

Andrzej Rzeszotarski*
Romuald Orłowicz*, Rafał Nowak*

Przyczyny uszkodzeń i naprawa wybranych zabytkowych sklepień ceglanych

Causes of damages and repairs in antique brick vaults

1. Wprowadzenie

W artykule na przykładzie sklepień ceglanych wykonanych w zabytkowym budynku pocztowym przedstawiono konstrukcję sklepień ceglanych, ich pierwotne dopuszczalne obciążenia oraz skutki przeciążenia w trakcie eksploatacji i koncepcję naprawy powstałych uszkodzeń. Budynek pocztowy czterokondygnacyjny został wzniesiony w latach 1872-1875 [1]. Pierwsze opracowanie projektowe dotyczące piwnicy, parteru, I i II piętra wykonał Carl Schwatlo w 1871 roku. W roku 1872 został opracowany projekt uzupełniający przez Karla Friedricha Endella i pod kierunkiem którego w latach 1872-1875 rozbudowano kompleks pocztowy wg projektów Wolffa, polegający na nadbudowie paczkarńi, wykonaniu szklanego przekrycia sali operacyjnej w budynku głównym oraz dobudowie trój-kondygnacyjnego przęsła do szczytu pomieszczeń paczkarńi wraz z piętrowym półokrągłym ryzalitem. W latach 1886-1887 nastąpiła dalsza rozbudowa kompleksu pocztowego o budynek stajni, wozowni oraz nowej paczkarńi. W latach 1887-1906 nastąpiła przebudowa kompleksu pocztowego wg koncepcji Wolffa, w wyniku której powstała nowa centrala telefoniczna oraz przebudowano wozownię i paczkarńię. W latach 1919-1921 nastąpiła rozbudowa urzędu telegraficznego o jedną kondygnację. W latach 1945-1965 wykonano prace modernizacyjne kompleksu budynków pocztowych. W latach 1993-1995 nastąpiła renowacja głównej sali obsługi i skrzydła

1. Introduction

The article used an example of brick vaults executed in the antique post office building to present the construction of brick vaults, their prime admissible loads and the results of excessive load during exploitation thereof as well as the conception of repairing damages formed therein. The four-storey post office building was raised in years 1872-1875 [1]. The first project study relating to the cellar, the ground floor, 1st and 2nd floor was made by Carl Schwatlo in 1871. In 1872 a supplementary design was made by Karl Friedrich Endell, under whose supervision in the years 1872-1875 the post office complex was extended according to designs by Wolff. The extension of the building consisted in extension of packing department upwards, making a glass roofing over the operating hall in the main building and building up a three-storey bay spanned at the top of the rooms of packing department together with a storey high semicircular risalit. In years 1886-1887 further extension of the post office complex took place; a building with stables, coach-house and a new packing department was put up. In years 1887-1906 the post office complex was rebuilt according to the Wolff's conception, which resulted in building a new telephone central station and the coach-house and packing department were rebuilt. In years 1919-1921 further extension of the telegraphic office by one more storey was made. In years 1945-1965 modernization works were done on the post office complex of buildings. In years 1993-1995 renovation of the main service hall and of the West

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews

zachodniego wraz z renowacją sklepień ceglanych części korytarza na I piętrze.

2. Opis konstrukcji

Kompleks obiektów pocztowych wykonany został jako murowany z różnymi stropami: na belkach drewnianych, odcinkowych na belkach stalowych oraz w postaci ceglanych sklepień.

Posadowienie kompleksu jest na gruncie niejednorodnym składającym się z warstwy o miąższości od 1-5 m torfu, pod którym występuje około 1,5 m mułu, a pod nim grunt nośny. W związku z tym budynek główny wraz z budynkiem paczarki posadowiony został na palach drewnianych wbitych na głębokość 11 m poniżej poziomu terenu. Zostało wbitych 1500 szt. pali [1], na których ułożono drewniany ruszt i na nim masywne kamienne ściany fundamentowe o szerokości około 0,9 m w części dolnej do wysokości odsadzek 1,5-1,7 m powyżej poziomu rusztu. Powyżej wykonano ściany murowane o szerokości 0,77 m i wysokości od 3,8-4,1 m. Pomieszczenia piwnic pod całym budynkiem głównym mają wysokość 3,0 m i posiadają sklepienie ceglane oparte na arkadowych przęsłach. Z uwagi na duży spadek terenu w kierunku rzeki Odry, część piwnic znajduje się pod terenem, a część nad poziomem terenu. Podłogi piwnic oparte na drewnianych legarach ułożonych na ceglanych podmurówkach z przestrzenią podpodłogową wentylowaną za pomocą kominów. Ściany piwnic murowane z pustką powietrzną 6 cm na zaprawie wapienno-cementowej z odpowiednią ilością cegieł wiążących. Jako izolację przeciwwilgociową ścian piwnic zastosowano izolację asfaltową na całej powierzchni ścian poniżej terenu. Pomieszczenia o zwiększonej wilgotności, jak pralnia, magiel itp. zabezpieczono izolacją poziomą i pionową na bazie asfaltu.

Nadziemna część budynku głównego murowana z cegły ceramicznej pełnej z oblicówką ceramiczną. Od strony frontowej elewacje posiadają liczne zdobione elementy ceramiczne (rys. 1) murowane jednocześnie ze wznoszonymi murami. Stropy nad poszczególnymi kondygnacjami są belkowe drewniane



Rys. 1. Widok poczty od strony wejścia głównego
Fig. 1. View of the post office building from the main entrance

wing took place, together with renovation of brick vaults in a part of the corridor on the first floor.

2. Description of the construction

The post office complex of objects was made as brick structure with various types of floors: on wooden beams, segmental on steel beams and in the form of brick vaults.

The foundation of the complex is on heterogeneous ground which consists from a layer of peat 1-5 m in thickness, under which there exists a layer of silt about 1,5 m in thickness, and underneath there is bearing ground. Due to this fact the main building together with the building of packing department have been settled on wooden pile foundations driven into the ground to the depth of 11 m below the level of the terrain. The number of piles driven into the ground was 1500 [1]. On the piles a wooden grillage was arranged and on this there were put up massive stone foundation walls of about 0,9 m in width at their bottom part, up to the set-off height 1.5-1.7 m above the level of the grillage. Above it brick walls were made of the width 0.77 m and the height from 3.8 to 4.1 m. The rooms of the cellars under the whole main building have 3.0 m in height and they have got brick vaults resting on arcaded spans. Due to large slope of the terrain towards the Odra river, a part of the cellars is underground, and a part is over the level of terrain. The floors of the cellars are supported on wooden joists arranged on brick underpinning works with space under the floor ventilated with the help of funnels. The walls of the cellars are brick walls with 6 cm air voids on the lime-cement mortar with suitable number of binding bricks. The anti-damping insulation of the cellars walls was made as asphalt insulation applied on the whole surface of the walls below the terrain. The rooms of increased dampness, such as laundry, mangle etc. have been protected with horizontal and vertical insulation on the base of asphalt.

The above-the-ground part of the main building is made from full ceramic brick with ceramic facing. The front façades have got numerous adorned ceramic units (fig. 1) laid simultaneously with raising the walls.

The above-the-ground part of the main building is made from full ceramic brick with ceramic facing. The front façades have got numerous adorned ceramic units (fig. 1) laid simultaneously with raising the walls.

w układzie poprzecznym z wyjątkiem odcinkowych stropów w korytarzach oraz ceglanych sklepień krzyżowych w pomieszczeniach nad partem wokół wejścia głównego i nad klatkami schodowymi. Więźby dachowe nad skrzydłami budynku głównego są drewniane o konstrukcji mieszanej (płatwiowo-kleszczowej z jedną ścianką stolcową i z zastrzałami) oraz konstrukcji stalowej w postaci kratownic nad nadbudowaną częścią starej paczkarni.

Pokrycie dachowe z blachy ocynkowanej i częściowo z papy termozgrzewalnej oraz zbrojonego szkła w świetlikach budynku głównego. Klatki schodowe betonowe, a głównie wykonane z konstrukcji stalowej kutej z marmurowymi stopniami. Posadzki we wszystkich pomieszczeniach dostępnych dla klientów wyłożone są płytkami ceramicznymi, w pozostałych pomieszczeniach podłogi drewniane, jedynie w ważniejszych pomieszczeniach dyrekcji ułożony jest parkiet.

Zespół budynku od początku powstania wyposażony był w instalację centralnego ogrzewania wodnego oraz system centralnej wentylacji – klimatyzacji. Świeże powietrze było doprowadzone do głównych pomieszczeń poprzez pionowe szachty, a następnie rozprowadzane małymi kanałami i rurami. Nawiew świeżego powietrza następował z wyrzutni pod stropem, a odprowadzenie zużytego powietrza poprzez kanały prowadzące do piwnicy i wyprowadzone do kanałów aspiracyjnych, w których występowały duże ruchy powietrza wywołane wyższą temperaturą z kotła grzewczego. Ponieważ wentylacja musiała być skuteczna również latem, dlatego obok kotła grzewczego ustawiono małe „palenisko letnie”.

3. Opis uszkodzeń sklepień ceglanych

Sklepienia ceglane nad pomieszczeniami wokół wejścia głównego do budynku wykonane są z cegły ceramicznej pełnej o grubości w polach 12 cm z żebrami o grubości 25 cm. Układ żeber w sklepieniach podano na rys. 2.

Zgodnie z danymi zawartymi w pracy [1] oraz wg [2] i [3], dopuszczalne obciążenie użytkowe dla pomieszczeń biurowych i mieszkalnych wynosiło 2,0 kN/m². Pomieszczenia usytuowane nad tymi sklepieniami były przeznaczone na biurowe i w takiej formie użytkowane do lat czterdziestych ubiegłego stulecia. W końcu lat sześćdziesiątych i w latach siedemdziesiątych nastąpiła modernizacja wielu placówek pocztowych na terenie Pomorza Zachodniego [1]. W związku z tym te pomieszczenia zaadaptowano na inne potrzeby, zwiększając tym samym obciążenie użytkowe. Nadmie-

The floors over individual storeys are wooden beam floors in the transverse arrangement except for the segmental floors in corridors and brick cross-shaped vaults in the rooms over the ground floor around the main entrance and over the staircases. The rafter framings over the wings of the main building are wooden of mixed construction (of purlin-collar structure with one post truss wall with braces) and steel construction in the form of truss over the extension part of the old packing department.

Roof coverage is made from galvanized steel sheet and partly from thermally joined tar-board and reinforced glass in the skylights of the main building. The staircases are concrete, and mainly executed from forged steel construction with marble steps. The floors in all rooms accessible for customers are paved with ceramic tiles, in the remaining rooms floors are wooden, parquet floor is laid only in more important rooms of the management.

The complex of the building from the beginning of its history was equipped with the installation of water central heating and the system of central ventilation and air-conditioning. Fresh air was delivered to the main rooms through vertical wall channels, and then distributed through small channels and pipes. The intake of fresh air was from ventilation box under the ceiling, withdrawing of the used air through the channels leading to the cellar and led out to aspiration channels in which strong air movements took place due to higher temperature from the heating boiler. Because ventilation had to be also effective in the summer, this is why there was a small ‘summer hearth’ put next to the heating boiler.

3. Description of damages of brick vaults

Brick vaults over the rooms around the main entrance to the building are made from full ceramic brick of 12 cm in thickness, with fins of 25 cm in thickness. The arrangement of the fins in the vaults has been shown in fig. 2.

In accordance with the data contained in the study [1], and according to [2] and [3], the admissible operational load for offices and habitable rooms was 2.0 kN/m². The rooms situated over these vaults were designed to be office rooms and in such form they were used till the fortieth years of the last century. In the end of the sixtieth and in the seventieth years the modernization of many post offices on the terrain of Western Pomerania took place [1]. Due to that, these rooms got adapted to different needs, thus enlarging the operational loads. One should also mention, that during

nić należy, że podczas długoletniego okresu eksploatacji głównego budynku (ponad 130 lat) nastąpiło pewne zużycie techniczne poszczególnych elementów układu konstrukcyjnego budynku.

W rozpatrywanych pomieszczeniach usytuowanych nad sklepieniem ceglany zmieniono funkcję użytkową z mieszkalno-biurowej na rozdzielnię paczek i wprowadzono mechaniczny przewóz paczek za pomocą wózków ręcznych i elektrycznych. Wskutek zwiększonego obciążenia użytkowego nastąpiło

uszkodzenie sklepień ceglanych w postaci pęknięć i zarysowań o różnej rozwartości, których charakter i przebieg przedstawiono na rys. 2.

Największe pęknięcia i zarysowania wystąpiły w środku rozpiętości łuku „A”, co zostało dokładnie ujawnione w wyniku dokonanych odwiertów na łuku i sklepieniach do powierzchni cegły (rys. 3). W największym pęknięciu w łuku „A”, po odkuciu tynku stwierdzono obluzowane cegły oraz ubytki dolnych części cegieł. Na obluzowanych ceglach łuku po ich zaklinowaniu klinami drewnianymi przed ich wypadnięciem i po ich zeszlifowaniu oraz na innych pęknięciach założono czujniki do rejestracji propagacji rys.

Uszkodzenia sklepień ceglanych przedstawione na rys. 3 nastąpiły wskutek ich przeciążenia składowanymi paczkami oraz wózkami do ich transportu.

W czerwcu 2007 r. wykonana była ekspertyza [10], która dopuściła obciążenie użytkowe sklepienia w korytarzu położonym na

I piętrze w wysokości $20,0 \text{ kN/m}^2$, a w pozostałych



Rys. 2. Rzut sklepień z rysami i pęknięciami (linie przerywane)
Fig. 2. Sketch of vaults with scratches and splits (discontinuous line)

occurred damage of brick vaults in the form of cracks and scratches of a variety of splitting, whose character and course have been presented on fig. 2.

The largest cracks and scratches occurred in the centre of the span of the arch 'A', which has been exactly disclosed in the result of testing bore-holes drilled on the arch and the vaults up to the surface of brick (fig. 3). In the largest crack in the arch 'A', slack bricks and material losses of the bottom part of bricks have been found after chiseling the plaster off. On the slack bricks of the arch, after wedging them up with wooden wedges to protect them from falling off and after grinding them, and on other cracks, sensors for registration of propagation of the scratches were installed.

Damages of brick vaults presented in fig. 3 occurred as the result of their overload with post parcels stored above and with trolleys for transportation of the parcels.

The structural survey carried out in June 2007 [10] allowed the operational load of the vault in the corridor

situated on the first floor to be up to 20.0 kN/m^2 ,



Rys. 3. Widok spękanego łuku A i części sklepienia nr 4
Fig. 3. View of the cracked arch A and part of vault no. 4

pomieszczeniach 5,0 kN/m². Poza tym przyjęto w tej ekspertyzie dodatkowo obciążenie pomieszczeń w wysokości 20,0 kN od transportu wózkami paletowymi jako obciążenie krótkotrwałe.

4. Analiza przyczyn powstałych uszkodzeń

Dla analizy przyczyn powstałych uszkodzeń ceglanych sklepień zamontowano na pęknięciach i rysach czujniki do obserwacji ich propagacji oraz wykonano badania geodezyjne osiadań budynku, których celowość wynikała z następujących przyczyn:

- posadowienia na słabym podłożu,
- wielokrotnej rozbudowy i modernizacji,
- ewentualnej zmiany poziomu wód gruntowych,
- przeciążenia z uwagi na zmianę funkcji wielu pomieszczeń,
- ewentualnego wpływu drgań wywołanych ruchem drogowym.

Pomiary nierównomierności osiadań wykonano za pomocą niwelacji cokołu budynku po jego obwodzie, a także niwelacji posadzek na parterze w sali operacyjnej w westybulu pod zarysowanym sklepieniem ceglany.

Wpływ nierównomierności osiadań pionowych ścian na ich stan graniczny użyteczności wg ustaleń normowych [4], sprawdza się wg wzoru:

$$\Theta_{sd} \leq \Theta_{adm}$$

gdzie $\Theta_{adm} = \Delta u / L$ – kąt odkształcenia postaciowego, natomiast Δu – wartość różnicy pionowych przemieszczeń wyznaczonych na obydwu końcach wydzielonego pasma ściany o długości L z największą kumulacją odkształceń.

W przypadku, gdy pionowe przemieszczenia podłoża pod budynkiem zostały wywołane oddziaływaniami o charakterze długotrwałym lub gdy w murze zaszły już procesy reologiczne, można przyjmować zwiększoną wartość dopuszczalną kąta odkształcenia postaciowego

$$[\Theta_{adm}] = \Theta_{adm} \cdot (1 + \eta_{E\infty} \cdot \phi_{\infty}) = 0,5 \cdot 10^{-3} (1 + 0,3 \cdot 1,5) = 0,725 \cdot 10^{-3}$$

gdzie: $\Theta_{adm} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ – dopuszczalna wartość kąta odkształcenia postaciowego [4], $\eta_{E\infty} = 0,3$ – współczynnik uwzględniający zmniejszenie pełzania muru na skutek redystrybucji sił wewnętrznych w konstrukcji oraz stosunek obciążenia działającego długotrwałe do obciążenia całkowitego konstrukcji murej, $\phi_{\infty} = 1,5$ – końcowa wartość współczynnika pełzania.

Największa kumulacja odkształceń pionowych $\Delta u = 40$ mm występuje w paśmie ściany o długości

and in the remaining rooms 5.0 kN/m². Beside to that, it was accepted in that structural survey that the rooms may be loaded additionally to the level of 20.0 kN by transportation with pallet trolleys as short-term load.

4. Analysis of the causes of formed damages

To carry out the analysis of the causes of the created damages of brick vaults the sensors were installed on cracks and scratches to observe their propagation and there was executed the geodesist's survey of subsidence of the building. The advisability of these activities resulted from the following causes:

- foundation of the building on a weak subsoil,
- multiple extension and modernization,
- possible change of the underground water level,
- overload due to the change of the function of many rooms,
- possible influence of vibrations due to traffic.

The measurements of inequality of subsiding have been executed by leveling of the pedestal of building following its periphery, and also by leveling of floors on the ground floor in the operating hall in the vestibule under the scratched brick vault.

The influence of inequality of subsiding of vertical walls on their boundary condition for ability to be used according to the settlements by standards [4], is checked with the use of the formula:

wherein $\Theta_{adm} = \Delta u / L$ – the angle of non-dilatational strain, whereas Δu – the value of difference of vertical dislocation as determined on both ends of a isolated strip of the wall of the length L with the largest accumulation of strains.

In the case, when the vertical dislocation of the subsoil under the building have been caused by long-term influences, or when rheological processes have already taken place the wall, one can accept enlarged admissible value of the angle of the non-dilatational strain

wherein: $\Theta_{adm} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ – admissible value of the angle of non-dilatational strain [4], $\eta_{E\infty} = 0,3$ – coefficient taking into account decrease of creep of the wall in the consequence of redistribution of internal forces in the construction and the ratio of the long-term working load to the total load of the brick wall construction, $\phi_{\infty} = 1,5$ – the final value of the creep coefficient.

The largest accumulation of vertical strains $\Delta u = 40$ mm occurs in the strip of the wall of the

$L = 4,2$ m przy wejściu głównym. Odształcenie postaciowe tego pasma z otworami okiennymi $\Delta u = 40/4200 = 0,0095 = 9,52 \cdot 10^{-3}$ o 13 razy przekracza wartość dopuszczalnego kąta odształcenia postaciowego $[\Theta_{adm}] = 0,725 \cdot 10^{-3}$. Oznacza to, że w pasmach międzyokiennych na skutek tak dużego nierównomiernego osiadania ściany powinny byłyby powstać zarysowania ukośne [6, 7]. W rzeczywistości podczas wizji lokalnej podobnych zarysowań nie stwierdzono na wszystkich ścianach podłużnych budynku. Biorąc pod uwagę powyższe, podstawowa przyczyna powstałych uszkodzeń sklepień ceglanych związana jest ze zmianą funkcji pomieszczeń na I piętrze w stosunku do pierwotnego projektu [1], gdzie znajdowały się pomieszczenia: gabinet głównego dyrektora, przedpokój, pomieszczenia dla personelu nadzoru oraz korytarz łączący te pomieszczenia. Natomiast przesyłki pocztowe były składowane w piwnicach, a ich sortowanie odbywało się na parterze.

Obciążenie użytkowe dla pomieszczeń znajdujących się nad sklepieniami ceglanych wg normy DIN 1055 [2] wynosiło $2,0 \text{ kN/m}^2$. Należy nadmienić, że wg normy polskiej PN-82/B-02000, obciążenie użytkowe dla pomieszczeń biurowych również wynosi $2,0 \text{ kN/m}^2$, a dla pomieszczeń komunikacyjnych w biurach wynosi $2,5 \text{ kN/m}^2$.

Sklepienia ceglane będące przedmiotem ekspertyzy zostały zaprojektowane i wykonane dla ww. obciążeń użytkowych. Zgodnie z danymi pracy [8] wytrzymałość cegły stosowanej w XIX wieku wynosiła około $f_b = 5,2 \div 6,0 \text{ MPa}$, natomiast wytrzymałość murarskiej zaprawy wapiennej wynosiła $f_m = 1,0 \div 2,0 \text{ MPa}$, co odpowiada najniższej marce zaprawy wg aktualnych norm. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie wykonanego z takich materiałów wg normy [4] będzie w granicach:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} = 1,6 \div 2,2 \text{ MPa}$$

gdzie: $K = 0,5$.

Natomiast wytrzymałość obliczeniowa muru z uwzględnieniem współczynnika bezpieczeństwa $\gamma_m = 3,0$ [13] wyniesie:

$$f_d = 0,5 \div 0,7 \text{ MPa}$$

Wg pracy Oniszczyka [9] sklepienia o stosunku strzałki do rozpiętości od $1/6$ do $1/12$ należy rozpatrywać jako sklepienia spłaszczone, a ich minimalna grubość winna wynosić (przy wytrzymałości muru na ściskanie $0,7\text{-}0,8 \text{ MPa}$):

- przy rozpiętości do $3,0 \text{ m} - \frac{1}{2}$ cegły,
- przy rozpiętości $4\text{-}6 \text{ m} - 1,0$ cegła.

Zalecane minimalne grubości sklepień wyznaczono

length $L = 4.2$ m near the main entrance. The non-dilatational strain of this strip with window openings $\Delta u = 40/4200 = 0.0095 = 9.52 \cdot 10^{-3}$ exceeds about 13 times the admissible angle of the non-dilatational strain $[\Theta_{adm}] = 0.725 \cdot 10^{-3}$. This means, that in strips between the windows, as the result of so large unequal subsiding of the wall, there should occur slanting scratches [6, 7]. In fact no similar scratches on all the longitudinal walls of the building have been found during the on site inspection. Taking into consideration the above mentioned, the basic cause of the damages formed in brick vaults is connected with the change of the function of the rooms on the first floor in relation to their original project destination [1], where the following were provided to be: the manager's study, the hall, rooms for the supervision staff and the corridor linking these rooms. The post parcels were stored in the cellars, and their sorting was held on the ground floor.

Operational load for the rooms situated over the brick vaults according to the standard DIN 1055 [2] was 2.0 kN/m^2 . It should be mentioned, that according to the Polish standard PN-82/B-02000, the operational load for office rooms also equals 2.0 kN/m^2 , and for communication rooms in the offices it is 2.5 kN/m^2 .

Brick vaults which are the object of the survey were designed and executed for the above mentioned operational load. According to the data in the study [8] strength of the brick applied in XIX century was about $f_b = 5.2 \div 6.0 \text{ MPa}$, whereas strength of bricklayer's lime mortar was $f_m = 1.0 \div 2.0 \text{ MPa}$, which corresponds to the lowest grade of mortar according to current standards. Characteristic compression strength of a brick wall made from such materials according to the standard [4] will be within the limits:

wherein: $K = 0.5$

Whereas the computational strength of a brick wall, considering the coefficient of the safety $\gamma_m = 3.0$ [13], will be:

According to the study by Oniszczyk [9] vaults with the ratio of the arch rise to the span of the arch from $1/6$ to $1/12$ should be regarded as flattened vaults, and their minimum wall thickness ought to be (at the wall compression strength $0.7\text{-}0.8 \text{ MPa}$):

- for the arch span up to $3.0 \text{ m} - \frac{1}{2}$ of a brick,
- for the arch span $4\text{-}6 \text{ m} - 1.0$ of a brick.

The recommended minimum thickness of vaults

dla ich obciążenia nie przekraczającego $5,0 \text{ kN/m}^2$, w skład którego wchodzi obciążenie użytkowe, wszystkie warstwy stropu, oprócz ciężaru sklepienia.

W związku z powyższym określone w ekspertyzie [10] dopuszczalne obciążenie użytkowe dla przedmiotowych sklepień ceglanych znacznie przekraczało obciążenie określone wg pracy [9]. Szczególnie niebezpiecznym dla rozpatrywanych sklepień stanowiło użytkowe obciążenie skupione określone w ekspertyzie [10] w wysokości $20,0 \text{ kN/m}^2$.

O przeciążeniu rozpatrywanych sklepień takim obciążeniem użytkowym świadczy morfologia zarysowań podana na rys. 2. Z analizy morfologii zarysowań wynika, że nad pomieszczeniem nr 5 (patrz rys. 2), gdzie nie było ruchu wózków i magazynowania przesyłek (pomieszczenie skarbcza i administracyjne) nie wystąpiło zarysowanie sklepień ceglanych. Natomiast nad pozostałymi pomieszczeniami nr 1, 2, 3, 4, 6, gdzie odbywał się ruch wózków i magazynowanie przesyłek, wystąpiły zarysowania sklepień nad tymi pomieszczeniami. Przebieg zarysowań sklepień nad tymi pomieszczeniami pokrywa się z kierunkiem ruchu wózków i ciężarem składowanych przesyłek.

Najniebezpieczniejsze zarysowania wystąpiły w sklepieniu pod korytarzem I piętra, którego ciężar własny jest największy z uwagi na układ warstw, wynoszący około $11,0 \text{ kN/m}^2$. W korytarzu tym poza intensywnym ruchem wózków magazynowano największą ilość przesyłek.

Zdaniem autorów referatu, do powstania zarysowań sklepień ceglanych nie mogło przyczynić się nierównomierne osiadanie podłoża pod budynkiem. Mało prawdopodobnym wydaje się wpływ drgań od pojazdów poruszających się ulicami przyległymi do budynku. Drgania te są tłumione przez ściśliwy grunt zalegający w rejonie budynku Poczty oraz posadowienie budynku na palach i ruszcie drewnianym [11, 12, 13]. Poza tym konstrukcja nośna murowa budynku wykonana jest na podatnej zaprawie wapiennej. Należy nadmienić, że sklepienia jako konstrukcje rozporowe są odporne w dość znacznym zakresie na działania obciążeń dynamicznych a nawet sejsmicznych [14]. Natomiast wrażliwość muru na obciążenia dynamiczne wzrasta w przypadku istniejących zarysowań lub spękań, gdyż drgania zwiększają ich propagację [15].

5. Koncepcja naprawy powstałych uszkodzeń

Zagadnienie napraw, wzmocnienia i konserwacji sklepień murowanych jest dość szeroko omówiona we współczesnej literaturze [5, 8, 17, 18, 19].

was determined for load not exceeding 5.0 kN/m^2 , this includes operational load, all shells of the ceiling, except for the weight of the vault.

In the relationship with above mentioned, the admissible operational load for the brick vaults, as defined in the survey [10], considerably exceeded the load defined in the work [9]. The concentrated operational load defined in the survey [10], which was at the level of 20.0 kN/m^2 , was particularly dangerous for the considered vaults.

The morphology of scratches as presented in fig. 2 testifies about the overload of the considered vaults with such operational load. From the analysis of morphology of scratches it is visible, that over the room no. 5 (see fig. 2), where there was no movement of trolleys and where no mail was stored (the strong-room and an administrative room) no scratches of the brick vaults have occurred. Whereas over the remaining rooms nos. 1, 2, 3, 4, 6, where the movement of trolleys was held and where mail was stored, there occurred scratches of the vaults. The course of the scratches of vaults over these rooms agrees with the direction of the movement of trolleys and the weight of stored mail.

The most dangerous scratches occurred in the vaults under the corridor of the first floor, whose own weight is the largest due to the arrangement of shells and is equal to about 11.0 kN/m^2 . In this corridor, besides to intensive movement of trolleys, the largest quantity of mail was stored.

In the opinion of the authors of the report, unequal subsiding of the subsoil under the building could not have contributed to occurrence of scratches of the brick vaults. It is also not very likely that it was influenced by the vibrations from the traffic in the streets adjoining to the building. These vibrations are muffled by compressible ground lying in the region of the post office building and the foundation of the building on piles and wooden grillage [11, 12, 13]. Besides, the brick wall bearing construction of the building is made on yielding lime mortar. One should mention that vaults as stretching constructions are resistant in quite considerable range to the operation of dynamic loads and even to seismic ones [14]. However the sensitivity of the wall to dynamic loads grows up in case there exist scratches or cracks, because vibrations increase their propagation [15].

5. Conception of repairing of the created damages

The question of repairs, strengthening and preservation of brick vaults is quite broadly discussed in the present literature [5, 8, 17, 18, 19].

Wybór sposobu napraw uszkodzonych sklepień zależy od wielu czynników i wymaga szczegółowej analizy co do jego efektywności. W związku z tym niżej przytoczono ewentualne sposoby napraw przedmiotowych sklepień przy założeniu, że będą one spełniać funkcję stropu między parterem a piętrem zgodnie z pierwotnym projektem, czyli będą przenosić obciążenie użytkowe nieprzekraczające $2,0 \text{ kN/m}^2$ jak dla pomieszczeń biurowych [2]. Rozważano następujące sposoby napraw:

- Odciążenie sklepień poprzez wymianę istniejącej zasyпки na lżejszą, np. z keramzytu.
- Zastosowanie od spodu sklepień odciażającego płaszcza żelbetowego w postaci zamocowanych do sklepień siatek stalowych obetonowanych torkret – betonem o grubości ok. 60 mm.
- Odciążenie sklepień murowanych za pomocą rusztu stalowego opartego na ścianach nośnych i przenoszącego w całości obciążenie użytkowe.
- Zastosowanie żeber stalowych od spodu sklepienia wzmacniających nadproża łukowe.
- Zastosowanie żeber żelbetowych lub murowych usytuowanych od strony zewnętrznej spękanych łuków drzwiowych i okiennych.
- Zastosowanie ściągów stalowych w obrębie nadproży łukowych [8].
- Zastosowanie płaszcza żelbetowego lub żeber żelbetowych, stalowych lub ewentualnie z drewna klejonego, usytuowanych od góry sklepienia.
- Zbrojenie zarysowanych sklepień za pomocą prętów stalowych ze stali żebrowanej lub specjalnych prętów spiralnych.
- Zbrojenie zarysowanych i spękanych przesklepień za pomocą taśm lub mat z włókien sztucznych mocowanych do muru za pomocą specjalnych klejów [19, 20, 21].
- Iniekcja istniejących zarysowań i spękań [8]. Spełnia ona dwójaką rolę przy wzmacnianiu murów sklepień. Pierwszym celem jest wypełnienie wolnych przestrzeni i szczelin (rys i pęknięć), co ma stworzyć ze spękanego sklepienia materiał zhomogenizowany. Drugim celem iniekcji jest wzmocnienie zaprawy, która na skutek długotrwałej eksploatacji uległa uszkodzeniu lub została wykruszona ze spoin w sklepieniu.

Po analizie powyższych możliwości napraw powstałych uszkodzeń sklepień ceglanych przyjęto koncepcję polegającą na wzmocnieniu najbardziej spękanego łuku „A” od spodu konstrukcją stalową zakrytą tynkiem oraz wykonanie iniekcji uwidoczniionych pęknięć i zarysowań po odkuciu tynku za pomocą materiału iniekcyjnego o niskiej

The choice of the way of repairing of damaged vaults depends on many factors and requires a detailed analysis as to its effectiveness. Regarding this the possible ways of repairing of objective vaults have been quoted below, with the assumption that they will fulfill the function of the floor between the ground floor and the first floor as it had been provided in the original design, i.e. they will transfer operational load not exceeding 2.0 kN/m^2 as provided for office rooms [2]. The following ways of repairs were considered:

- Relieving the vaults by replacing the existing backfill with lighter material, e.g. keramzite.
- Application from the bottom of the vaults a relieving reinforced concrete shell in the form of steel mesh fixed to the vaults gunnite covered, having about 60 mm in thickness.
- Relieving the brick vaults using steel grillage supported on the bearing walls and completely transferring the operational load.
- Application of steel fins from the bottom of the vault to strengthen arched lintels.
- Using reinforced concrete or brick fins situated from the external side of the cracked door and window arches.
- Using steel stays in the area of arched lintels [8].
- Using reinforced concrete shell or reinforced concrete fins, steel fins or alternatively fins made from plywood, situated from the top of the vaults.
- Reinforcement of the scratched vaults using steel rods from ribbed steel or special spiral rods.
- Reinforcement of the scratched and cracked vault constructions using the tapes or mats made from artificial fibers fixed to the wall using special glues [19, 20, 21].
- Injection of the existing scratches and cracks [8]. This fulfils double role in strengthening brick walls of vaults. The first purpose is filling free spaces and crevices (scratches and cracks) which has to turn the cracked vault into homogenous material. The second purpose of the injection is strengthening of the mortar which in the consequence of long-lasting exploitation underwent damage or crumbled out from the joints in vaults.

Having analyzed the above mentioned possibilities of repairing the damages formed in the brick vaults it was decided to accept the conception which consists in strengthening of the most cracked arch ‘A’ from the bottom with a steel construction covered with plaster and making injections of the visible scratches and cracks after chiseling off the plaster;

lepkości specjalnie opracowanego przez firmę MC Bauchemie na podstawie przeprowadzonych przez autorów badań składu zaprawy istniejącej w spoinach sklepień. Dla dodatkowego wzmocnienia sklepień i łuków ceglanych od ich spodu po usunięciu tynku zalecono zamontowanie siatek z włókna węglowego [23]. Szczególną uwagę zwraca się na fakt, że wymagające napraw sklepienia ceglane znajdują się w budynku zabytkowym i w związku z tym podlegają odpowiednim uzgodnieniom z konserwatorem zabytków [22].

the injection to be used is special low viscosity material worked out by firm MC Bauchemie on the basis of the investigation of the composition of the mortar existing in the joints of vaults, specially conducted by the authors of the article. To have the vaults and brick arches additionally strengthened from their bottom side after removal of the plaster it is recommended to install meshes from carbon fibers [23]. It is worth pointing out, that the brick vaults which require repairs are in an antique building and due to this suitable settlements with the conservator of relics are requested [22].

Literatura • References

- [1] Makowska B., *Zespół budynków pocztowych przy ul. Dworcowej nr 20 w Szczecinie. Monografia architektoniczno-konserwatorska*, Warszawa 2001.
- [2] Verkerlast nach DIN 1055 Blatt 3, 1934.
- [3] Ahnert R., Krause K.H., *Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin 1998.
- [4] PN-B-03002. *Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie*.
- [5] Janowski Z., *Analiza sklepień w obiektach zabytkowych*, XI Konferencja naukowo-techniczna „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i zabytkowym” REMO 2004, Wrocław – Kliczków 2004.
- [6] Lewicki B., Jarmontowicz R., Kubica J., *Podstawy projektowania niezbrojonych konstrukcji murowych*, ITB, Warszawa 2001.
- [7] Kawulok M., *Ocena właściwości użytkowych budynku z uwagi na oddziaływanie górnicze*, ITB, Warszawa 2000.
- [8] Janowski Z., Hojdys Ł., Krajewski P., *Sklepienia zabytkowe – klasyfikacja, ocena stanu technicznego i nośności, naprawy i wzmocnienia*, Warsztat pracy projektanta konstrukcji. XXII Ogólnopolska Konferencja, Szczyrk 2007.
- [9] Oniszczyk L., *Kamiennye konstrukcje*, Strojizdat, Moskwa 1939.
- [10] *Ekspertyza konstrukcyjno-budowlana dot. stanu konstrukcji oraz wielkości dopuszczalnego obciążenia stropów pomieszczeń rozdzielni na I piętrze budynku przy ul. Dworcowej 20a*, Pracownia Projektowa „BAD-KON”, Gryfice, 2007.
- [11] Ciesielski R., *Określenie wpływu obciążeń dynamicznych na mury w budynkach zabytkowych*, V Konferencja Naukowo-Techniczna „Inżynieryjne problemy odnowy staromiejskich zespołów zabytkowych”, Kraków 2000.
- [12] Ciesielski R., Maciąg E., *Drgania drogowe i ich wpływ na budynki*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.
- [13] *Diagnostyka dynamiczna i zabezpieczenia istniejących budynków mieszkalnych przed szkodliwym działaniem drgań na właściwości użytkowe budynków*, Instrukcja 348/98 Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa 1998.
- [14] Sieczkowski M., Szolomicki J., *Metody obliczeń statyczno-wytrzymałościowych sklepień w budowalach gotyckich*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1999.
- [15] Małyszko L., Orłowicz R., *Konstrukcje murowe. Zarysowania i naprawy*, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn 2000.
- [16] *Ekspertyza budowlana dot. konstrukcji stropów korytarzy i pomieszczeń rozdzielni w budynku Urzędu Przewozu Poczty przy ul. Dworcowej 20b w Szczecinie*, Pracownia Projektowa „BAD-KON”, Gryfice 2008.
- [17] Janowski Z., *Przyczyny zawalenia sklepień i problemy związane z ich odbudową*, XII Konferencja Naukowo-Techniczna, Szczecin – Międzyzdroje 2005.
- [18] Janowski Z., Hojdys Ł., Krajewski P., (2006) *Uszkodzenia oraz analiza statyczna wpływu zasypki na pracę sklepień ceglanych*, VII Konferencja Naukowo-Techniczna „Inżynieryjne problemy odnowy staromiejskich zespołów zabytkowych”, Kraków 2006.

- [19] Jasieńko J., Łodygowski T., Rapp P., *Naprawa, konserwacja i wzmacnianie wybranych, zabytkowych konstrukcji ceglanych*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006.
- [20] Małyszko L., Orłowicz R., *Wzmocnienie murów zginanych głównie w swojej płaszczyźnie*, X Konferencja Naukowo-Techniczna REMO, Wrocław – Kliczków 2002.
- [21] Orłowicz R. i in., *Wybrane aspekty wzmacniania filarów murowych za pomocą materiałów kompozytowych*, Przegląd Budowlany, 2004, nr 4.
- [22] Tajchman J., *Czynniki warunkujące i kształtujące ochronę i konserwację zabytków architektury*, (w:) *Architectura et historia. Studia Mariano Arsyński septuagenario dedicata*, Toruń 1999.
- [23] Aprobata techniczna IBDiM AT/2006-03-2005: *Zestaw materiałów Ruredil przeznaczonych do wzmocnień elementów konstrukcji murowych i betonowych*.

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin, Polska
West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland

Streszczenie

W referacie omówiono dwa przykłady zastosowania szkła o dużych rozpiętościach, pełniącego funkcje konstrukcyjne, do ekspozycji elementów zabytkowych w budynkach. Szkło, ze względu na swą przezierność i neutralność architektoniczną pozwala na zachowanie cennych elementów zabytkowych tak, że pozostają one wbudowane tam, gdzie je odkryto, mogą być elegancko wyeksponowane, a jednocześnie funkcja budynku nie jest w żadnym stopniu zaburzona.

To rozwiązanie jakże częstych dylematów przy pracy z budynkami historycznymi: funkcjonalność nowoczesności – czy zachowanie historycznych wartości? Co poświęcić kosztem czego? Omówiona technologia w wielu przypadkach będzie rozwiązaniem zaspokajającym obie te potrzeby. A kluczowym argumentem może być jej łatwa dostępność i możliwość realizacji tu w Polsce.

Abstract

The lecture describes two examples of the application, where a wide range glass is being used, as a structural component, in order to expose historic parts of the building. Glass, being transparent and architectural neutral allows preserving valuable historic elements especially that they remain integrated just as they were discovered, yet elegantly displayed, while at the same time none of the building's function is impaired.

It is a solution for common dilemmas when working with a historic building: functionality of modern ways or rather preserving its historic value? Which will be sacrificed as a cost? The described technology in many cases will fulfil both of those needs equally. And the key argument could be its availability and capability for its realization here in Poland.