

Piotr Rapp\*

## Nowe jarzmo dla dzwonu Józef na ołtarzu polowym przy bazylice w Licheniu

### New yoke for Józef bell in field altar at Licheń Basilica

**Słowa kluczowe:** dzwon, jarzmo wykorbione, pęknięcie kruche, zmęczenie materiału

**Key words:** bell, cranked yoke, brittle crack, material fatigue

Dzwon Józef powstał w roku 2003 i uważany jest za największy dzwon dotychczas odlany w Polsce – podaje się, że waży 11,6 t. Widok dzwonu wraz z jarzmem na platformie transportowej po jego przywiezieniu do miejsca przeznaczenia w Licheniu pokazany jest na ryc. 1.

Dzwon Józef został zawieszony na ołtarzu polowym usytuowanym w pobliżu nowej bazyliki w Licheniu. Obok dzwonu Józef znajdują się dzwony Piotr i Paweł – ryc. 2.

Józef (Joseph) bell was cast in 2003 and is considered the largest bell ever cast in Poland – specifications give its weight as 11.6 tons. The bell with its yoke on a transport platform just after arriving to its destination in Licheń is shown in fig. 1.

Józef bell was hung in Field Altar, erected in the vicinity of new Licheń Basilica. Beside it there are two other bells – Piotr (Peter) and Paweł (Paul), see fig. 2.



Ryc. 1. Dzwon Józef  
Fig. 1. Józef bell



Ryc. 2. Ołtarz polowy – od lewej dzwony: Józef, Piotr i Paweł  
Fig. 2. Field altar with bells, from left: Józef, Piotr, Paweł

\* Politechnika Poznańska

\* Poznan University of Technology

Cytowanie / Citation: Rapp P. New yoke for Józef bell in Field Altar at Licheń Basilica. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2015;43:81-91

Otrzymano / Received: 2015-10-14 • Zaakceptowano / Accepted: 2015-11-16

doi:10.17425/WK43BASILICA



Ryc. 3. Poziome rozwarstwienia w ramionach korony dzwonu  
 Fig. 3. Horizontal delamination in bell crown ears



Ryc. 4. Poziome rozwarstwienia w ramionach korony dzwonu i w rdzeniu korony dzwonu  
 Fig. 4. Horizontal delamination in bell crown ears and centre post



Ryc. 5. Prawidłowy sposób mocowania dzwonu do jarzma „za koronę”  
 Fig. 5. Correct method of attaching a bell to a yoke by its crown



Ryc. 6. Pierwotny sposób mocowania dzwonu Józef  
 Fig. 6. Original method of attaching Józef bell

Od momentu zawieszenia dzwon był eksploatowany przez okres ok. 11 lat. W tym czasie pierwotne jarzmo oraz mocowanie dzwonu do jarzma uległy znacznym uszkodzeniom. Sytuację pogarszał fakt, że od samego początku w ramionach i w rdzeniu korony dzwonu występują poziome rozwarstwienia pokazane na ryc. 3, 4, 10. Z tego powodu nie było możliwe tradycyjne zamocowanie dzwonu do jarzma za pośrednictwem korony, jak to ilustruje ryc. 5.

Since that moment the bell have been serving for about 11 years. During this period its original yoke and its mount to the yoke suffered severe damage. The situation was even worse, because from the very beginning ears and a centre post of the bell crown exhibited horizontal delaminations shown in figs. 3, 4 and 10. Because of this, it was impossible to apply a usual hanging method with a crown attached to a yoke, as is illustrated in fig. 5.

Dzwon Józef połączono z jarzmem za pomocą 6 stalowych szpilek  $\varnothing 36$  mm przechodzących przez otwory wywiercone w hełmie dzwonu i dokręcone na górnej powierzchni jarzma (ryc. 6, 7).

Szpilki od dołu miały walcowe łby, które niejednokrotnie pękały (ryc. 8, 9). Pęknięcia te miały charakter kruchy. W pewnych okresach czasu dzwon wisiał na 5 szpilkach, co powodowało niesymetryczne obciążenie rygła jarzma. Siły przekrojowe w ryglu jarzma po stronie L były większe niż po stronie P, gdzie jednej szpilki nie było (ryc. 10). Z tego powodu po stronie L występuje więcej uszkodzeń jarzma (pęknięć spoin) niż po stronie P.

Widok zdemontowanego jarzma dzwonu Józef jest pokazany na ryc. 11.

W pierwotnym jarzmie przekrój rygła miał profil zamknięty złożony z dwóch ceowników 300 oraz dwóch płaskowników grubości 10 mm. Środkowy odcinek rygła osłabiony otworami (ryc. 11) był najsłabszą częścią jarzma. Jednocześnie w tej części rygła występowały największe siły przekrojowe. Z tego powodu pierwotna konstrukcja jarzma była niekorzystna pod względem wytrzymałościowym.

W jarzmie wykorbionym oś rygła jest przesunięta względem osi obrotu (ryc. 12). Stąd w ryglu jarzma, oprócz zginania, występuje również skręcanie.

Przyjęty przekrój rygła oraz połączenie płaskowników z ceownikami za pomocą narożnych spoin pachwi-

Józef bell was attached to the yoke by 6 steel bars (pins) of 36 mm diameter passing through holes drilled in a bell shoulder and tightened at the top surface of the yoke (fig. 6, 7).

The pins had cylindrical heads at lower ends. These heads frequently cracked, see figs. 8, 9. The cracks were of a brittle type. During a certain period the bell was hanging on 5 pins what led to a non-symmetric loading to the yoke beam. Internal forces in the beam were larger at L side than at P side, where one pin was missing (fig. 10). Due to this situation there is more damage to L side of the yoke (weld cracks) than to P side.

The view of the disassembled original yoke of Józef bell is shown in fig. 11.

In the original yoke the beam had a closed cross-section made up from two channel sections 300 and two flat steels of 10 mm thickness. The central section of the beam, weakened by holes (fig. 11), was its critical fragment, especially that it was subjected to the largest internal forces. Due to this fact the original yoke design was not advantageous considering its load bearing capacity.

In a case of a cranked yoke the beam axis does not coincide with the rotation axis (fig. 12). Thus, the yoke beam is subjected not only to bending but to torsion as well.

The adopted type of beam cross-section and connection between flat steels and channel sections by



Ryc. 7. Otwory na szpilki  
Fig. 7. Holes for pins



Ryc. 8. Szpilki widoczne od spodu hełmu  
Fig. 8. Pins seen at the bottom of bell shoulder



Ryc. 9. Urwany łeb szpilki  
Fig. 9. Pin head torn off



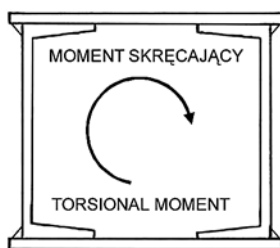
Ryc. 10. Dzwon Józef wiszący na 5 szpilkach  
Fig. 10. Józef bell hanging on 5 pins



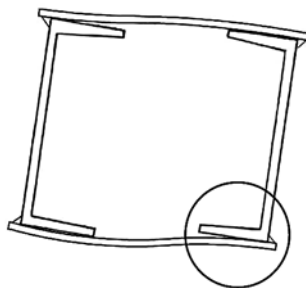
Ryc. 11. Widok zdemontowanego pierwotnego jarzma dzwonu Józef  
Fig. 11. View of disassembled original yoke of Józef bell

nowych nie były poprawne ze względu na działanie momentu skręcającego. Taki przekrój przy skręcaniu deformuje się w sposób pokazany na ryc. 13b.

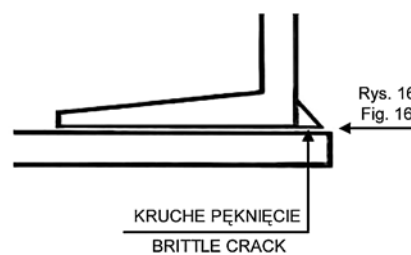
Styk między ceownikiem i płaskownikiem oraz spoina narożna tworzą szczelinę rozrywaną, która jest analogią do I postaci szczeliny w modelu Irwina (detal zaznaczony na ryc. 13b). W trakcie wahan dzwonu szczelina między ceownikiem i płaskownikiem na przemian otwiera się i zamyka. Gdy szczelina się otwiera, w spoinie, tuż przy szczelinie, występuje silna koncentracja naprężeń normalnych rozciągających. Naprężenia w spoinie narożnej są zmienne w czasie. Na skutek zmęczenia materiału następuje propagacja szczeliny, która prowadzi do kruchego pęknięcia zmęczeniowego spoiny narożnej (ryc. 13c, 15, 16).



a)



b)



c)

Ryc. 13. Skręcanie rygła: a – przekrój rygła, b – deformacja przekroju przy skręcaniu, c – pęknięcie spoiny  
Fig. 13. Beam torsion: a – beam cross-section, b – deformation under torsion, c – weld crack

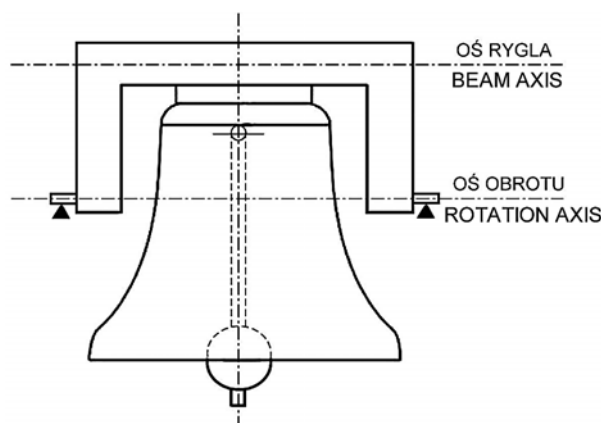
W wyniku niesymetrycznego obciążenia i niekorzystnej konstrukcji jarzma, w środkowej części rygła popękały niektóre spoiny. Pęknięcie poziome wystąpiło w dolnej spoinie na całej długości środkowego odcinka rygła (ryc. 14–16), a pęknięcie pionowe nastąpiło z lewej strony na całej wysokości rygła (ryc. 15) i przeszło na blachę górną (ryc. 17, 18). Należy zauważyć, że pęknięcie spoiny poziomej pokazane na ryc. 15 i 16 leży w płaszczyźnie szczeliny między ceownikiem i płaskownikiem zgodnie z ryc. 13c. Stąd wynika, że pęknięcie tej spoiny nastąpiło na skutek koncentracji naprężeń normalnych rozciągających w spoinie wynikających z deformacji przekroju, a nie z powodu ścinania typowego dla spoiny pachwinowej.

Oprócz wymienionych wyżej wad zastrzeżenia budziły staranność wykonania robót, szczególnie spawalniczych, oraz zabezpieczenie stali przed korozją.

Rozmiary uszkodzeń jarzma i korony dzwonu stwarzały zagrożenie bezpieczeństwa. Z tego powodu dzwon Józef został wyłączony z czynnej służby i unieruchomiony. Podjęto decyzję o wykonaniu nowego jarzma i modyfikacji sposobu zamocowania dzwonu do jarzma.

W projekcie nowego jarzma uwzględniono następujące przesłanki:

- uzyskanie bardziej równomiernej wytrzymałości jarzma, w szczególności wzmocnienie środkowej części rygła w strefie mocowania dzwonu,
- bardziej racjonalny dobór przekroju rygła z uwagi na działanie momentu skręcającego,
- wyeliminowanie koncentracji naprężeń w spoinach,



Ryc. 12. Dzwon zawieszony na jarzmie wykrzywionym  
Fig. 12. Bell mount with cranked yoke

means of corner fillet welds were not correct solution in the presence of a torsional moment. Such a cross-section deforms in the way shown in fig. 13b.

The joint between the channel section and the flat steel together with the corner weld form an opening slot, which is an analog of the first mode in Irwin model (detail shown in fig. 13b). When the bell swings the slot is intermittently opening and closing. When it opens, the weld just at the slot is subjected to a strong concentration of tensile normal stress. The stress in the fillet weld is varying in time. Thus, due to fatigue, the gap is propagated and leads to a brittle fatigue crack of the corner weld (figs. 13c, 15, 16).

Due to the non-symmetric loading and the inconvenient yoke layout, some welds in the central fragment of the beam cracked. A horizontal crack was formed along the entire central section of the beam (figs. 14–16) and a vertical crack – at the left-hand side, across the entire beam depth (fig. 15) and it propagated to the upper plate (figs. 17, 18). It should be noted, that the crack in the horizontal weld coincides with the slot between the channel section and the steel flat, in accordance with fig. 13c. Thus, the crack in this weld occurred due to the concentration of tensile normal stress evoked by the cross-section deformation and not due to shearing, usual for fillet welds.

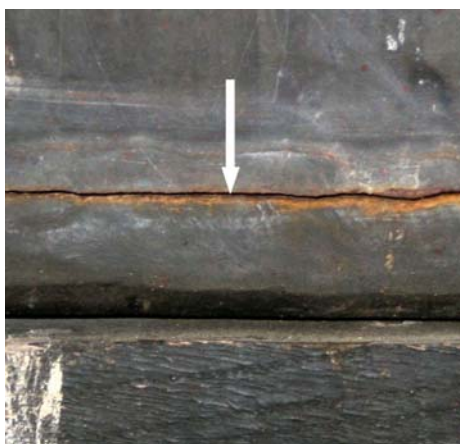
Besides the faults mentioned above, quality of workmanship, especially regarding welding and protection of steel against corrosion, was doubtful.



Ryc. 14. Środkowa część rygla  
Fig. 14. Central section of beam



Ryc. 15. Pęknięcia spoin poziomej i pionowej  
Fig. 15. Cracks in horizontal and vertical welds



Ryc. 16. Pęknięcie spoiny poziomej  
Fig. 16. Crack in horizontal weld



Ryc. 17. Pęknięcie spoiny pionowej  
Fig. 17. Crack in vertical weld



Ryc. 18. Pęknięcie płaskownika  
Fig. 18. Crack in flat steel

- zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej,
- modyfikację sposobu mocowania dzwonu do jarzma.

Projektowanie jarzma odbyło się metodą kolejnych przybliżeń. Na podstawie wstępnych obliczeń przybliżonych przyjęto konstrukcję jarzma. Następnie wykonano obliczenia dynamiczne układu jarzmo-dzwon i sprawdzono wytrzymałość konstrukcji. Dokonano korekt konstrukcji jarzma i proces powtarzano aż do uzyskania satysfakcjonujących wyników.

Nowe jarzmo zaprojektowano jako konstrukcję stalową skrzynkową o zmiennej sztywności z blach o grubościach 20 mm, 16 mm oraz 10 mm ze stali S355. W celu wyeliminowania koncentracji naprężeń w spoinach wszystkie spoiny zaprojektowano jako czołowe z ukosowaniem krawędzi elementów pod kątem 30°. W każdym przypadku spoinę czołową wykonano na pełną grubość ukosowanej blachy, tj. na 20 mm, 16 mm lub 10 mm. Konstrukcję jarzma przedstawiono na ryc. 19.

Ze względu na uszkodzenie korony dzwonu w nowym projekcie zachowano połączenie dzwonu z jarzmem za pomocą 6 prętów stalowych (szpilek)  $\varnothing 36$  mm przechodzących przez otwory wywiercone w helmie dzwonu i dokręconych na górnej powierzchni jarzma. Różnica między połączeniem pierwotnym i projektowanym polega na tym, że w nowym projekcie pręty mocujące dzwon do jarzma umieszczone są w sztywnych tulejach

The extent of damage to the yoke and the bell crown posed a safety hazard. Thus, Józef bell was immobilized and removed from service. Decision was made to construct a new yoke and modify the way of mounting the bell to its yoke.

The design of the new yoke was aimed at:

- achieving a more uniform load bearing capacity, especially strengthening the centre section of the beam at the bell mounting zone,
- a more rational choice for the beam cross-section, due to the presence of torsional moment,
- elimination of stress concentration in joints,
- increase of fatigue strength,
- modification of the bell–yoke connection.

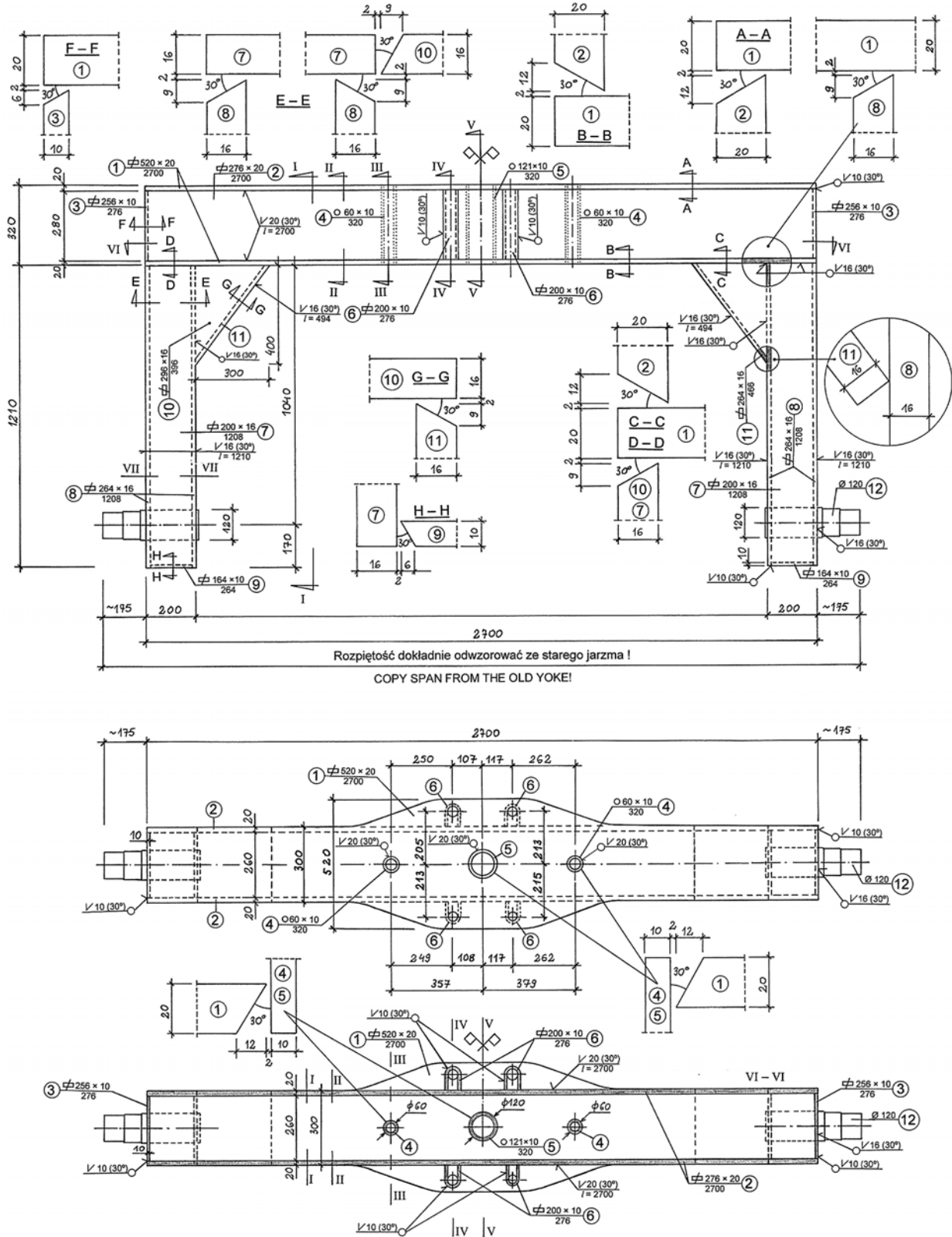
Design of the yoke was done iteratively. Basing on initial approximate calculations a yoke structure was adopted. Then dynamical calculations of the yoke–bell system were carried out and structural strength was checked. Some corrections of the yoke structure were introduced and the process was repeated until results were satisfactory.

The yoke was designed as a steel structure with box cross-sections made of plates with 20 mm, 16 mm, and 10 mm thickness, S355 steel. In order to eliminate stress concentrations all joints were designed as butt welds with beveled edges at 30° angle. In all the cases

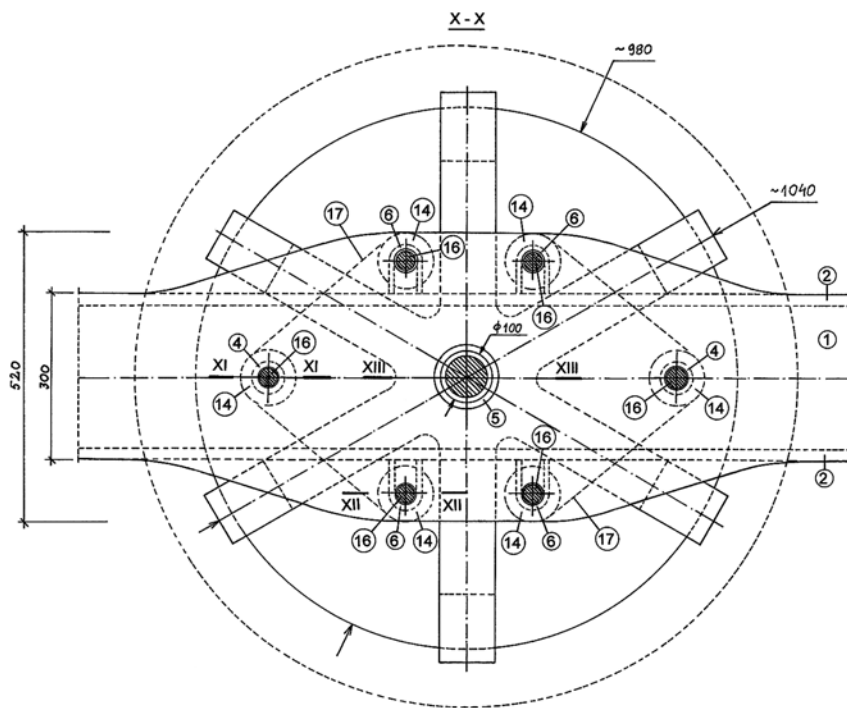
stalowych, które po połączeniu z jarzmem pełnią funkcję podobną do korony dzwonu. Dzwon jest narzędziem dźwiękowym, zatem drgania dzwonu wywołujące dźwięk powinny być odizolowane od jarzma i konstrukcji wsporczej. W tym celu między jarzmem i koroną dzwonu umieszczono 4 przekładki tłumiące o łącznej grubości

the weld was made through the entire depth of the beveled plate, i.e. 20 mm, 16 mm or 10 mm. The yoke structure is presented in fig. 19.

Due to damage to the bell crown, the new design kept the bell-yoke connection by means of 6 steel bars (pins) of 36 mm diameter passing through the holes



Ryc. 19. Konstrukcja nowego jarzma  
Fig. 19. New yoke structure



Ryc. 20. Mocowanie dzwonu do jarzma – rzut na płaszczyznę poziomą  
 Fig. 20. Mounting the bell to the yoke – plan view

40 mm wykonane z elastomeru o nazwie handlowej RABALON. Po dokręceniu śrub nowe jarzmo zostało równomiernie dociśnięte do stalowych tulei oraz do korony dzwonu. Dzięki temu wyeliminowano względne przemieszczenia jarzma i dzwonu. W efekcie układ jarzmo-dzwon stanowi jedną bryłę, której modelem jest wahadło fizyczne. Pręty łączące dzwon i jarzmo wraz z nakrętkami wykonano ze stali 40 HM, która charakteryzuje się wysoką granicą plastyczności, powyżej 880 Mpa. Każdy pręt łączący dzwon i jarzmo wstępnie napięto siłą 25 kN. Szczegóły połączenia dzwonu z jarzmem przedstawione są na ryc. 20, 21.

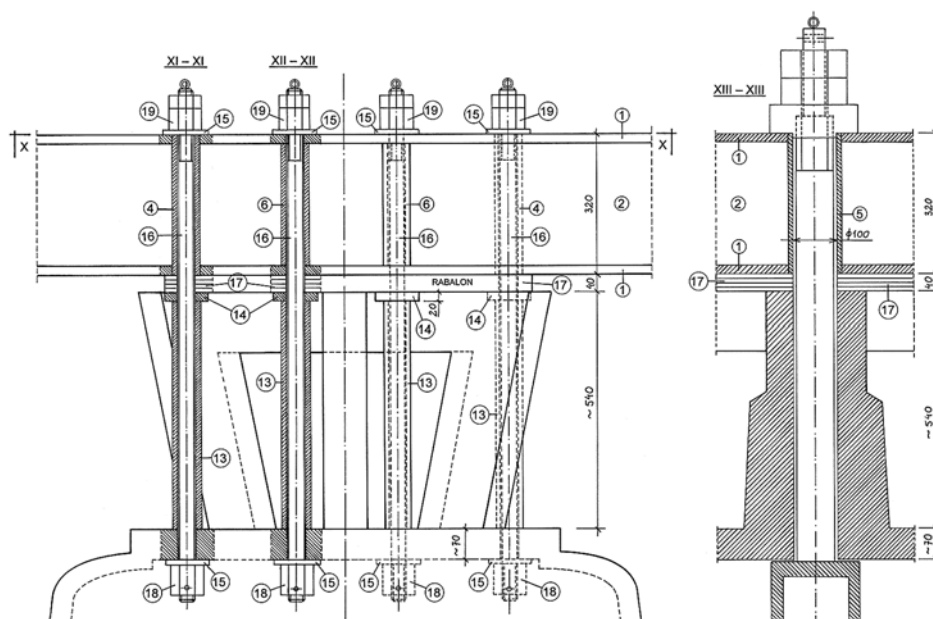
Cięcie blach przeznaczonych na nowe jarzmo wykonano za pomocą wypalarki acetylenowo-tlenowej sterowanej komputerowo, a ukosowanie blach – na krawędziarce. Na ryc. 22, 24, 25 widoczne są ukosowania blach w miejscach przeznaczonych na spoiny czołowe. Spawanie wykonano półautomatem spawalniczym metodą TIG w osłonie CO<sub>2</sub>.

W nowym jarzmie wykorzystano łożyska i obudowy do łożysk ze starego jarzma. Wałki podporowe jarzma (ryc. 26) osadzone są

drilled through the bell shoulder and tightened on the upper surface of the yoke. The difference with respect to the original design is that currently the pins are placed inside stiff steel tubes, which after the connection to the yoke play the role similar to the bell crown. A bell is a sound tool, thus bell vibrations causing the sound should be isolated from a yoke and a supporting structure. To this end isolating spacers of 40 mm total thickness made from RABALON elastomer were introduced. After tightening screws the new yoke was uniformly pressed to the steel tubes and to the bell crown. In this way relative displacements of the yoke and the bell were eliminated. As a result the yoke–bell system forms a single body which can be modelled as a physical pendulum. The bars

connecting the bell and the yoke as well as the nuts are made from 40 HM steel with a very high yield stress of 880 MPa. Each bar connecting the bell and the yoke was initially tightened by a force of 25 kN. Details of the bell–yoke connection are presented in figs. 20, 21.

Cutting of plates for the new yoke was carried out using a computer-controlled acetylene-oxygen cutter and beveling – using an oxygen cutting machine. Figures 22, 24, 25 present beveled edges of plates at spots destined for butt welding. The welding was carried out using a semi-automatic welder using TIG method and the CO<sub>2</sub> cover.



Ryc. 21. Mocowanie dzwonu do jarzma – rzut na płaszczyznę pionową  
 Fig. 21. Mounting the bell to the yoke – side elevation



Ryc. 22. Rygiel jarzma przed spawaniem  
 Fig. 22. Yoke beam before welding



Ryc. 23. Ramiona jarzma  
 Fig. 23. Yoke arms



Ryc. 24. Ukosowanie krawędzi blach  
 Fig. 24. Beveled edges of plates



Ryc. 25. Ramię jarzma przed połączeniem z rygłem  
 Fig. 25. Yoke arm before connecting to beam

w łożyskach baryłkowych wahliwych (ryc. 27). Rozpiętość końcówek wałków w nowym jarzmie dokładnie odwzorowano ze starego jarzma (nowe jarzmo musiało pasować do rozpiętości podpór na istniejącej konstrukcji wsparczej).

Wykonane jarzmo zostało poddane procesowi odprężenia (wyżarzenia). Celem odprężenia jest zlikwidowanie naprężeń spawalniczych oraz ujednoczenie struktury krystalicznej spoin i materiału spawanego. Zabieg ten zwiększa odporność stali na zmęczenie. Zastosowano wysokie odprężenie o następujących parametrach: temperatura pieca, do którego włożono jarzmo 200°C, szybkość nagrzewania 70°C na godzinę, temperatura wygrzewania 600°C, czas wygrzewania 2 godziny, szyb-

The new yoke used bearings and their casing from the old yoke. Support rollers of the yoke (fig. 26) are fastened in self-aligning roller bearings (fig. 27). The span of roller ends in the new yoke is precisely copied from the old yoke (the new yoke had to fit to the supports spacing of the existing support structure).

The assembled yoke was subjected to an annealing process in order to eliminate welding stress and to achieve a uniform crystalline structure of welds and welded material. This treatment increases the steel fatigue strength. High annealing with the following parameters was applied: furnace temperature 200°C, heating rate 70°C per hour, annealing temperature



kość chłodzenia w piecu 100°C na godzinę, temperatura jarzma wyjmowanego z pieca 200°C, dalsze chłodzenie swobodne w powietrzu w hali. Widok jarzma po odprężeniu pokazany jest na ryc. 28.

Odprężone jarzmo zostało wypiąskowane i zabezpieczone przed korozją za pomocą farb:

- podkład epoksydowy HEMPADUR FAST DRY 17410 (popielaty), grubość 100 μm,
- farba nawierzchniowa: HEMPADUR MASTIC 45880 RAL 9005 (czarna), grubość 100 μm.

600°C, annealing time 2 hours, cooling rate in furnace 100°C per hour, yoke temperature when removed from furnace 200°C, further free cooling in hall. The yoke after annealing is shown in fig. 28.

The annealed yoke was sand blasted and protected against corrosion with paints:

- epoxy substrate HEMPADUR FAST DRY 17410 (grey), thickness 100 μm,
- surface paint: HEMPADUR MASTIC 45880 RAL 9005 (black), thickness 100 μm.



Ryc. 26. Wałki podporowe  
Fig. 26. Support rollers



Ryc. 27. Łożysko podporowe z obudową  
Fig. 27. Support bearing with its casing



Ryc. 28. Widok jarzma po odprężeniu  
Fig. 28. Yoke after annealing



Ryc. 30. Strefa mocowania dzwonu – widok z góry  
Fig. 30. Bell mounting zone – top view



Ryc. 29. Widok jarzma zabezpieczonego podkładem antykorozyjnym  
Fig. 29. Yoke protected with anti-corrosion substrate



Ryc. 31. Detal połączenia nowego jarzma z dzwonem – widok z góry

Fig. 31. Detail of new bell-yoke connection – top view



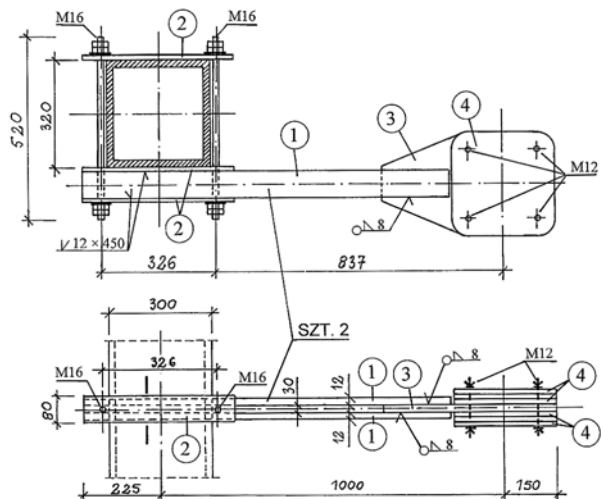
Ryc. 32. Detal połączenia nowego jarzma z dzwonem – widok z boku

Fig. 32. Detail of new bell-yoke connection – side elevation



Ryc. 33. Detal połączenia nowego jarzma z dzwonem – widok z dołu

Fig. 33. Detail of new bell-yoke connection – bottom view



Ryc. 34. Przeciwwaga kompensująca asymetrię układu dzwon-jarzmo

Fig. 34. Counter-weight compensating the bell-yoke system asymmetry

Widok jarzma po nałożeniu podkładu epoksydowego pokazany jest na rys. 29, a jego środkowy fragment na rys. 30.

Wykonane połączenie jarzma z dzwonem pokazane jest na rys. 31–33.



Ryc. 35. Dzwon Józef zawieszony na nowym jarzmie – widok z wnętrza dzwonnicy

Fig. 35. Józef bell hanging on its new yoke – view from belfry interior



Ryc. 36. Dzwon Józef zawieszony na nowym jarzmie – widok z frontu dzwonnicy

Fig. 36. Józef bell hanging on its new yoke – view from belfry front

Po zakończeniu montażu okazało się, że dzwon jest nieznacznie odchyłony od pionu, a w trakcie rozruchu przez kilka początkowych wahanń serce uderzało w dzwon tylko z jednej strony. W celu wyeliminowania asymetrii układu dzwon-jarżmo na ryglu jarżma zainstalowano dwie przeciwwagi przedstawione na ryc. 34.

Układ dzwon-jarżmo po zakończeniu prac pokazany jest na ryc. 35, 36.

Nowe jarżmo wykonano na podstawie projektu: Piotr Rapp – *Opracowanie naukowo-techniczne zawierające projekt jarżma oraz podwieszenia dzwonu Józef na Ołtarzu Polowym w Sanktuarium Licheńskim*. Poznań, listopad 2014 r.

Projekt został opracowany w Instytucie Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej na zlecenie Domu Zakonnego Zgromadzenia Księży Marianów w Licheniu.

Nowe jarżmo wraz z montażem w Licheniu wykonała firma Mostostal-Konin Sp. z o.o.

Fotografie przedstawione na ryc. 1, 2, 5 udostępniła firma Prais. Fotografie przedstawione na ryc. 22–25, 28, 29, 31 udostępnił Mostostal-Konin.

The yoke after covering with epoxy substrate is shown in fig. 29, and its centre section – in fig. 30.

The completed connection of the yoke and the bell is presented in figs. 31–33.

After the assembly it was found that the bell slightly deviated from perpendicular and during initial swinging the heart beat one side of the bell only. Two counter-weights were installed at the yoke beam, as shown in fig. 34, to eliminate this asymmetry.

The completed bell–yoke system is shown in figs. 35, 36.

The new yoke was constructed according to the design by Piotr Rapp: *Scientific-technical study including yoke and hanging design for Józef bell in Field Altar at Licheń Basilica* (in Polish) Poznań, November 2014.

The design was prepared in Institute of Structural Engineering of Poznan University of Technology for the order from Marian Fathers Order House in Licheń.

The new yoke was made and assembled in Licheń by Mostostal-Konin Ltd.

The photos in figs. 1, 2, 5 courtesy of Prais, the photos in figs. 22–25, 28, 29, 31 courtesy of Mostostal-Konin.

## Streszczenie

W artykule przedstawiono przykład uszkodzenia jarżma i zawieszenia największego dotychczas odlanego w Polsce dzwonu Józef usytuowanego na ołtarzu polowym przy bazylice w Licheniu. Na zaistniałą sytuację złożyły się dwie przyczyny – wadliwie zaprojektowane i wykonane jarżmo oraz uszkodzenia korony nowo odlanego dzwonu. W artykule zilustrowano i przedyskutowano przyczyny uszkodzenia jarżma, przedstawiono projekt i wykonanie nowego jarżma oraz pokazano zmieniony sposób połączenia dzwonu z nowym jarżmem. Przedstawiony przypadek poszerza wiedzę w zakresie technicznych problemów utrzymania i eksploatacji dużych dzwonów w obiektach zabytkowych.

## Abstract

The article presents a case of damage to yoke and hanging of Józef bell in field altar at Licheń Basilica – the largest bell cast in Poland. The reasons for the damage were twofold – wrong design and workmanship as well as damage to crown of newly cast bell. The article illustrates and discusses reasons to yoke damage, presents design and construction of the new yoke and shows the different method used for the bell-yoke connection. The presented case extends knowledge in the range of technical problems related to maintenance and service of large bells in historical buildings.