

Wybrane problemy konstrukcyjne przystosowania obiektu zabytkowego do nowej funkcji

Mgr inż. Tomasz Majewski – Pracownia Projektowo-Inżynierska Tomasz Majewski

Dr inż. Maciej Niedostatkiewicz – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Obiekty zabytkowe bardzo często są usytuowane w historycznych kwartałach miast, na terenach post-przemysłowych, a także terenach dawnych koszar wojskowych. W większości przypadków zachodzi konieczność poszukiwania innego programu użytkowego tych obiektów [1, 2]. Artykuł zawiera wyniki analizy możliwości przebudowy układu konstrukcyjnego budynku w celu przystosowania go do funkcji obiektu handlowego – wysokostandardowej Hali Targowej na terenie noworealizowanego osiedla mieszkaniowego. Celem analizy było udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy ewentualna przebudowa układu konstrukcyjnego przekrycia w postaci stalowych wiązarów kratowych będzie możliwa do przeprowadzenia ze względów konstrukcyjnych.

DANE OGÓLNE

Budynek Wozowni został zrealizowany na terenie dawnych koszar wojskowych w początku XX wieku (rys. 1). W okresie eksploatacji wielokrotnie następowała zmiana sposobu jego użytkowania: pełnił on funkcje magazynową, następnie warsztatowo-magazynową. Aktualnie budynek nie jest użytkowany i całkowicie wyłączony z eksploatacji. Budynek Wozowni zrealizowano w technologii tradycyjnej: mury wykonano z cegły ceramicznej pełnej klasy 75 ÷ 100 ($f_b = 7,5 \div 10,0$ MPa) o grubości 38 cm na zaprawie cementowo-wapiennej marki M1 ÷ M2

OPIS USTEREK I USZKODZEŃ STALOWYCH WIĄZARÓW KRATOWYCH

W czasie oględzin stwierdzono daleko posuniętą dekapitalizację pokrycia dachowego, które wykonane było z eternitu falistego (płyty azbestowo-cementowych). W wielu miejscach płyty eternitu były uszkodzone mechanicznie. Obróbki i opierzenia blacharskie w szczytach budynku były intensywnie zdekapitalizowane, widoczne były rozległe ślady korozji powierzchniowej, przechodzącej lokalnie w korozję wżerową. Elementy drewnianej więźby dachowej wychodzące poza obrys budynku były zawilgocone, nosiły ślady korozji biologicznej w miejscu oparcia na murach zewnętrznych. W miejscach uszkodzenia pokrycia połaci dachowej deskowanie było zawilgocone i zagrzybione. Stalowe wiązary kratowe były pokryte korozją powierzchniową. Na elementach prętowych, jak również w węzłach konstrukcyjnych, nie stwierdzono rozwoju korozji wżerowej. Nie stwierdzono uszkodzeń mechanicznych nitów oraz ich poluzowania. Dodane w latach osiemdziesiątych XX wieku elementy stalowe (słupki oraz krzyżulce) zabezpieczono ochronnymi powłokami malarskimi, których aktualny stan jest wysoce niezadowolający. Spoiny w połączeniach nowych i starych elementów kratownic były niskiej jakości. Miały widoczne wady w postaci braku pełnego przetopu, nierównych grani oraz ślady korozji na ich powierzchni (rys. 3a, b).

ANALIZA STANU TECHNICZNEGO PRZEKRYCIA BUDYNKU WOZOWNI

Pokrycie z płyt azbestowo-cementowych zakwalifikowano do wymiany. Drewniane elementy pokrycia (płatwie pośrednie oraz krokwie) nie zostały zakwalifikowane do wymiany, natomiast deskowanie połaci dachowej wymagało odcinkowej lub całkowitej wymiany.

Analizę stanu technicznego konstrukcji przekrycia przeprowadzono pod kątem przebudowy dachowych wiązarów kratowych w celu zwiększenia powierzchni użytkowej budynku. Przebudowa polegała na wykonaniu dodatkowego stropu między kondygnacyjnego bezpośrednio pod wiązarami dachowymi.

Analizę nośności stalowych wiązarów kratowych przeprowadzono dla układu prętów kratownicy przedstawionego na rys. 2b. przy następujących założeniach:

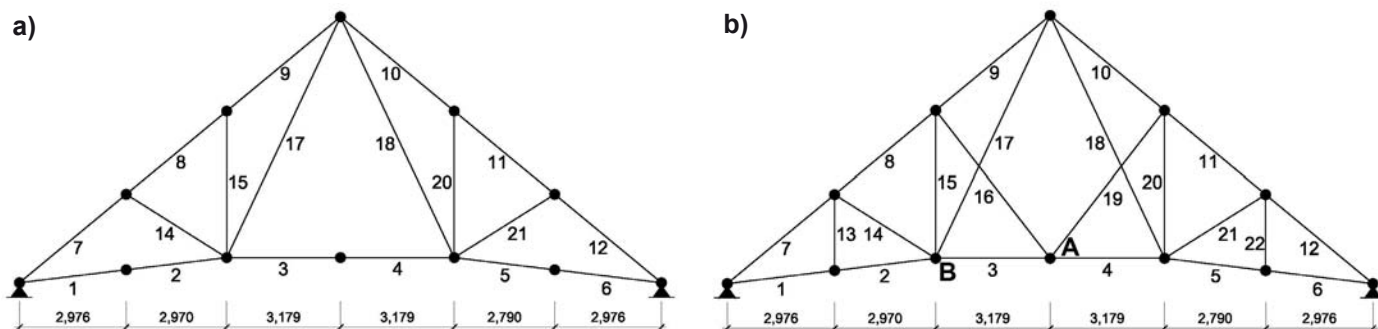
- wartości tzw. obciążeń środowiskowych przyjęto w dwóch wariantach, tj. według powszechnie stosowanych do dzisiaj w praktyce inżynierskiej tzw. starej normy śniegowej



Rys. 1. Budynek Wozowni – stan istniejący

($f_m = 1,0 \div 2,0$ MPa). Przekrycie budynku stanowią stalowe wiązary kratowe o rozpiętości równej szerokości budynku, które są rozmieszczone w rozstawie ≈ 600 cm. W kierunku podłużnym na wiązarach ułożono płatwie drewniane o wymiarach w przekroju poprzecznym 23×26 cm. Na płatwiach natomiast ułożono krokwie drewniane o wymiarach w przekroju poprzecznym 13×16 cm i średnim rozstawie $c_o \approx 120$ cm. Na krokwiach wykonano pełne deskowanie z desek drewnianych o grubości 2,2 cm.

Wiązary stalowe pierwotnie były wykonane jako kratownice o elementach łączonych w węzłach za pomocą nitów stalowych o średnicy $\phi 20$ mm. Pasy górne, dwugałęziowe wykonano z ceowników $\text{I}160$ mm, pasy dolne, jako jednogałęziowe z płaskowników: w strefie przypodporowej o wymiarach 14×115 mm, w środku rozpiętości wiązarów o wymiarach 12×90 mm. Zewnętrzne krzyżulce oraz słupki w miejscu zmiany geometrii pasa dolnego wykonano z ceowników $\text{I}80$ mm, natomiast krzyżulce wewnętrzne z płaskowników stalowych o wymiarach 14×80 mm (rys. 2a). Prawdopodobnie w początku lat osiemdziesiątych XX wieku zmieniono schemat statyczny wiązarów, wykonując dodatkowe słupki zewnętrzne z kątowników $2L 50 \times 50 \times 4$ mm oraz dodatkowe wewnętrzne krzyżulce z kątowników $2L 50 \times 50 \times 5$ mm, usytuowane prostopadłe do wykonanych pierwotnie (rys. 2b). Połączenia dodanych elementów z istniejącą konstrukcją wiązarów wykonano jako spawane. W ramach przebudowy układu konstrukcyjnego wiązarów, między kratownicami, do ich pasów dolnych przyspawano dodatkowe elementy podtrzymujące sufit podwieszany, są to dwuteowniki stalowe I 80 mm.



Rys. 2. Stalowe wiązary kratowe przekrycia budynku Wozowni – układ prętowy
a) podstawowy, b) po przebudowie w latach 80-tych XX wieku (szczegóły węzłów A oraz B przedstawiono na rys. 4)



Rys. 3. Węzły konstrukcyjne stalowych więźarów kratowych w miejscu połączenia prętów dodatkowych oraz istniejącej konstrukcji
a) połączenie krzyżulców wewnętrznych środkowych z pasem dolnym – A, b) w miejscu połączenia konstrukcji nośnej sufitu podwieszanego – połączenie I 80 mm w miejscu krzyżowania się krzyżulca zewnętrznego, wewnętrznego oraz słupka wewnętrznego – B

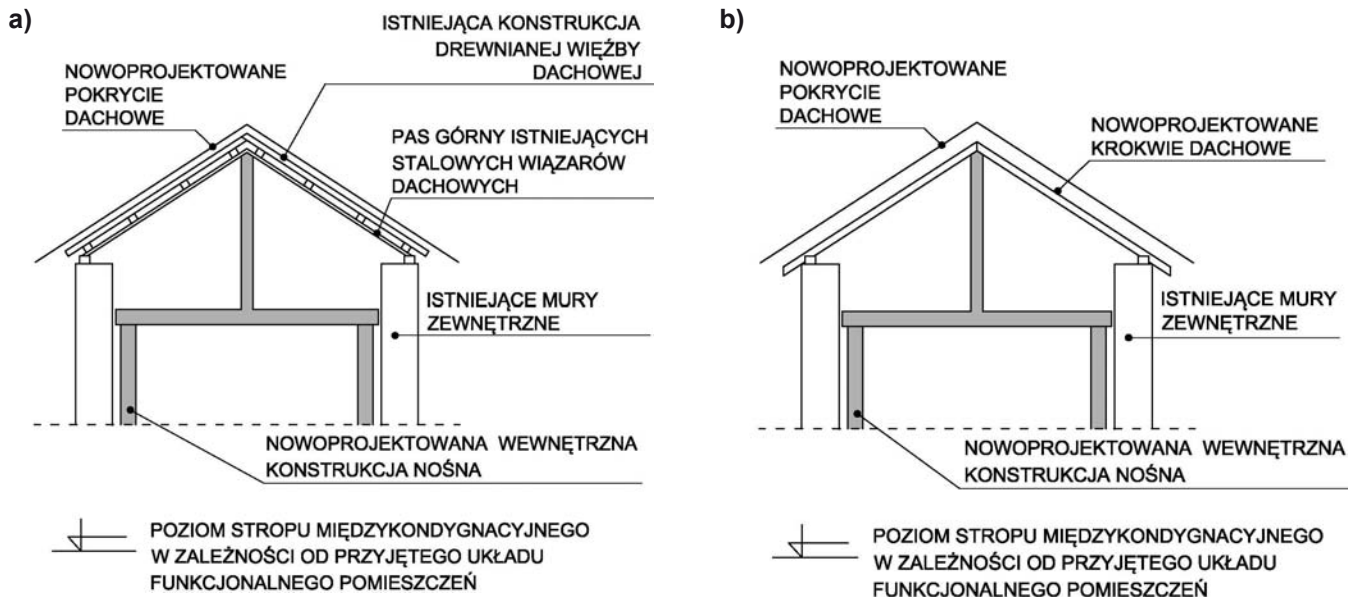
PN-80/B-02010 ($Q_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,4$) i starej normy wiatrowej PN-77/B-02011 ($q_k = 0,35 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,3$) oraz zaktualizowanych norm: tzw. nowej normy śniegowej PN-80/B-02010:Az1:2006 ($Q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,5$) i nowej normy wiatrowej PN-77/B-02011:Az1:2009 ($q_k = 0,42 \text{ kN/m}^2$, $\gamma_f = 1,5$);

- obliczenia statyczno-wytrzymałościowe przeprowadzono dla następujących schematów obciążeniowych: a) schemat K1 (stan istniejący): obciążenia od istniejącego układu warstw przekrycia + tzw. stary śnieg + tzw. stary wiatr; b) schemat K2 (stan projektowany): obciążenia od nowoprojektowanego układu warstw przekrycia + tzw. nowy śnieg + tzw. nowy wiatr; c) schemat K3 (stan projektowany udoskonalszy): obciążenia od nowoprojektowanego układu warstw przekrycia + obciążenia od rozprowadzenia (przewodów) systemu wentylacji mechanicznej podwieszanego do dachowych więźarów kratowych + tzw. stary śnieg + tzw. stary wiatr;
- ze względu na okres realizacji budynku Wozowni oraz brak danych materiałowych (badań stali) przyjęto, na podstawie dostępnej literatury, że dźwigary wykonano ze stali, dla której wytrzymałość wynosi 120 MPa (f_{yk}); przyjęto, że wytrzymałość obliczeniowa nitów stalowych jest taka sama jak pozostałych elementów, tzn. 120 MPa ;
- ze względu na okres realizacji budynku założono, że stal zastosowana do realizacji więźarów dachowych jest stalą niespawalną,
- na podstawie analizy rozkładu sił wewnętrznych w elementach więźarów dachowych jako reprezentatywne do dyskusji na temat stateczności kratownicy w różnych schematach obciążenia przyjęto następujące elementy: pręt a) nr 1 (pas dolny w strefie przypodporowej), b) nr 4 (pas dolny w strefie środkowej), c) nr 9 (pas górny w strefie środkowej) (rys.2b).

Wyniki obliczeń wykazały, że stalowe więzary kratowe znajdowały się w stanie technicznym nie stwarzającym bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji oraz bezpieczeństwa użytkowania (schemat K1). Maksymalny poziom

wyężenia przekroju wynosi $\approx 78\%$ jego nośności w przypadku pręta nr 1 (pas dolny w strefie przypodporowej). W przypadku przebudowy polegającej na wymianie pokrycia dachowego oraz jego dociepleniu i przy założeniu pozostawienia istniejącej geometrii stalowych więźarów dachowych w elementach więźarów dachowych następuje istotne przekroczenie nośności: maksymalny poziom wyężenia przekroju wynosi $\approx 115\%$ jego nośności w przypadku pręta nr 1 (pas dolny w strefie przypodporowej) dla schematu K2. Wzrost wyężenia przekroju był spowodowany głównie koniecznością uwzględnienia zwiększonych wartości obciążeń środowiskowych (obciążenie śniegiem oraz wiatrem, przeprowadzone według znowelizowanych norm). Około 15% przekroczenie poziomu dopuszczalnych naprężeń w praktyce dyskwalifikowało stalowe więzary kratowe do dalszej eksploatacji w nowoprojektowanym schemacie obciążenia, a ich wzmocnienie ze względu na brak spawalności stali było w praktyce bardzo utrudnione. Na podstawie przeanalizowanych przypadków eksploatacji stalowych konstrukcji inżynierskich, których okres realizacji odpowiada w przybliżeniu okresowi realizacji analizowanych więźarów kratowych oraz uwzględniając długotrwałą okres eksploatacji, uznano, że w poszczególnych elementach więźarów nie nastąpi już dalszy wzrost odkształceń spowodowany np. relaksacją stali. Ponadto można było wstępnie założyć, że konstrukcja dachu w praktyce przeszła tzw. weryfikację w czasie dotychczasowego użytkowania i działające obciążenia środowiskowe (śniegiem oraz wiatrem) nie spowodują awarii konstrukcji dachu. Założono również jednoczesne zabezpieczenie stalowych elementów dachu przed korozją. Przyjęcie takich założeń skutkowało tym, że maksymalny poziom wyężenia przekroju wynosił $\approx 90\%$ jego nośności dla pręta nr 1 (pas dolny w strefie przypodporowej) i był jedynie o $\approx 12\%$ wyższy od aktualnego poziomu wyężenia (schemat K3). Przy tak przyjętym poziomie wyężenia i przy założeniu niezmienności geometrii stalowych więźarów dachowych była możliwa ich dalsza eksploatacja obejmująca przebudowę pokrycia dachu budynku.

Połączenia nitowane nie wykazywały oznak uszkodzeń, nie stwierdzono obłuzowania nitów, nie było również śladów mechanicznych uszkodzeń łbów nitów oraz uszkodzeń blach węzłowych.



Rys. 4. Koncepcja rozwiązania projektowego przebudowy przekrycia budynku Wozowni według wariantu 2 (a) i wariantu 3 (b)

Prawdopodobnie w połowie lat osiemdziesiątych XX wieku stalowe wiązary dachowe poddano przebudowie w zakresie zmiany ich geometrii (rys. 2b). Między wiązarami do ich pasów dolnych dospawano dwuteowniki stalowe I 80 mm, które miały pełnić rolę rusztu podtrzymującego sufit podwieszony. Połączenia nowych elementów z istniejącymi wykonano za pomocą blach węzłowych. Wykonane spoiny nie kwalifikowały się do uznania jako spoiny konstrukcyjne z uwagi na widoczne wady, tzn: brak pełnego przetopu, zmienną grubość, uszkodzenia grani i powierzchni. Ostatecznie, ze względu na planowaną przebudowę warstw przekrycia i planowaną modernizacją budynku, połączenia nitowane zakwalifikowano do wykorzystania, natomiast połączenia spawane przewidziano do wzmocnienia.

ROZWIĄZANIA PROJEKTOWE PRZEBUDOWY PRZEKRYCIA BUDYNKU WOZOWNI

W trakcie analizy rozpatrzono 3 warianty przebudowy stalowych wiązarów kratowych:

- Wariant 1: polegał na pozostawieniu istniejącego układu statycznego wiązarów kratowych bez konieczności wzmocnienia poszczególnych prętów kratownic, próbie uzupełnienia spoin w blachach węzłowych przy prętach nr 13, 16, 19 oraz 22, wymianie pokrycia oraz dociepleniu połączenia dachowej; przy takim zakresie przebudowy możliwe było wykonanie nowych antresol wewnętrznych opartych na niezależnych od budynku Wozowni konstrukcjach nośnych;
- Wariant 2: polegał na częściowej rozbiórce wiązarów dachowych i wykonaniu wewnętrznego stropu jako niezależnego od istniejącej konstrukcji budynku; przebudowa stalowych wiązarów kratowych polegała na demontażu ich pasów dolnych, krzyżulców oraz słupków i pozostawieniu jedynie pasa górnego, pracującego jako stalowa krokiew (rys. 4a); zakres prac obejmował również wymianę pokrycia oraz ocieplenie połączenia dachowej; przy

takim zakresie prac istniejąca konstrukcja więźby dachowej (płatwi pośrednich oraz krokwi) nie była przewidziana do demontażu ani wzmocnienia;

- Wariant 3: polegał, podobnie jak w przypadku Wariantu 2, na całkowitym demontażu istniejących stalowych wiązarów dachowych oraz demontażu istniejącej drewnianej więźby dachowej, wykonaniu nowych krokwie stalowych wspartych na murze zewnętrznym i podpartych w kalenicy na nowoprojektowanym elemencie wsporczym (rys. 4b); przy tym zakresie prac możliwa była zmiana rozstawu krokwie w porównaniu do istniejącego rozstawu stalowych wiązarów kratowych, zmiana wymiarów drewnianych płatwi pośrednich oraz wymiarów w przekroju poprzecznym krokwie drewnianych; zaproponowany zakres prac obejmował również wymianę pokrycia oraz docieplenie nowowykonanej połączenia dachowej.

WNIOSKI

Realizacja zamierzenia inwestycyjnego polegającego na przystosowaniu wyłączzonego z użytkowania budynku Wozowni do funkcji obiektu handlowego była możliwa jedynie po przeprowadzeniu szczegółowej analizy opłacalności ekonomicznej ze względu na niewielki docelowy wzrost powierzchni użytkowej. Uwzględniając aktualny stan techniczny wiązarów dachowych, ich długotrwały bezawaryjny okres eksploatacji oraz wykonane obliczenia sprawdzające możliwe było docelowe przywrócenie budynku do użytkowania.

LITERATURA

1. Masłowski E., Spiżewska D.: Wzmocnienie konstrukcji budowlanych. Arkady, Warszawa 1999.
2. Praca zbiorowa: Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2007.