



## Ocena stanu technicznego i wzmocnienie masztu oświetleniowego o wysokości 30 metrów

Maksym Grzywiński<sup>1</sup>

### STRESZCZENIE:

W artykule przedstawiono sposób wzmocnienia masztu oświetleniowego na terenie stacji Dąbrowa Górnicza Towarowa. Dokonano analizy stanu technicznego obiektu, opisu przedstawionych badań i obliczeń sprawdzających wg normy PN-90/B-03200 oraz zakresu wykonanych robót związanych ze wzmocnieniem masztu. Obliczenia wykonano w programie Robot Millennium 17.5. Sformułowano wnioski dotyczące metod monitorowania stanu technicznego masztu oświetleniowego oraz zaleceń dotyczących remontu.

### SŁOWA KLUCZOWE:

maszt oświetleniowy; ocena stanu technicznego; wzmocnienie

## 1. Wprowadzenie

Przedmiotem opracowania jest stalowy maszt oświetleniowy na terenie stacji Dąbrowa Górnicza Towarowa w rejonie DTB13/DTC. Celem projektu jest znalezienie metody wzmocnienia konstrukcji masztu oświetleniowego i doprowadzenie go do właściwego stanu technicznego. Konstrukcja masztu ma zapewnić jego bezpieczną eksploatację po zamontowaniu nowej konstrukcji naświetlaczy zewnętrznych, montowanych na platformie w poziomie 30 m oraz dla innych obciążeń technologicznych związanych z zamontowaniem stałych urządzeń mocowanych do konstrukcji masztu. W literaturze można znaleźć przykłady awarii masztów kratowych wraz ze sposobem analizy przyczyny i sposobu naprawy [1–5].

## 2. Opis masztu oświetleniowego

Przedmiotowy obiekt jest typowym ustrojem przestrzennym o konstrukcji kratowej czterościennej z kątowników stalowych rozszerzającym się w dolnej części. Wieża jest konstrukcją utwierdzoną w fundamencie i pracującą jako wspornik obciążony poziomym działaniem wiatru i siłami skupionymi pochodzącymi od obciążenia antresoli projektorami oświetleniowymi.

Wysokość masztu oświetleniowego wynosi około 30 m, szerokość u podstawy 2,2 m. Na szczycie masztu zamontowano antresolę – platformę o wymiarach 2,50x2,50 m. Na platformie znajdują się będą projektory oświetleniowe: 4 szt. 600 W oraz 4 szt. 400 W pokazane na rysunku 1.

Konstrukcja wieży jest zbieżna ku górze, przy czym zarys tej zbieżności jest liniowy, układ krat w ścianach bocznych jest postaci X bez rozpórek poziomych. Wraz ze wznoszeniem się ku górze wielkość przedziałów kratownicy ulega zmianie, a trzon wieży składa się z czterech segmentów. W poszczególnych segmentach trzonu pręty podłużne zmieniają się odpowiednio: w dolnym (do poziomu +11,65 m) 130x130x12 mm, w środkowym 100x100x12 mm i górnym

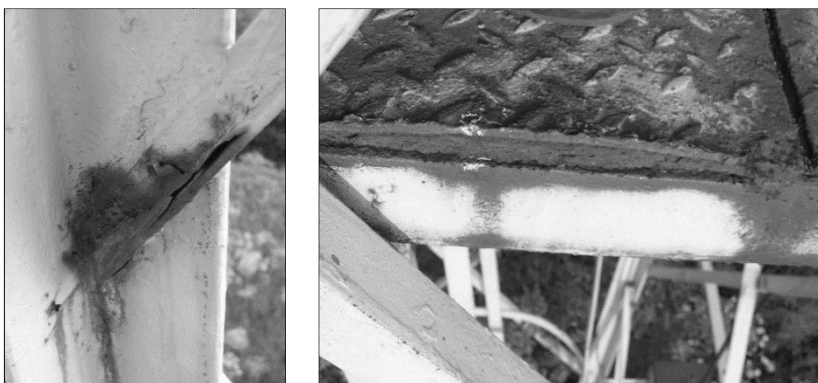
<sup>1</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: mgrzywin@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0003-4345-3897

75x75x12 mm. Krzyżulce są wykonane z kątowników 50x50x5 mm – do poziomu +11,65 m oraz z kątowników 30x30x5 mm w segmentach wyższych.



Rys. 1. Widok ogólny masztu oświetleniowego (z lewej), projektory oświetleniowe 600 W (z prawej)

Przed opracowaniem projektu wzmocnienia masztu dokonano ponownych oględzin technicznych jego konstrukcji oraz wykonano szczegółową inwentaryzację poszczególnych segmentów. Podczas oględzin wykonano również dokumentację fotograficzną. Wykonano ponad 70 zdjęć. Na rysunku 2 pokazano przykładowe uszkodzenia.



Rys. 2. Przykładowe uszkodzenia masztu

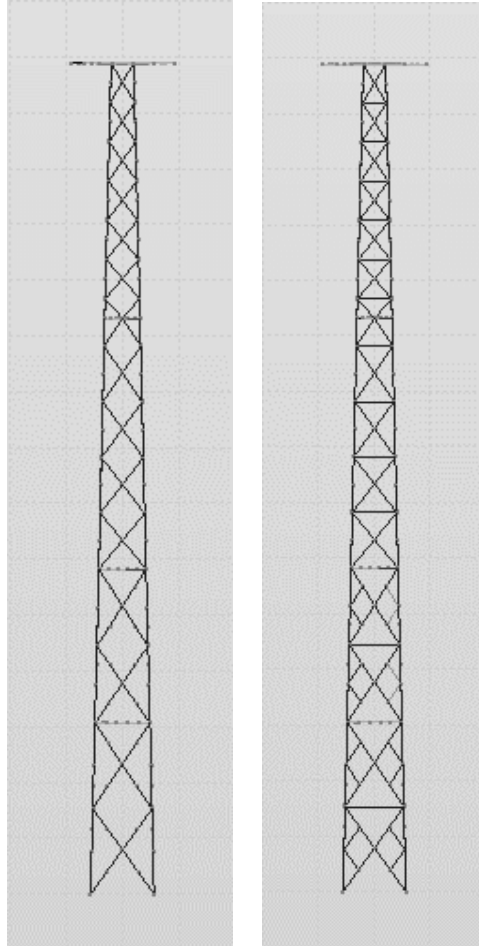
Na podstawie wykonanych pomiarów inwentaryzacyjnych sporządzono rysunki S01–S04 w opracowaniu [6] przedstawiające model obliczeniowy masztu oświetleniowego (z rzeczywistymi – pomierzonymi rzędnymi punktów węzłowych).

### 3. Metoda wzmocnienia masztu oświetleniowego

Ze względu na to, że istniejący ustrój kratowy bez pierścieni poziomych praktycznie można uznać za geometrycznie zmienny, założono wzmocnienie masztu przez zastosowanie dodatkowych elementów poziomych pomiędzy skratowaniami typu X. Ponieważ analiza wytyżeniowa wykazała również przekroczenie długości wyboczeniowej w krzyżulcach w segmentach dolnych, zaprojektowano dodatkowe elementy skratowania zmniejszające długość wyboczeniową krzyżulców pokazane na rysunku 3.

Remont konstrukcji wieży powinien również obejmować kompleksowe oczyszczenie elementów konstrukcji z rdzy i innych zanieczyszczeń oraz odtworzenie właściwych powłok anty-

korozyjnych. Wszystkie istniejące połączenia spawane i śrubowe powinny zostać sprawdzone i naprawione.



**Rys. 3.** Widok wieży z przodu bez wzmocnienia (z lewej) i ze wzmocnieniem (z prawej)

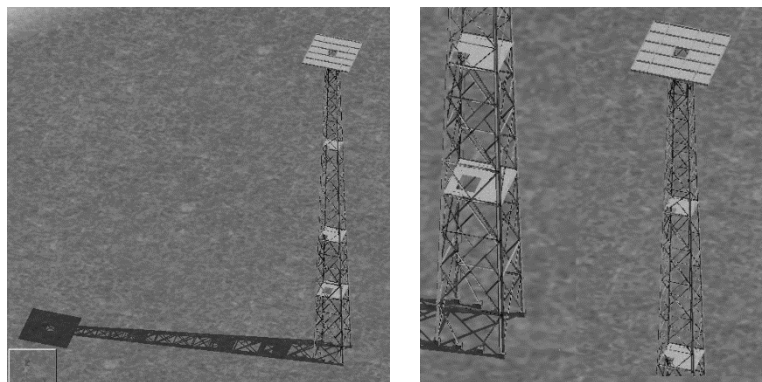
Nowy model obliczeniowego masztu przedstawiono na rysunkach S04–S05 w opracowaniu [6]. Dla powyższego modelu wykonano obliczenia statyczno-wytrzymałościowe przy wykorzystaniu programu komputerowego Robot Millenium v.17.5 w module powłoka. Pręty podłużne przyjęto jako belkowe, natomiast pozostałe pręty jako kratowe.

Głównym celem jest zbadanie, jakie jest wyłączenie prętów w maszcie oświetleniowym po dodatkowym wzmocnieniu konstrukcji.

Opis struktury:

- liczba węzłów: 460 (numeracja nieciągła)
- liczba prętów: 376 (numeracja nieciągła)
- elementy skończone prętowe: 680
- elementy skończone powierzchniowe: 217
- liczba statyczna stopni swobody: 2712

Widok konstrukcji pokazano na rysunku 4 z podziałem na dwie sekcje: do 11,65 m i do 29,77 m. Przyjęte dane do obliczeń zestawiono w tabelach 1–3.



Rys. 4. Widok aksonometryczny całości (z lewej) i z podziałem na dwie sekcje (z prawej)

Tabela 1

Dane materiałowe

Materiał	E (MPa)	G (MPa)	NI	LX (1/°C)	CW (kN/m <sup>3</sup> )	Re (MPa)
STAL	205000	80800	0,30	0,000012	77,01	215

Tabela 2

Przyjęte profile

	Nazwa przekroju ▲	Lista prętów	AX (cm <sup>2</sup> )	AY (cm <sup>2</sup> )	AZ (cm <sup>2</sup> )	IX (cm <sup>4</sup> )	IY (cm <sup>4</sup> )	IZ (cm <sup>4</sup> )
	C 120	167do170 336 33	17,000	9,900	8,400	4,300	364,000	43,200
	LR 30x30x5	80 94do166 171d	2,780	1,500	1,500	0,230	2,160	2,160
	LR 50x50x5	5do7 28do79 81	4,800	2,500	2,500	0,400	11,000	11,000
	LR 75x75x12	11do14 21do24 8	16,600	9,000	9,000	8,000	82,400	82,400
	LR 100x100x12	3001do3004	22,700	12,000	12,000	11,000	207,000	207,000
	LR 130x130x12	1001do1004 200	29,900	15,600	15,600	14,500	470,000	470,000

Tabela 3

Przypadki obciążeń

Przypadek	Typ obciążenia	Lista										
1.cieżar własny	ciążar własny	5do7 11do14	Cała konstruk	Z	Wsp=1,00	MEMO :						
4.technologiczne	(ES) jednorodne	612 1165 206	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-2,00	globalny	nierzutowane	absolutne	Ograniczenia	MEMO :		
2.szafa poziom 6.12	(ES) jednorodne	612	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-0,36	globalny	nierzutowane	absolutne	Ograniczenia	MEMO :		
3.lampy poziom 29.77	(ES) liniowe 2p (3D)		PX1=0,0	PY1=0,0	PZ1=-0,35	MX1=0,0	MY1=0,0	MZ1=0,0	PX2=0,0	PY2=0,0	PZ2=-0,35	
5.wiatr prostopady	śła węzłowa	9do14	FX=0,08	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=0,0	BE=0,0	GA=0,0	
5.wiatr prostopady	śła węzłowa	29do34 1001	FX=0,08	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=0,0	BE=0,0	GA=0,0	
5.wiatr prostopady	śła węzłowa	51do66 2001	FX=0,09	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=0,0	BE=0,0	GA=0,0	
5.wiatr prostopady	śła węzłowa	47do50 101d	FX=0,11	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=0,0	BE=0,0	GA=0,0	
6.wiatr z ukosa	śła węzłowa	47do50 101d	FX=0,13	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=-45,0	BE=0,0	GA=0,0	
6.wiatr z ukosa	śła węzłowa	51do74 2001	FX=0,12	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=-45,0	BE=0,0	GA=0,0	
6.wiatr z ukosa	śła węzłowa	29do37 1001	FX=0,10	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=-45,0	BE=0,0	GA=0,0	
6.wiatr z ukosa	śła węzłowa	9do17	FX=0,10	FY=0,0	FZ=0,0	CX=0,0	CY=0,0	CZ=0,0	AL=-45,0	BE=0,0	GA=0,0	

#### 4. Wyniki

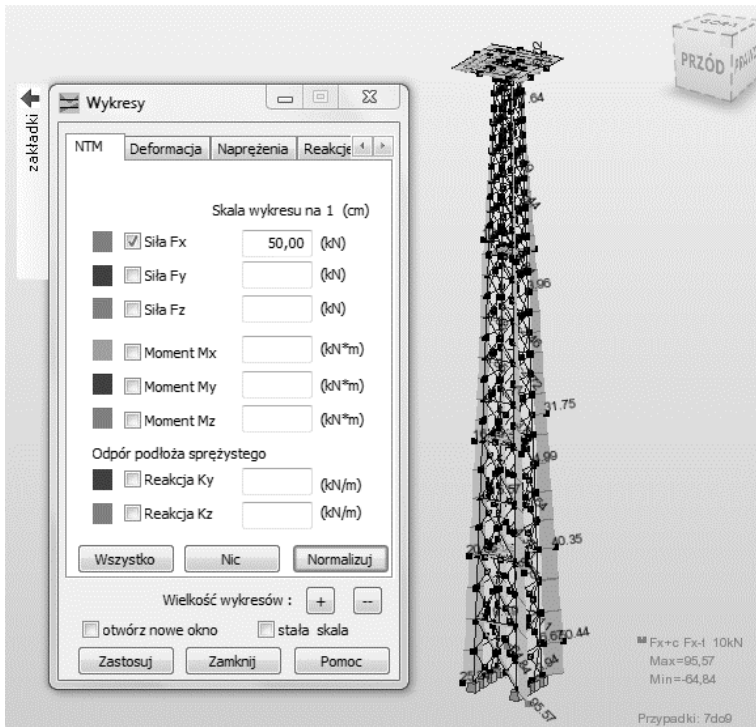
Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dowiodły, że dla najbardziej niekorzystnych kombinacji schematów obciążenia mogą powstać naprężenia sięgające 59% w elementach belkowych i 38% w elementach kratowych ich nośności. Stan taki można określić jako bardzo poprawny. Wzmocnienie dodatkowymi prętami konstrukcji nie wpłynęło znacząco na zmniejszenie naprężeń, lecz dodatkowo usztywniło konstrukcję oraz zwiększyło stopień statycznej niewyznaczalności, również zwiększając bezpieczeństwo konstrukcji – w przypadku wyłączenia jakiegokolwiek pręta z pracy konstrukcji. Wybrane rezultaty obliczeń komputerowych przedstawiono w tabelach 4 i 5 oraz na rysunkach 5 i 6.

**Tabela 4**  
Przemieszczenia wartości maksymalne

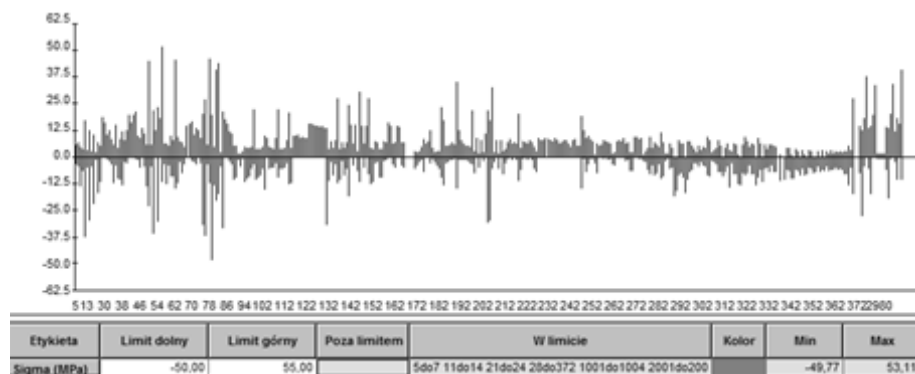
	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
<b>MAX</b>	2,4	0,1	9,3	0,070	0,052	0,001
<b>Wezeł</b>	371	357	4006	420	344	145
<b>Przypadek</b>	SGN/10	SGN/1	SGN/3	SGN/3	SGN/3	SGN/1
<b>MIN</b>	-0,1	-2,4	-16,4	-0,054	-0,069	-0,001
<b>Wezeł</b>	4007	4005	4005	342	431	158
<b>Przypadek</b>	4	SGN/10	SGN/1	SGN/2	SGN/1	SGN/2

**Tabela 5**  
Wybrane wartości wyjężeń w prętach

Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyjęż	Przypadek
167 Belka_167	C 120	STAL	79.53	230.85	0.59	7 SGN /3/
168 Belka_168	C 120	STAL	79.53	230.85	0.55	7 SGN /1/
170 Belka_170	C 120	STAL	79.53	230.85	0.52	7 SGN /1/
169 Belka_169	C 120	STAL	79.53	230.85	0.50	7 SGN /2/
56 Pręt_56	LR 50x50x5	STAL	121.40	121.40	0.38	7 SGN /3/
141 Pręt_141	LR 30x30x5	STAL	146.30	146.30	0.36	7 SGN /10/
76 Pręt_76	LR 50x50x5	STAL	110.65	110.65	0.32	7 SGN /3/
336 Belka_336	C 120	STAL	79.53	230.85	0.31	7 SGN /1/
372 Belka_372	C 120	STAL	79.53	230.85	0.30	7 SGN /3/
78 Pręt_78	LR 50x50x5	STAL	108.10	108.10	0.30	7 SGN /3/



**Rys. 5.** Obwiednia sił normalnych



Rys. 6. Globalny wykres naprężenia w prętach

## 5. Wnioski

Przy wykonywaniu poszczególnych elementów robót należy przestrzegać zasad sztuki budowlanej, warunków BHP oraz warunków wykonania i odbioru poszczególnych elementów robót, zgodnie z obowiązującymi przepisami „Prawa budowlanego” oraz normami. Wszelkie zmiany i odstępstwa od zatwierdzonej dokumentacji budowlanej mogą być tylko wprowadzone po ich uzgodnieniu z autorami projektu i kierownikiem robót. Do realizacji budynku należy używać materiałów budowlanych posiadających niezbędne atesty. Wykonawca powinien posiadać odpowiednie kwalifikacje zawodowe. Po wykonaniu remontu masztu i wzmocnienia jego konstrukcji należy co 2 lata dokonywać przeglądu jego sprawności technicznej, a zwłaszcza sprawdzania stanu połączeń spawanych i śrubowych.

## Literatura

- [1] Buczkowski W., O awarii kratowej wieży stalowej, [w:] Trwałe rozwiązania naprawcze w obiektach budowlanych, red. W. Buczkowski, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2010, 128–143.
- [2] Szumigała M., Polus Ł., Obliczenia masztu za pomocą modelu 2D i 3D – porównanie, [w:] Trwałość budynków i budowli, red. T. Błaszczynski, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2012, 223–244.
- [3] Kowolik B., Zamorowski J., Nośność stalowych elementów ściskanych i zginanych, pojedynczych i złożonych z uwzględnieniem imperfekcji według norm PN-EN 1993-1-1 i PN-EN 1090-2, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2017, seria Budownictwo 23, 157–171.
- [4] Mikolášek D., Krejsa M., Brožovský J., Pařenica P., Lehner P., Numerical and experimental analysis of welds in steel structural element, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2017, seria Budownictwo 23, 219–230.
- [5] Niewiadomski L., Zamorowski J., Wstępne imperfekcje łukowe w analizie połączeniowych stężeń poprzecznych, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2017, seria Budownictwo 23, 231–244.
- [6] Kysiak A., Paluszyński J., Grzywiński M., Remont i wzmocnienie konstrukcji masztu oświetleniowego na terenie stacji Dąbrowa Górnicza Towarowa, Pracownia Badawczo-Wdrożeniowa „Alfa”, Katowice 2009.

## Analysis of technical condition and consolidation of 30 meters lighting mast

### ABSTRACT:

The article presents the method of consolidation the lighting mast at the Dąbrowa Górnicza Towarowa station. The analysis of the technical condition of the facility, a description of the presented tests and verification calculations according to PN-90 / B-03200 and the scope of works related to mast consolidation were made. The calculations were made in Robot Millenium 17.5. Conclusions on methods for monitoring the technical condition of the lighting mast and recommendations for renovation were formulated.

### KEYWORDS:

lighting mast; assessment of technical condition; consolidation