

EKSPERTYZA TECHNICZNA PODTORZA SUWNIC W NAWIE X HALI B1

NA TERENIE DOZAMEL SP. Z O. O. WE WROCŁAWIU

obiekt:	Hala B1 nawa 10 na terenie DOZAMEL Sp. z o.o. we Wrocławiu
lokalizacja:	Park Przemysłowy Dozamel Sp. z o.o. 53-609 Wrocław, ul. Fabryczna 10
inwestor:	DOZAMEL Sp. z o. o. 53-609 Wrocław, ul. Fabryczna 10 sekretariat@dozamel.pl, tel. (+48 71) 35 65 701
jednostka projektowa:	PRACOWNIA PROJEKTOWA MAREK KOŻBIAŁ 54-513 Wrocław, ul. Objazdowa 46/7 marek@kozbialprojekt.pl

specjalność	projektant	nr uprawnień	podpis
Konstrukcyjno-budowlana	mgr inż. Marek Koźbiał	159/DOŚ/06	Data 10.02.2023
Podpis i pieczęćka			
Konstrukcyjno-budowlana	mgr inż. Wanda Ilków	93/92/UW	Data 10.02.2023
Podpis i pieczęćka			

Spis treści

1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA	3
1.1 Przedmiot opracowania	3
1.2 Cel i zakres opracowania	3
2. PODSTAWA OPRACOWANIA.....	3
3. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ	3
4. KWERENDA HISTORYCZNA.....	4
5. STAN ISTNIEJĄCY	4
2.1 Konstrukcja hala B1 – nawa X.....	4
2.2 Torowisko	4
2.3 Belki podsuwnicowe	4
6. SUWNICE NA TOROWISKU W NAWIE 10 HALI B1	5
7. ANALIZA ARCHIWALNYCH OPERATÓW GEODEZYJNYCH.....	8
8. ANALIZA AKTUALNEGO OPERATU GEODEZYJNEGO	9
9. OCENA STANU TECHNICZNEGO SZYNY Z OCENĄ DEGRADACJI GŁÓWKI SZYNY	10
10. OCENA STANU TECHNICZNEGO PODTORZA	12
11. ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ ORAZ OBLICZENIA.....	13
12. OMÓWIENIE OTRZYMANYCH WYNIKÓW	36
13. PRZYCZYNY POWSTANIA USZKODZEŃ I NIEPRAWIDŁOWOŚCI	37
14. WNIOSKI	38
15. ZALECENIA	39

Spis załączników

ZAŁĄCZNIK NR 1 – DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA

ZAŁĄCZNIK NR 2 – SCHEMATY GRAFICZNY ZUŻYCIA SZYN NA TORACH W NAWIE 10 HALI B1

ZAŁĄCZNIK NR 3 – FORMULARZ ODPOWIEDZI INWESTORA

ZAŁĄCZNIK NR 4 – OŚWIADCZENIA O WARUNKACH PRACY SUWNIC W NAWIE 10 W HALI B1

ZAŁĄCZNIK NR 5 – WYNIKI STATYCZNE BELKI PODSUWNICOWEJ WG [5]

1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest ekspertyza techniczna podtorza suwnic w nawie X hali B1 na terenie DOZAMEL Sp. z o.o. we Wrocławiu.

1.2 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego podtorza suwnic oraz szyn na hali B1 nawa 10 w aspekcie stwierdzonych na podstawie kontrolnych pomiarów geodezyjnych [10] odchyłek geometrii torowiska w stosunku do wymagań normy PN-91/M45457.

Zakres obejmuje ocenę stanu technicznego podtorza suwnic w nawie X hali B1 wraz z oceną degradacji główki szyny.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

Podstawę formalną opracowania stanowi umowa nr **18/RI/2022** z dnia 14.11.2022 r. zawarta między DOZAMEL Sp. z o.o. z siedzibą we Wrocławiu przy ul. Fabryczna 10 a Pracownią Projektową Marek Koźbiał z siedzibą we Wrocławiu przy ul. Objazdowa 46/7.

Merytoryczną podstawę opracowania stanowią szkice i notatki, wykonane z natury pomiary, dokumentacja fotograficzna uzyskana w wyniku wizji lokalnych dokonanych w grudniu 2022 oraz styczniu i lutym 2023r.

Wykorzystano również:

- [1]. Oświadczenie o dopuszczeniu podtorza do eksplantacji po modernizacji suwnic, mgr inż. Lechosław Ingłot Upr. Nr 354/94/UW, Wrocław 2001r.
- [2]. Operat geodezyjny. Ekspertyza geometryczna toru jezdnego suwnic pomostowych nr inw. 212, 213 i 242 w nawie X hali B „Dozamel” Sp z o.o., mgr inż. Andrzej Dudek, dr inż. Tadeusz Kowalczyk, Wrocław 2001r.
- [3]. Operat geodezyjny. Pomiar geometrii toru jezdnego suwnic pomostowych nr inw. 212, 213 i 242 w nawie X hali B1 „Dozamel” Sp. z o.o., mgr inż. Andrzej Dudek, Wrocław 2008r.
- [4]. Operat geodezyjny. Pomiar geometrii toru jezdnego po regulacji szyn jezdnych suwnic pomostowych nr inw. 212, 213 i 242 w nawie X hali B1 „Dozamel” Sp. z o.o., mgr inż. Andrzej Dudek, Wrocław 2009r.
- [5]. Projekt Konstrukcyjno-budowlany wzmocnienia żeber belek podsuwnicowych dla zainstalowania dodatkowej suwnicy Q=100t na jezdni podsuwnicowej hala B, nawa X, mgr inż. Małgorzata Szukalska, Rybnik 2009r.
- [6]. Inwentaryzacja architektoniczno-budowlana metodą skaningu laserowego 3D budynku B1 zlokalizowanego na terenie Dozamel Sp. z o.o. we Wrocławiu przy ulicy Fabrycznej., mgr inż. Arch. Ewa Tułeczka nr upr. 24/LOOKK/2011, Warszawa 2022r.
- [7]. Geodezyjne badanie przyczyn nieprawidłowości jazdy suwnic mostowych, Tom XIII, zeszyt 2 (29), 1966r.
- [8]. Ekspertyza konstrukcji hali B1 pod kątem obciążenia śniegiem do projektu odśnieżania dachu hali B1 na terenie zakładu Dozamel, Wrocław ul. Fabryczna 10, mgr inż. Marcin Zarzycki, mgr inż. Piotr Strojek, Wrocław
- [9]. Konstrukcje wsporcze dźwignic, Jan Żmuda, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013r
- [10]. Operat techniczny. Geodezyjny pomiar powykonawczy geometrii toru jezdnego suwnicy pomostowej na terenie firmy DOZAMEL we Wrocławiu, mgr inż. Jacek Janowski nr upr. 23911, Wrocław 2022r
- [11]. Dokumentacja archiwalna dotycząca hali B1 udostępniona przez firmę DOZAMEL Sp. z o.o. we Wrocławiu

3. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W ramach prac przeprowadzono oględziny makroskopowe (w tym z podnośnika), wykonano niezbędne pomiary oraz wykonano dokumentację fotograficzną. Zinwentaryzowano zaobserwowane uszkodzenia, przez otwór punktowy przeprowadzono pomiar średnika belki podsuwnicowej. Przeprowadzono wywiad z Użytkownikiem obiektu oraz przedstawicielem Inwestora firmy Dozamel Sp. z o.o.. Wykonano odkrywkę

drewnianego pomostu. Przeprowadzono kwerendę w archiwum firmy Dozamel, w którym znajduje się dokumentacja archiwalna.

4. KWERENDA HISTORYCZNA

W archiwum firmy Dozamel odnaleziono archiwalny projekt wzmocnienia żeber belek podsuwnicowych dla umożliwienia zainstalowania dodatkowej suwnicy $Q=100t$ na jezdni podsuwnicowej w nawie 10 hali B1. Projekt był podstawą dla wykonania wzmocnienia belek podsuwnicowych w celu dopuszczenia do zamontowania na torze suwnicy UD281 firmy DOSSAN i umożliwienia jej pracy w pełnym zbliżeniu z suwnicami istniejącymi. Odnaleziono również archiwalne operaty geodezyjne oraz inwentaryzację hali B1 z roku 2021 wykonaną metodą skaningu laserowego 3D.

W wydziale Centrum Usług Dźwigowych firmy Dozamel zapoznano się z zawartością księzek rewizyjnych poszczególnych suwnic zainstalowanych w nawie 10 hali B1.

Nie odnaleziono dokumentacji archiwalnej dotyczącej konstrukcji budynku nawy 10 oraz dokumentów z czasów jego budowy.

5. STAN ISTNIEJĄCY

2.1 Konstrukcja hala B1 – nawa X.

Nawa 10 została wybudowana w konstrukcji stalowej jako hala jednonawowa o konstrukcji niezależnej od pozostałego zespołu hal. Główną konstrukcję hali stanowią ramy stalowe o słupach sztywno zamocowanych w fundamentach. Konstrukcja składa się z 9 ram, a rozpiętość pomiędzy ramami wynosi 18m. Dachy wykonano z dźwigarów kratowych o rozpiętości ok. 33,0 m oraz wysokości 4,0 m. Pasy górne oraz skrtowanie dźwigarów wykonano z profili teowych. Bezpośrednio na konstrukcji pasa górnego ułożono płyty panwiowe o szerokości 2m x 6m. Dźwigary kratowe w rozstawie co 6m wsparte są na słupach głównych oraz słupach pośrednich. Słupy pośrednie oparto na dźwigarze kratowym, który jest częścią systemu konstrukcyjnego tężnika i belki podsuwnicowej.

2.2 Torowisko

Podstawę jezdni suwnicowej tworzy 16 stalowych belek (blachownic) podsuwnicowych o rozpiętości 18m (po 8 w każdej z osi). Wysokość belek podsuwnicowych wynosi 2,88m a szerokość górnego i dolnego pasa wynosi 0,4m z poszerzeniem do 0,5m w części przęsłowej.

Pierwotnie szyna toru jezdniowego była połączona z pasem górnym blachownicy za pomocą połączeń nitowanych (pozostał po tym ślad w postaci otworów oraz części nitów). Obecnie pas górny blachownicy został wzmocniony przyspawaną nakładką z blachy 40x360 mm, a bezpośrednio na niej ułożona jest szyna typu SP 120. Sposób łączenia szyn z belkami jest trwały i wykonany za pomocą spawania. Na długości szyna połączona jest za pomocą połączenia łukowego (jest to jedna ze starszych metod łączenia szyn obecnie rzadko spotykana przy nowych realizacjach torowiska).

Łączna długość jezdni suwnicowej wynosi 144m. Nakładka z blachy nie jest uciągłona nad podporą ale wpływa na zwiększenie sztywności belki podsuwnicowej w przęśle.

2.3 Belki podsuwnicowe

Belki podsuwnicowe to blachownice o rozpiętości 18m, spawane, ze stali gatunku St3S [5]. Pas górny i dolny to blacha 400x40 mm, poszerzana na odcinku środkowym ($1/3$ rozpiętości = 6 m) do 500x40 mm. Środek blachownicy wykonywany jest z blachy o gr. 10mm i posiada uźebrowanie poziome i pionowe.

W połowie wysokości środka żebro poziome wykonane jest z dwóch dwuteowników IPE 160, żebra pionowe o rozstawie 1500mm wykonane są z teowników o wymiarach 165/140. Dodatkowo górny pas blachownicy wzmocniają żebra pionowe z blachy gr. 10 mm o rozstawie co 500 mm i o wysokości 500 mm.

W osi podpór, na końcach belek blachownicowych, do blachy środka oraz pasów dolnego i górnego przyspawane są dwa kątowniki nierównoramienne 150x100x12 mm. Pomiędzy czołownicami blachownic na całej wysokości blachownicy zamontowana jest blacha przekładkowa gr. 20 mm, przyspawana punktowo do kątownika czołownicy (jeden koniec belki), oś blachy pokrywa się z osią podpory.

Belki podsuwnicowe zostały wykonane jako belki ciągłe i łączone nad podporami (w osi słupów) poprzez

skręcane połączenie doczołowe. Połączenia doczołowe belek pierwotnie wykonane były za pomocą 36 śrub M20 kl. 5,6 w dwóch kolumnach; rozstaw śrub wynosił 150 mm, odległość śrub skrajnych od pasów dolnych i górnych 100 mm. W związku z przeprowadzonymi robotami wzmocnianymi połączenia doczołowe przebudowano. Obecnie pierwsze 6 rzędów śrub w dwóch kolumnach wykonane jest za pomocą śrub sprężanych M36 typu HV klasy 10.9. Dodatkowo strefa śrub M36 wzmocniona jest dwoma żebrami poziomymi z blachy gr 12mm

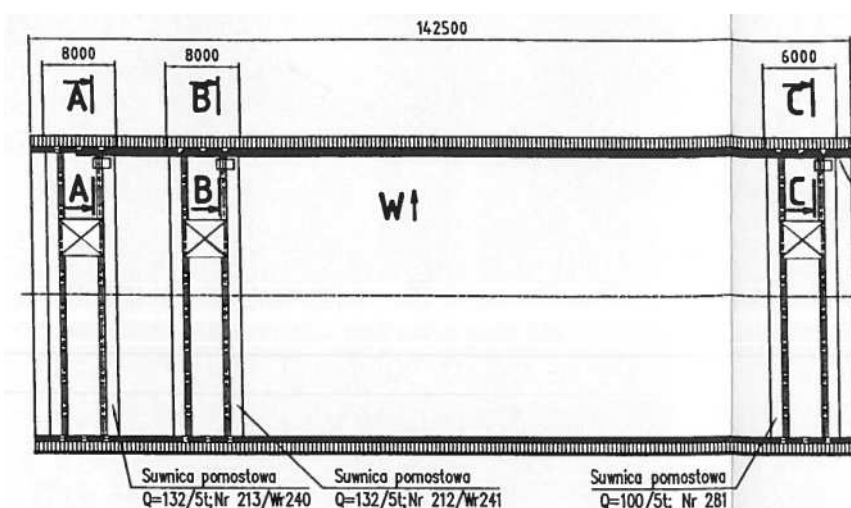
Pas dolny blachownic mocowany jest do słupa poprzez dwie śruby M24.

Mocowanie belki podsunicowej do słupów wykonano jako skręcane elementem w kształcie litery T z blachy 600x800x16 mm i 236x800x18 mm mocowanym za pomocą dwóch rzędów śrub M20, kl.5,6 o rozstawie 100 mm. Krawędź górna blachy licuje się z krawędzią górną środka blachownicy.

Górny i dolny pas jezdni podsunicowej stężony jest kratownicą przestrzenną z teowników stalowych. Kratownica pozioma mocowana do pasa górnego pełni funkcję tężnika hamownego. Po obu stronach hali wzdłuż jezdni biegną chodniki komunikacyjne pokryte podłogą drewnianą.

6. SUWNICE NA TOROWISKU W NAWIE 10 HALI B1

W hali B1 na nawie X obecnie pracują 3 suwnice pomostowe, dwie suwnice dwudźwigarowe 132t/5t produkcji ZSRR oraz jedna suwnica dwudźwigarowa o udźwigu 100t/5t produkcji firmy DOOSAN. Suwnice 132t/5t posiadają numery wewnętrzne UD212 i UD213. Suwnica 100t/5t posiada numer wewnętrzny UD281. Układ suwnic na hali pokazano na rysunku nr1.



Rys.1. Usytuowanie suwnic na hali wg dokumentacji technicznej suwnic.

Suwnice o udźwigu 132t/5t miały pierwotny udźwig 100t. Został on zwiększony do obecnego (132t/5t) przez likwidację w roku 2001 wózków i centralnego napędu jazdy mostem, nie zmieniając w ten sposób maksymalnych nacisków suwnicy na podtorze.

Suwnice Nr UD 212 i UD 213

Suwnica UD 212 to suwnica pomostowa, dwudźwigarowa, natorowa, elektryczna hakowa. Suwnica została wykonana przez Zakłady Budowy Suwnic w Związku Radzieckim w roku 1953 i oznaczona jest obecnie numerem wewnętrznym UD 212. W nawie X zainstalowana jest również identyczna suwnica oznaczona numerem UD 213.

Most suwnicowy składa się z dwóch pełnościennych dźwigarów blachownicowych, z dwóch pomostów. Dźwigary główne wykonane są jako belki o niezmiennym przekroju na całej długości. Pomosty składają się ze wsporników przyspawanych do średnika dźwigara głównego blachy pomostowej na nich ułożonej. Pomosty od strony zewnętrznej zamknięte są poręczami.

W 2001r wykonano modernizację napędów jazdy suwnicy (zmiana z napędu centralnego na motoreduktory)

wraz z niezbędną instalacją elektryczną. Ponadto wykonano: zamianę wciągarki z mechanizmami 100/20t na nowe 132/5 t połączoną z obniżeniem masy suwnicy o ok 35,5t, dołożenie falowników do wszystkich głównych napędów oraz wymieniono niezbędny osprzęt elektryczny i okablowanie.

Na podstawie przeprowadzonych prób w dniu 21.09.2001, po poddaniu dźwignicy odpowiednim próbą stwierdzono, że dźwigary suwnicy nadają się do eksploatacji pod zwiększonym udźwigiem do $Q=132t$. Przeprowadzone próby wykazały, że dźwigary suwnicy zachowują swoją sprężystość i nie ulegają trwałym odkształceniom plastycznym.

Na korzyść wykonanej przebudowy uznano fakt, że po przebudowie ciężar własny suwnicy obniżył się o około 35 600kg. Dodatkowo zmniejszono dynamicznie oddziaływanie na konstrukcję suwnicy przez obniżenie prędkości w mechanizmach podnoszenia głównego, jazdy mostem i wózka oraz zastosowano płynną regulację (falowniki) do napędu tych mechanizmów.

Na podstawie oświadczenia konstruktora [1] podtorze suwnicy w nawie X hali B1 dopuszczono do eksploatacji. W uzasadnieniu podano maksymalne naciski koła suwnicy po modernizacji ($P_{\max} = 465kN$) stwierdzając, że są identyczne jak przed modernizacją.

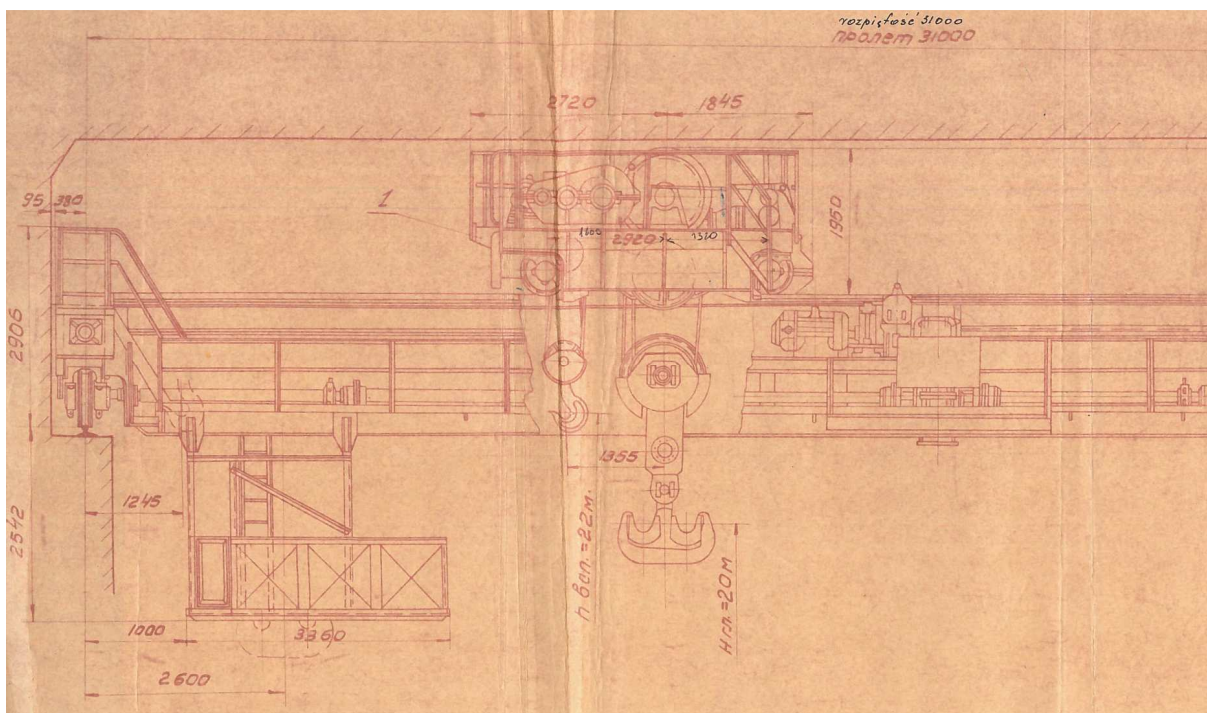
Podstawowe parametry suwnicy nr UD 212 – przed modernizacją:

Udźwig haka głównego	- 100 [t]
Udźwig haka pomocniczego	- 20 [t]
Masa całkowita suwnicy	- 148,7 [t]
Największa wysokość podnoszenia	- 18000 mm.
Rozstaw osi kół jezdnych	- 31000 mm.
Rozstaw osi kół wózka	- 4400
Prędkość ruchu w mm/min.	
Szybkość jazdy mostu	- 6,5 m/min.
Szybkość jazdy wózka	- 42 m/min.
Szybkość podnoszenia mechanizmu głównego	- 4,61 m/min.
Szybkość podnoszenia mechanizmu pomocniczego	- 7,32 m/min.

Suwnica zasilana jest z sieci napięciem 380 V.

Dane techniczne silników:

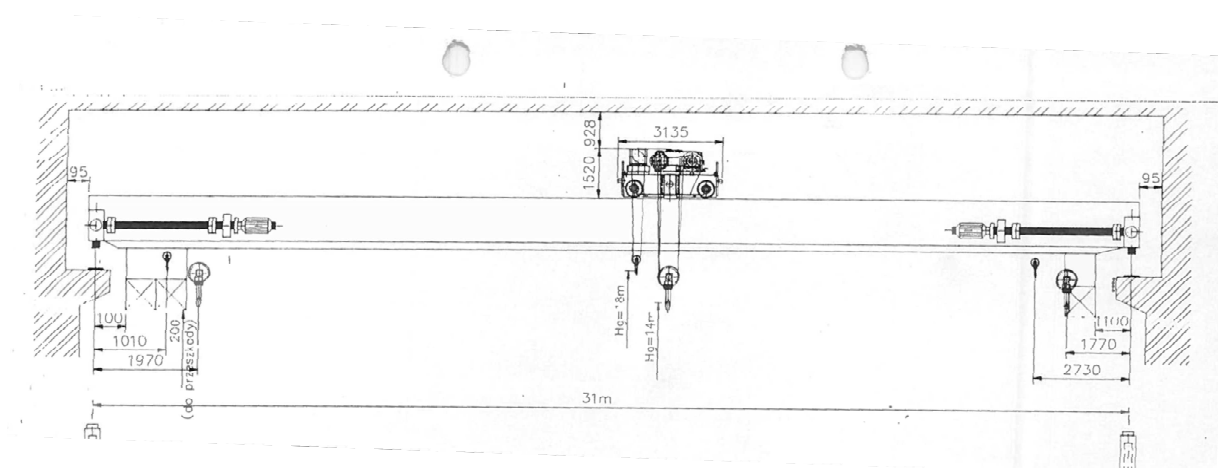
Prędkości robocze:	
Podnoszenia głównego	$V_p = 4,61 \text{ m/min}$
Podnoszenia pomocniczego	$V_{pp} = 7,32 \text{ m/min}$
Jazdy wózka	$V_{jw} = 42 \text{ m/min}$
Jazdy mostu	$V_{jm} = 65 \text{ m/min}$



Rys.2. Fragment oryginalnego schematu suwnicy UD 212 według DTR przed modernizacją.

Podstawowe parametry suwnicy nr UD 212 – po modernizacji:

Numer ewidencyjny urządzenia	3328000241	Numer wewnętrzny UD 212
Numer fabryczny urządzenia	49	
Podstawowe parametry:	Udźwig suwnicy	132/5 [t]
	Udźwig głównego mechanizmu podnoszenia	132,0 [t]
	Masa całkowita suwnicy	113,1 [t]
	Rozpiętość	31 [m]
	Rok produkcji	1953
	Rok odbioru	1962
	GNP suwnicy	A4
	GNP głównego mechanizmu podnoszenia	M3/M5
	GNP mech. jazdy wciągarka (wciągarki)	M3
	GNP mech. jazdy suwnicy	M4



Rys.3. Schemat suwnicy UD 212 według DTR po modernizacji w roku 2001.

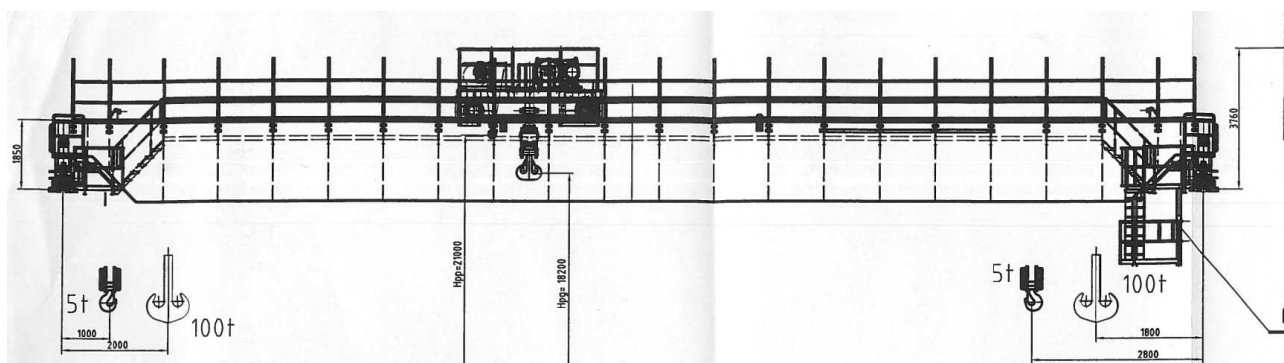
Suwnica Nr UD 281

Suwnica UD 281 to suwnica pomostowa, dwudźwigarowa, natorowa, elektryczna hakowa typ SPD-100/5.

Suwnica pomostowa przystosowana jest do pracy hakiem głównym i hakiem pomocniczym do pracy w tandemie z istniejącą na torowisku suwnicą i służy do transportu i montażu elementów konstrukcyjnych generatorów. Może być eksploatowana w warunkach odpowiadających grupie natężenia pracy A4 wg PN-ISO-4301. Suwnica przystosowana jest do pracy w hali tj do temperatury od 0°C do +40°C przy względnej wilgotności powietrza max 80%. Suwnica nie może pracować w atmosferze pyłów lub gazów wybuchowych.

Podstawowe parametry suwnicy SPD-100/5 o udźwigu Q=100/5 t. nr UD 283:

a.	Rozpiętość		31 m,
b.	Wysokość podnoszenia	Hpg	18,2 m,
c.	Wysokość podnoszenia	Hpp	21 m,
d.	Prędkość jazdy mostu	Vjm max	40 m/min,
e.	Prędkość jazdy wózka	Vjw max	10 m/min,
f.	Prędkość podnoszenia	Vpg	0,09 – 1,7 m/min,
g.	Prędkość podnoszenia do 20t	Vpg	0,09 – 2,5 m/min,
h.	Prędkość podnoszenia	Vpp	0,5/10 m/min,
i.	Zasilanie		400 V/50 Mhz,
j.	Sterowanie		230VAC, 48VAC, 24VDC,
k.	Ciężar suwnicy Q		72 250 kg
l.	Grupa Nat. Pracy suwnicy wg ISO4301		A4



Rys.4. Schemat suwnicy UD 281 według DTR.

Praca suwnic w tandemie:

Według adnotacji w książkach rewizyjnych suwnice A(Q=132/5T) B(132/5t) oraz C(100/5t) mają możliwość pracy w tandemie. Podczas pracy suwnic w tandemie, suwnica „środkowa” nie posiada aktywnego wyłącznika krańcowego. Praca odbywa się na wyłączonych wyłącznikach zbliżeniowych. Na okoliczność pracy suwnic w tandemie użytkownik musi sporządzić instrukcję bezpiecznej pracy i użytkowania. Przy dojeździe do odbojów wyłączniki krańcowe wyłączają tylko suwnice skrajne.

Oświadczenia Inwestora do odnośnie warunków eksploatacji suwnic przedstawiono w załączniku nr 4.

7. ANALIZA ARCHIWALNYCH OPERATÓW GEODEZYJNYCH

W ramach analizy dokumentacji archiwalnej oraz dokumentacji technicznej suwnic posiadanej przez Inwestora przeanalizowano archiwalne oparty geodezyjne wykonane w latach 2001 oraz 2008 i 2009.

Operat z roku 2001 wykonano przed modernizacją suwnic UD 212 i UD 213 (w ramach której zmieniano dopuszczalne udźwigi suwnic). Według opisu budowy torowiska, szyna ułożona była bezpośrednio na górnym pasie belki podsuwnicowej. Sposób łączenia szyn z belkami w roku 2001 był trwały wykonany za pomocą spawania. Kontrolne pomiary geodezyjne wykonane w dn. 25.06.2001 wykazały przekroczenia wartości dopuszczalnej odchyłki pochylenia podłużnego i poprzecznego szyn oraz zarejestrowano znaczne odkształcenia trwałe belek podsuwnicowych w płaszczyźnie pionowej (wygięcia) dochodzące maksymalnie do 15mm. Na całej długości torowiska hali B praktycznie nie zarejestrowano przekroczenia dopuszczalnej

odchyłki prostoliniowości osi szyn $\pm 10\text{mm}$ określonej w PN-91/M-45457.

Operat z 2001 stwierdza, że stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie pionowej był dobry, a w płaszczyźnie poziomej zadowalający jednocześnie stwierdzał, że regulacja szyn jest trudna do przeprowadzenia ze względu na zbyt duże (przekraczające odchyłkę dopuszczalną mimośrodowo) przesunięcie środka osi szyn do środka w stosunku do osi belek podsuwnicowych.

W roku 2008 oraz 2009 wykonano dwa operaty w związku z procesem instalacji na torowisku suwnicy UD 281 o udźwigu 100/5t. Pierwszy operat wykonano w grudniu 2008. Według opisu operatu na górnym psie belki podsuwnicowej była już ułożona podkładka stalowa. W ramach kwerendy nie ustalono, kiedy dokładnie wykonano montaż podkładki stalowej.

Na podstawie kontrolnych pomiarów geodezyjnych wykonanych dnia 16.12.2008, operat stwierdzał, że stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie pionowej i poziomej generalnie jest zadowalający i nie wymaga remontu, jednak stanowić może poważne utrudnienia w poruszaniu się suwnic o tradycyjnych kołach jezdnych ze względu na znaczne wahania prześwitu dochodzące do 25 mm. Podobnie jak w roku 2001 zarejestrowano przekroczenia dopuszczalnej odchyłki 15mm przesunięcia osi szyn względem osi belek podsuwnicowych (tzw. mimośród środka) określonej w PN-91/M-45457. Według opisu na całej jezdni suwnicowej szyna nie była ułożona w osi belek.

Operat z roku 2009 wykonano po regulacji torowiska. Ślady regulacji są widoczne na torowisku w postaci odciętych kłem.

Na podstawie kontrolnych pomiarów geodezyjnych wykonanych dnia 05.06.2009 po wykonanej regulacji szyn w hali B1 w nawie X nie stwierdzono przekroczenia wartości odchyłki dopuszczalnej $\pm 10\text{mm}$ prostoliniowości osi szyn jezdni torowiska określonej w PN-91/M-45457. Jednocześnie stwierdzono, że stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie pionowej torowiska po wykonanej regulacji szyn praktycznie nie uległ zmianie a maksymalna różnica poziomów główek szyn w poprzecznym przekroju toru na podporach przekracza wartości dopuszczalnych odchyłek. Finalnie operat stwierdzał jednak, że stan geometryczny jezdni suwnicowej po wykonanej regulacji szyn w płaszczyźnie poziomej generalnie jest bardzo dobry i zapewnia znaczne wydłużenie czasu eksploatacji kół i szyn.

8. ANALIZA AKTUALNEGO OPERATU GEODEZYJNEGO

Aktualny operat geodezyjny geometrii toru jezdni w nawie X w hali B1 wykonano w 22.08.2022. Operat wykonano w zakresie:

- Pomiaru ustawienia szyny w planie,
- Pomiaru prostości szyny - sfalowania w planie,
- Pomiaru ustawienia szyny w pionie,
- Pomiaru prostości szyny - sfalowania w pionie,
- Pomiaru wzajemnego zróżnicowania poziomów szyn toru jezdni,
- Pomiaru osiowego rozstawu szyn toru,
- Wykonania operatu pomiarowego wraz z oceną uzyskanych wyników w stosunku do wymagań normy PN-91/M45457

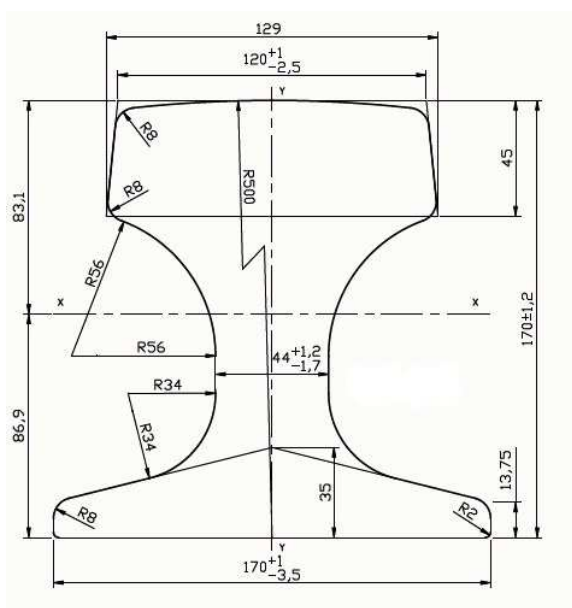
Lp.	Określenie odchyłki	Dop. odchyłka wg normy +/- [mm]	Min. wartość w operacji [mm]	Max. wartość w operacji [mm]	Czy przekroczone	Ile razy przekroczone
1	Rozstaw szyn	9	+5	+33	Tak	3,7
2	Różnica poziomu główek szyn	10	0	2	Nie	0
3	Odchylenie osi szyny od prostej (w płaszczyźnie poziomej)	10	szyna A: -3 szyna B: +7	szyna A: 22 szyna B: 39	Tak	3,9
4	Pochylenie wzdłużne szyn (różnica wysokości główek szyn w przekroju podłużnym)	10	szyna A: 0 szyna B: 0	szyna A: 3 szyna B: 1	Nie	0
5	Krzywizna główki szyny (powierzchni tocznej) w kierunku wzdłużnym na odcinku 2m	2	szyna A: 0 szyna B: 0	szyna A: 1 szyna B: 1	Nie	0

Tab.1. Wynik sprawdzenia pomiarów z normą PN-91/M45457 według [10]

Na podstawie analizy wyników kontrolnych i pomiarów geodezyjnych podtorza suwnicy operat stwierdza, że geometria torowiska nie spełnia wymagań określonych w normie PN-91/M45457. W operacji zaznaczono, że pomiar osi szyn był utrudniony ze względu na zróżnicowane zużycie szerokości szyn na różnych odcinkach (100mm-130mm) co utrudniało geodecie ocenę osi szyn.

9. OCENA STANU TECHNICZNEGO SZYNY Z OCENĄ DEGRADACJI GŁÓWKI SZYNY

Stan techniczny szyn na obu torach oceniono jako zły.



Rys.5. Wymiary szyny SP 120.

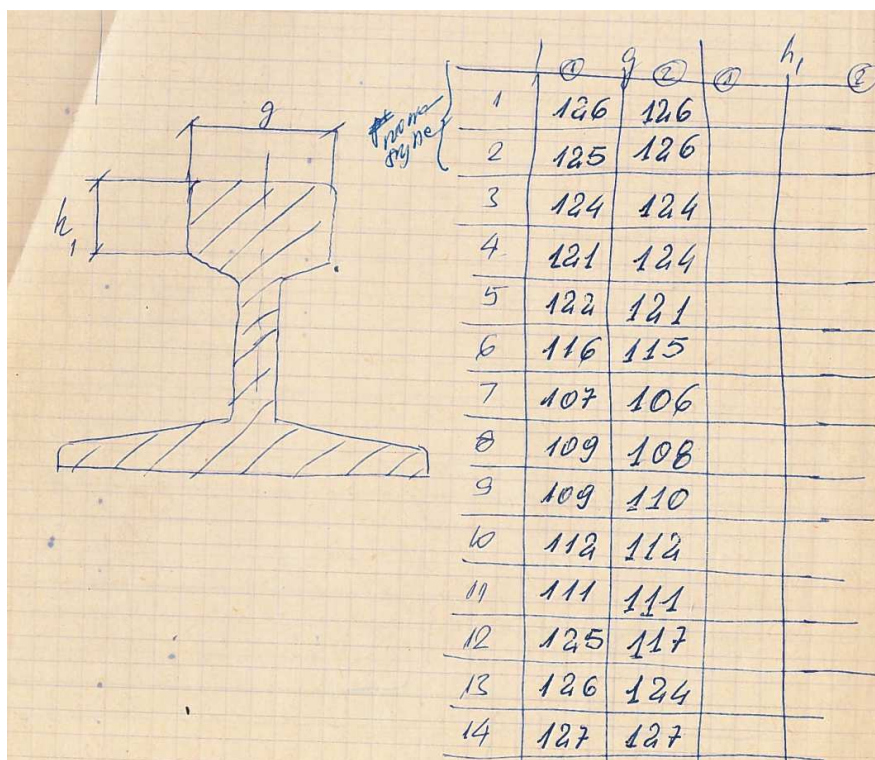
Maksymalny stopień zużycia główki szyny wynosi 20%. Wzdłuż obu torów widoczne są liczne opłki stali będące efektem ścierania szyny przez rolki prowadzące suwnic. Biorąc pod uwagę wyniki pomiaru geodezyjnego prostoliniowości szyn oraz ich obecny sposób mocowania do belki podsuwnicowej (w sposób sztywny bez możliwości rektyfikacji) szyny kwalifikują się do wymiany. Wyniki pomiarów szerokości główki szyny przedstawiono w tabeli Nr2. Schemat graficzny zużycia szyn przedstawiono w załączniku Nr2.

Tab.1 Pomiar szerokości główki szyny w nawie 10 hali B1.

Nr	m	TOR P (wschodni)	TOR L (zachodni)
1	2	126,5	126,0
2	6	126,0	125,5
3	12	125,0	124,5
4	18	124,0	123,5
5	24	123,5	122,0
6	30	122,0	122,5
7	36	120,5	120,5
8	42	117,5	120,5
9	48	115,5	119,0
10	54	119,5	119,0
11	60	118,0	117,0
12	66	106,5	106,0
13	72	104,5	105,0
14	78	105,5	105,0
15	84	104,5	104,5
16	90	106,0	104,5
17	96	109,0	110,0
18	102	109,5	109,5
19	108	109,5	110,5
20	114	116,5	108,5
21	120	125,0	111,5
22	126	125,0	122,5
23	132	126,0	122,0
24	138	126,5	125,5
25	142	126,5	125,5

Tab.2. Wynik pomiarów szerokości główki szyny z dnia 12.12.2022 roku.

Z danych archiwalnych ustalono, że w roku 1981 były wykonywane pomiary zużycia szyn w nawie X hali B1 oraz pomiary kół jezdnych dla suwnic UD 212 i UD 213. Szyny te najprawdopodobniej zostały wymienione w latach 90tych. Na rysunku Nr 6 pokazano wyniki tych pomiarów. Pomiary były prowadzone w interwale co 10m. Na uwagę zasługuje fakty, iż podobnie jak obecnie, największe zużycie występowało na długości pomiędzy 70m a 90m torowiska na obu szynach.



Rys.6. Archiwalne pomiary zszycia główki szyny z roku 1981.

10. OCENA STANU TECHNICZNEGO PODTORZA

W ocenie makroskopowej stan techniczny podtorza oceniono jako zadowalający. Nie zaobserwowano widocznych symptomów świadczących o możliwym stanie przekroczenia warunków nośności elementów konstrukcji podtorza (takich jak deplanacje elementów, widoczne pęknięcia, uszkodzenia połączeń).

W dwóch miejscach stwierdzono uszkodzenia pasa górnego belki podsuwnicowej w postaci wyciętych fragmentów pasa górnego oraz blachy nakładkowej. Uszkodzenie na belce toru wschodniego znajduje się w odległości 330cm od podpory. Uszkodzenie na belce toru zachodniego znajduje się w odległości 525cm od podpory.

Ocena tężnika hamownego była mocno utrudniona z uwagi na brak dostępu. Od dołu w okresie wykonywania wizji lokalnych dostęp ograniczony był możliwością dojazdu podnośnika (z uwagi na zagospodarowanie hali i brak możliwości dojazdu). Od góry tężnik zasłonięty jest pomostem drewnianym. W zakresie, w którym udało się tężnik poddać oględzinom, nie stwierdzono istotnych nieprawidłowości. W kilku miejscach zaobserwowano pojedyncze brakujące łączniki śrubowe w połączeniach skręcanych tężnika ze słupami.

Z uwagi na fakt, iż jak wynika z doświadczeń awarii belek podsuwnicowych, najczęściej zużyciu ulegają połączenia belek podsuwnicowych ze słupami oraz z elementami tężnika hamowanego, pełny przegląd połączeń tężnika hamownego z elementami konstrukcji nośnej należy wykonać przy okazji najbliższego remontu torowiska po zdemontowaniu elementów pomostu drewnianego.

Widoczne na zdjęciu nr 32 połączenie doczołowe belek podsuwnicowych zostało przebudowane we wszystkich belkach w związku z dopuszczeniem do pracy na torze trzeciej suwnicy o udźwigu $Q=100t/5t$ w pełnym zbliżeniu. W obecnym rozwiązaniu połączenia, po oględzinach, stwierdzono pewne różnice w stosunku do odnalezionego w archiwum projektu wzmocnienia belek. Według [5] projektowano wymianę wszystkich śrub do wys. $0,6h$ na śruby klasy 12.9 o średnicy 36 mm. Dodatkowo projektowano żebra poziome z blachy gr.12 mm w strefie pomiędzy 3 i 4 śrubą oraz 6 i 7 licząc od góry. Jak widać na fotografii nr 32 oraz 33 finalnie zastosowano 6 śrub typu HV klasy 10.9. W archiwum nie odnaleziono projektu rewizji tego rozkazanania, które zapewne zostało wdrożone już w trakcie prowadzenia robót. Obecny sposób rozwiązania połączenia (min. zastosowanie śrub sprężających) nie jest typowy i wzbudza pewne wątpliwości w stosunku do obecnych zaleceń w zakresie projektowania grubości blach doczołowych czy zaleceń obliczania połączeń doczołowych wysokich belek podsuwnicowych jako podatnych [2] (z dopuszczalnymi obliczeniowo rozwarciem styków). Nie mniej jednak połączenie zostało zaprojektowane jako rozwiązanie indywidualne

dopuszczone przez uprawnionego projektanta i w ocenie makroskopowej nie stwierdzono widocznych uszkodzeń czy oznak przekroczenia nośności.

Pomost techniczny biegnący wzdłuż obu torów wykony jest obecnie w konstrukcji drewnianej. Według obecnie obowiązujących przepisów w zakresie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki w tym dojścia i przejścia do dźwignic pomosty powinny być wykonane z materiałów niepalnych. W przypadku ewentualnej przebudowy w przyszłości budynku nawy X hali B1 pomost będzie wymagał dostosowania do obowiązujących przepisów lub uzyskania odstępstwa w tym zakresie.

11. ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ ORAZ OBLICZENIA

W związku z faktem, że nawa 10 hali B1 został wybudowana w latach 50, jak również, że na torowisku pracują obecnie suwnica z lat 50 (oraz jedna z roku 2009) zebranie obciążeń przeprowadzono w oparciu o normy polskie. Ustalenie obciążenia od suwnic przeprowadzono w oparciu o normę PN-86/B-02005. Obecnie obowiązujące normy EC (obowiązujące przy projektowaniu nowych konstrukcji) wprowadzają wiele zmian w zakresie obciążeń belek podsuwnicowych od oddziaływań statycznych i dynamicznych w stosunku do ujęcia normy PN-86/B-02005. W szczególności rozbudowane zostały zasady obliczania oddziaływań poziomych. W ocenie autorów, stosowanie zasad przedstawionych w normach EC dla obliczeń sprawdzających w stosunku do obiektów wybudowanych na podstawie wcześniej obowiązujących zasad nie byłoby podejściem właściwym.

Dane suwnic

SUWNICE UD 212 i UD 213

- udźwig	132/5 [t]
- rozpiętość	31,0 [m]
- wysokość podnoszenia	14/18 [m]
- maksymalny nacisk koła na szynę	465 [kN]
- masa suwnicy	113 [t]
- grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	4A

SUWNICA UD 281

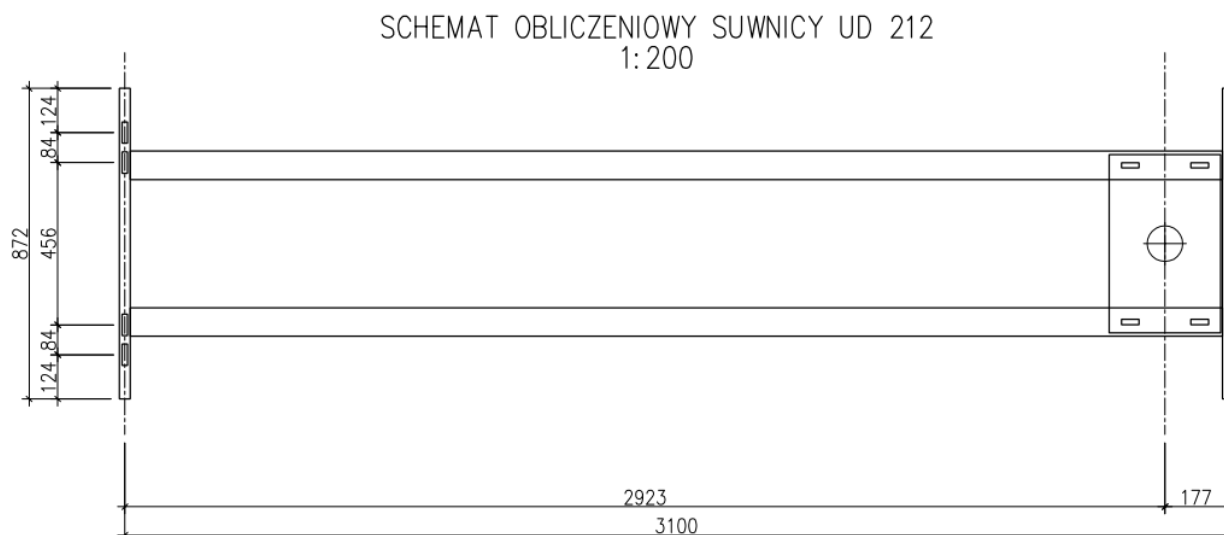
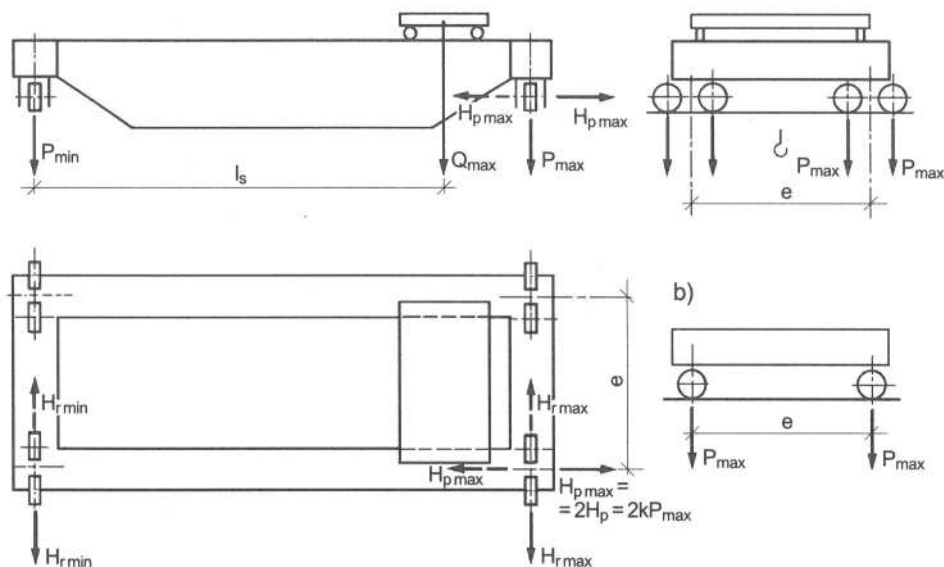
- udźwig	100/6,3 [t]
- rozpiętość	31,0 [m]
- wysokość podnoszenia	16/18 [m]
- maksymalny nacisk koła na szynę	350 [kN]
- masa suwnicy	71 [t]
- grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	4A

Obciążenia od suwnic

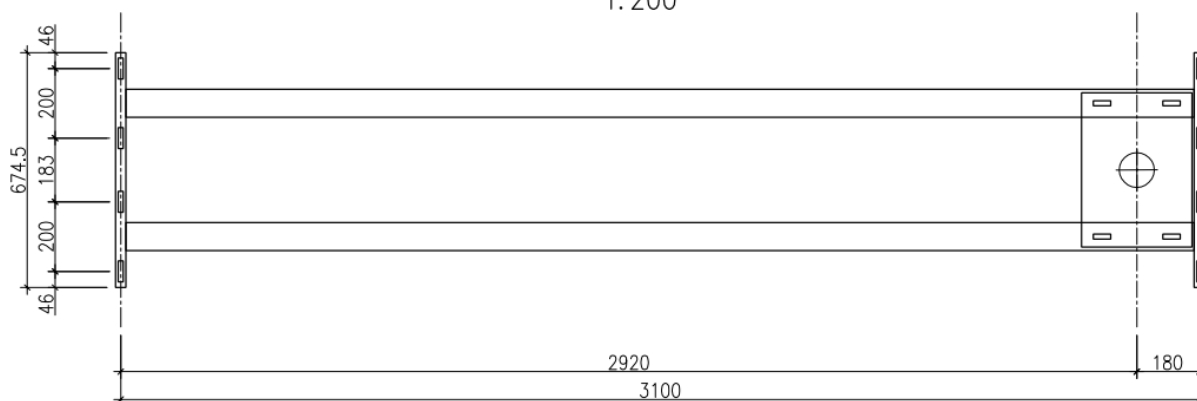
Grupa natężenia pracy suwnicy A	γ_f	ϕ_1
1, 2, 3, 4	1,10	0,6
5	1,15	0,8
6	1,20	0,8

Tab.1 Współczynniki obciążenia wg PN-86/B-02005

Grupa klasyfikacyjna natężenia pracy suwnicy A	Rodzaj dźwignicy	β
1, 2	wszystkie rodzaje	1,1
3, 4	hakowa ze sztywnym prowadzeniem ładunku	1,2 1,3
5, 6	hakowa z chwytakiem, elektromagnetyczna ze sztywnym prowadzeniem ładunku	1,3 1,4



SCHEMAT OBLICZENIOWY SUWNICY UD 281 1: 200



Rys.1. Schemat geometrii suwnicy UD 281.

Obciążenia pionowe

Według normy PN- 86/B- 02005 , współczynnik dynamiczny α_{dyn} , służy jako mnożnik oddziaływań P_{max} i P_{min} . Pomija się współczynnik dynamiczny przy obliczeniu ugięć słupów i belek podsuwnicowych oraz przy obliczeniu fundamentów hal.

Maksymalny obliczeniowy nacisk na koło dla suwnicy UD 2012 bez uwzględniania współczynnika dynamicznego:

$$P_{max} = 465 \text{ kN} \times 1,1 = 511,5 \text{ kN}$$

Maksymalny obliczeniowy nacisk na koło dla suwnicy UD 212 z uwzględnianiem współczynnika dynamicznego:

$$P_{max} = 465 \text{ kN} \times 1,1 \times 1,2 = 613,8 \text{ kN}$$

Maksymalny obliczeniowy nacisk na koło dla suwnicy UD 281 bez uwzględniania współczynnika dynamicznego:

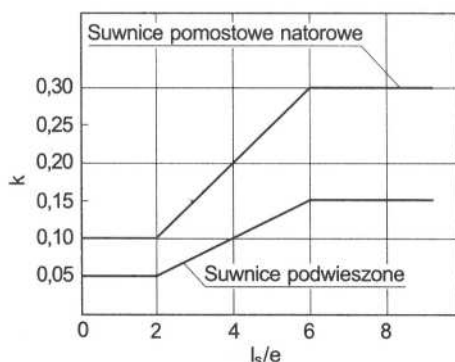
$$P_{max} = 350 \text{ kN} \times 1,1 = 385,0 \text{ kN}$$

Maksymalny obliczeniowy nacisk na koło dla suwnicy UD 281 z uwzględnianiem współczynnika dynamicznego:

$$P_{max} = 350 \text{ kN} \times 1,1 \times 1,2 = 462 \text{ kN}$$

Obciążenia poziome prostopadłe do toru

Siły poziome H_p , prostopadłe do toru suwnicy, są spowodowane hamowaniem wózka suwnicy, wahaniami się ciężaru zawieszonego na wózku lub naciskami bocznymi kół suwnicy wskutek skośnego poruszania się suwnicy w stosunku do osi hali. W ujęciu normy PN- 86/B- 02005 siła H_p to iloczyn maksymalnego nacisku koła oraz współczynnika k .



Tab.1 Wykres współczynnika K wg PN-86/B-02005

Siła pozioma prostopadła to toru dla suwnicy UD 212 (UD 213)

$$l/e = 2923/540 = 5,41$$

$$k = 0,28$$

$$H_p = k \times P_{\max} = 0,28 \times 465 \text{ kN} = 130,2 \text{ kN}$$

$$2 H_p = 260,4 \text{ kN}$$

Siła pozioma prostopadła to toru dla suwnicy UD 281

$$l/e = 2920/383 = 7,64$$

$$k = 0,30$$

$$H_p = k \times P_{\max} = 0,30 \times 350 \text{ kN} = 105 \text{ kN}$$

$$2 H_p = 210 \text{ kN}$$

Obciążania od ciężaru dachu

Obciążanie od ciężaru dachu ustalono na podstawie [8]:

Nr	Rodzaj obciążenia	wartość	jednostka	mnożnik [m]	obc. charakt. [kN/m ²]	współcz. obc.	obc. oblicz. [kN/m ²]
OBCIĄŻENIE DACHU							
1	2 x papa	11,00	kN/m ³	0,01	0,11	1,35	0,15
2	Warstwa wyrównawcza 2 cm	21,0	kN/m ³	0,02	0,42	1,35	0,567
3	Suprema 5 cm	4,5	kN/m ³	0,05	0,23	1,35	0,31
4	Płyta żebrowa	1,46	kN/m ²	1	1,46	1,35	1,97
Razem obc. stałe q_a					2,22	1,35	2,99

Obciążanie wiatrem na ściany hali

Położenie obiektu: strefa 1, wysokość n.p.m. $H = 0,00 \text{ m}$

$$\Rightarrow V_k = 22,00 \text{ m/s}$$

Poziom odniesienia nad gruntem: $z_1 = H = 24,00 \text{ m} = 24,00 \text{ m}$

Umowny poziom gruntu: $z_0 = 0,00 \text{ m}$

Poziom odniesienia do obl. wsp. ekspozycji: $z = z_0 + z_1 = 0,00 \text{ m} + 24,00 \text{ m} = 24,00 \text{ m}$

Współczynnik ekspozycji: $C_e = 0,8 + 0,0075 \times z = 0,8 + 0,0075 \times 24,00 = 0,98$

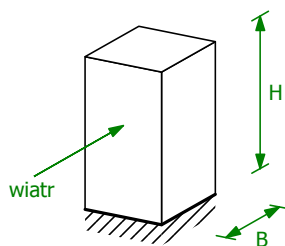
Charakterystyczne ciśnienie prędkości:

$$\Rightarrow q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

Współczynnik działania porywów wiatru β

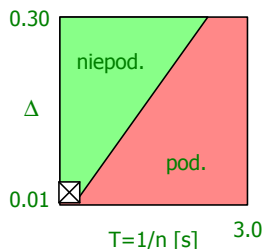
Rodzaj konstrukcji: budynki murowane lub z betonu monolitycznego

Wymiary obiektu: $H = 10,00 \text{ m}$, $B = 10,00 \text{ m}$



Częstotliwość drgań własnych: $n = 1 / (0,015 \times H \times 1 \text{ s}) = 1 / (0,015 \times 10,00 \times 1 \text{ s}) = 6,67 \text{ 1/s}$

Logarytmiczny dekrement tłumienia: $\Delta = 0,02$



Budowla niepodatna.

$\Rightarrow \beta = 1,80$

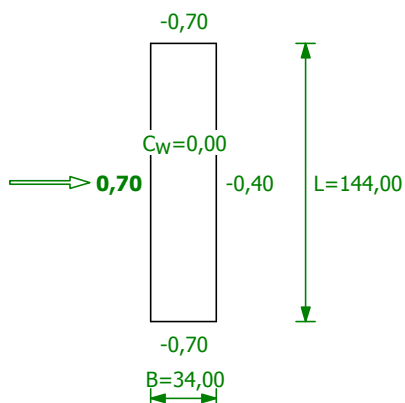
Rodzaj elementu: **galeria lub łącznik, powierzchnia nawietrzna**

Współczynnik ciśnienia zewnętrznego: $C_z = 0,70$

Budynek zamknięty.

Współczynnik ciśnienia wewnętrznego: $C_w = 0,00$

$\Rightarrow C_p = C_z - C_w = 0,70 - 0,00 = 0,70$



Obciążenie charakterystyczne

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 0,98 \times 0,70 \times 1,80 = \mathbf{0,37 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe

$$p_o = 1,50 \times 0,37 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0,56 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie charakterystyczne

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 0,98 \times -0,40 \times 1,80 = \mathbf{-0,21 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie obliczeniowe

$$p_o = 1,50 \times -0,21 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{-0,32 \text{ kN/m}^2}$$

Wyznaczenie sił wewnętrznych w belce podsuwnicowej od obciążeń pionowych

PRZEKRÓJ Nr: 1

Nazwa: "I 2880x400x40x10"

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

Materiał: 66 St3S (X,Y,V,W)

Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc= 20,0	Yc= 144,0
		alfa= 0,0
Momenty bezwładności [cm4]:	Jx=8282240,0	Jy= 42690,0
Moment dewiacji [cm4]:		Dxy= 0,0

Gł.momenty bezwładn. [cm4]: Ix=8282240,0 Iy= 42690,0
 Promienie bezwładności [cm]: ix= 117,5 iy= 8,4
 Wskaźniki wytrzymał. [cm3]: Wx= 57515,6 Wy= 2134,5
 Wx= -57515,6 Wy= -2134,5
 Powierzchnia przek. [cm2]: F= 600,0
 Masa [kg/m]: m= 471,0
 Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]: Jzg=8282240,0

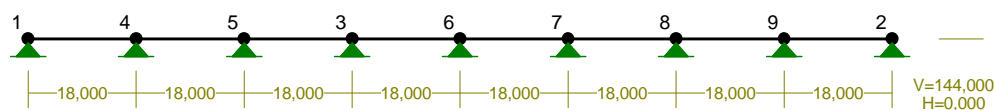
Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	I 2880x400x40x1	0	0,00	0,00	0,0	0,0	600,0

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU: Materiał: 66 St3S (X,Y,V,W)

Gł.centrosie bezwładn.[cm]: Xc= 5,0 Yc= 10,0
 alfa= 0,0
 Momenty bezwładności [cm4]: Jx= 1940,0 Jy= 142,0
 Moment dewiacji [cm4]: Dxy= 0,0
 Gł.momenty bezwładn. [cm4]: Ix= 1940,0 Iy= 142,0
 Promienie bezwładności [cm]: ix= 8,3 iy= 2,2
 Wskaźniki wytrzymał. [cm3]: Wx= 194,0 Wy= 28,4
 Wx= -194,0 Wy= -28,4
 Powierzchnia przek. [cm2]: F= 28,5
 Masa [kg/m]: m= 22,4
 Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]: Jzg= 1940,0

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	I 200 PE	0	0,00	0,00	0,0	0,0	28,5

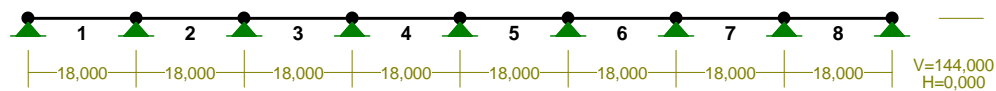
WĘZŁY:



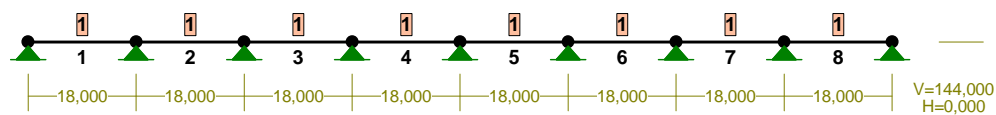
WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	6	72,000	0,000
2	144,000	0,000	7	90,000	0,000
3	54,000	0,000	8	108,000	0,000
4	18,000	0,000	9	126,000	0,000
5	36,000	0,000			

PRETY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



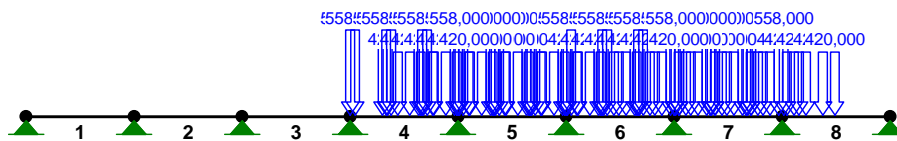
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	600,0	8282240	42690	57516	57516	288,0	66 St3S (X,Y,V,W)

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
66 St3S (X,Y,V,	205	205,000	1,2E-5

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kat:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
Grupa:	A "			Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
4	Skupione	0,0	558,000		0,00	
4	Skupione	0,0	558,000		0,84	
4	Skupione	0,0	558,000		5,40	
4	Skupione	0,0	558,000		6,24	
4	Skupione	0,0	420,000		7,94	
4	Skupione	0,0	420,000		9,94	
4	Skupione	0,0	420,000		11,77	
4	Skupione	0,0	420,000		13,77	
Grupa:	C "			Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
4	Skupione	0,0	558,000		6,00	
4	Skupione	0,0	558,000		6,84	
4	Skupione	0,0	558,000		11,40	
4	Skupione	0,0	558,000		12,24	
4	Skupione	0,0	420,000		13,94	
4	Skupione	0,0	420,000		15,94	
4	Skupione	0,0	420,000		17,77	
5	Skupione	0,0	420,000		1,77	
Grupa:	E "			Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
4	Skupione	0,0	558,000		12,00	
4	Skupione	0,0	558,000		12,84	
4	Skupione	0,0	558,000		17,40	
5	Skupione	0,0	420,000		7,77	
5	Skupione	0,0	420,000		5,77	
5	Skupione	0,0	420,000		3,94	
5	Skupione	0,0	420,000		1,94	
5	Skupione	0,0	558,000		0,24	
Grupa:	G "			Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
4	Skupione	0,0	558,000		18,00	
5	Skupione	0,0	420,000		13,77	
5	Skupione	0,0	420,000		11,77	
5	Skupione	0,0	420,000		9,94	
5	Skupione	0,0	420,000		7,94	
5	Skupione	0,0	558,000		6,24	
5	Skupione	0,0	558,000		5,40	
5	Skupione	0,0	558,000		0,84	

Grupa:	I	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
5	Skupione	0,0	420,000		17,77
5	Skupione	0,0	420,000		15,94
5	Skupione	0,0	420,000		13,94
5	Skupione	0,0	558,000		12,24
5	Skupione	0,0	558,000		11,40
5	Skupione	0,0	558,000		6,84
5	Skupione	0,0	558,000		6,00
6	Skupione	0,0	420,000		1,77

Grupa:	K	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
5	Skupione	0,0	558,000		17,40
5	Skupione	0,0	558,000		12,84
5	Skupione	0,0	558,000		12,00
6	Skupione	0,0	558,000		0,24
6	Skupione	0,0	420,000		1,94
6	Skupione	0,0	420,000		3,94
6	Skupione	0,0	420,000		5,77
6	Skupione	0,0	420,000		8,77

Grupa:	M	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
5	Skupione	0,0	558,000		18,00
6	Skupione	0,0	558,000		0,84
6	Skupione	0,0	558,000		5,40
6	Skupione	0,0	558,000		6,24
6	Skupione	0,0	420,000		7,94
6	Skupione	0,0	420,000		9,94
6	Skupione	0,0	420,000		11,77
6	Skupione	0,0	420,000		14,77

Grupa:	O	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
6	Skupione	0,0	558,000		6,00
6	Skupione	0,0	558,000		6,84
6	Skupione	0,0	558,000		11,40
6	Skupione	0,0	558,000		12,24
6	Skupione	0,0	420,000		13,94
6	Skupione	0,0	420,000		15,94
7	Skupione	0,0	420,000		2,77
7	Skupione	0,0	420,000		0,77

Grupa:	R	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
6	Skupione	0,0	558,000		12,00
6	Skupione	0,0	558,000		12,84
6	Skupione	0,0	558,000		17,40
7	Skupione	0,0	420,000		8,77
7	Skupione	0,0	420,000		6,77
7	Skupione	0,0	420,000		3,94
7	Skupione	0,0	420,000		1,94
7	Skupione	0,0	558,000		0,24

Grupa:	T	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
6	Skupione	0,0	558,000		18,00
7	Skupione	0,0	420,000		14,77
7	Skupione	0,0	420,000		12,77
7	Skupione	0,0	420,000		9,94
7	Skupione	0,0	420,000		7,94
7	Skupione	0,0	558,000		6,24
7	Skupione	0,0	558,000		5,40
7	Skupione	0,0	558,000		0,84

Grupa:	W	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
7	Skupione	0,0	420,000		15,94

7	Skupione	0,0	420,000	13,94
7	Skupione	0,0	558,000	12,24
7	Skupione	0,0	558,000	11,40
7	Skupione	0,0	558,000	6,84
7	Skupione	0,0	558,000	6,00
8	Skupione	0,0	420,000	0,77
8	Skupione	0,0	420,000	2,77

Grupa: Y ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,10$
7	Skupione	0,0	558,000	17,40
7	Skupione	0,0	558,000	12,84
7	Skupione	0,0	558,000	12,00
8	Skupione	0,0	558,000	0,24
8	Skupione	0,0	420,000	1,94
8	Skupione	0,0	420,000	3,94
8	Skupione	0,0	420,000	6,77
8	Skupione	0,0	420,000	8,77

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń
RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :

CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
C - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
E - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
G - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
I - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
K - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
M - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
O - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
R - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
T - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
W - ""	Zmienne	1 1,10	1,00
Y - ""	Zmienne	1 1,10	1,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:

A - ""	EWENTUALNIE Nie występuje z: CEGIKMORTWY
C - ""	EWENTUALNIE Nie występuje z: AEGIKMORTWY
E - ""	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACGIKMORTWY

G - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEIKMORTWY
I - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGKMORTWY
K - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIMORTWY
M - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKORTWY
O - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMRTWY
R - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMOTWY
T - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMORWY
W - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMORTY
Y - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMORTW

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń
 RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
C - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
E - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
G - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
I - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
K - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
M - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
O - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
R - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
T - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
W - " "	Zmienne	1 1,10	1,00
Y - " "	Zmienne	1 1,10	1,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
-------------	----------

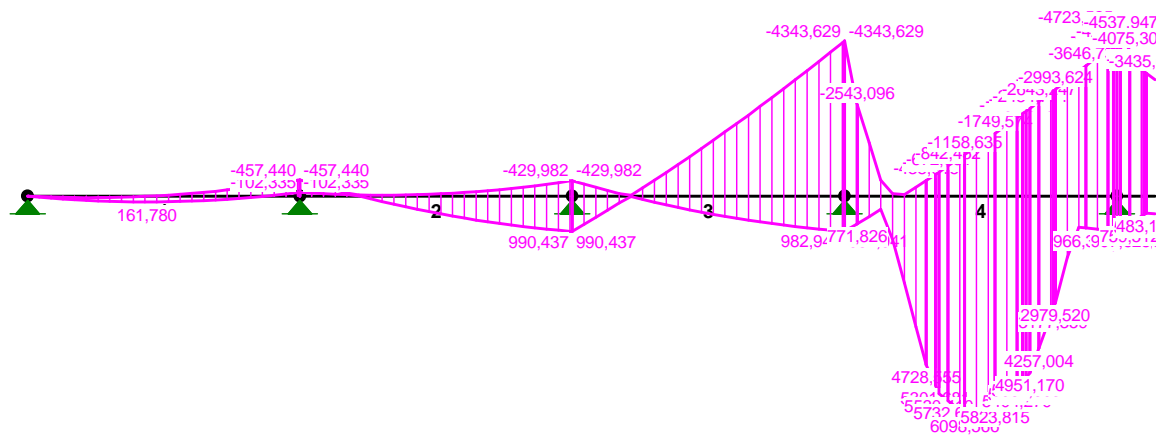
A - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: CEGIKMORTWY
C - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: AEGIKMORTWY
E - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACGIKMORTWY
G - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEIKMORTWY
I - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGKMORTWY
K - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIMORTWY
M - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKORTWY
O - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMRTWY
R - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMOTWY
T - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMORWY
W - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMORTY
Y - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACEGIKMORTW

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

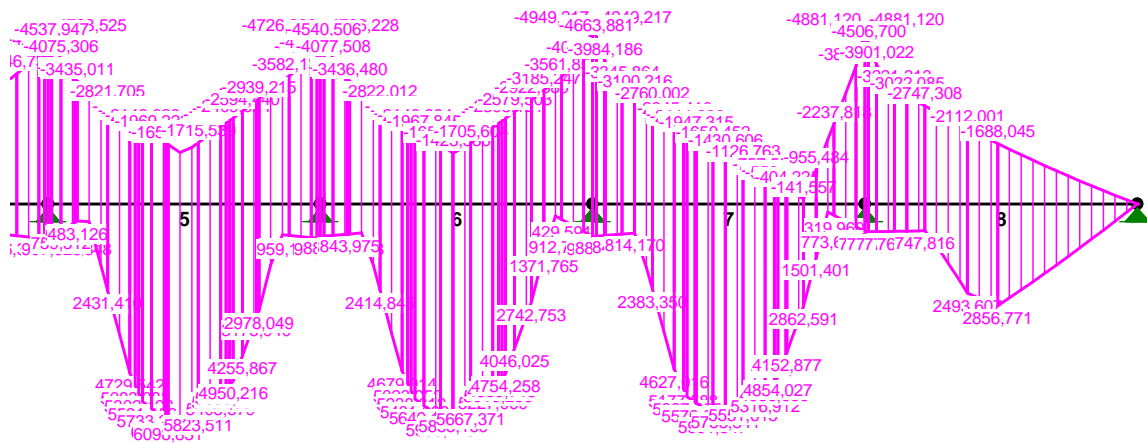
Nr: Specyfikacja:

1	ZAWSZE : CW
	EWENTUALNIE: A+C+E+G+I+K+M+O+R+T+W+Y

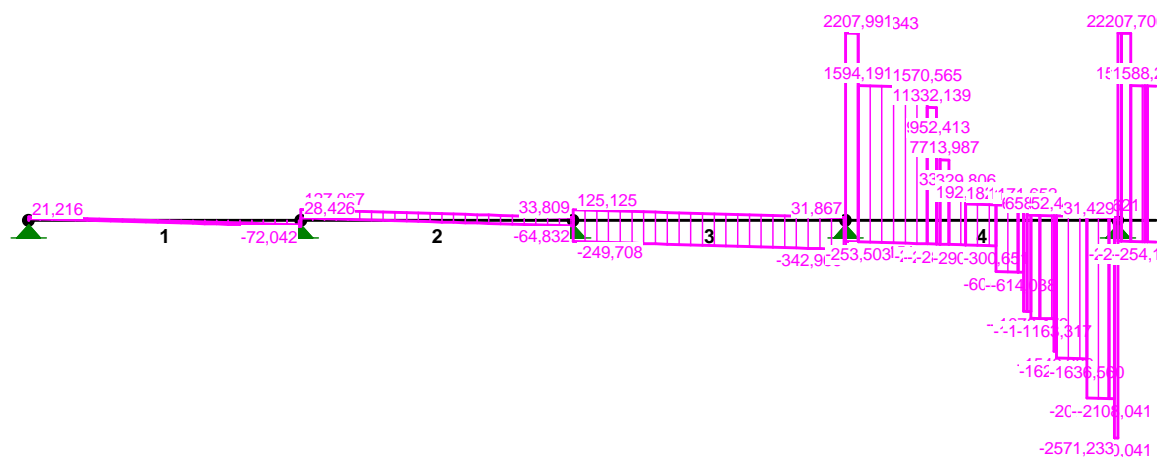
Skala 1:500 x:1/2



Skala 1:500 x:2/2

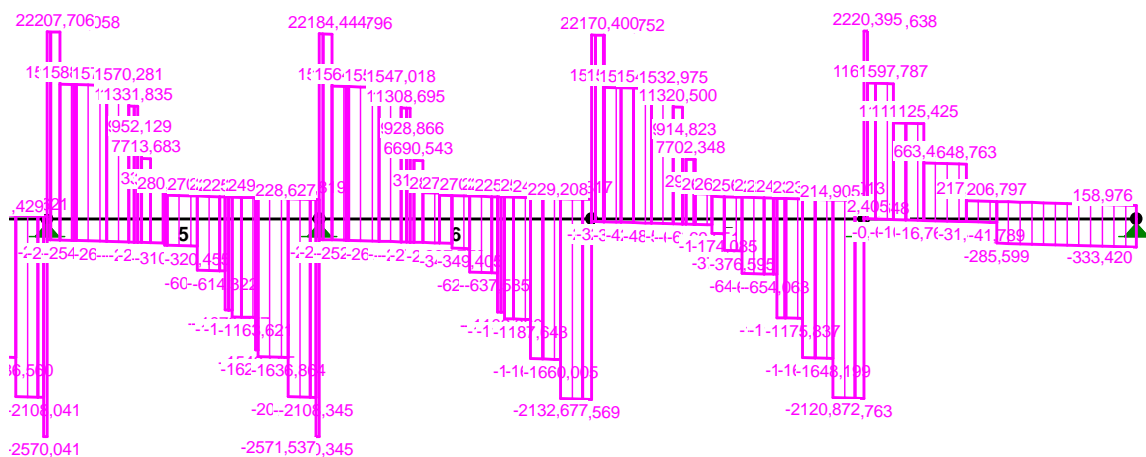


Skala 1:500 x:1/2



TNACE-OBWIEDNIE:

Skala 1:500 x:2/2



NORMALNE-OBWIEDNIE:

Skala 1:500 x:1/2



NORMALNE-OBWIEDNIE:

Skala 1:500 x:2/2



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

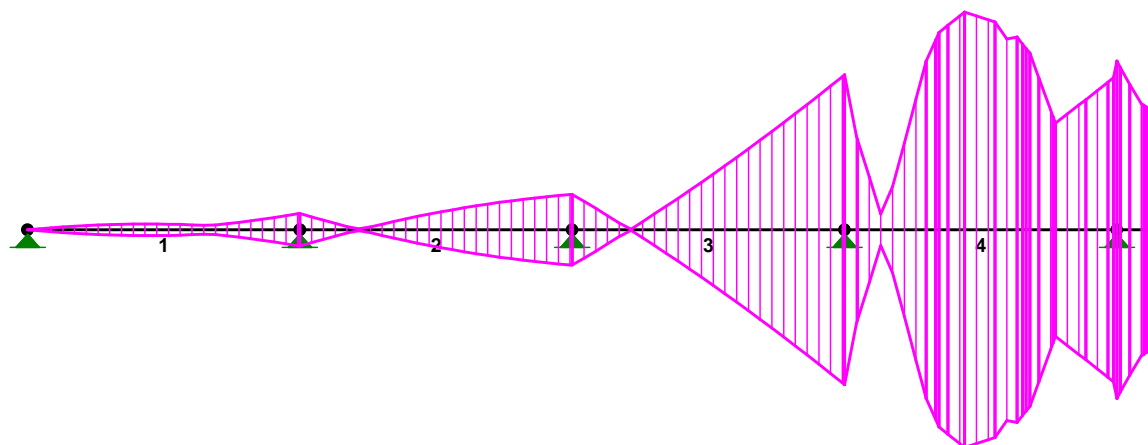
Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:

1	7,875	161,780*	0,143	0,000	CW G
	18,000	-457,440*	-72,042	0,000	CW A
	18,000	-457,440	-72,042*	0,000	CW A
	18,000	-457,440	-72,042	0,000*	CW A
	7,875	161,780	0,143	0,000*	CW G
	18,000	-457,440	-72,042	0,000*	CW A
	7,875	161,780	0,143	0,000*	CW G
	18,000	990,437*	33,809	0,000	CW A
2	0,000	-457,440*	127,067	0,000	CW A
	0,000	-457,440	127,067*	0,000	CW A
	0,000	-457,440	127,067	0,000*	CW A
	18,000	990,437	33,809	0,000*	CW A
	0,000	-457,440	127,067	0,000*	CW A
	18,000	990,437	33,809	0,000*	CW A
	0,000	990,437*	-249,708	0,000	CW A
	18,000	-4343,629*	-342,966	0,000	CW A
3	18,000	-4343,629	-342,966*	0,000	CW A
	18,000	-4343,629	-342,966	0,000*	CW A
	0,000	990,437	-249,708	0,000*	CW A
	18,000	-4343,629	-342,966	0,000*	CW A
	0,000	990,437	-249,708	0,000*	CW A
	7,940	6098,566*	329,806	0,000	CW A
	18,000	-4723,525*	-2571,233	0,000	CW C
	18,000	-4723,525	-2571,233*	0,000	CW C
4	18,000	-4723,525	-2571,233	0,000*	CW C
	7,940	6098,566	329,806	0,000*	CW A
	18,000	-4723,525	-2571,233	0,000*	CW C
	7,940	6098,566	329,806	0,000*	CW A
	18,000	6098,831*	329,521	0,000	CW G
	18,000	-4726,228*	-2571,537	0,000	CW I
	18,000	-4726,228	-2571,537*	0,000	CW I
	18,000	-4726,228	-2571,537	0,000*	CW I
5	7,940	6098,831	329,521	0,000*	CW G
	18,000	-4726,228	-2571,537	0,000*	CW I
	7,940	6098,831	329,521	0,000*	CW G
	18,000	-4726,228	-2571,537	0,000*	CW I
	7,940	6098,831	329,521	0,000*	CW G
	18,000	5989,216*	306,259	0,000	CW M
	18,000	-4949,217*	-2132,677	0,000	CW O
	0,000	-4266,017	2188,796*	0,000	CW M
6	0,000	-4266,017	2188,796	0,000*	CW M
	7,940	5989,216	306,259	0,000*	CW M
	18,000	-4949,217	-2132,677	0,000*	CW O
	0,000	-4266,017	2188,796	0,000*	CW M
	7,940	5989,216	306,259	0,000*	CW M
	18,000	-4949,217	-2132,677	0,000*	CW O
	0,000	-4266,017	2188,796	0,000*	CW M
	7,940	5989,216	306,259	0,000*	CW M
7	18,000	-4949,217	-2132,677	0,000*	CW O
	7,940	5901,547*	292,215	0,000	CW T
	0,000	-4949,217*	1189,522	0,000	CW O
	0,000	-4242,179	2174,752*	0,000	CW T
	0,000	-4242,179	2174,752	0,000*	CW T
	7,940	5901,547	292,215	0,000*	CW T
	0,000	-4949,217	1189,522	0,000*	CW O
	0,000	-4242,179	2174,752	0,000*	CW T
	7,940	5901,547	292,215	0,000*	CW T
	0,000	-4949,217	1189,522	0,000*	CW O

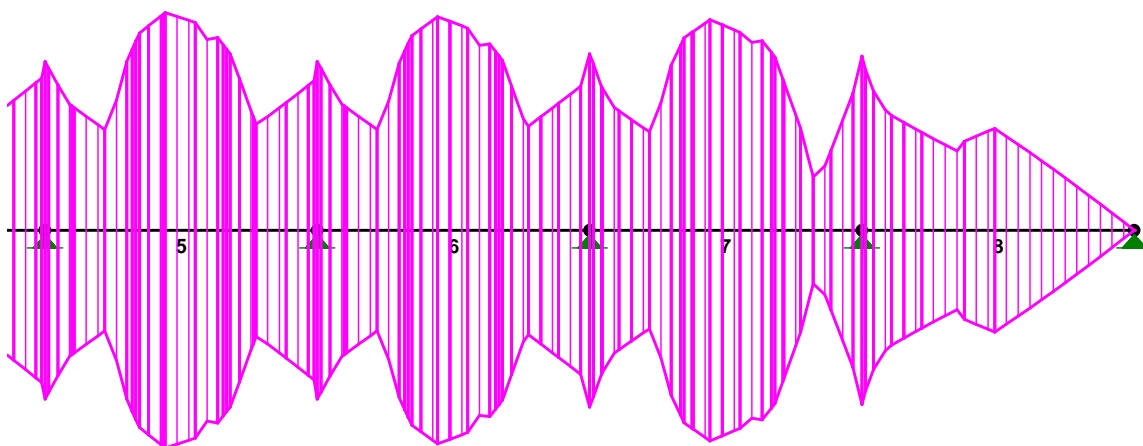
8	8,770	2856,771*	-285,599	0,000	CW Y
	8,770	2856,771*	176,401	0,000	CW Y
	0,000	-4881,120*	2221,638	0,000	CW Y
	0,000	-4881,120	2221,638*	0,000	CW Y
	0,000	-4881,120	2221,638	0,000*	CW Y
	8,770	2856,771	176,401	0,000*	CW Y
	0,000	-4881,120	2221,638	0,000*	CW Y
	8,770	2856,771	176,401	0,000*	CW Y

* = Wartości ekstremalne

NAPĘŻENIA-OBWIEDNIE: Skala 1:500 x:1/2



NAPĘŻENIA-OBWIEDNIE: Skala 1:500 x:2/2



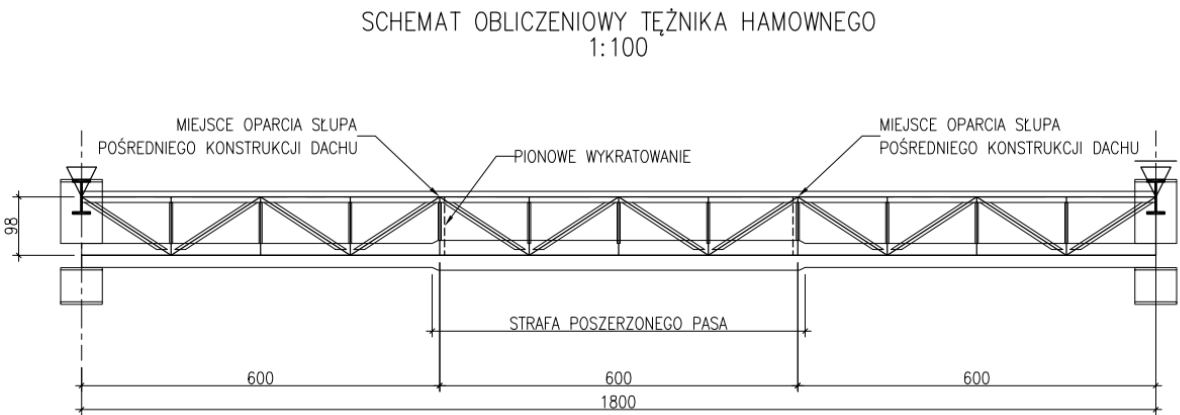
NAPĘŻENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
				[MPa]	
			Ro		

1	18,000	0,039*		7,953	CW A
	7,875	-0,014*		-2,813	CW G
	7,875		0,014*	2,813	CW G
	18,000		-0,039*	-7,953	CW A
2	0,000	0,039*		7,953	CW A
	18,000	-0,084*		-17,220	CW A
	18,000		0,084*	17,220	CW A
	0,000		-0,039*	-7,953	CW A
3	18,000	0,368*		75,521	CW A
	0,000	-0,084*		-17,220	CW A
	0,000		0,084*	17,220	CW A
	18,000		-0,368*	-75,521	CW A
4	18,000	0,401*		82,126	CW C
	7,940	-0,517*		-106,033	CW A
	7,940		0,517*	106,033	CW A
	18,000		-0,401*	-82,126	CW C
5	18,000	0,401*		82,173	CW I
	7,940	-0,517*		-106,038	CW G
	7,940		0,517*	106,038	CW G
	18,000		-0,401*	-82,173	CW I
6	18,000	0,420*		86,050	CW O
	7,940	-0,508*		-104,132	CW M
	7,940		0,508*	104,132	CW M
	18,000		-0,420*	-86,050	CW O
7	0,000	0,420*		86,050	CW O
	7,940	-0,501*		-102,608	CW T
	7,940		0,501*	102,608	CW T
	0,000		-0,420*	-86,050	CW O
8	0,000	0,414*		84,866	CW Y
	8,770	-0,242*		-49,670	CW Y
	8,770		0,242*	49,670	CW Y
	0,000		-0,414*	-84,866	CW Y

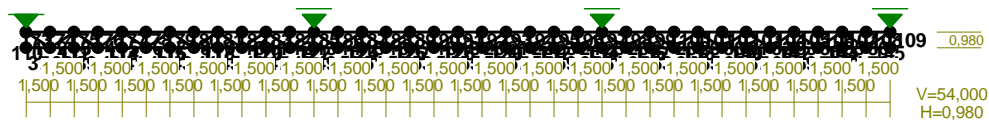
* = Wartości ekstremalne

Analiza sztywności tężnika hamownego

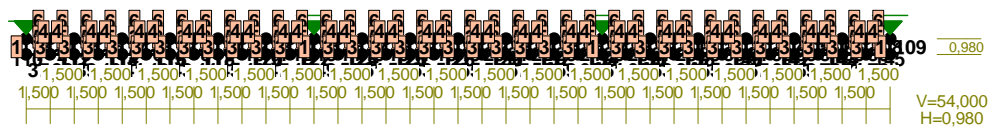


Rys.1. Schemat tężnika hamownego pomiędzy osiami słupów głównych.

PRETY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

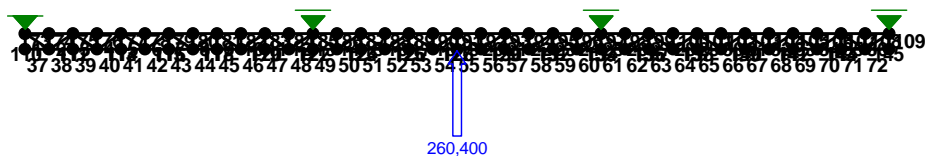
Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	96,0	28800	20	960	960	60,0	66 St3S (X,Y,V,W)
2	359,0	57220	3824	2289	2289	50,0	66 St3S (X,Y,V,W)
3	5,3	11	6	3	9	5,0	66 St3S (X,Y,V,W)
4	19,8	205	81	17	17	9,8	66 St3S (X,Y,V,W)

5	319,0	36887	3755	1844	1844	40,0	66	St3S (X,Y,V,W)
6	89,7	5210	1240	134	134	18,5	66	St3S (X,Y,V,W)

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
66 St3S (X,Y,V,	205	205,000	1,2E-5

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_f = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "Siła Hp (UD 212)"			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
54	Skupione	180,0	260,400		1,50	

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
A -"Siła Hp (UD 212)"	Zmienne	1 1,00	1,00

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:

T.I rzędu

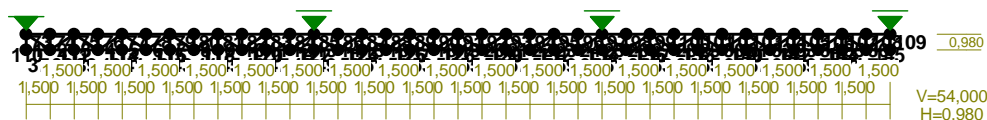
Obciążenia char.: A

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad]([deg]):
--------	--------	--------	---------------	-----------------

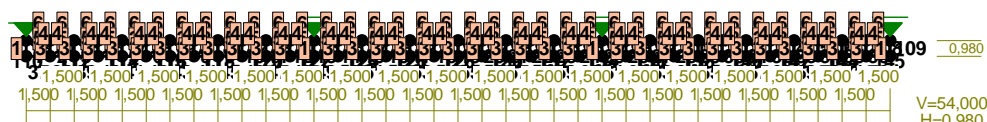
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00050 (-0,028)
2	-0,00002	-0,00094	0,00094	-0,00067 (-0,038)
3	-0,00005	-0,00190	0,00190	-0,00062 (-0,036)
4	-0,00011	-0,00280	0,00280	-0,00055 (-0,031)
5	-0,00017	-0,00353	0,00354	-0,00045 (-0,026)
6	-0,00028	-0,00414	0,00415	-0,00032 (-0,019)
7	-0,00038	-0,00450	0,00452	-0,00018 (-0,011)
8	-0,00053	-0,00469	0,00472	-0,00001 (-0,001)
9	-0,00068	-0,00454	0,00459	0,00017 (0,010)
10	-0,00087	-0,00414	0,00423	0,00043 (0,025)
11	-0,00107	-0,00324	0,00341	0,00070 (0,040)
12	-0,00130	-0,00198	0,00237	0,00110 (0,063)
13	-0,00153	0,00000	0,00153	0,00138 (0,079)
14	-0,00163	0,00350	0,00386	0,00284 (0,163)
15	-0,00173	0,00785	0,00804	0,00290 (0,166)
16	-0,00153	0,01214	0,01224	0,00269 (0,154)
17	-0,00133	0,01589	0,01595	0,00239 (0,137)
18	-0,00085	0,01905	0,01907	0,00139 (0,080)
19	-0,00037	0,01989	0,01990	0,00000 (0,000)
20	0,00010	0,01905	0,01905	-0,00140 (-0,080)
21	0,00058	0,01589	0,01590	-0,00239 (-0,137)
22	0,00078	0,01214	0,01216	-0,00269 (-0,154)
23	0,00098	0,00785	0,00791	-0,00290 (-0,166)
24	0,00088	0,00350	0,00361	-0,00284 (-0,163)
25	0,00078	0,00000	0,00078	-0,00138 (-0,079)
26	0,00055	-0,00198	0,00205	-0,00109 (-0,063)
27	0,00031	-0,00322	0,00323	-0,00069 (-0,039)
28	0,00012	-0,00410	0,00410	-0,00042 (-0,024)
29	-0,00007	-0,00449	0,00449	-0,00018 (-0,010)
30	-0,00022	-0,00466	0,00467	0,00000 (0,000)
31	-0,00037	-0,00448	0,00450	0,00018 (0,010)
32	-0,00047	-0,00413	0,00415	0,00032 (0,018)
33	-0,00058	-0,00352	0,00357	0,00045 (0,026)
34	-0,00064	-0,00279	0,00287	0,00055 (0,031)
35	-0,00071	-0,00189	0,00202	0,00062 (0,036)
36	-0,00073	-0,00093	0,00118	0,00067 (0,038)
37	-0,00075	0,00000	0,00075	0,00049 (0,028)
38	-0,00051	0,00000	0,00051	-0,00057 (-0,032)
39	-0,00050	-0,00094	0,00107	-0,00065 (-0,037)
40	-0,00049	-0,00191	0,00197	-0,00063 (-0,036)
41	-0,00048	-0,00280	0,00284	-0,00056 (-0,032)
42	-0,00046	-0,00356	0,00359	-0,00044 (-0,025)
43	-0,00043	-0,00415	0,00417	-0,00033 (-0,019)
44	-0,00040	-0,00453	0,00455	-0,00019 (-0,011)
45	-0,00037	-0,00470	0,00471	-0,00002 (-0,001)
46	-0,00033	-0,00458	0,00459	0,00016 (0,009)
47	-0,00028	-0,00415	0,00416	0,00042 (0,024)
48	-0,00021	-0,00330	0,00331	0,00070 (0,040)
49	-0,00015	-0,00200	0,00201	0,00106 (0,061)
50	-0,00009	0,00003	0,00009	0,00170 (0,098)
51	-0,00003	0,00353	0,00353	0,00274 (0,157)
52	-0,00004	0,00783	0,00783	0,00293 (0,168)
53	-0,00006	0,01215	0,01215	0,00278 (0,159)
54	-0,00015	0,01601	0,01601	0,00232 (0,133)
55	-0,00024	0,01909	0,01909	0,00171 (0,098)
56	-0,00037	0,02059	0,02059	0,00000 (0,000)
57	-0,00051	0,01909	0,01910	-0,00171 (-0,098)
58	-0,00059	0,01601	0,01602	-0,00232 (-0,133)
59	-0,00069	0,01215	0,01217	-0,00278 (-0,159)
60	-0,00071	0,00783	0,00786	-0,00293 (-0,168)
61	-0,00072	0,00352	0,00360	-0,00274 (-0,157)
62	-0,00066	0,00003	0,00066	-0,00170 (-0,097)
63	-0,00059	-0,00200	0,00208	-0,00106 (-0,061)

64	-0,00053	-0,00329	0,00333	-0,00069 (-0,040)
65	-0,00047	-0,00411	0,00413	-0,00038 (-0,022)
66	-0,00043	-0,00453	0,00455	-0,00019 (-0,011)
67	-0,00038	-0,00467	0,00468	0,00001 (0,000)
68	-0,00035	-0,00452	0,00453	0,00018 (0,011)
69	-0,00032	-0,00413	0,00414	0,00033 (0,019)
70	-0,00030	-0,00355	0,00356	0,00044 (0,025)
71	-0,00027	-0,00280	0,00281	0,00055 (0,032)
72	-0,00026	-0,00190	0,00192	0,00063 (0,036)
73	-0,00025	-0,00094	0,00097	0,00065 (0,037)
74	-0,00025	0,00000	0,00025	0,00056 (0,032)

PRETY:



PRZEKROJE PRETÓW:



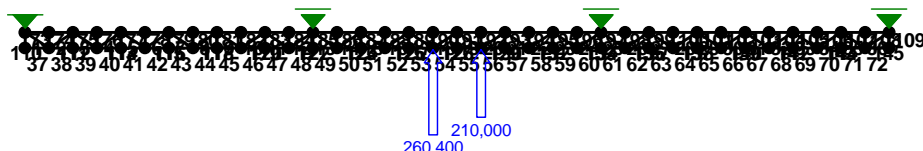
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Material:
1	96,0	28800	20	960	960	60,0	66 St3S (X,Y,V,W)
2	359,0	57220	3824	2289	2289	50,0	66 St3S (X,Y,V,W)
3	5,3	11	6	3	9	5,0	66 St3S (X,Y,V,W)
4	19,8	205	81	17	17	9,8	66 St3S (X,Y,V,W)
5	319,0	36887	3755	1844	1844	40,0	66 St3S (X,Y,V,W)
6	89,7	5210	1240	134	134	18,5	66 St3S (X,Y,V,W)

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
66 St3S (X,Y,V,	205	205,000	1,2E-5

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_f = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "Siła Hp (UD 212)"			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
54	Skupione	180,0	260,400		0,00	
Grupa:	B "Siła Hp (UD 281)"			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
55	Skupione	180,0	210,000		1,50	

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
A - "Siła Hp (UD 212)"	Zmienne	1 1,00	1,00
B - "Siła Hp (UD 281)"	Zmienne	1 1,00	1,00

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:

T.I rzędu

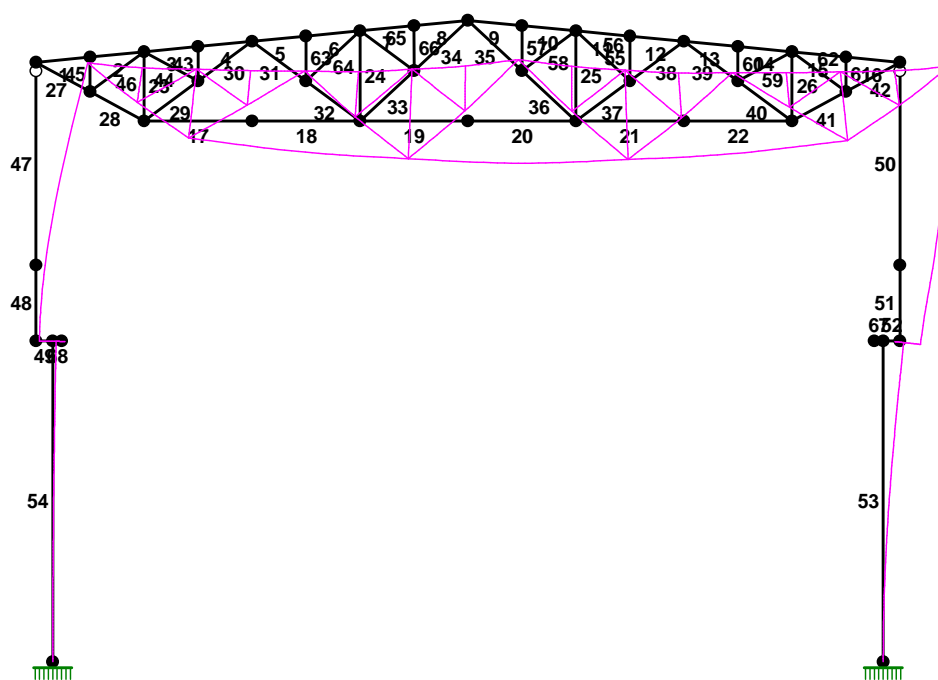
Obciążenia char.: AB

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad]([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00088 (-0,051)
2	-0,00004	-0,00166	0,00166	-0,00119 (-0,068)
3	-0,00008	-0,00338	0,00338	-0,00111 (-0,063)
4	-0,00019	-0,00498	0,00498	-0,00097 (-0,056)

5	-0,00031	-0,00628	0,00629	-0,00080 (-0,046)
6	-0,00050	-0,00736	0,00738	-0,00058 (-0,033)
7	-0,00068	-0,00800	0,00803	-0,00033 (-0,019)
8	-0,00094	-0,00834	0,00839	-0,00003 (-0,001)
9	-0,00121	-0,00807	0,00816	0,00031 (0,018)
10	-0,00155	-0,00737	0,00753	0,00077 (0,044)
11	-0,00190	-0,00576	0,00607	0,00125 (0,071)
12	-0,00231	-0,00353	0,00422	0,00196 (0,112)
13	-0,00272	0,00000	0,00272	0,00245 (0,140)
14	-0,00288	0,00629	0,00692	0,00511 (0,293)
15	-0,00305	0,01411	0,01443	0,00522 (0,299)
16	-0,00266	0,02179	0,02195	0,00472 (0,270)
17	-0,00228	0,02817	0,02826	0,00395 (0,226)
18	-0,00145	0,03312	0,03315	0,00190 (0,109)
19	-0,00062	0,03387	0,03388	-0,00019 (-0,011)
20	0,00018	0,03264	0,03264	-0,00210 (-0,120)
21	0,00098	0,02759	0,02761	-0,00394 (-0,226)
22	0,00133	0,02126	0,02130	-0,00464 (-0,266)
23	0,00169	0,01375	0,01385	-0,00509 (-0,292)
24	0,00152	0,00613	0,00632	-0,00498 (-0,285)
25	0,00136	0,00000	0,00136	-0,00241 (-0,138)
26	0,00095	-0,00346	0,00358	-0,00191 (-0,109)
27	0,00054	-0,00562	0,00564	-0,00120 (-0,069)
28	0,00021	-0,00715	0,00716	-0,00073 (-0,042)
29	-0,00013	-0,00784	0,00784	-0,00032 (-0,018)
30	-0,00039	-0,00813	0,00814	0,00001 (0,000)
31	-0,00064	-0,00782	0,00785	0,00031 (0,018)
32	-0,00083	-0,00720	0,00725	0,00056 (0,032)
33	-0,00101	-0,00615	0,00623	0,00078 (0,045)
34	-0,00113	-0,00487	0,00500	0,00095 (0,055)
35	-0,00124	-0,00331	0,00353	0,00108 (0,062)
36	-0,00128	-0,00163	0,00207	0,00116 (0,067)
37	-0,00132	0,00000	0,00132	0,00086 (0,049)
38	-0,00090	-0,00001	0,00090	-0,00101 (-0,058)
39	-0,00090	-0,00167	0,00190	-0,00116 (-0,067)
40	-0,00087	-0,00339	0,00350	-0,00112 (-0,064)
41	-0,00085	-0,00498	0,00506	-0,00099 (-0,057)
42	-0,00081	-0,00632	0,00637	-0,00079 (-0,045)
43	-0,00077	-0,00737	0,00741	-0,00059 (-0,034)
44	-0,00071	-0,00806	0,00809	-0,00033 (-0,019)
45	-0,00066	-0,00835	0,00837	-0,00003 (-0,002)
46	-0,00058	-0,00815	0,00817	0,00028 (0,016)
47	-0,00049	-0,00739	0,00740	0,00075 (0,043)
48	-0,00038	-0,00588	0,00589	0,00125 (0,072)
49	-0,00027	-0,00357	0,00358	0,00189 (0,108)
50	-0,00015	0,00005	0,00016	0,00304 (0,174)
51	-0,00005	0,00634	0,00634	0,00493 (0,282)
52	-0,00008	0,01407	0,01407	0,00527 (0,302)
53	-0,00011	0,02182	0,02182	0,00497 (0,285)
54	-0,00029	0,02859	0,02859	0,00387 (0,222)
55	-0,00045	0,03321	0,03321	0,00203 (0,116)
56	-0,00067	0,03449	0,03449	-0,00019 (-0,011)
57	-0,00089	0,03272	0,03273	-0,00225 (-0,129)
58	-0,00104	0,02795	0,02797	-0,00387 (-0,222)
59	-0,00121	0,02128	0,02132	-0,00487 (-0,279)
60	-0,00123	0,01371	0,01377	-0,00514 (-0,294)
61	-0,00126	0,00617	0,00630	-0,00480 (-0,275)
62	-0,00116	0,00005	0,00116	-0,00297 (-0,170)
63	-0,00104	-0,00349	0,00364	-0,00185 (-0,106)
64	-0,00094	-0,00575	0,00582	-0,00121 (-0,069)
65	-0,00083	-0,00717	0,00722	-0,00067 (-0,038)
66	-0,00075	-0,00790	0,00794	-0,00032 (-0,019)
67	-0,00068	-0,00814	0,00817	0,00001 (0,001)

68	-0,00062	-0,00788	0,00790	0,00032 (0,018)
69	-0,00056	-0,00721	0,00723	0,00057 (0,033)
70	-0,00053	-0,00619	0,00621	0,00077 (0,044)
71	-0,00048	-0,00488	0,00490	0,00097 (0,055)
72	-0,00046	-0,00332	0,00335	0,00109 (0,063)
73	-0,00044	-0,00164	0,00170	0,00114 (0,065)
74	-0,00044	-0,00001	0,00044	0,00098 (0,056)

Analiza sztywności ramy głównej w zakresie dopuszczalnych przemieszczeń poziomych



12. OMÓWIENIE OTRZYMANYCH WYNIKÓW

Przeprowadzono analizę styczną belki podsuwnicowej w zakresie oddziaływań pionowych z uwzględnieniem współczynnika dynamicznego według zasad praktyki inżynierskiej w ujęciu normy PN-86/B-02005. Zasady przyjmowania oddziaływań według normy PN-86/B-02005 co do idei są zbliżone do warunków narodowych, jakie obowiązywały w okresie wznoszenia konstrukcji nawy 10 hali B1.

Wyznaczenie sił wewnętrznych w belce podsuwnicowej od obciążeń pionowych przeprowadzono metodą wyznaczenia linii wpływów podczas przejazdu suwnic UD 212 i UD 281 w interwale co 3m w opcji pełnego zbliżenia (praca w tandemie) oraz dla kombinacji ustawiania suwnic w najbardziej niekorzystnych miejscach na belce podsuwnicowej. Otrzymane wyniki zestawiono i porównano z wynikami obliczeń zawartymi w projekcie wzmocnienia żeber (i połączeń doczołowych) belek podsuwnicowych dla celu zainstalowania dodatkowej suwnicy Q=100t [5]. Projekt ten [5] jak wynika z analizy dokumentacji archiwalnej, był podstawą dopuszczenia do zamontowania suwnicy UD 281 i dopuszczenia do pracy w pełnym zbliżeniu z istniejącymi suwnicami. Otrzymane wartości sił wewnętrznych mieszczą się w przedziale sił według [5] które pokazano w załączniku Nr5.

W związku ze stwierdzonym uszkodzeniem pasa górnego belki przeprowadzono analizę poziomu naprężenia

od rozciągania w miejscu uszkodzenia belki podsuwnicowej. W związku z faktem, że belka została wzmocniona w strefie przęsłowej nakładką stalową o wymiarach 40x360, do analizy poziomych naprężeń przyjęto założenie współpracy nakładki z pasem górnym belki.

W celu oceny sztywności podtorza w płaszczyźnie poziomej przeprowadzono analizę sztywności tężnika hamownego, przyjmując model płaskiej kratownicy obciążonej siłami prostopadłymi do toru. Analizę przeprowadzono dla założenia pracy tylko suwnicy UD 212 oraz dla pracy suwnicy UD 212 łącznie z UD 281.

W ujęciu normy PN-86/B-02005 w suwaniach pomostowych natorowych siły poziome prostopadłe do toru przyjmuje się jako działające na jedną belkę toru poprzez rolki prowadzące jednego naroża suwnicy. W przypadku, jeśli na torze znajduje się więcej niż jedna suwnica, norma dopuszcza, aby dla pozostałych suwnic wartości te zmniejszyć o połowę (lecz nie więcej niż do $0,1 P_{max}$). W przypadku kiedy dwie dźwignice jednakowej lub różnej budowy mają według założeń technologicznych być stosowane do wspólnego transportu ładunku (praca w tandemie) przy obciążeniu, należy je traktować jako jedną dźwignicę o zwiększonej liczbie kół. Takie założenie prowadzi do zwiększenia siły poziomej, którą w obliczeniach przyłożono do stykających się narożników suwnic. Analiza modelu tężnika hamownego jako kratownicy jednoprzęsłowej wskazuje na brak wystarczającej sztywności w płaszczyźnie poziomej nawet dla jednej suwnicy UD 212. Ponieważ belki podsuwnicowe są ciągłe na podporach, a tężniki hamowne są łączone ze słupem w sposób doczołowy, analizę przeprowadzono dla założenia ciągłej pracy tężnika hamownego jako belki trzyprzęsłowej. Przy takim założeniu o ile otrzymane wartości ugięć poziomych dla jednej suwnicy można jeszcze uznać za mieszczące się w granicach normy, o tyle przy założeniu pracy w tandemie otrzymano wartości wyższe od dopuszczalnych.

13. PRZYCZYNY POWSTANIA USZKODZEŃ I NIEPRAWIDŁOWOŚCI

Stwierdzone uszkodzenia pasów górnych belek podsuwnicowych widoczne na fotografiach nr 14,15,20 i 21 powstały na skutek wycięcia fragmentów konstrukcji podtorza palnikami. Ja ustalono w wywiadzie, zostały one wykonane w trakcie prac związanych z wymawianą rolek w suwnicach w celu umożliwienia zdemontowania tych elementów dźwignicy.

Zużycie szyn jest naturalnym zjawiskiem związanym z eksploatacją torowiska. Szybsze zużywanie szyn niż wynika to z założonego okresu ich eksploatacji, może wynikać z różnych przyczyn. Przyczyny te mogą leżeć zarówno po stronie konstrukcji podtorza, jak i po stronie samych suwnic. W zakresie pracy konstrukcji nadmierne przemieszczania krawędzi górnych belek podsuwnicowych mogą być przyczyną nieprostoliniowości torów, co prowadzi do nadmiernego zużywania się szyn i kół suwnic, jak również w efekcie odkształceń konstrukcji podtorza. Nieprawidłowości w pracy samych suwnic takie jak np. skoszenie mostu suwnicy lub nieprawidłowe ustawienie kół również w sposób istotny może wpływać na szybsze zużywanie się szyn oraz powodować odkształcenia geometrii torowiska.

Stwierdzona obecnie w operacie technicznym [11] z sierpnia 2022 roku nieprawidłowa geometria torowiska w nawie 10 na hali B1 również ma złożone przyczyny. Należy podkreślić, że stopień zużycia szyn utrudnił geodecie ocenę osi szyn, co powoduje, że sam operat w zakresie wyznaczenia prostoliniowości może być obarczony błędem. Istnieje widoczna prawidłowość pomiędzy zużyciem szyny na szerokości jej główki a wykresem odchyłki poziomej szyny od osi według operatu technicznego [11].

Z analizy archiwalnych operatów geodezyjnych wynika, że kwestia problemów w zakresie prostoliniowości torów w nawie X w hali B1 pojawiała się już wcześniej. Należy zwrócić uwagę, że w okresie od zaprojektowania i wybudowania obiektu do chwili obecnej zaszły istotne zamiany w sposobie użytkowania konstrukcji podtorza. Z informacji archiwalnych wynika, że po pierwsze w roku 2001 zwiększono dopuszczalne udźwigi suwnic UD 212 i UD 213 (przez modyfikację konstrukcji suwnicy w taki sposób aby maksymalny pionowy nacisk koła pozostał bez zmian) oraz w roku 2009 wymieniono trzecią suwnicę o stosunkowo małym udźwigu na suwnicę UD 281 o udźwigu 100t/5t. Po wzmocnieniu konstrukcji belek podsuwnicowych w zakresie żeber podporowych oraz przebudowaniu i wzmocnieniu skręcanych połączeń doczołowych, dopuszczono do pracy suwnic w pełnym zbliżeniu, oraz do pracy w tandemie (wspólny transport ładunku). Wszystkie wprowadzane zmiany jak wynika z dokumentacji, uzyskały stosowne dopuszczenia i były poprzedzone stosownymi analizami w zakresie konstrukcji podtorza. Nie zmienia to faktu, że wyłączenie pacy samego podtorza (szczególnie w zakresie sił poziomych) uległo zwiększeniu w stosunku do założeń przyjętych na etapie pierwotnego projektu co w połączeniu ze stosunkowo małą sztywnością podtorza w kierunku poziomym, może wpływać na jego odkształcenie. Zwiększanie poziomych sił prostopadłych do torów (min przez prace suwnic w tandemie) powoduje również krótkotrwały wzrost naprężenia pod fundamentami, co biorąc pod uwagę cykliczność pracy suwnic, może doprowadzić do odkształcenia całej konstrukcji hali.

14. WNIOSKI

1. Stan techniczny szyn w nawie 10 hali B1 oceniono jako zły i w aspekcie stopnia ich zużycia, wyników pomiaru geometrii torowiska oraz aktualnego sztywnego sposobu mocowania szyn do podtorza zakwalifikowano je do wymiany.
2. Biorąc pod uwagę całokształt problematyki pracy podtorza oraz torowiska w nawie 10 hali B1 wskazana jest modernizacja torowiska i zastosowanie nowoczesnych elastycznych systemów mocowania szyn, które posiadają następujące zalety:
 - Konstrukcyjne: bezstopniowa regulacja ułożenia szyny, samo blokowanie klem i nakrętek mocujących, auto-kompensacja nierówności na styku szyna podłoże, możliwość wykorzystania do każdego typu szyny i podłoża, mała wysokość konstrukcyjna umożliwia zastosowanie rolek bocznych, w przypadku pęknięcia szyny system eliminuje możliwość jej przemieszczenia, redukcja naprężeń w układzie koło - szyna poprzez korzystniejszy ich rozkład, zwiększona odporność na obciążenia zmęczeniowe, podwyższona wytrzymałość klem na działanie sił poprzecznych w stosunku do mocowań standardowych,
 - Eksploatacyjne: eliminacja procesu zużycia podłoża, możliwość spawania szyn w linię ciągłą, odporność na działanie czynników środowiskowych, znaczne zmniejszenie drgań, wibracji i hałasu, eliminacja korozji na styku szyna podłoże w wyniku efektu kapilary, zmniejszona częstotliwość konserwacji toru, zmniejszone zużycie szyny i układu jezdnego suwnicy.
3. Stan techniczny podtorza w ocenie makroskopowej oceniono jako zadowalający. Biorąc jednak pod uwagę wyniki aktualnych pomiarów geometrii torowiska, nie da się wykluczyć również odkształcenia geometrii samej konstrukcji podtorza.
4. Pomiary geometrii torowiska wykonane w sierpniu 2022 na zlecenie firmy Dozamel były opisane uwagą, że pomiar osi szyn był utrudniony ze względu na zróżnicowane zużycie szerokości szyn na różnych odcinkach, co utrudniało geodecie ocenę osi szyn. Odchyłki geometrii szyn w zakresie ich prostoliniowości pokrywają się z wykresem pomierzonego w grudniu 2022 stopnia zużycia szyn (załącznik nr2). Nie da się jednak wykluczyć niedokładności wykonanego pomiaru kontrolnego geometrii torowiska w związku ze stopniem zużycia istniejących szyn.
5. Jak wykazano na podstawie analiz dokumentacji archiwalnej, wytężenie pracy samego podtorza (szczególnie w zakresie sił poziomych) uległo zwiększeniu w stosunku do założeń przyjętych na etapie projektowania i budowy obiektu w latach 50-tych co w połączeniu ze stosunkowo małą sztywnością podtorza w kierunku poziomym może wpływać na jego odkształcenie. Przemieszczania krawędzi górnych belek mogą być przyczyną nie prostoliniowości torów, a więc nadmiernego zużywania się szyn i kół suwnic. W obecnie projektowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych dla podtorzy przy obciążeniach tej klasy udźwigu suwnic jakie są w nawie 10 hali B1, zazwyczaj stosuje się rozwiązania konstrukcyjne, umożliwiające płyną rektyfikację położenia belki podsuwnicowej. W przypadku konstrukcji nawy 10 hali B1 rektyfikacja podtorza jest praktycznie niemożliwa bez wyłączenia hali z użytkowania i remontu całej konstrukcji nośnej. W przypadku belek podsuwnicowych z tężnikiem hamowny mocowanym przez spawanie do belki podsuwnicowej, regulacja właściwego ustawienia belki może być wykonana tylko równocześnie dla belki podsuwnicowej i belki hamownej. W przypadku nawy 10 hali B1 belka hamowana jest konstrukcyjnie połączona z konstrukcją nośną dachu, zewnętrzna kratownica systemu konstrukcyjnego tężnika hamownego jest jednocześnie podciągami dla słupów pośrednich konstrukcji dachu. Rozkręcenie tego systemu w celu ewentualnej rektyfikacji wymagałoby podstemplowania konstrukcji dachu hali i nie jest możliwe w przypadku użytkowania hali.
6. Uszkodzenia górnych pasów belek podsuwnicowych na skutek wycięcia ich fragmentów jak wykazały obliczania (po uwzględnieniu współpracy naspawanej na pas górny nakładki stalowej o wymiarach 40x360mm), nie prowadzą do przekroczenia dopuszczalnych naprężeń w przekroju. Uszkodzenia znajdują się jednak w strefach naprężeń rozciąganych co jest problematyczne z uwagi na kwestie wytrzymałości zmęczeniowej z uwagi na możliwość powstanie karbu. Naprawa pasów poprzez wspawanie brakujących elementów zasadniczo nie jest możliwa, z uwagi na wprowadzenie

do przekrój znacznych naprężeń spawalniczych co w efekcie pogorszy istniejącą sytuację. Najbardziej racjonalny rozwiązaniem wydaje się, objęcie tych miejsc szczególnym dozorem poprzez monitoring stanu technicznego.

15. ZALECENIA

1. Należy wymienić istniejące szyny SP 120 na nowe o tych samych parametrach geometrycznych jednocześnie modernizując torowisko w zakresie sposobu mocowania szyn do podtorza poprzez zastosowanie nowoczesnego elastycznego systemu mocowania szyn z możliwością regulacji w poziomie.
2. Po wykonaniu wymiany szyn należy wykonać powykonawczy operat geodezyjny oraz wdrożyć na hali precyzyjny monitoring geodezyjny konstrukcji w zakresie obserwacji przemieszczeń głowic słupów głównych w poziomie oparcia belek podsuwnicowych, obserwacji pionowości słupów oraz obserwacji przemieszczeń poziomych i pionowych belek podsuwnicowych na wysokości pasa górnego blachownic. Monitoring konstrukcji należy prowadzić przez okres minimum trzech lat od zakończenia remontu torowiska z interwałem odczytów minimum raz na kwartał.
3. Po okresie od trzech do maksymalnie pięciu lat od przeprowadzenia robót związanych z wymianą szyn i modernizacją torowiska należy powtórzyć wykonanie ekspertyzy konstrukcji podtorza z wykorzystaniem danych z monitoringu konstrukcji.
4. Uszkodzenia pasów górnych belek podsuwnicowych należy objąć szczególnym dozorem technicznym wdrażając na obiekcie plan regularnych kontroli technicznych.
5. Należy przeprowadzić szczegółowy serwis diagnostyczny suwnic pracujących w nawie 10 hali B1 (w szczególności UD 212 i UD 213) kontrolując min. poprawność geometrii mostów oraz zbieżności kół.