

mgr inż. Tomasz Majewski¹⁾
dr hab. inż. Maciej Niedostatkiwicz^{1)*}

Aspekty techniczne przebudowy przekrycia budynku ujeżdżalni koni

Technical aspects of reconstruction the roof covering the building of the manege of horses

DOI: 10.15199/33.2015.03.13

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane wyniki analizy możliwości przebudowy układu konstrukcyjnego budynku ujeżdżalni koni w celu przystosowania go do funkcji wysokostandardowego obiektu handlowego – ekskluzywnej małej hali targowej na terenie nowo realizowanego osiedla, którego główną część substancji mieszkaniowej stanowią apartamenty w loftach. Szukano odpowiedzi na pytanie, czy przebudowa układu konstrukcyjnego przekrycia w postaci stalowych wiązarów kratowych będzie możliwa do przeprowadzenia ze względów technologicznych.

Słowa kluczowe: remont, modernizacja, przebudowa, ujeżdżalnia koni, ochrona konserwatorska.

Abstract. The article presents selected results of the possible redevelopment analysis of a manege riding hall building, to be undertaken in order to adjust it to the function of a high-standard commercial trade object – an exclusive small market hall in the vicinity of a newly constructed residential development whose major part of the housing area consists of loft apartments. It has been sought to answer the question of whether a redevelopment of roofing structural system in the form of steel girder trusses is possible due to technological reasons.

Keywords: renovation, modernisation, redevelopment, manege riding hall, conservational protection.

Analizowany budynek został wybudowany na terenie dawnych koszar wojskowych na początku XX w. z przeznaczeniem na ujeżdżalnię koni. W okresie eksploatacji wielokrotnie zmieniano sposób użytkowania: w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych pełnił funkcję magazynową, w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX w. warsztatowo-magazynową, a obecnie nie jest użytkowany i został całkowicie wyłączony z eksploatacji (fotografia 1).

Budynek został zrealizowany w technologii tradycyjnej: mury grubości 38 cm wykonano z cegły ceramicznej pełnej klasy 75 – 100 ($f_b = 7,5 - 10,0$ MPa)



Fot. 1. Budynek ujeżdżalni koni (stan istniejący)

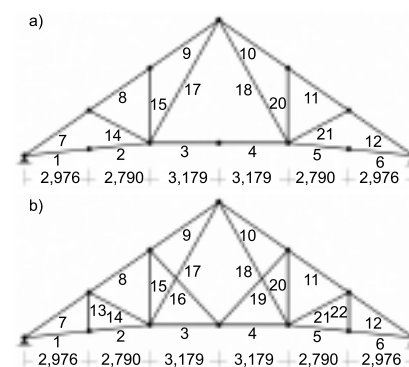
¹⁾ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji:
e-mail: mniedost@pg.gda.pl

na zaprawie murarskiej marki M1 – M2 ($f_m = 1,0 - 2,0$ MPa). Wewnątrz budynku wydzielono, za pomocą ścian działowych, powierzchnie użytkowe (pomieszczenia socjalne, higieniczno-sanitarne, gospodarcze), które w okresie użytkowania były wielokrotnie przebudowywane. Przekrycie budynku stanowią stalowe wiązary kratowe o rozpiętości równej szerokości budynku i wysokości ok. 620 cm, na których ułożone zostały, w kierunku prostym do dźwigarów, drewniane płatwie o wymiarach w przekroju poprzecznym 23 x 26 cm. Na płatwiach w rozstawie co ≈ 120 cm były drewniane krokwie o wymiarach w przekroju poprzecznym 13 x 16 cm, natomiast na krokwiach pełne deskowanie z desek drewnianych grubości 2,2 cm. Pierwotnie stalowe wiązary wykonano jako kratownice o nitowanych węzłach, w których zastosowano nity stalowe średnicy 20 mm, natomiast pasy górne jako dwugałęziowe z ceowników][160 mm, a pasy dolne jako jednogałęziowe z płaskowników: 14 x 115 mm w strefie przypodporowej i 12 x 90 mm w środku rozpiętości wiązarów. Krzyżulce zewnętrzne oraz słupki w miejscu zmiany geometrii pasa dolnego wykonane zostały z ceowników][80 mm,

natomiast krzyżulce wewnętrzne z płaskowników stalowych o wymiarach 14 x 80 mm (rysunek 1a).

Prawdopodobnie na początku lat osiemdziesiątych XX w., ze względu na konieczność zamocowania stalowej konstrukcji do montażu sufitu podwieszanego, zmieniony został schemat statyczny wiązarów (rysunek 1b): do pierwotnego układu konstrukcyjnego kratownic dodano słupki z kątowników 2L50 x 50 x 4 mm oraz wewnętrzne krzyżulce z kątowników 2L50 x 50 x 5 mm. Połączenia nowo wykonanych elementów stalowych z istniejącą konstrukcją



Rys. 1. Stalowe wiązary kratowe przekrycia budynku ujeżdżalni koni – układ prętowy: a) podstawowy; b) po przebudowie w latach osiemdziesiątych XX w.

wiązarów kratowych wykonano jako spawane. W ramach przebudowy układu konstrukcyjnego kratownic zamocowano do ich pasów dolnych elementy stalowej konstrukcji wsporczej służącej do montażu sufitu podwieszanego – pomiędzy pasami dolnymi przyspawano dwuteowniki stalowe I 80 mm. Pokrycie połaci dachowej budynku, po wielokrotnych przebudowach, stanowiły faliste płyty azbestowo-cementowe.

Uszkodzenia przekrycia

Na ok. 20% powierzchni połaci dachowej stwierdzono uszkodzenia płyt, a na obróbkach i opierzeniach blacharskich w szczytach budynku rozległe ślady korozji powierzchniowej, przechodzącej lokalnie w korozję wżerową. Elementy drewniane więźby dachowej wychodzące poza obrys budynku były zawilgocone i nosiły ślady korozji biologicznej. Stalowe wiązary kratowe (fotografia 2) uległy korozji, ale na elemen-



Fot. 2. Stalowe wiązary kratowe przekrycia budynku ujeżdżalni koni (stan istniejący)

tach prętowych i w węzłach konstrukcyjnych nie stwierdzono korozji wżerowej. W węzłach kratownic nie stwierdzono też uszkodzeń mechanicznych blach węzłowych oraz nitów. Stan powłok malarskich na słupkach oraz krzyżulcach został określony jako niezadowolający. W spoinach, w stykach nowych i starych elementów kratownic, stwierdzono brak pełnego przetopu, nierówne granie oraz ślady korozji powierzchniowej (fotografia 3).

Analiza stanu technicznego przekrycia

Analiza stanu technicznego przekrycia została przeprowadzona pod kątem możliwości przebudowy układu konstrukcyjnego kratownic, tzn. zmiany geo-



Fot. 3. Węzły konstrukcyjne stalowych wiązarów kratowych w miejscu połączenia prętów dodatkowych z istniejącą konstrukcją: połączenie słupka zewnętrznego z pasem dolnym

metrii prętów, w celu docelowego zwiększenia powierzchni użytkowej budynku ujeżdżalni koni przez wykonanie dodatkowego stropu międzykondygnacyjnego.

Na cementowo-azbestowych płytach falistych (tzw. eternit) były lokalne uszkodzenia mechaniczne, ale nie stwierdzono luźnych, niezwiązanych włókien azbestowych. Ze względu na rodzaj materiału, z jakiego zostało wykonane oraz stan techniczny pokrycie zakwalifikowano do całkowitego demontażu i ponownego odtworzenia, niezależnie od przyjętego zakresu prac remontowych.

Pomierzona wilgotność masowa (U_m) poszczególnych elementów drewnianych krokwi i płatwi pośrednich wyniosła $9 \div 12\%$ w przypadku elementów wewnątrz budynku (stan powietrzno-suchy), natomiast w przypadku części płatwi wyprowadzonych poza obrys budynku $14 \div 26\%$ (stan wilgotny oraz mokry). Po wykonaniu obliczeń statyczno-wytrzymałościowych nie stwierdzono konieczności wzmocnienia elementów drewnianych więźby dachowej. W ramach planowanych prac remontowych zdecydowano o pozostawieniu w istniejącym stanie płatwi pośrednich oraz krokwi, natomiast deskowanie połaci dachowej wymagało wymiany.

Analizę nośności stalowych wiązarów kratowych przeprowadzono w przypadku układu prętów kratownicy przebudowanego w latach osiemdziesiątych XX wieku przy następujących założeniach:

- wielkość tzw. obciążeń środowiskowych przyjęto wg starej normy śniegowej PN-80/B-02010 ($Q_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,4$) [3] i starej normy wiatrowej PN-77/B-02011 ($q_k = 0,35 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,3$) [4] oraz obowiązujących w czasie opracowywania ekspertyzy tzw. nowej normy śniegowej PN-80/B-02010:Az1:2006

($Q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,5$) [5] i nowej normy wiatrowej PN-77/B-02011:Az1:2009 ($q_k = 0,42 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,5$) [6];

- obliczenia statyczno-wytrzymałościowe przeprowadzono w przypadku następujących schematów obciążeńowych:

a) schemat K1 (stan istniejący): obciążenia od istniejącego układu warstw przekrycia + tzw. stary śnieg + tzw. stary wiatr;

b) schemat K2 (stan projektowany): obciążenia od nowo projektowanego układu warstw przekrycia + tzw. nowy śnieg + tzw. nowy wiatr;

c) schemat K3 (stan projektowany udoskonalony): obciążenia od nowo projektowanego układu warstw przekrycia + obciążenia od systemu wentylacji mechanicznej podwieszanego do dachowych wiązarów kratowych + tzw. stary śnieg + tzw. stary wiatr;

- obliczenia statyczno-wytrzymałościowe przeprowadzono dla przypadku [7]:

a) dwukierunkowego zginania lub zginania i rozciągania (warunek normy nr 54);

b) dwukierunkowego zginania lub zginania i rozciągania, w których występuje siła poprzeczna (warunek normy nr 55);

c) osiowego rozciągania (warunek normy nr 32);

d) osiowego ściskania (warunek normy nr 39);

e) ściskania i zginania (warunek normy nr 58);

- ze względu na okres realizacji budynku oraz brak danych materiałowych przyjęto, na podstawie [8], że elementy dźwigarów zostały wykonane ze stali o wytrzymałości 120 MPa (f_{yd}) i że wytrzymałość obliczeniowa nitów stalowych jest taka jak pozostałych elementów stalowych – 120 MPa ;

- założono, że elementy wiązarów dachowych zostały wykonane ze stali niespawalnej;

- na podstawie analizy rozkładu sił wewnętrznych w elementach wiązarów dachowych jako reprezentatywne do dyskusji na temat stateczności kratownicy w różnych schematach obciążenia przyjęto następujące elementy:

a) nr 1 (pas dolny w strefie przypodporowej);

b) nr 4 (pas dolny w strefie środkowej);

c) nr 9 (pas górny w strefie środkowej).

Wyniki obliczeń (tabela) pokazały, że stalowe dachowe wiązary kratowe nie stwarzają bezpośredniego zagrożenia

bezpieczeństwa konstrukcji oraz bezpieczeństwa użytkowania (schemat K1). Maksymalny poziom wytrzymałości przekroju wyniósł ok. 78% jego nośności w przypadku pręta nr 1 (pas dolny w strefie przypodporowej).

W przypadku przebudowy polegającej na wymianie pokrycia oraz jego ociepleniu i przy pozostawieniu istniejącej geometrii stalowych wiązarów dachowych, w elementach wiązarów następuje istotne przekroczenie normowych warunków nośności: maksymalny poziom wytrzymałości przekroju wynosi ok. 115% jego nośności w przypadku pręta nr 1 (schemat K2). Wzrost wytrzymałości przekroju spowodowany był głównie koniecznością uwzględnienia zwiększonych wartości obciążeń środowiskowych (obciążenie śniegiem oraz wiatrem, przeprowadzone wg znowelizowanych norm). W praktyce przekroczenie poziomu dopuszczalnych naprężeń o ok. 15% dyskwalifikuje stalowe wiązary kratowe do dalszej eksploatacji w nowo projektowanym schemacie obciążenia, a ich wzmocnienie ze względu na brak spawalności stali jest utrudnione. Uznano, że w poszczególnych elementach wiązarów nie nastąpi już dalszy wzrost odkształceń spowodowany np. relaksacją stali. Założono, że konstrukcja dachu w praktyce przeszła tzw. weryfikację w czasie podczas użytkowania i działające obciążenia środowiskowe śniegiem oraz wiatrem nie spowodują przeciążenia konstrukcji dachu. Przyjęcie tych założeń spowodowało, że maksymalny poziom wytrzymałości przekroju wyniósł ok. 90% jego nośności w przypadku pręta nr 1 i był jedynie o ok. 12% większy od poziomu wytrzymałości w przypadku schematu K3. Dla tak przyjętego poziomu wytrzymałości i przy założeniu niezmienności geometrii stalowych wiązarów dachowych możliwa była ich dalsza eksploatacja obejmująca przebudowę pokrycia dachu budynku ujeżdżalni koni.

Zestawienie wytrzymałości, w przekrojach reprezentatywnych, prętów stalowych wiązarów dachowych dla różnych warunków normowych i zróżnicowanych schematów obciążeniowych ($f_{yd} = 120$ MPa)

Nr warunku normowego	Pręt nr 1 (pas dolny w strefie przypodporowej)			Pręt nr 4 (pas dolny w strefie środkowej)			Pręt nr 9 (pas górny w strefie przypodporowej)		
	K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3
(54)	73%	114,7%	89,5%	58,2%	88,3%	70,6%	33,2%	50,9%	40,9%
(55)	73%	114,7%	89,5%	58,2%	88,3%	70,6%	33,2%	50,9%	40,9%
(32)	65,2%	101,3%	79,5%	53,2%	82,7%	65,3%	–	–	–
(39)	–	–	–	–	–	–	36,3%	56,5%	44,9%
(58)	–	–	–	–	–	–	41,3%	63,8%	50,9%

Połączenia nitowane nie wykazywały oznak uszkodzeń – nie stwierdzono obłuzowania nitów, śladów mechanicznych uszkodzeń łbów nitów oraz uszkodzeń blach węzłowych. Spawane połączenia słupków i krzyżulców w węzłach kratownicy nie kwalifikowały się do uznania ich za spoiny konstrukcyjne z uwagi na: brak pełnego przetopu, zmienną grubość, uszkodzenia grani i korozję powierzchni. W efekcie połączenia nitowane zostały zakwalifikowane do wykorzystania, natomiast połączenia spawane – do wzmocnienia.

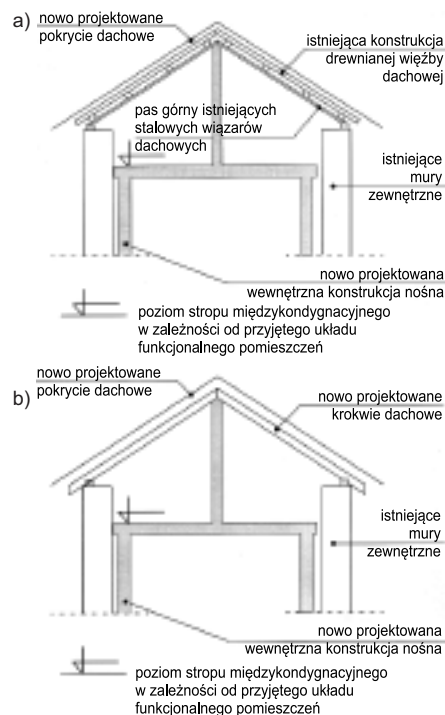
Rozwiązania projektowe przebudowy przekrycia

Rozpatrywano trzy warianty przebudowy stalowych wiązarów kratowych:

■ **wariant 1:** pozostawienie istniejącego układu statycznego wiązarów kratowych, bez konieczności wzmocnienia poszczególnych prętów kratownic; uzupełnienie spoin w blachach węzłowych przy prętach nr 13, 16, 19 oraz 22; wymiana pokrycia oraz docieplenie połaci dachowej; możliwe wykonanie nowych antresol wewnętrznych opartych na niezależnych konstrukcjach nośnych;

■ **wariant 2:** częściowa rozbiorka wiązarów dachowych i wykonanie wewnętrznej konstrukcji nośnej od istniejącej konstrukcji budynku; demontaż pasów dolnych, krzyżulców oraz słupków stalowych wiązarów kratowych z pozostawieniem pasa górnego pracującego jako stalowa krokiew (rysunek 2a); wymiana pokrycia oraz ocieplenie połaci dachowej; nie przewidziano demontażu ani wzmocnienia płatwi pośrednich oraz krokwi;

■ **wariant 3** (rysunek 2b): całkowity demontaż stalowych wiązarów dachowych oraz elementów drewnianych; ułożenie nowych stalowych krokwii opartych na murze zewnętrznym i podpartych w kalenicy na nowo projektowanym elemencie wsporczym (rysunek 2b); moż-



Rys. 2. Koncepcja rozwiązania projektowego przebudowy przekrycia budynku ujeżdżalni koni wg: a) wariantu 2; b) wariantu 3

liwa zmiana rozstawu i wymiarów krokwii; wymiana pokrycia oraz ocieplenie nowo wykonanej połaci dachowej.

Przystosowanie wyłączzonego z użytkowania budynku ujeżdżalni koni do funkcji obiektu handlowego możliwe byłoby jedynie po przeprowadzeniu szczegółowej analizy opłacalności ekonomicznej, ze względu na niewielki docelowy wzrost powierzchni użytkowej.

Wszystkie fotografie i rysunki – Autorzy

Literatura

- [1] Praca zbiorowa, Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2007.
- [2] Masłowski E., Spizewska D., Wzmocnianie konstrukcji budowlanych, Arkady, Warszawa, 1999.
- [3] PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
- [4] PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- [5] PN-80/B-02010:Az1:2006 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem wraz ze zmianą Az1.
- [6] PN-77/B-02011:Az1:2009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem wraz ze zmianą Az1.
- [7] PN-B-03200:1990/po zmianach 1995 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [8] Praca zbiorowa, Stahl in Hochbau, Wydawnictwo Julius Springer, Berlin, 1938.

Otrzymano 05.05.2014 r.