

POMIAR PŁASKOŚCI KOŁNIERZA KOLUMNY DŹWIGU PORTALOWEGO

Wojciech Anigacz, Damian Bęben

Politechnika Opolska

Streszczenie. W artykule przedstawiono zastosowanie metod metrologii geodezyjnej do pomiaru płaskości powierzchni czołowej kołnierza dźwigu portalowego. Kołnierz ma średnicę 4,550 m i jest przyspawany do powierzchni czołowej kolumny o wysokości 8,985 m. Do pomiaru zastosowano metodę trygonometryczną o podwyższonej dokładności z przyrządami wspomagającymi. Z jednego stanowiska instrumentu pomiarowego mierzono kierunki poziome i pionowe oraz odległości do punktów usytuowanych na powierzchni czołowej kołnierza. Do pomiaru wykorzystano instrument Total Station TC 2002 firmy Leica oraz specjalnie skonstruowaną tarczę celowniczą będącą przedmiotem zgłoszenia do Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej. Uzyskana dokładność pomiaru 0,07 mm pozwoliła na ocenę dokładności wykonania badanego kołnierza, która powinna mieścić się w przedziale tolerancji 0,2 mm. Zdecydowana większość punktów mieściła się w zadanym przedziale tolerancji. Zastosowana metoda pomiarowa wraz z urządzeniami wspomagającymi jest w pełni przydatna do tego typu pomiarów o bardzo dużej dokładności.

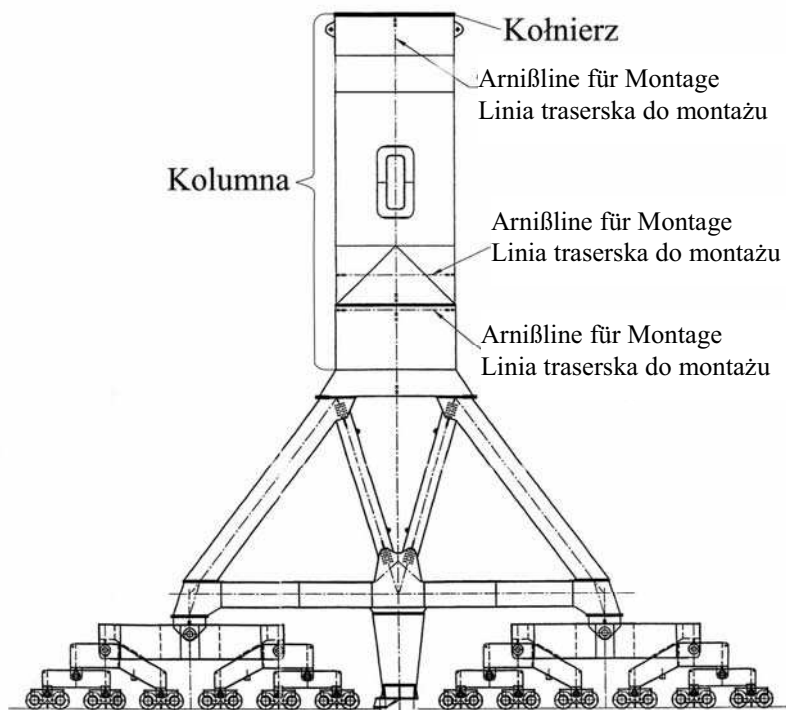
Słowa kluczowe: metrologia jakości, dźwig portowy, pomiar płaskości

WPROWADZENIE

Duże konstrukcje i urządzenia mechaniczne składają się na ogół z wielu elementów. Dokładność wykonania ich elementów składowych decyduje o parametrach dokładnościowych całego urządzenia [Gocał 1993]. Poniżej przedstawiono pomiar płaskości stalowego kołnierza kolumny dźwigu portalowego (rys. 1). Badaną kolumnę można porównać do walca wewnątrz pustego o następujących parametrach geometrycznych: wysokość 8,985 m i średnica zewnętrzna równa 4,550 m (rys. 2). Z jednej strony kolumna zakończona jest kołnierzem, którego powierzchnia powinna być płaska w pasie tolerancji 0,2 mm. W trakcie badań kolumna dźwigu usytuowana była poziomo. Stosunkowo duże parametry geometryczne i wysokie wymagania odnośnie dokładności skłoniły autorów do zastosowania metod metrologii geodezyjnej do realizacji pomiarów [Anigacz 1998, Anigacz 1999, Anigacz 2001, Anigacz, Ćmielewski 2001, Anigacz

Ćmielewski 2004, Anigacz 2007]. Z geometrycznego punktu widzenia kolumna powinna spełniać następujące warunki:

- podstawy walca powinny być do siebie równoległe (rys. 3),
- przekroje poprzeczne walca powinny być kołowe,
- oś walca powinna przechodzić przez środki podstaw i być do nich prostopadła (rys. 3).

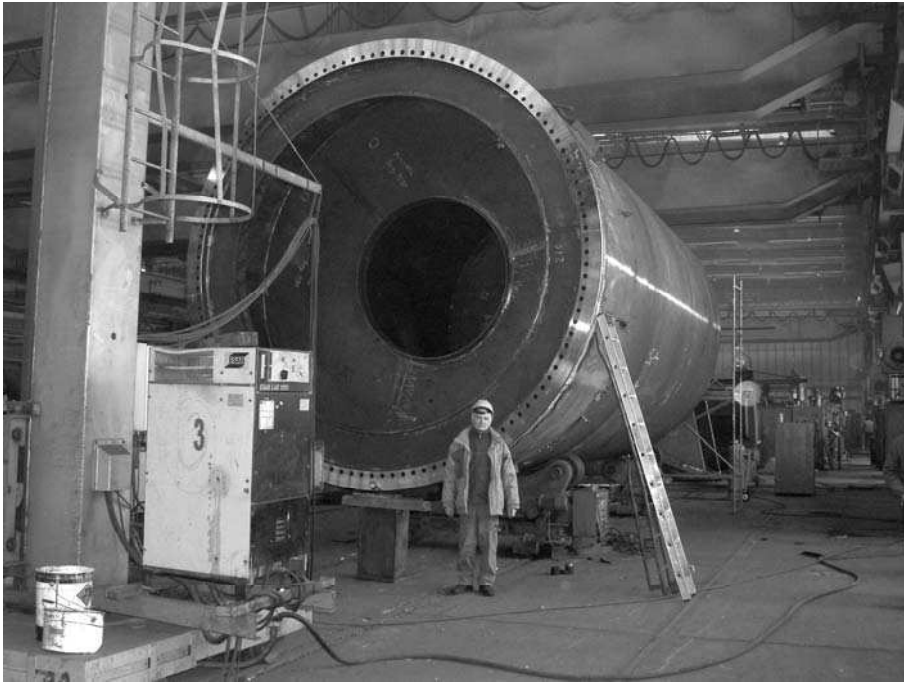


Rys. 1. Kolumna dźwigu na zespole jezdnym [KE KRANBAU-EBERSWALDE AG. 07.09.2005]

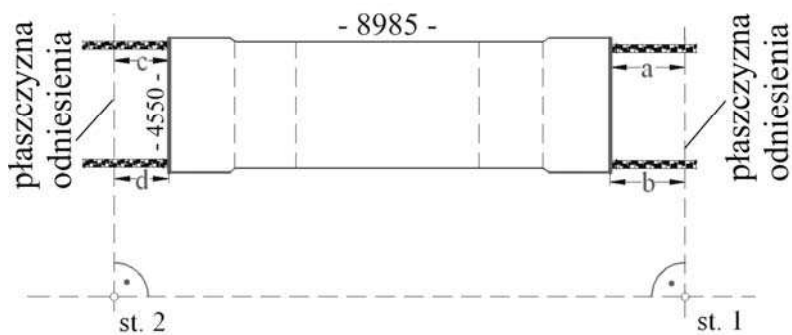
Fig. 1. The column of crane on carriageable set [KE KRANBAU-EBERSWALDE AG 07.09.2005]

Trudność w zachowaniu tych warunków wynika z dużych rozmiarów i wagi kolumny dźwigu portalowego wynoszącej około 40 ton [Anigacz 1998]. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym zachowanie zadanych parametrów dokładnościowych jest technologia montażu dźwigu. Kolumna składa się z pięciu ciał oddzielnie montowanych a następnie łączonych ze sobą za pomocą spawania. Przy spawaniu można uwzględnić drobne odchyłki montażowe poszczególnych ciał, ale najczęściej jest tak, że trudne do przewidzenia naprężenia spawalnicze powodują pewne deformacje płaszcza kolumny. Badany kołnierz wykonywany (toczony i frezowany) jest oddzielnie, a następnie jest łączony z kolumną za pomocą spawania. Ponadto kolumna jest przemieszczana i obracana. W trakcie montażu kolumna była usytuowana poziomo i podparta na czterech rolkach [Anigacz 1998]. Odchyłki wykonawcze, montażowe i powstałe w trakcie transportu wewnątrz zakładu mogą spowodować przekroczenie wartości dopuszczalnych,

stąd wynika potrzeba wykonywania pomiarów kontrolnych w trakcie całego procesu produkcyjnego i montażowego, a także po jego zakończeniu potwierdzonego odpowiednim certyfikatem.



Rys. 2. Kolumna dźwigu w hali montażowej
Fig. 2. The column of crane on assembly room



Rys. 3. Schemat osnowy pomiarowej – widok z góry
Fig. 3. Scheme of measurement control – top view

METODYKA POMIARÓW

Wysokie wymagania wykonywanych pomiarów odnośnie dokładności spowodowały, że przeprowadzono pomiar testowy w rzeczywistych warunkach mający określić dokładność posiadanego sprzętu i zastosowanej technologii pomiaru. Na tej podstawie zdecydowano się zastosować metodę trygonometryczną o podwyższonej (najwyższej) dokładności z wykorzystaniem instrumentu total station TC 2002 firmy Leica o dokładności pomiaru kierunku 0,6" oraz specjalnie skonstruowaną tarczę celowniczą będącą obecnie przedmiotem zgłoszenia do Urzędu Patentowego RP. Stanowisko instrumentu pomiarowego usytuowano w odległości około 10 m od osi zbiornika tak, aby oś celowa była w przybliżeniu równoległa do płaszczyzny czołowej kołnierza (rys. 3). Pomiar wykonano w dwóch położeniach lunety dla 30 punktów rozmieszczonych równomiernie co 12° oraz dodatkowo dla punktów na osiach 90° i 270°, co dało łącznie 32 punkty pomiarowe. Na podstawie dwukrotnego pomiaru położenia punktu określono jego dokładność na 0,07 mm. Tak wysoka dokładność pozwoliła na ocenę poprawności wykonania badanego kołnierza.

OBLICZENIA

W wyniku pomiaru geodezyjnego metodą trygonometryczną o podwyższonej dokładności otrzymano współrzędne przestrzenne (X,Y,Z) 32 równomiernie rozmieszczonych punktów pomiarowych na powierzchni czołowej kołnierza. W uzyskany zbiór punktów wpasowano, metodą najmniejszych kwadratów, płaszczyznę, którą uznano za płaszczyznę odniesienia do określenia odchyłek od płaskości. Następnie za pomocą programu autorskiego obliczono odległości wszystkich punktów od obliczonej płaszczyzny. W ten sposób uzyskano rzeczywisty przedział odchyłek powierzchni czołowej badanego kołnierza dźwigu portalowego od płaskości. Fragment wydruku z obliczeń przedstawiono poniżej:

```
*****
  PLASZ-G * obliczanie współczynników równania płaszczyzny
            z dowolnej liczby punktów
  Program opracował - prof. Wojciech ANIGACZ - kwiecień 1998
  *****
  PLASZ-G * Calculation of the coefficients of the equation
            of plane determined by arbitrary number of points
  Author - prof. Wojciech ANIGACZ - April 1998, Opole, Poland
  *****
            Obliczanie wartości wyznacznika
            Calculation of value of determinant
  330905.3250    35249.4372    3254.0594    -40484.2008
  35249.4372    3822.2782    346.5184    -4308.5272
  3254.0594    346.5184    32.0000    -398.1191
  X = 447.5428 [m]  Y = -78.1281 [m]  H = -44651.8765 [m]
  Współczynniki równania płaszczyzny-obliczone wyznacznikiem
  Coefficients of plane equation calculated using determinant
            A/C            B/C            C/C            D/C
  447.543    -78.128    1.000    -44651.877
  -----
```

```

Układ równań normalnych - System of normal equations
330905.3250    35249.4372    3254.0594    -40484.2008
35249.4372    3822.2782     346.5184     -4308.5272
3254.0594     346.5184     32.0000      -398.1191

```

```

-----
Współczynniki równania płaszczyzny - podprogram * ODLPP *
Plane equation coefficients - subroutine * ODLPP *
A/C=          -447.541790          B/C=           78.127916
C/C=           1.000000          D/C=          44651.770756

```

EKSTREMALNE WARTOŚCI ODLEGŁOŚCI PUNKTÓW OD PŁASZCZYZNY ŚREDNIEJ

Extreme values of distances of points from average surface

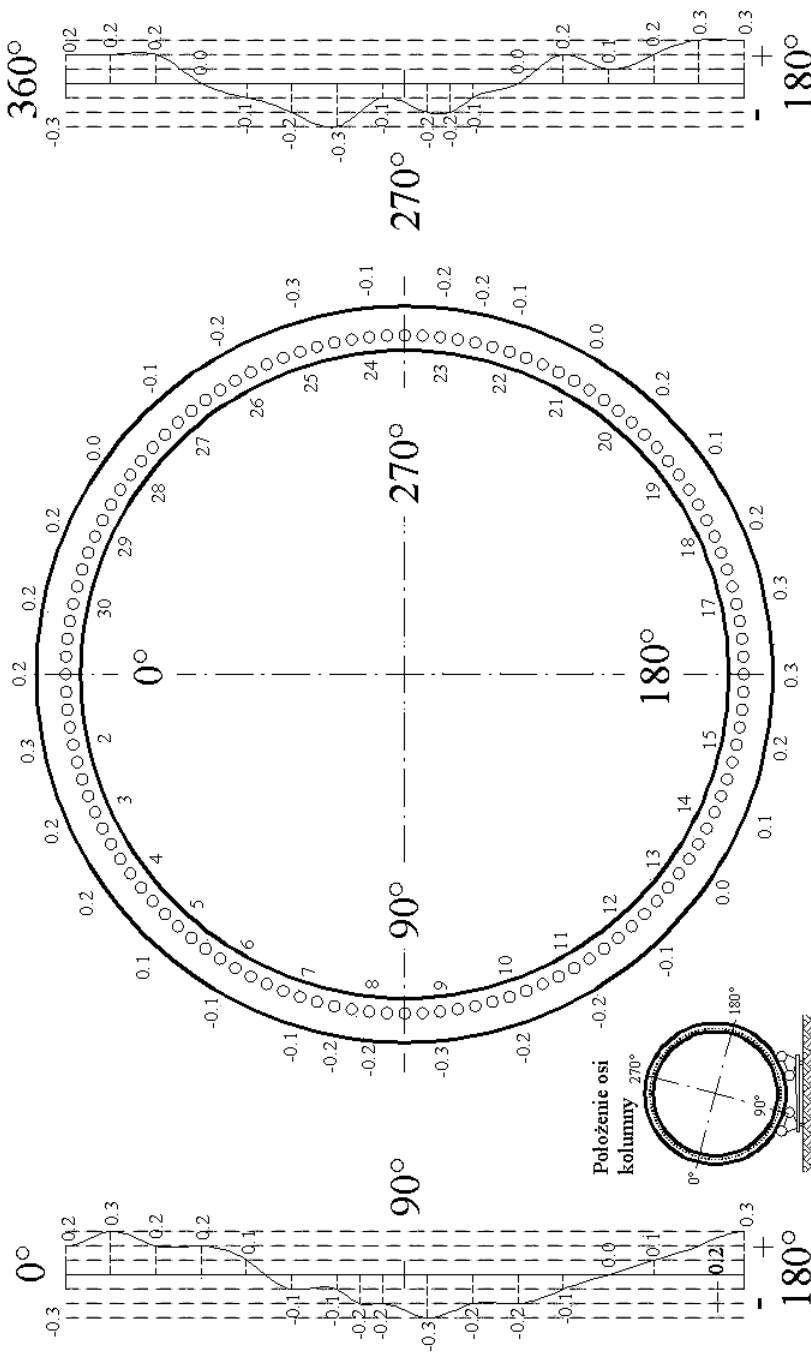
NR PKT	MINIMUM	NR PKT	MAXIMUM
9	-.0003 [m]	2	.0003 [m]
25	-.0003 [m]	16	.0003 [m]
		17	.0003 [m]

W analizowanym przypadku rozkład odchyłek kołnierza dźwigu portalowego od płaskości przedstawiał się zgodnie z wartościami przedstawionymi w tabeli 1.

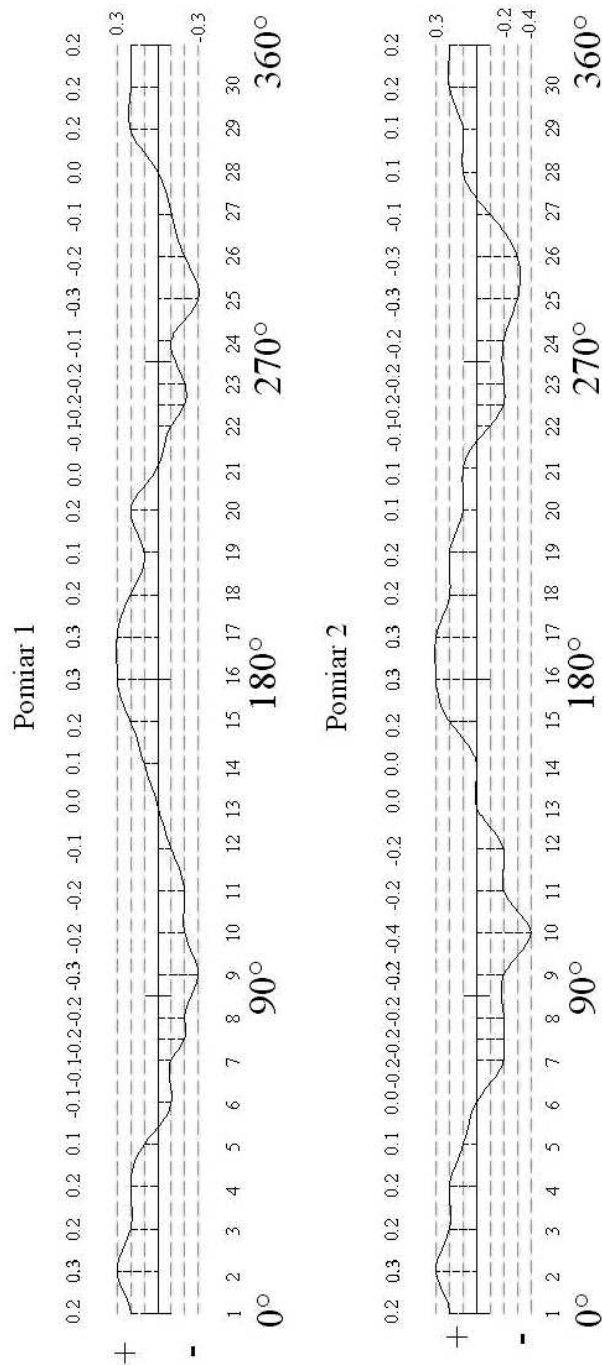
Tabela 1. Zestawienie wartości odchyłek kołnierza od płaskości
Table 1. The composition values of collar deviation from flatness

Lp.	Odległość punktu od płaszczyzny średniej w [mm]	Liczba punktów			
		wszystkich	w przedziale 0,2 mm	w przedziale 0,4 mm	w przedziale 0,6 mm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	-0,3	2			
2.	-0,2	7			
3.	-0,1	6			
4.	0,0	3	12	27	32
5.	0,1	3			
6.	0,2	8			
7.	0,3	3			
Razem – Total		32			

Uzyskane wyniki obliczeń płaskości kolumny dźwigu portalowego w odniesieniu do płaszczyzny średniej przedstawiono w postaci graficznej i analitycznej na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Schemat usytuowania punktów pomiarowych z odchyleniami od płaskości
 Fig. 4. Scheme of location of measurement points with deviation from flatness



Rys. 5. Odchylenia płaszczyzny czołowej kołnierza od płaskości
 Fig. 5. Deviations of the front surface collar from flatness

WNIOSKI

1. Zastosowana metoda pomiaru trygonometrycznego o podwyższonej dokładności wraz z urządzeniami wspomagającymi pozwoliła na uzyskanie dokładności pomiaru rzędu 0,07 mm, co umożliwiło na właściwą ocenę płaskości wykonanej powierzchni czołowej kołnierza kolumny dźwigu portalowego,
2. Zastosowana metoda pomiaru trygonometrycznego o podwyższonej dokładności wraz z urządzeniami wspomagającymi jest w pełni przydatna do precyzyjnych pomiarów innych maszyn i urządzeń mechanicznych.

PIŚMIENNICTWO

- Anigacz W.: Wykorzystanie TC 2002 w procesie montażu konstrukcji obrotowych. Materiały z Konferencji Techniczno-Naukowej IV Międzynarodowych Targów Geodezji. GEA'98. Katowice 15-17 października 1998, s. 51–52.
- Anigacz W.: Nowoczesne technologie pomiarowe. Forum dyskusyjne „Innowacyjność i transfer technologii”. Oferta środowiska naukowego regionu opolskiego dla przemysłu. Politechnika Opolska. Opole, 20-21 maja 1999, s. 30.
- Anigacz W.: Weryfikacja parametrów geometrycznych suwnic w czasie montażu i eksploatacji Transport Przemysłowy (kwartalnik). Nr 2(4)/2001, indeks 360651, ISSN 1640-5455. Wydawnictwo Lektorium, Wrocław, s. 38–40.
- Anigacz W., Ćmielewski K.: Autokolimacyjna metoda ustawiania walcarki. XVI Konferencja Katedr i Zakładów Geodezyjnych na Wydziałach Niegeodezyjnych, Problemy automatyzacji w geodezji inżynierskiej. Komitet Geodezji PAN, Sekcja Geodezji Przemysłowej, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego i Budownictwa, Departament Architektury, Budownictwa, Geodezji i Kartografii. Politechnika Zielonogórska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Sanitarnej, Instytut Budownictwa, Zielona Góra, 28-29 września 2001, s. 9–13.
- Anigacz W., Ćmielewski K.: Autokolimacyjna metoda badania warunków osiowych ustawiania walcarki typu „Sendzimir” ZR. Przegląd Geodezyjny, Nr 11, 2004, s. 12–15.
- Gocał J.: Metody i instrumenty geodezyjne w precyzyjnych pomiarach maszyn i urządzeń mechanicznych. Wydawnictwo AGH 1993, ISSN 0239-6114.
- KE KRANBAU-EBERSWALDE AG.: Maßblatt Portal-Turmmontage (Arkusze pomiarowe – do montażu wieży portalu). Zeichnungs-Nr. 00000-5100-000-0-0-A1 Mb, 7 września 2005.
- Anigacz W.: Badanie odchyłeń od płaskości powierzchni czołowej trzech kołnierzy podstaw żurawi okrętowych. Politechnika Opolska, praca nr BU-4/07, Opole, styczeń 2007.

MEASUREMENT OF FLATNESS OF PORTAL CRANE COLLAR

Abstract. The paper presents the application of the geodetic metrology methods to measurement of flatness of front surface of portal crane collar. The collar has a diameter of 4.500 m and it is welded on front surface of column 9.000 m high. In order to measure the flatness trigonometric method with raised accuracy was applied. The vertical and horizontal directions as well as the distances for points located on front surface collar were measured with one measuring position. Total Station TC 2002 (Leica Company) and especially designed sight shield (notification to Polish Patent Office) were used in tests. Obtained measurement accuracy (0.07 mm) has allowed to evaluating the accuracy of execution of tested collar, which should be contained in interval of tolerance (0.2 mm). Almost all of points were contained in assumed interval of tolerance. The applied measurement method with boosters is useful to this type of measurements characterized by very high accuracy.

Key words: quality metrology, harbour crane, measurement of flatness

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 18.12.2007