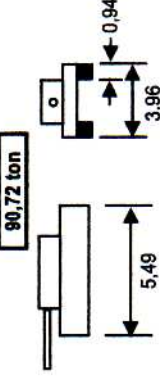
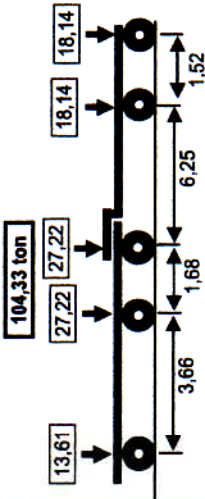
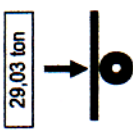
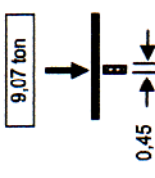

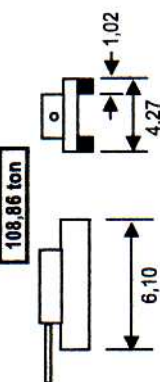
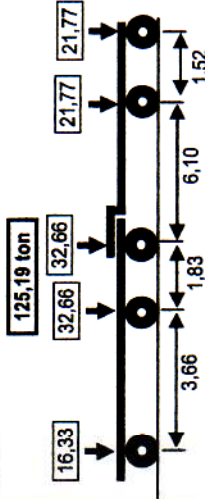
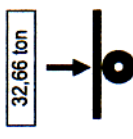
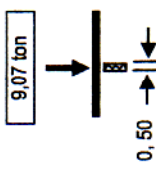
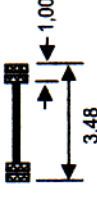
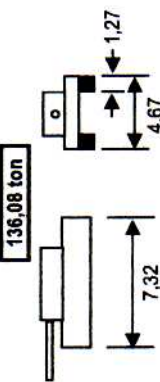
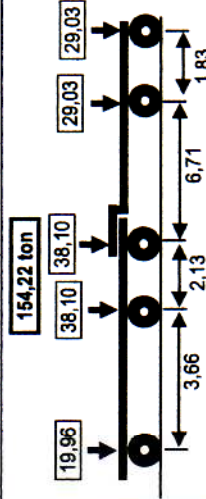
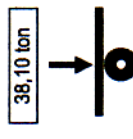
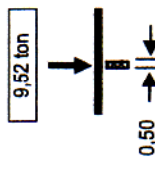
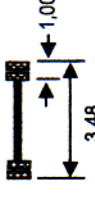
1. Nominalny kontakt z podłożem i długość jest zdefiniowana w kolumnie 6

MLC	Pojazdy gaśnicowe	Pojazdy kołowe				Obciążenie (tony) i rozstaw osi (m)	Maksymalne obciążenie pojedynczej osi	Obciążenie opony i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m)	Nacisk na oś i nominalna długość kontaktu z podłożem (m)	Szerokość osi i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m) [1]
20										
24										
30										
40										

1. Nominalny kontakt z podłożem i długość jest zdefiniowana w kolumnie 6

MLC	Pojazdy gaśnicowe	Pojazdy kołowe				Szerokość osi i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m) [1]
		Obciążenie (tony) i rozstaw osi (m)	Maksymalne obciążenie pojedynczej osi	Obciążenie opony i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m)	Nacisk na oś i nominalna długość kontaktu z podłożem (m)	
50						
60						
70						
80						

1. Nominalny kontakt z podłożem i długość jest zdefiniowana w kolumnie 6

MLC	Pojazdy gaśnicowe	Pojazdy kołowe				Szerokość osi i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m) [1]
		Obciążenie (tony) i rozstaw osi (m)	Maksymalne obciążenie pojedynczej osi	Obciążenie opony i nominalna szerokość kontaktu z podłożem (m)	Nacisk na oś i nominalna długość kontaktu z podłożem (m)	
90						
100						
120						
150						

1. Nominalny kontakt z podłożem i długość jest zdefiniowana w kolumnie 6

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

1. Zebranie obciążeń

1.1. Obciążenie stałe

1.1.1. Ciężar własny - $\gamma_f = 1,20$

- konstrukcja przęsła: dźwigar+wsporniki pomostu, zastrzały, łuk stalowy

$$\cdot \{ [2,40 \cdot 1,60 + 2 \cdot (0,30 \cdot 1,00 + 0,24 \cdot 4,00 + 0,40 \cdot 2,28)] \cdot 25,0 \} \cdot 1,20 = 245,5 \text{ kN/m}$$

$$\cdot [(2 \cdot 18 \cdot (5,9 \cdot 125 \cdot 10^{-2}) \cdot 1/54,0) \cdot 1,20 = 5,9 \text{ kN/m}$$

$$\cdot \{ [0,02 \cdot (1,00 + 0,92 + 2 \cdot 0,80) \cdot 1,30] + [2 \cdot (21,0 \cdot 10^{-4}) \cdot 9,2] \cdot 1/4,7 \} \cdot 78,5 \cdot 1,20 = 9,4 \text{ kN/m}$$

1.1.2. Dodatkowy ciężar własny - $\gamma_f = 1,50$

- kapy

$$\cdot \{ [2 \cdot (0,90 \cdot 0,25) + 2,40 \cdot 0,25] \cdot 25,0 \} \cdot 1,50 = 39,4 \text{ kN/m}$$

- deski gzymsowe

$$\cdot [2 \cdot (0,08 \cdot 0,85) \cdot 24,0] \cdot 1,50 = 4,9 \text{ kN/m}$$

- krawężniki

$$\cdot [4 \cdot (0,20 \cdot 0,20) \cdot 27,0] \cdot 1,50 = 6,5 \text{ kN/m}$$

- bariery

$$\cdot [4 \cdot (0,75)] \cdot 1,50 = 4,5 \text{ kN/m}$$

- izolacja

$$\cdot [(0,01 \cdot 16,96) \cdot 14,0] \cdot 1,50 = 3,6 \text{ kN/m}$$

- nawierzchni jezdni

$$\cdot [(0,08 \cdot (2 \cdot 6,00) \cdot 23,0) \cdot 1,50 = 33,1 \text{ kN/m}$$

1.2. Obciążenie ruchome wg PN-85/S-10030

- współczynnik dynamiczny

$$L = 54,00 \text{ m}$$

$$\phi = 1,35 - 0,005 \cdot 54,0 = 1,08$$

- współczynnik obciążenia

$$\gamma_f = 1,50$$

- tabor samochodowy - klasa A

$$q = 1,50 \cdot 4,00 = 6,00 \text{ kN/m}^2$$

$$K = 1,50 \cdot 1,08 \cdot 800 = 1296 \text{ kN}$$

$$P = [1/8] \cdot K = 1296/8 = 162 \text{ kN}$$

1.3. Obciążenie pojazdami hipotetycznymi dla określenia wojskowej klasyfikacji obciążeń.

- współczynnik dynamiczny

$$L = 54,00 \text{ m}$$

$$\phi = 1,35 - 0,005 \cdot 54,0 = 1,08$$

- współczynnik obciążenia

$$\gamma_f = 1,35$$

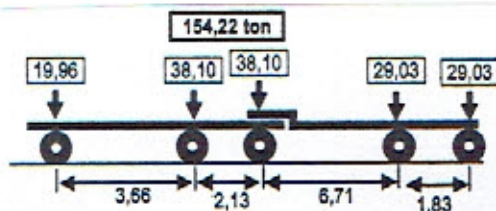
- pojazd kołowy

klasa MLC 150

$$P_1 = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (19,96 \cdot 10) = 291,0 \text{ kN}$$

$$P_2 = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (38,10 \cdot 10) = 555,5 \text{ kN}$$

$$P_3 = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (29,03 \cdot 10) = 423,3 \text{ kN}$$

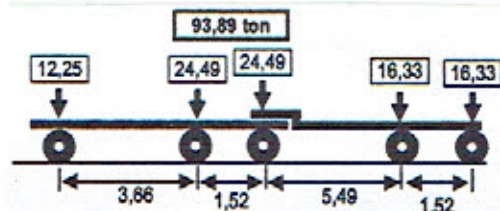


klasa MLC 90

$$P_1 = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (12,25 \cdot 10) = 178,6 \text{ kN}$$

$$P_2 = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (24,49 \cdot 10) = 357,1 \text{ kN}$$

$$P_3 = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (16,33 \cdot 10) = 238,1 \text{ kN}$$

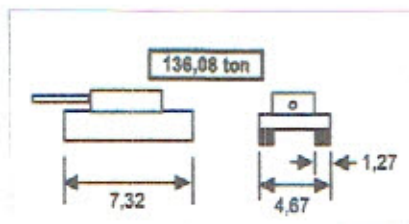


- pojazd gąsienicowy

klasa MLC 150

$$Q_{\text{całk}} = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (136,08 \cdot 10) = 1984,0 \text{ kN}$$

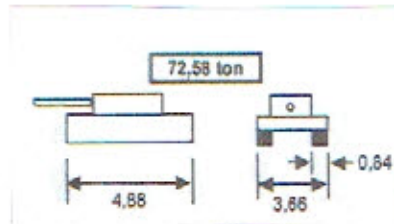
$$p = 1984,0 / 7,32 \approx 271,0 \text{ kN/m}$$



klasa MLC 80

$$Q_{\text{całk}} = 1,35 \cdot 1,08 \cdot (72,58 \cdot 10) = 1058,2 \text{ kN}$$

$$p = 1058,2 / 4,88 \approx 216,8 \text{ kN/m}$$



2. Siły wewnętrzne

2.1. Ciężar własny

$$g = 245,5 + 5,9 + 9,4 = 260,8 \text{ kN/m} - \text{wartość obliczeniowa}$$

$$g^k = 1/1,20 \cdot [260,8] = 217,3 \text{ kN/m} - \text{wartość charakterystyczna}$$

moment zginający w środku rozpiętości - $l/2$

$$M_g(A) = [260,8/189,2] \cdot 2007 = 2767 \text{ kNm}$$

$$M_g^k(A) = [217,3/189,2] \cdot 2007 = 2305 \text{ kNm}$$

siła normalna w środku rozpiętości - $l/2$

$$N_g(A) = [260,8/189,2] \cdot 5417 = 7467 \text{ kN}$$

$$N_g^k(A) = [217,3/189,2] \cdot 5417 = 6222 \text{ kN}$$

moment zginający w $l/4$

$$M_g(B) = [260,8/189,2] \cdot 4673 = 6441 \text{ kNm}$$

$$M_g^k(B) = [217,3/189,2] \cdot 4673 = 5367 \text{ kNm}$$

siła normalna w $l/4$

$$N_g(B) = [260,8/189,2] \cdot 4522 = 6233 \text{ kN}$$

$$N_g^k(B) = [217,3/189,2] \cdot 4522 = 5194 \text{ kN}$$

2.2. Dodatkowy ciężar własny

$\Delta g = 39,4 + 4,9 + 6,5 + 4,5 + 3,6 + 33,1 = 92,0$ kN/m - wartość obliczeniowa
 $\Delta g^k = 1/1,50 \cdot [92,0] = 61,3$ kN/m - wartość charakterystyczna

moment zginający w środku rozpiętości - l/2

$$M_{\Delta g}(A) = [92,0/189,2] \cdot 2007 = 976 \text{ kNm}$$

$$M_{\Delta g}^k(A) = [61,3/189,2] \cdot 2007 = 650 \text{ kNm}$$

siła normalna w środku rozpiętości - l/2

$$N_{\Delta g}(A) = [92,0/189,2] \cdot 5417 = 2634 \text{ kN}$$

$$N_{\Delta g}^k(A) = [61,3/189,2] \cdot 5417 = 1755 \text{ kN}$$

moment zginający w l/4

$$M_{\Delta g}(B) = [92,0/189,2] \cdot 4673 = 2272 \text{ kNm}$$

$$M_{\Delta g}^k(B) = [61,3/189,2] \cdot 4673 = 1514 \text{ kNm}$$

siła normalna w l/4

$$N_{\Delta g}(B) = [92,0/189,2] \cdot 4522 = 2199 \text{ kN}$$

$$N_{\Delta g}^k(B) = [61,3/189,2] \cdot 4522 = 1465 \text{ kN}$$

2.3. Obciążenie ruchome wg PN-85/S-10030

moment zginający w środku rozpiętości - l/2

$$M_p(A) = [6,0 \cdot (2 \cdot 6,00) \cdot 25356 \cdot 10^{-3}] + [(2 \cdot 162,0) \cdot (3142 + 2650 + 2650 + 2150) \cdot 10^{-3}] = 1826 + 3432 = 5258 \text{ kNm}$$

$$M_p^k(A) = 1/1,50 \cdot [5258] = 3505 \text{ kNm}$$

siła normalna w środku rozpiętości - l/2

$$N_p(A) = [6,0 \cdot (2 \cdot 6,00) \cdot 14682 \cdot 10^{-3}] + [(2 \cdot 162,0) \cdot (842 + 835 + 835 + 830) \cdot 10^{-3}] = 1057 + 1083 = 2140 \text{ kN}$$

$$N_p^k(A) = 1/1,50 \cdot [2140] = 1427 \text{ kN}$$

moment zginający w l/4

$$M_p(B) = [6,0 \cdot (2 \cdot 6,00) \cdot 56062 \cdot 10^{-3}] + [(2 \cdot 162,0) \cdot (4958 + 4300 + 4350 + 3900) \cdot 10^{-3}] = 4036 + 5673 = 9709 \text{ kNm}$$

$$M_p^k(B) = 1/1,50 \cdot [9706] = 6471 \text{ kNm}$$

siła normalna w l/4

$$N_p(B) = [6,0 \cdot (2 \cdot 6,00) \cdot 8232 \cdot 10^{-3}] + [(2 \cdot 162,0) \cdot (414 + 400 + 440 + 470) \cdot 10^{-3}] = 593 + 559 = 1152 \text{ kN}$$

$$N_p^k(B) = 1/1,50 \cdot [1152] = 768 \text{ kN}$$

2.4. Obciążenie pojazdami MLC

Przyjęto do sprawdzenia tylko moment zginający jako wiodącą siłę wewnętrzną, w przekroju najbardziej wyężonym tj. w l/4 (punkt B).

2.4.1. Ruch kołowy 2-kierunkowy

moment zginający - **MLC 90**

$$M(B) \approx [(2 \cdot 178,6) \cdot (2571) + (2 \cdot 357,1) \cdot (4300 + 4958) + (2 \cdot 238,1) \cdot (2500 + 1800)] \cdot 10^{-3} = 9578 \text{ kNm} < M_{kl,A} = 9709 \text{ kNm}$$

2.4.2. Ruch kołowy 1-kierunkowy

moment zginający - **MLC 150**

$$M(B) \approx [(291,0) \cdot (2100) + (555,5) \cdot (3800 + 4958) + (423,3) \cdot (2100 + 1450)] \cdot 10^{-3} = 6779 \text{ kNm} < M_{kl,A} = 9709 \text{ kNm}$$

2.4.3. Ruch gąsienicowy 2-kierunkowy

moment zginający - **MLC 80**

$$M(B) \approx (2 \cdot 216,6) \cdot [(3800 + 4958) \cdot 0,5] \cdot 2,44 + (4958 + 3700) \cdot 0,5 \cdot 2,44 \cdot 10^{-3} = 9205 \text{ kNm} < M_{kl,A} = 9709 \text{ kNm}$$

2.4.4. Ruch gąsienicowy 1-kierunkowy

moment zginający - **MLC 150**

$$M(B) \approx (271,0) \cdot [(3150 + 4958) \cdot 0,5] \cdot 3,70 + (4958 + 3400) \cdot 0,5 \cdot 3,62 \cdot 10^{-3} = 8165 \text{ kNm} < M_{kl,A} = 9709 \text{ kNm}$$

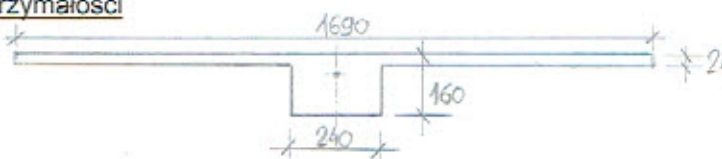
2.5. Charakterystyki przekrojowe

pole przekroju i wskaźniki wytrzymałości

$$F_b = 7,32 \text{ m}^2$$

$$W_g = 3,54 \text{ m}^3$$

$$W_d = 1,50 \text{ m}^3$$



mimośrodowość siły sprężającej:

- przekrój $l/2$ ($x=27,0 \text{ m}$) $e=96,4 \text{ cm}$
- przekrój $\approx l/4$ ($x=11,0 \text{ m}$) $e=74,7 \text{ cm}$

kable sprężające

- typ 19 T15S, odmiana I, 6 sztuk, trasa paraboliczna
- siła sprężająca po stratach w pojedynczym kablu:
 $S_1^k = 19 \cdot [0,55 \cdot P_{vk}] = 19 \cdot [0,55 \cdot 208] = 19 \cdot 114,4 = 2174 \text{ kN}$
- siła sprężająca po stratach w przyjętym do obliczeń przekroju dźwigara:
 $S^k = 6 \cdot 2174 = 13044 \text{ kN}$

2.6. Sprawdzenie naprężeń normalnych

2.6.1. Stan początkowy

- $x = l/2$ (punkt A)

$$\sigma_d^k = 13044 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 13044 \cdot 10^2 \cdot 96,4 / 1,50 \cdot 10^6 - 6222 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 - 2305 \cdot 10^4 / 1,50 \cdot 10^6 = 17,8 + 83,8 - 8,5 - 15,4 = 77,7 \text{ kG/cm}^2 = 7,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_g = 1,20 \cdot [13044 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 13044 \cdot 10^2 \cdot 96,4 / 3,54 \cdot 10^6 - 6222 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 2305 \cdot 10^4 / 3,54 \cdot 10^6] = 1,20 \cdot [17,8 - 35,5 - 8,5 + 6,5] = -23,6 \text{ kG/cm}^2 = -2,4 \text{ MPa}$$

- $x \approx l/4$ (punkt B)

$$\sigma_d^k = 13044 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 13044 \cdot 10^2 \cdot 74,7 / 1,50 \cdot 10^6 - 5194 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 - 5367 \cdot 10^4 / 1,50 \cdot 10^6 = 17,8 + 65,0 - 7,1 - 35,8 = 39,9 \text{ kG/cm}^2 = 4,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_g = 1,20 \cdot [13044 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 13044 \cdot 10^2 \cdot 74,7 / 3,54 \cdot 10^6 - 5194 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 5367 \cdot 10^4 / 3,54 \cdot 10^6] = 1,20 \cdot [17,8 - 27,5 - 7,1 + 15,2] = -1,6 \text{ kG/cm}^2 = -0,2 \text{ MPa}$$

2.6.2. Stan bezużytkowy

- $x = l/2$ (punkt A)

$$\sigma_d^k = 77,7 - 1755 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 - 650 \cdot 10^4 / 1,50 \cdot 10^6 = 77,7 - 2,4 - 4,3 = 71,0 \text{ kG/cm}^2 = 7,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_g = -23,6 - 2634 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 976 \cdot 10^4 / 3,54 \cdot 10^6 = -23,6 - 3,6 + 2,8 = -24,4 \text{ kG/cm}^2 = -2,4 \text{ MPa}$$

- $x \approx l/4$ (punkt B)

$$\sigma_d^* = 39,9 - 1465 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 - 1514 \cdot 10^4 / 1,50 \cdot 10^6 = 39,9 - 2,0 - 10,1 = 27,8 \text{ kG/cm}^2 = 2,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_g = -1,6 - 2199 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 2272 \cdot 10^4 / 3,54 \cdot 10^6 = -1,6 - 3,0 + 6,4 = 1,8 \text{ kG/cm}^2 = 0,2 \text{ MPa}$$

2.6.3. Stan użytkowy

- $x = l/2$ (punkt A)

$$\sigma_d^* = 71,0 - 1427 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 - 3505 \cdot 10^4 / 1,50 \cdot 10^6 = 71,0 - 1,9 - 23,4 = 45,7 \text{ kG/cm}^2 = 4,6 \text{ MPa}$$

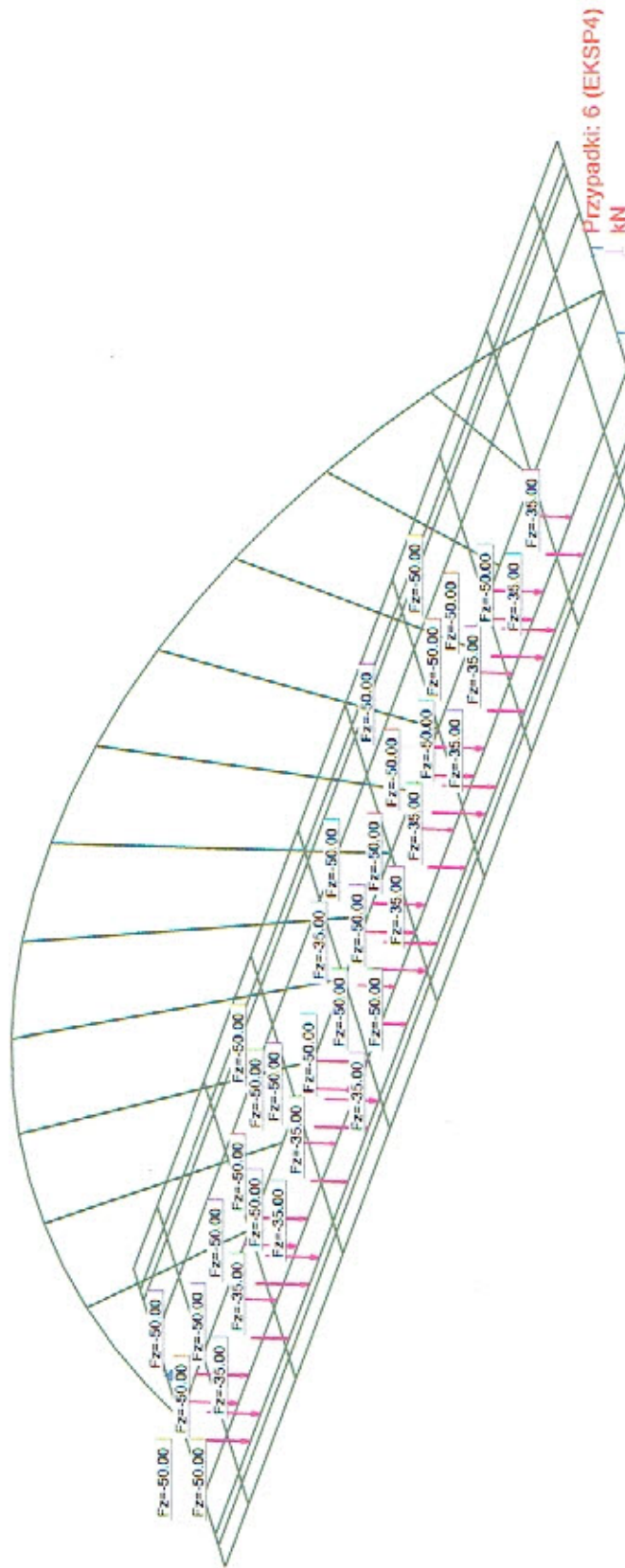
$$\sigma_g = -24,4 - 2140 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 5258 \cdot 10^4 / 3,54 \cdot 10^6 = -24,4 - 2,9 + 14,9 = -12,4 \text{ kG/cm}^2 = -1,2 \text{ MPa}$$

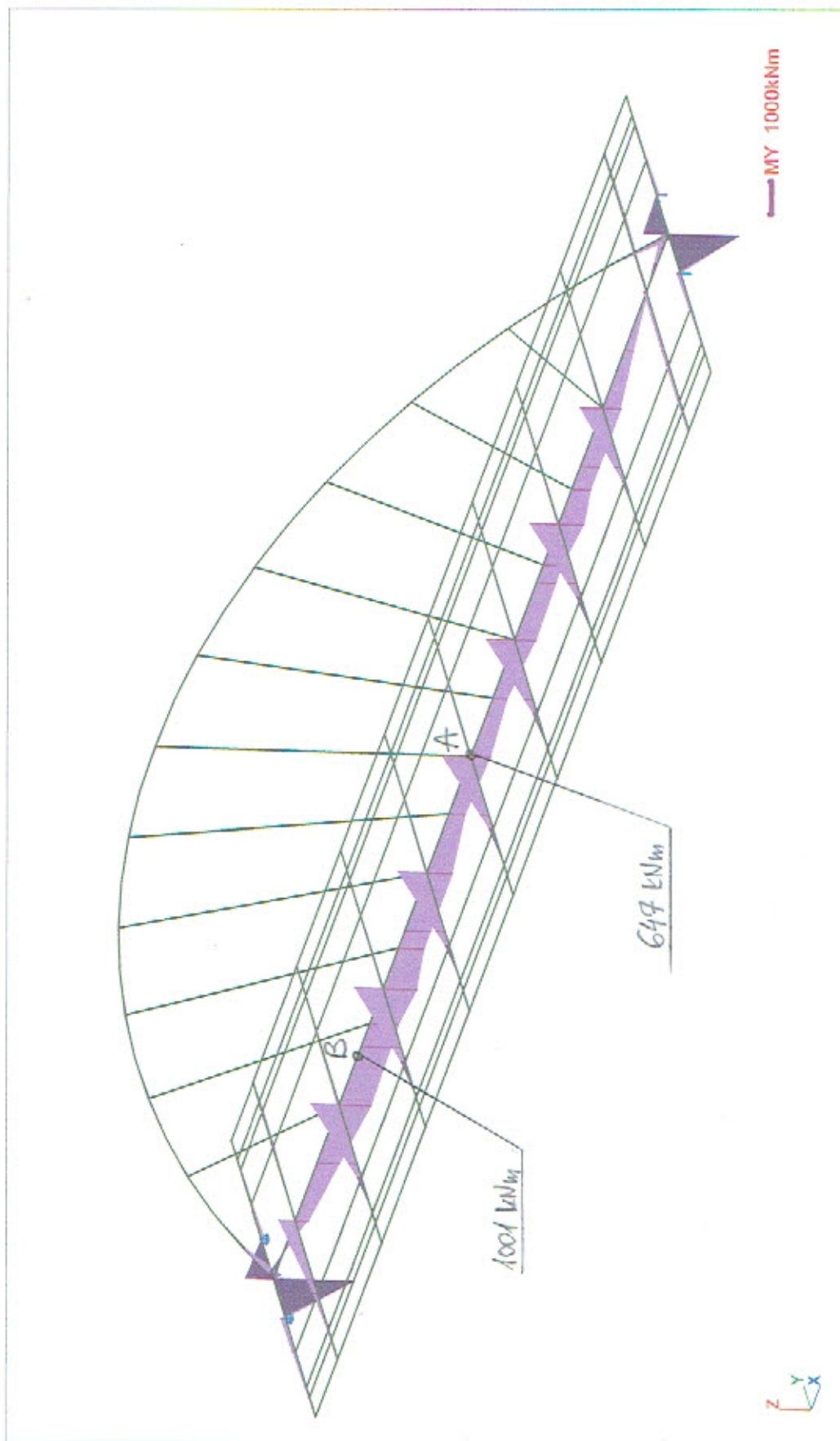
- $x \approx l/4$ (punkt B)

$$\sigma_d^* = 27,8 - 768 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 - 6471 \cdot 10^4 / 1,50 \cdot 10^6 = 27,8 - 1,0 - 43,1 = -16,1 \text{ kG/cm}^2 = -1,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_g = 1,8 - 1152 \cdot 10^2 / 7,32 \cdot 10^4 + 9709 \cdot 10^4 / 3,54 \cdot 10^6 = 1,8 - 1,6 + 27,4 = 27,6 \text{ kG/cm}^2 = 2,8 \text{ MPa}$$

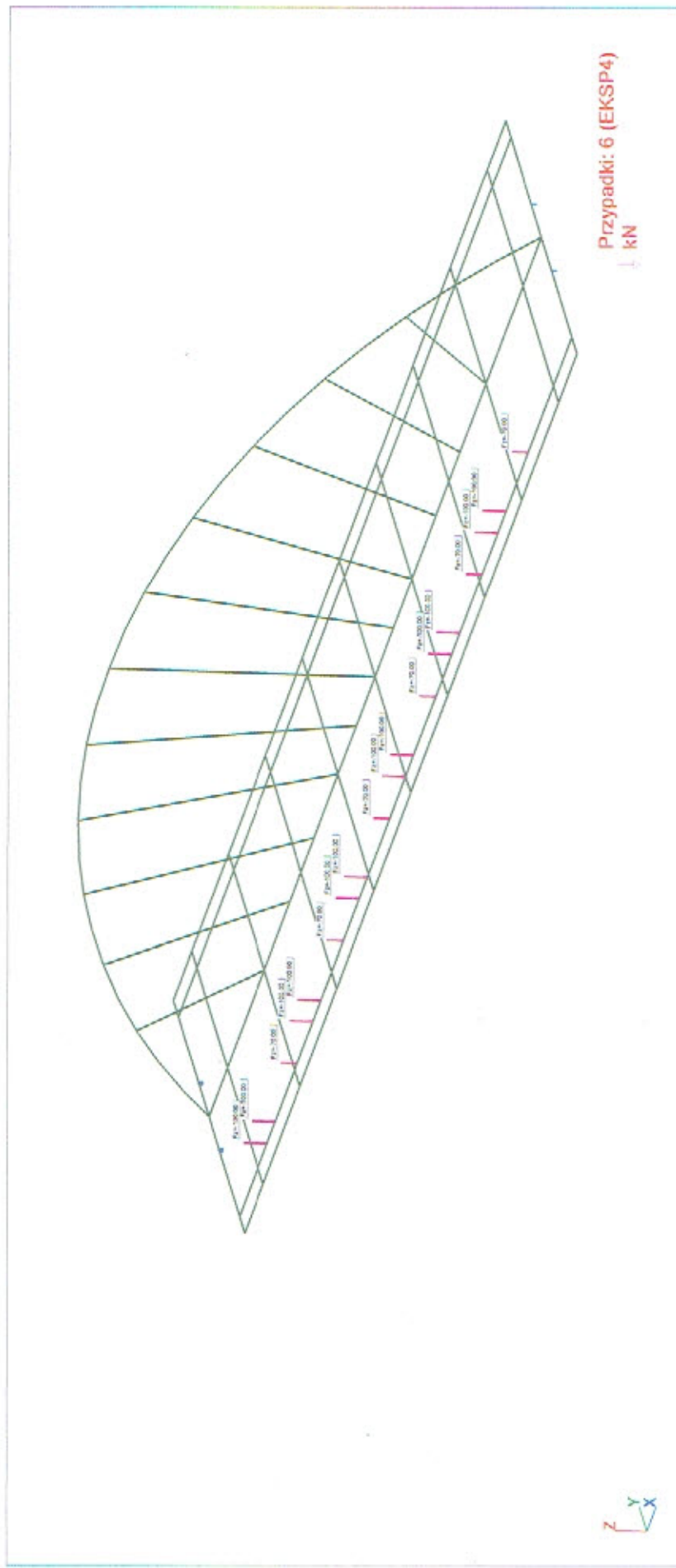
Widok - Przypadki: 6 (EKSP4)



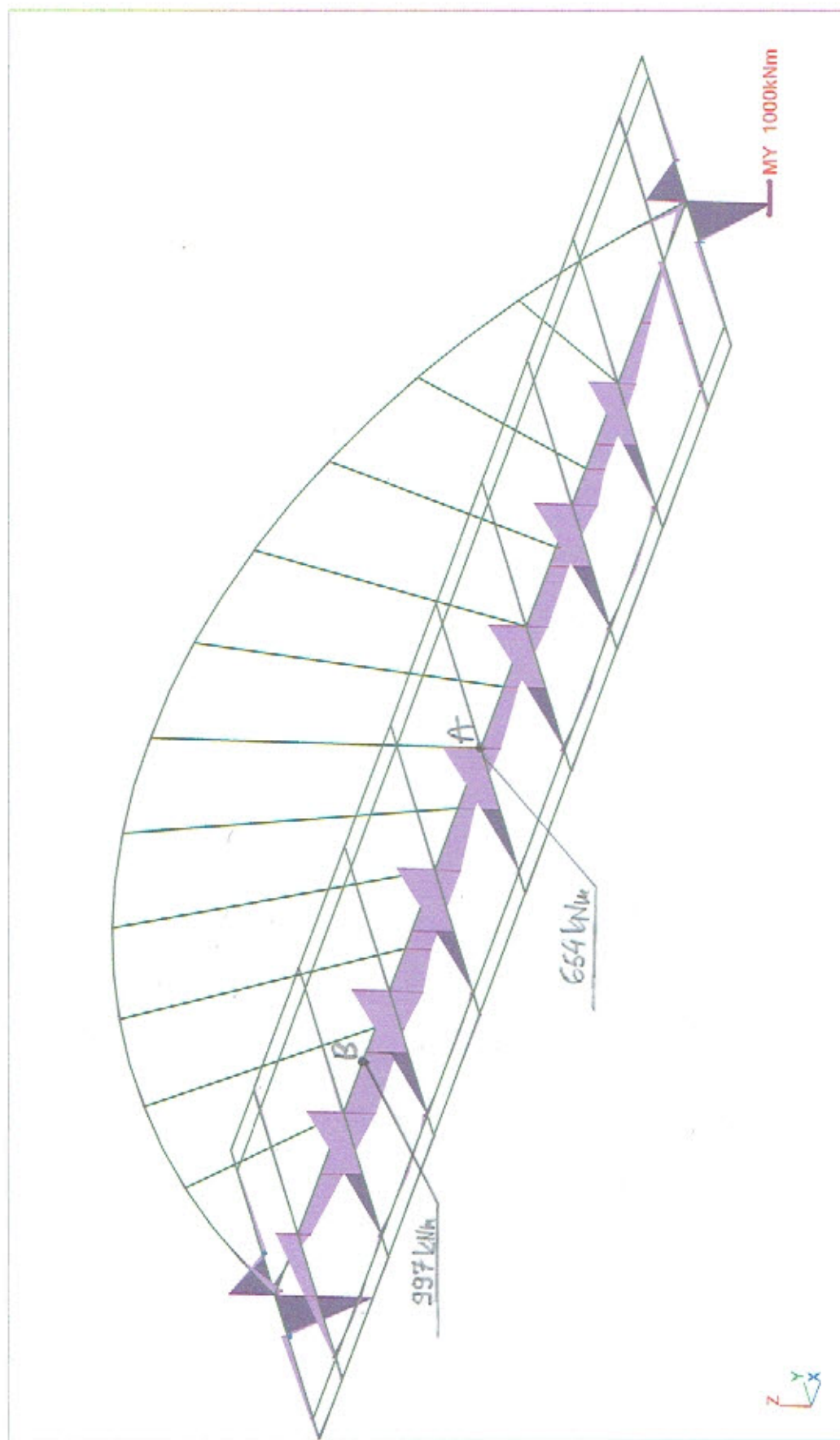
Widok - MY; Przypadki: 6 (EKSP4)

Plan obciążenie 2 2009 v. - istniejące
niezwykcyjne,
wygodkowe siły.

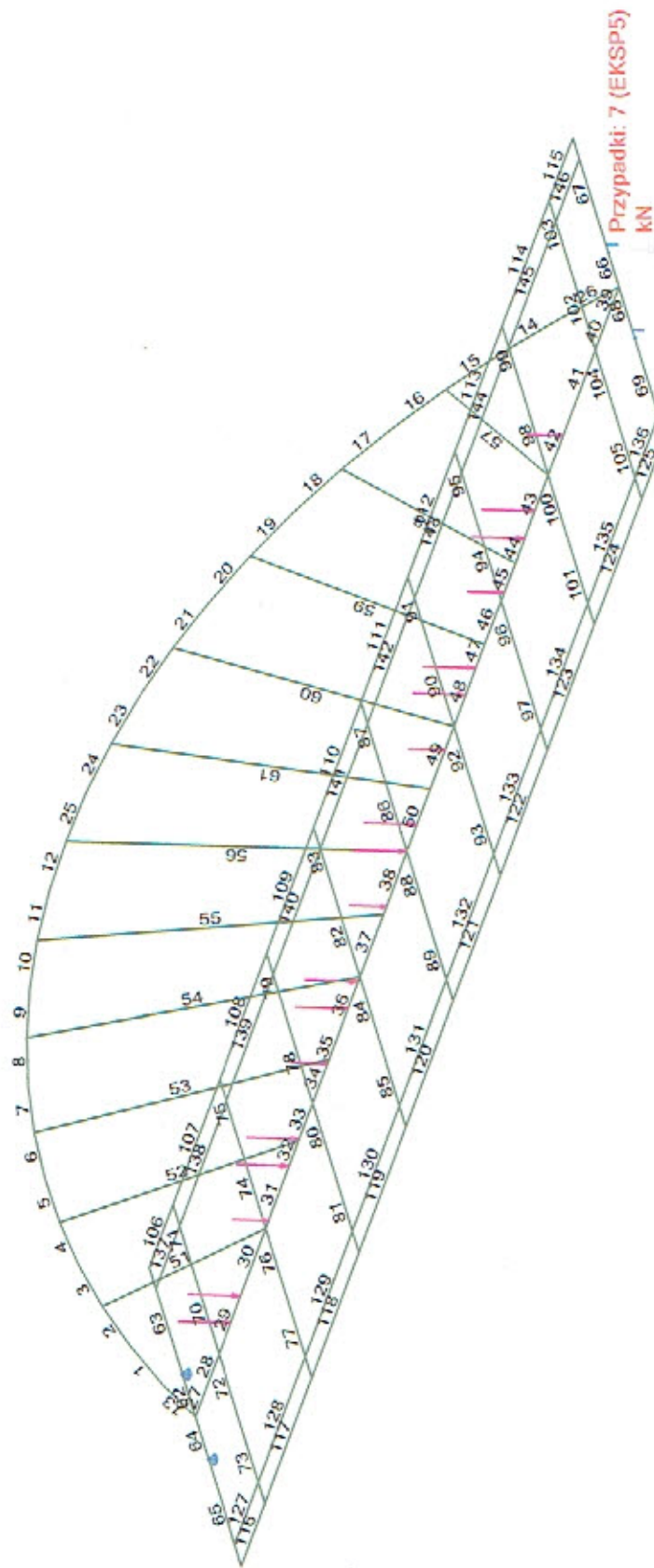
Widok - Przypadki: 6 (EKSP4)



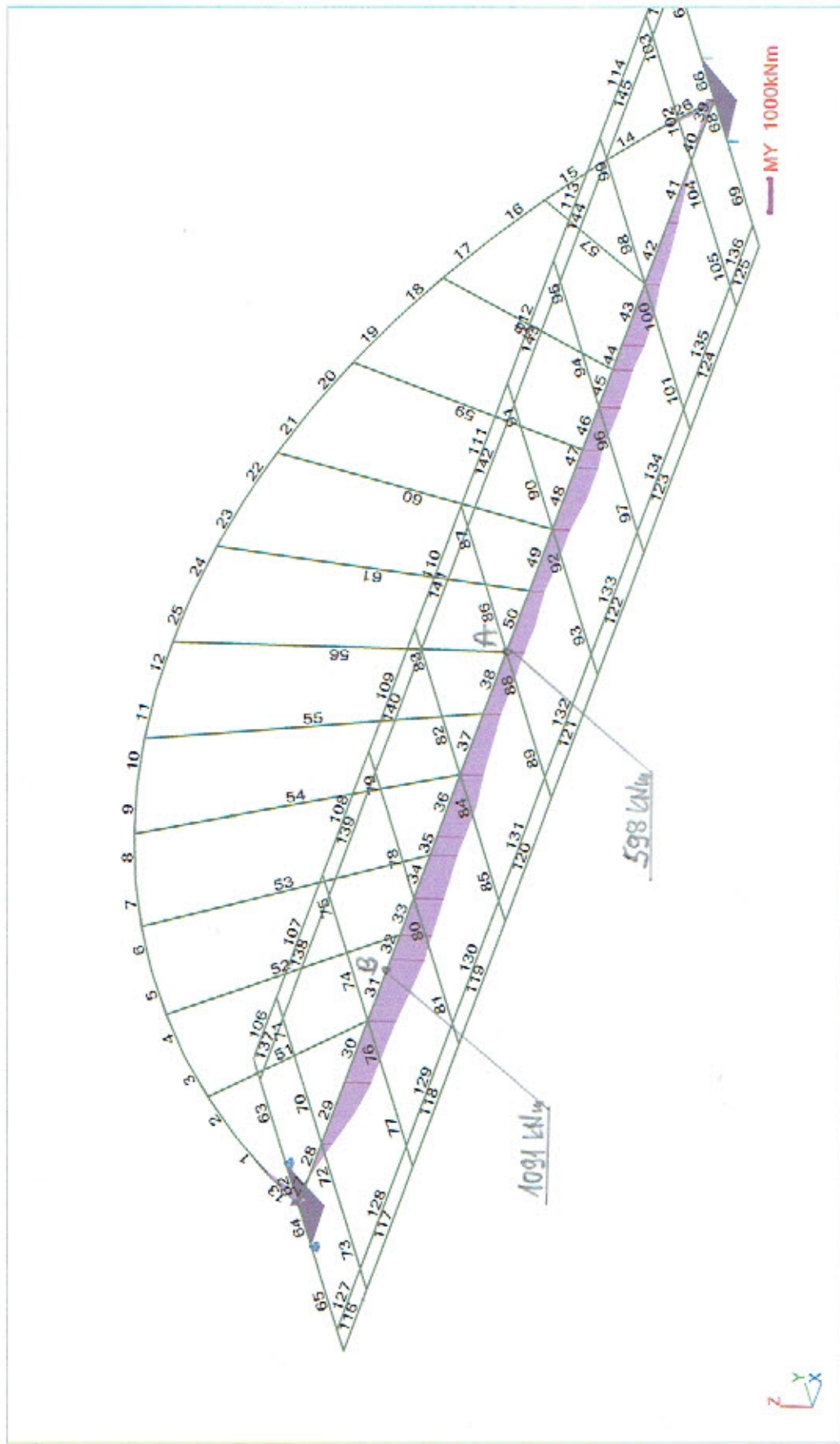
Widok - MY; Przypadki: 6 (EKSP4)



Widok - Przypadki: 7 (EKSP5)

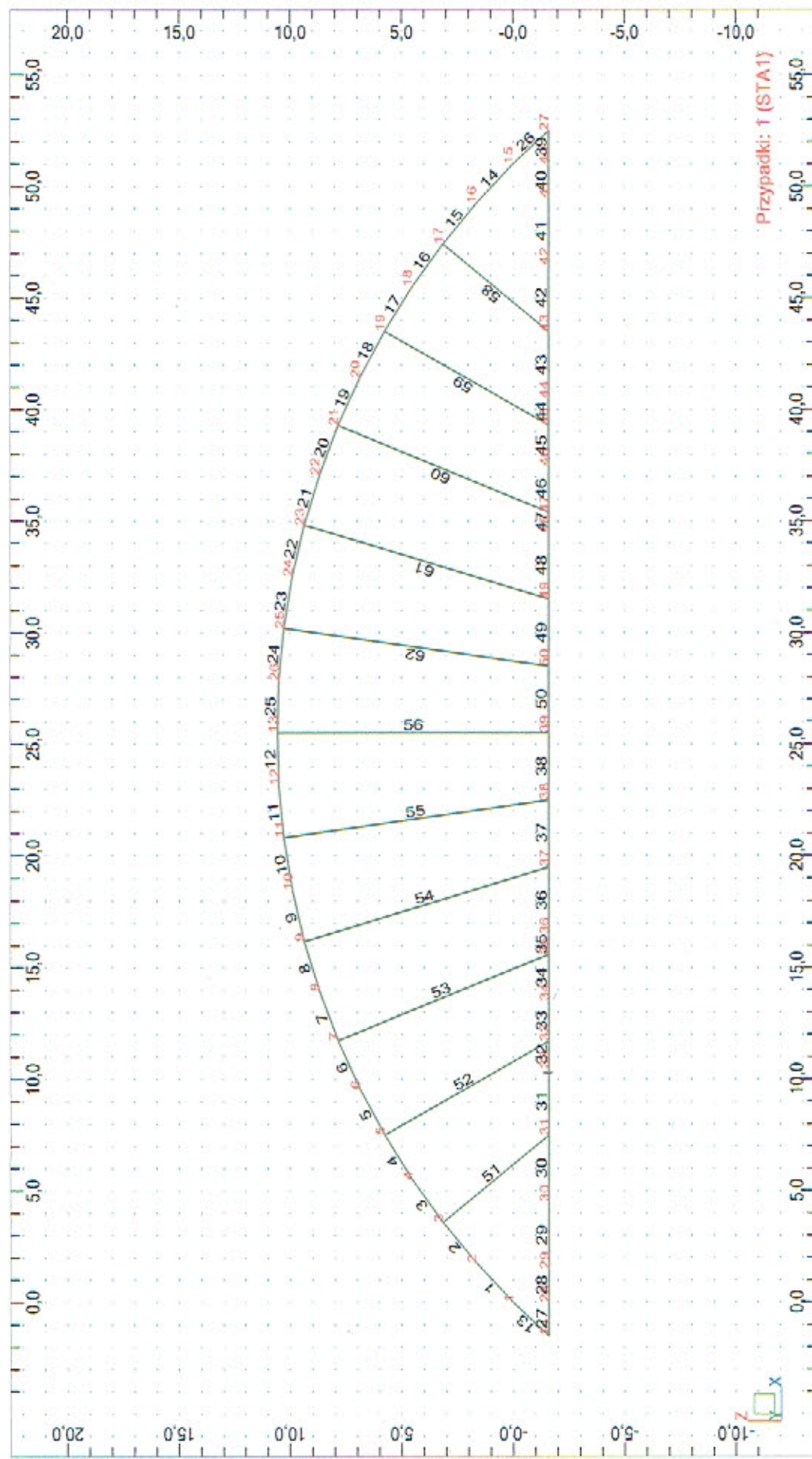


Widok - MY; Przypadki: 7 (EKSP5)



Schemat Płaski.

Widok - Przypadki: 1 (STA1)

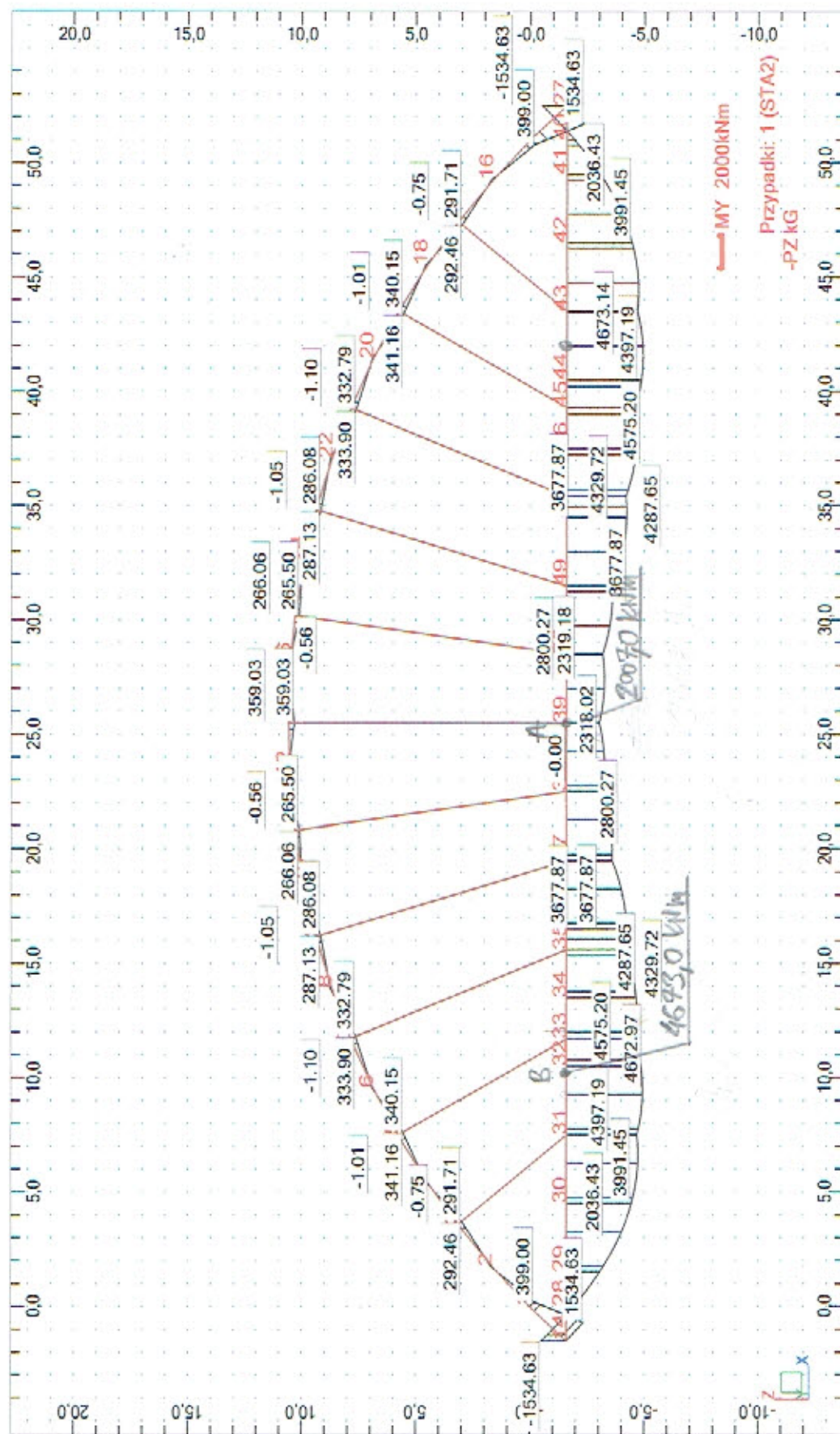




obc. NUm. 102.02

189.2 kN/m

Widok - MY; Przypadki: 1 (STA2)



Widok - FX; Przypadki: 1 (STA2)

