

Uszkodzenia korozyjne spawanych ram stalowych w hali targowej z 1938 roku

Corrosion damage welded steel frames in the exhibition hall from 1938

inż. Janusz Fronczyk (ORCID: 0000-0001-5261-0618), Budoprojekt Lublin,
prof. dr hab. inż. Anna Halicka (ORCID: 0000-0001-5526-8862), Politechnika Lubelska

DOI 10.5604/01.3001.0016.3250

Streszczenie: Hala targowa wybudowana w roku 1938 ma część podziemną żelbetową posadowioną na drewnianych palach. Konstrukcję części nadziemnej stanowią spawane ramy stalowe o rozpiętości 19,60 m, zabezpieczone antykorozyjnie przez obetonowanie. Obetonowane fragmenty ram wystają ze ścian w formie pilastrów, wyprowadzone są także ponad dach. W pilastrach i obetonowaniach ponad dachem powstawały wielokierunkowe spękania. Badania przeprowadzone w 2016 roku wykazały, że przyczyną spękań jest pęcznienie produktów korozji na zewnętrznych pasach ram. W artykule obok uszkodzeń korozyjnych konstrukcji zaprezentowano oryginalną dokumentację projektową konstrukcji ramy – rysunki i obliczenia statyczne.

Słowa kluczowe: rama stalowa, korozja, zabezpieczenia antykorozyjne.

Abstract: The market hall, built in 1938, has an underground reinforced concrete part set on wooden piles. The structure of the aboveground part is made of welded steel frames with a span of 19,60 m, protected against corrosion by concreting. The concrete fragments of the frames protrude from the walls in the form of pilasters, they also extend above the roof. Multi-directional cracks appeared in the pilasters and concreting above the roof. Research carried out in 2016 showed that the cause of cracks is the swelling of corrosion products on the outer flange of the frame. In addition to corrosion damage to the structure, the article presents the then method of protecting steel structures against corrosion and the original design documentation of the frame structure – drawings and static calculations.

Keywords: steel frame, corrosion, anti-corrosion protection.

1. Wprowadzenie

W hali targowej, wybudowanej w 1938 roku w Lublinie, w 2000 roku przeprowadzono remont tynków i elewacji, obejmujący również wystające z budynku pilastry. Po kilku latach od przeprowadzonego remontu elewacji na pilastrach zaobserwowano zarysowania i spękania, a szerokość rys powiększała się z czasem. Dla ustalenia przyczyn tego

stanu wykonano badania, których wyniki zaprezentowano w dalszej części. Na ich podstawie opracowano sposób naprawy i zabezpieczenia konstrukcji.

Prezentowane wyniki badań i analiz wzbogacono o archiwalne rysunki konstrukcyjne i obliczenia oryginalnego projektu stalowej hali, zachowanego w zbiorach w Archiwum Miejskim w Lublinie. Ramy stalowe są spawanymi blachownicami scalanymi na budowie z trzech gotowych elementów



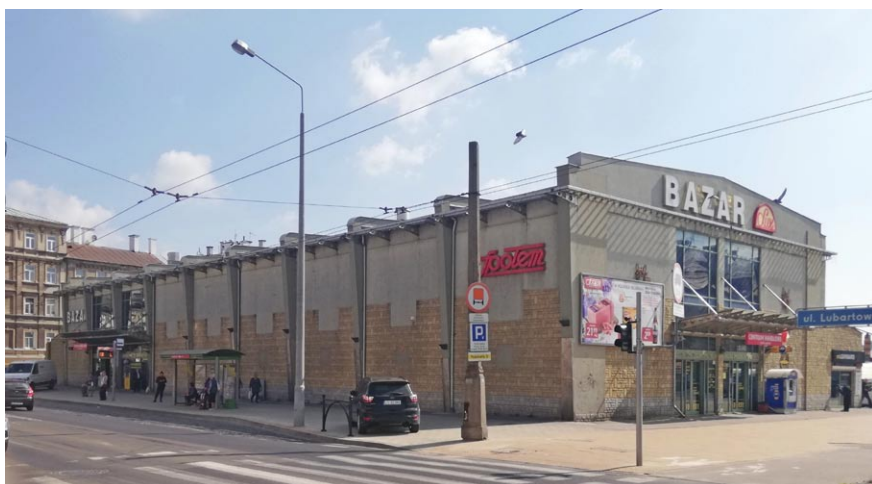
Rys. 1. Fotografie z realizacji budowy: wykonywanie stropu nad piwnicą i przybudówek handlowych (po lewej) oraz prace montażowe przy konstrukcji ram stalowych (po prawej) [1]



Rys. 2. Fotografie z realizacji budowy: widok zmontowanej konstrukcji ram stalowych od strony południowej (z lewej) i południowo-zachodniej (z prawej); od spodu widoczne rygle stalowe stropodachu [1]



Rys. 3. Widok obecny hali targowej z wystającymi ze ścian i ponad dachem obetonowaniami ramami stalowymi



przez nitowanie. Konstrukcja powstała zaledwie 10 lat po realizacji pierwszego w Polsce stalowego mostu spawanego w Maurzycach. Celem artykułu jest prezentacja poziomu wiedzy i technologii dotyczących stalowych konstrukcji spawanych z końca lat trzydziestych XX wieku oraz problemów, jakie mogą wystąpić w obiektach stalowych z tego okresu po długim okresie eksploatacji.

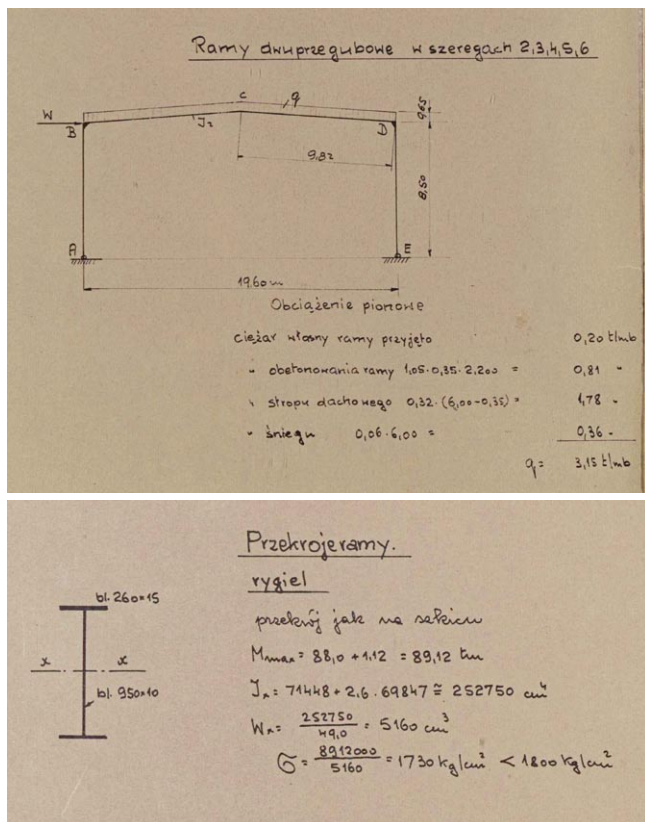
1.1. Hala targowa – historia powstania

Hala targowa powstała w 1938 roku w sąsiedztwie rzeki Czechołówki, która od roku 1934 roku płynie w podziemnym kanale betonowym w odległości zaledwie kilkunastu metrów od narożnika południowo-wschodniego obiektu. Skomplikowane warunki gruntowe sprawiły, że część podziemną budynku wykonano jako szkielet żelbetowy, składający się ze słupów i stropu belkowo-płytowego. Fundamenty w postaci stóp żelbetowych oparto na palach drewnianych. Odcinki między słupami wypełniono ścianą murowaną o grubości 1,5 cegły i zakończono wieńcem. Część przyziemna, jej uszkodzenia i zastosowane wzmocnienia konstrukcyjne opisane zostały we wcześniejszej publikacji autorów [8]. Część nadziemną hali targowej stanowią ramy stalowe o rozpiętości 19,60 m, ze stropodachem stalowo-betonowym opartym na dolnych stopkach ram, podczas gdy pas górny z częścią środkową wyprowadzony jest ponad stropodach. Rygiel ramy w formie spawanej blachownicy o zmiennym przekroju składa się z trzech elementów łączonych w montażu

na zakład pasa górnego i dolnego oraz na nitowane nakładki środkowe. Ramy zostały obetonowane po montażu i usztywnione podłużnie ścianami murowanymi z cegły (rys. 3). Dokumentacja projektowa budynku – zarówno rysunki, jak i obliczenia statyczne [2] oraz plan architektoniczny [3] zachowały się niemal w całości. Projektantem budynku hali targowej był inż. arch. Leon Banaszewski z ówczesnego Wydziału Budownictwa Zarządu Miejskiego w Lublinie, a część podziemną projektowali nieustaleni z nazwiska lubelscy projektanci. Konstrukcję kondygnacji nadziemnej zaprojektował inż. Władysław Wachniewski, projektant firmy Wspólnota Interesów Górniczo-Hutniczych w Chorzowie, późniejszy wykładowca Politechniki Śląskiej.

1.2. Konstrukcja części nadziemnej

Konstrukcja nadziemna hali targowej składa się z ram stalowych spawanych z dwuspadowym rygłem o maksymalnej wysokości 980 mm i zaokrąglonymi narożnikami. Słupy ramy zwężają się zbieżnie od strony zewnętrznej do podstawy – wysokość przekroju zmienia się od 1140 mm u góry do 300 mm u dołu ramy. Fragmenty oryginalnych obliczeń statycznych pokazano na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Fragments obliczeń statycznych ramy stalowej nadziemnej, pochodzące z dokumentacji projektowej z 1938 roku [2]

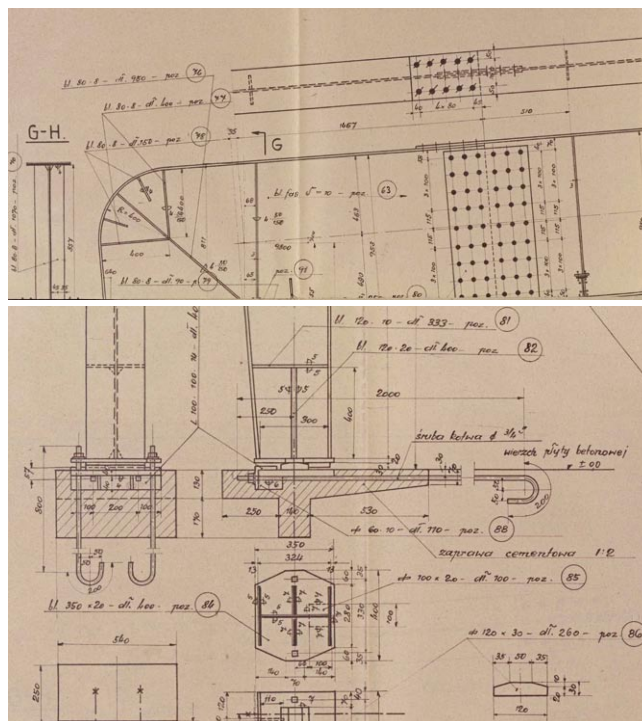
Przekroje i wymiary elementów są następujące:

- rygiel – pas górny i dolny 260x15 mm, średnik 950x10 mm,
- słupy – pas zewnętrzny i wewnętrzny 260x12 mm,
- średnik 950x10 mm.

Elementy ramy wykonywano w warunkach warsztatowych i scalano je na budowie: pas dolny i górny na zakład z połączeniem nitowanym, a średniki łączono blachą nakładkową scalaną nitami. Cała rama została obetonowana i uzyskała wymiary: rygiel 35x110 cm i słupy 35x 40–105 cm. Obetonowanie ramy, wypełniająca ściana ceglana i żelbetowy stropodach zapewniają sztywność konstrukcji stalowej. Ramy wystają ponad połac dachu na około 60 cm, a także poza lico ścian zewnętrznych (rys. 3).

2. Badania uszkodzeń ramy stalowej i jej obetonowania

W pilastrach słupów stanowiących obetonowania ram zaobserwowano liczne spękania o przebiegu wielokierunkowym, pokazane na rysunku 6 (z lewej) i 10. Na powierzchni czołowej pilastrów (obetonowanie pasa zwnętrznego) rozwarłość rys dochodziła do 2–6 mm. W górnych partiach słupa szerokość rys była mniejsza i w zaokrąglonym węźle na poziomie pasa zewnętrznego rygla wynosiła 0,5–1 mm. Na bocznych powierzchniach rygla ponad dachem rysy miały rozwarłość mniejsze o rozwarciu 0,2–0,3 mm.



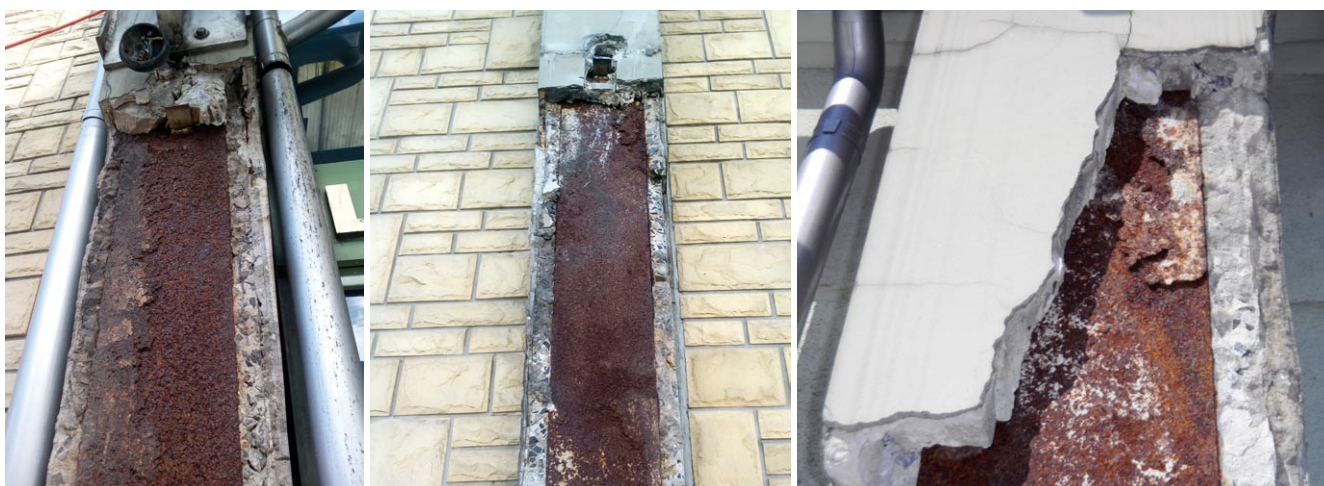
Rys. 5. Fragments obliczeń statycznych i rysunków wykonawczych ramy stalowej pochodzące z dokumentacji projektowej z 1938 roku [2]: zaokrąglony węzeł ramy z połączeniem pasa słupa z pasem rygla na zakład nitowany (na górze), podstawa ramy, z zakotwieniem pionowym w wieńcu i poziomym w stropie (na dole)

Odkrywki na słupach wykazały, że obetonowanie wykonano ze zwartego betonu na kruszywie łamanym, w którym kruszywo grube było rozmieszczone nieregularnie (rys. 6). Ze względu na trudność wykonywania odkrywek wytrzymałość betonu jedynie oszacowano przez ostukiwanie młotkiem na co najmniej 15 MPa. Obetonowanie ramy stalowej było ekspozowane na warunki atmosferyczne, a więc słońce, opady i mróz w wielu cyklach, ale w wyniku badań polegających przez natryśnięcie fenoloftaleiny na głębsze warstwy obetonowania stwierdzono, że choć karbonatyzacja ma miejsce i zmniejsza własności ochronne obetonowania w stosunku do stali, nie wystąpiło jeszcze pełne zobojętnienie betonu (rys 6., z prawej).

Grubość obetonowania wzdłuż pasa zewnętrznego słupa i rygla wynosiła 50 mm. W kilku odkrywkach na obetonowaniu występowała warstwa tynku, co należy wiązać z wyrównaniem kształtu pilastra do pożądanej formy architektonicznej, a w innych stwierdzono tylko późniejsze przecierki. We wszystkich odkrywkach pasa zewnętrznego stwierdzono odspojenia warstwy betonu od skorodowanej powierzchni stalowej (rys. 6, pośrodku). Przez spękania do konstrukcji stalowej przedostawała się woda, para wodna i powietrze, przez co powstawały warunki sprzyjające korozji stali na odsłoniętych powierzchniach. Produkty korozji widoczne na rysunkach 6 i 7, odpajające się warstwowo pęczniąc zwiększały odspojenie otuliny betonowej, świadczą o długoletnim procesie. Z pomiarów



Rys. 6. Spękania obetonowania na pasie zewnętrznym ramy stalowej (z lewej), odkrywka otuliny betonowej i pasa zewnętrznego słupa (fotografia środkowa) oraz odkrywka przekroju otuliny bocznej z widocznymi śladami po badaniach karbonatyzacji (z prawej)



Rys. 7. Korozja pasa zewnętrznego ramy po zdjęciu otuliny betonowej z widocznymi produktami korozji stali

wynika, że zmniejszenie grubości pasa słupa w wyniku korozji wynosiło od 0,2 do lokalnie 1 mm.

Na powierzchniach bocznych obetonowanie środnika ma grubość 170 mm i jest w dobrym stanie, bez odspojień. Warstwa ta pomimo znacznej grubości nie jest zbrojona. Występujące tu zarysowania wielokierunkowe są płytsze niż na powierzchni czołowej i obejmują jedynie kolejne warstwy tynków i wypraw, co jest związane z różną rozszerzalnością termiczną poszczególnych warstw.

Od strony wewnętrznej pasów ram, widocznych na rysunku 7, korozja wchodzi na głębokość kilku centymetrów, co oznacza, że na dalszej głębokości otulina betonowa zabezpiecza stal przed korozją i nie jest odspojona.

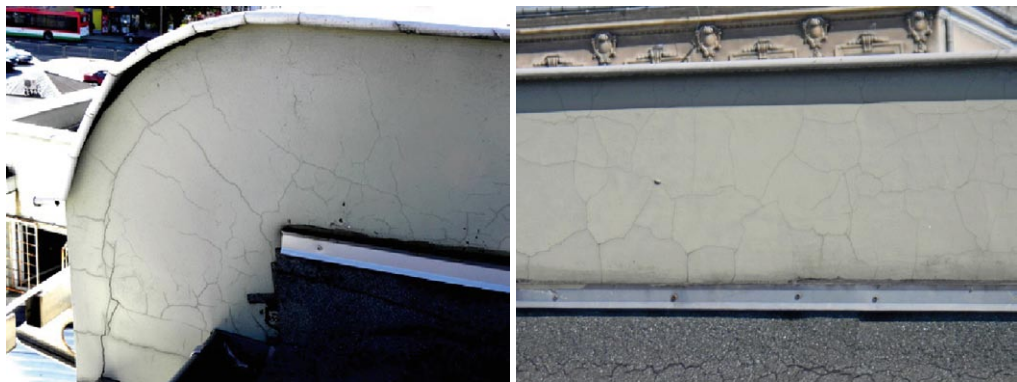
Ponad dachem obetonowanie ram było przykryte obróbką blacharską, stąd oddziaływania warunków atmosferycznych były mniejsze niż na pionowych nieosłoniętych słupach ramy. W odkrywce na powierzchni bocznej ponad dachem stwierdzono, że na obetonowaniu, które na odcinku środnika ma grubość 170 mm warstwy znajdują się

dwie warstwy tynku cementowo-wapiennego o grubości ok. 15 mm i 5 mm. Pod tynkami na powierzchniach odkrywanych obetonowania nie natrafiono na widoczne zarysowania. Natomiast na tynkach rygli występują wielokierunkowe zarysowania, co należy wiązać wielokrotnymi cyklami zmiennych temperatur przy różnej rozszerzalności termicznej poszczególnych warstw tynków.

W górnym zaokrąglonym węźle ram z obydwu stron wzdłuż krzywizny widoczne były zarysowania obetonowania pasa zewnętrznego poniżej obróbek blacharskich – jak pokazano na rysunku 8.

Odkrywkę połączenia słupa z ryglem wykonywanego przy montażu ramy na budowie pokazano na rysunku 9. Widoczne nitowane złącze górnych pasów na zakład jest zgodne z rysunkiem projektu ramy pokazanym na rysunku 5 (z lewej). W odkrywce widoczny jest brak korozji na pasie górnym ramy dzięki obróbce blacharskiej zabezpieczającej obetonowanie przed wpływami atmosferycznymi.

Rys. 8. Zarysowania obetonowania i tynku ramy stalowej na odcinku ponad dachem, z lewej zaokrąglony węzeł z rysą wzdłuż zaokrąglenia pasa zewnętrznego, z prawej zarysowania tynku



Rys. 9. Odkrywka połączenia montażowego na zakład pasów górnych ryglu i słupa z widocznym nitowaniem, potwierdzająca zgodność z projektem widocznym na rysunku 5

Wiele obaw budziły stopy ram, które znajdowały się około 15 cm poniżej obecnego poziomu chodnika, który był przez dziesięciolecia posypywany solą w porze zimowej. Warunki te powodowały obecność zasolonych wód opadowych w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji stalowej. Po odsłonięciu strefy oparcia ram na wieńcu (rys. 10) okazało się, że korozja zewnętrznego pasa ramy była tu tylko nieco większa w dolnym odcinku niż w wyższych partiach i wynosiła około 1,0–1,5 mm i mniejsza na samej blasze podstawy.

Rys. 10. Korozja pasa zewnętrznego i podstawy słupa stopy ramy w miejscu oparcia na stopie fundamentowej



3. Analiza przyczyn uszkodzeń

3.1. Warunki użytkowania

Budynek Hali Targowej Bazar jest użytkowany już od ponad osiemdziesięciu lat. Jest to długi okres. Ramy stalowe hali były przewidziane do obetonowania już na etapie projektowania. Obetonowanie miało na celu zabezpieczenie stali przed korozją oraz zwiększenie sztywności ramy.

Zabezpieczenie nie okazało się jednak efektywne ze względu na liczne głębokie zarysowania, które umożliwiły wnikanie czynników korozyjnych w głąb obetonowania i ekspozycję stali na działanie tych czynników (patrz p. 3.3). W efekcie, najpierw w miejscu rysy powstawały produkty korozji zwiększające pierwotną objętość pasa stalowego, powodując odpajanie obetonowania od powierzchni stali.

Dla ustalenia, jaki jest poziom ochrony konstrukcji stalowej przez obetonowanie ze względu na stworzone przez nią warunki elektrochemiczne, zbadano stopień karbonatyzacji betonu 2% roztworem fenoloftaleiny [11] bezpośrednio w odkrywkach na odsłoniętym przekroju betonowym (rys. 6, z prawej). Uzyskano zabarwienie lekko różowe na ok. 3/4 przekroju betonowego, co oznacza, że karbonatyzacja rozpoczęła się i nastąpiła częściowa utrata własności ochronnych stali, jednak nie zanikła ona jeszcze zupełnie. Stopy ram parteru są ustawione i zamocowane na konstrukcji żelbetowej piwnic w poziomie chodnika i obetonowane

razem z całą ramą betonem (obetonowanie o grubości 50 mm), bez innych zabezpieczeń. Poziom chodnika jest strefą zwiększonego obciążenia korozyjnego dla dolnych partii ścian, związanego z zawilgoceniem, opadami, wodą rozbryzgową i solą powszechnie stosowaną w okresie zimowym. Warunki eksploatacyjne przez cały okres eksploatacji były więc szczególnie niekorzystne.

Ogólnie można więc stwierdzić, że część ramy wystająca ze ścian i ponad dachem jest eksponowana na:

- zmienne warunki temperaturowe,
- opady atmosferyczne wnikaające w rysy i uszkodzenia,
- korozję mrozową obetonowania,
- korozję chemiczną związaną z obecnością chlorków,
- karbonatyzację obetonowania.

3.2. Korozja ramy stalowej

Poszczególne elementy ramy stalowej uległy korozji w różnym stopniu. W największym stopniu narażone na korozję były zewnętrzne pasy ramy stalowej, obetonowane w formie pilastrów i wystające poza lico ściany. Obetonowanie pasów zewnętrznych miało grubość 50 mm i było odspojone na całej długości słupa. Występowały też liczne jego spękania, otwierające dostęp do stali tlenu, wody i innych czynników powodujących korozję. Środek osłonięty warstwą betonu o grubości 170 mm i odcinki umieszczone wewnątrz ścian miały znacznie lepszą ochronę, blokującą dostęp czynników powodujących korozję stali. Otulina górnego pasa rygla ramy chroniona jest dodatkowo obróbką blacharską, a zatem wpływ czynników atmosferycznych był mniejszy.

W strefie oparcia ram dotychczasowy ubytek korozyjny na powierzchni i krawędzi pasa według oceny w wykonanej odkrywce (rys. 10) wynosi ok. 1 mm, z miejscowymi wżerami do 1,5 mm, przy grubości blachy pasa zewnętrznego równej 13 mm. Stąd ubytek powierzchni przekroju słupa ramy wynosi nie więcej niż 2–2,4%.

Przyczyną zwiększonej korozji w strefie przyziemia są zapewne chlorki, pochodzące z soli stosowanych do zimowego utrzymania chodników. Przekroczenie dopuszczalnego stężenia chlorków na styku ze stalą prowadzi do zainicjowania korozji stali, tzw. korozji wżerowej.

Środek ramy oraz spawy łączące środek z pasem są zabezpieczone warstwą betonu grubości 17 cm. W odkrywce (rys. 2, z prawej) na spawach występowały tylko miejscowe naloty korozyjne, co oznacza, że tej grubości otulina okazała się być dostatecznym zabezpieczeniem przed korozją.

Ostatecznie w ocenie technicznej [7] stwierdzono, że ubytki korozyjne nie powodują zagrożenia dla nośności całej ramy stalowej i nie kwalifikują konstrukcji do wzmocnienia. Konstrukcję uznano za przydatną do dalszej eksploatacji po zabezpieczeniu antykorozyjnym.

3.3. Możliwe przyczyny zarysowania

Jako pierwotne przyczyny zarysowań wyspecyfikowano skurcz i odkształcenia termiczne obetonowania. Trzeba zwrócić

uwagę, że obetonowanie nie jest zbrojone, które mogłoby zniwelować lub zmniejszyć skutki tych odkształceń.

Przy różnicach temperatury zima-lato 50°C, różnica współczynników rozszerzalności termicznej stali = $12 \cdot 10^{-6}$ i betonu $\alpha_{t,s} = 10 \cdot 10^{-6}$ sprawia, że różnica wydłużeń sąsiadujących elementów wynosi 0,1‰.

Z kolei końcowy skurcz autogeniczny betonu o wytrzymałości około 15 MPa wynosi około 0,01‰, a końcowy skurcz wysychania przy średniej wilgotności 65% dla cementu normalnie twardniejącego wynosi 0,45‰ [9]. Przy grubości warstwy betonu od 5 do 17 cm i betonowaniu słupów o długości 8,50 m w szalunku bez możliwości intensywnej pielęgnacji wilgotność powierzchni betonu mogła być niższa niż założone wyżej 65%. W tej sytuacji powstanie rys skurczowych było możliwe.

Różnice między odkształceniami betonu i stali (będące skutkiem zmian temperatury oraz skurczu betonu) powodują powstanie naprężeń stycznych w styku. Jeśli przekroczą one wartość przyczepności (według normy PN-EN 1994-1-1 wynosi ona 0,35 MPa) następuje odspojenie. W analizowanym przypadku możliwość odspojenia wzrosła z powodu pęczenia produktów korozji zewnętrznego pasa ramy, która powodowała dodatkowo naprężenia prostopadłe do styku.

4. Zabezpieczenie ram stalowych

Zabezpieczenie konstrukcji stalowych, zrealizowane jako realizacja zalecenia powstałych w wyniku opisanych wyżej badań konstrukcji, polegało na usunięciu wszystkich odspojonych i spękanych warstw tynków i betonu, oczyszczenie i ponowne zabezpieczenie stali oraz uzupełnienie ubytków zaprawą naprawczą z przywróceniem oryginalnego kształtu pilastra. Przewidziano i zrealizowano wykonanie następujących czynności:

- skucie z wystających poza ścianę części słupów spękanych wypraw tynkowych;
- skucie w całości obetonowanie pasa zewnętrznego słupa i odcinków powierzchni bocznych na długości 5–10 cm licząc od narożnika, a dla odsłonięcia krawędzi blachy pasa zewnętrznego i na głębokości 3–5 cm od strony wewnętrznej. Przewidziano również skucie obetonowania zaokrąglonego narożnika ramy oraz rygla na odcinku minimum 1 m od narożnika ramy;
- odsłonięcie stóp fundamentowych;
- oczyszczenie elementów stalowych zakwalifikowanych do zabezpieczenia antykorozyjnego metodą strumieniowo-cierną do stopnia czystości SA 2 1/2 wg PN-EN ISO 8501-1, 2008;
- zabezpieczenie antykorozyjne elementów konstrukcji stalowej na zewnątrz obiektu przy zastosowaniu zestawu malarskiego, epoksydowo-poliuretanowego o grubościach warstwy podkładowej min. 100 µm, warstwy wierzchniej grubości 60 µm i drobnoziarnistej posypki kwarcowej dla zwiększenia przyczepności – jak na rysunku 11;



Rys. 11. Widok robót naprawczych zabezpieczenia antykorozyjnego zewnętrznego pasa słupa z zamontowanym zbrojeniem przeciwskurczowym (z lewej), zabezpieczenia stopy ramy (pośrodku) i realizacja zabezpieczenia zaokrąglonego węzła ramy i części rygla ponad stropodachem; widoczne zbrojenie nowego obetonowania (z prawej)

- zagruntowanie powierzchni rozkutego betonu, np. z polimerowo-cementowej warstwy szczepnej (PCC) przeznaczonej dla elementów budowlanych poddanych dużym obciążeniom;
- zamontowanie na obetonowaniu pasa zewnętrznego słupa ramy zbrojenia przeciwskurczowego z prętów stalowych $\varnothing 4,5$ mm, z końcówkami wklejanymi na klej kotwowy na głębokość 8 cm w warstwie pozostawionej otuliny betonowej – rysunek 11;
- nałożenie przez narzut warstwami zaprawy naprawczej do uzyskania grubości minimalnej 50 mm i odtworzenie uprzednich gabarytów pilastrów;
- zerwanie obróbek blacharskich rygli ramy nad stropodachem i w przypadku stwierdzenia uszkodzeń obetonowania, wykonanie naprawy jak na słupach;
- skucie wszystkich spękanych warstw tynku ponad stropodachem do odsłonięcia otuliny betonowej, sprawdzenie obecności rys, rozkucie zarysowań w kształcie litery V na głębokość 15–20 mm, zaprawienie preparatem zwiększającym przyczepność i uzupełnienie ubytków zaprawą naprawczą niskoskurczową;
- wykonanie na powierzchni adaptowanego betonu i nowego:
 - dwóch warstw szlamu elastycznego nakładanych pędzlem,
 - naklejenie siatki podtynkowej,
 - nałożenie mineralnego tynku cienkowarstwowego,
 - malowanie farbami mineralnymi w kolorze dobranym do istniejącej kolorystyki elewacji,
 - uzupełnienie rozebranych obróbek blacharskich.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono halę targową wybudowaną tuż przed II wojną światową, w której po 80 latach użytkowania wystąpiły uszkodzenia obetonowania stanowiącego zabezpieczenie antykorozyjne ram stalowych. W wyniku odkrywek i badań stwierdzono korozję pasa zewnętrznego ramy będące skutkiem tych spękań.

Opisana konstrukcja hali targowej jest rozwiązaniem nowatorskim na okres budowy hali i przedstawia stopień rozwoju spawanych konstrukcji stalowych w Polsce w 1938 roku. Problem zabezpieczeń antykorozyjnych elementów stalowych był już dostrzegany, ale rozwiązania techniczne ograniczały się tylko do osłaniania stali betonem, co wynika z krótkiego okresu doświadczeń w tej dziedzinie. Zauważyć trzeba, że zabezpieczenie w takiej formie przetrwało jednak kilkadziesiąt lat.

Przystąpienie do remontu konstrukcji stalowych ram przy jeszcze niewielkich ubytkach korozyjnych pozwoliło na jej zabezpieczenie bez wykonywania wzmocnień konstrukcyjnych i dopuszczenia do dalszej eksploatacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Lublin miał najnowocześniejszą halę targową w II RP. Tak powstawała, Dziennik Wschodni z dnia 19.08.2018
- [2] Projekt konstrukcji żelbetowej hali targowej w Lublinie, REP 100.VN: 2643 Archiwum Państwowe w Lublinie
- [3] Hala Targowa plan architektoniczny, Biuro Projektów, arch. Leon Banaszewski, REP 100.VN: 2643 Archiwum Państwowe w Lublinie, 1938
- [4] Opinia konstrukcyjna budynku SDH Bazar w Lublinie, Budoprojekt BUP w Lublinie, 1995
- [5] Projekt budowlany zabezpieczenia fundamentów i elementów konstrukcyjnych piwnic DH Bazar, Budoprojekt BUP w Lublinie, 1996
- [6] Techniczne badania podłoża gruntowego i elementów konstrukcyjnych podziemia w DH Bazar przy ul. Lubartowskiej 43 w Lublinie, Budoprojekt BUP w Lublinie, 1996
- [7] Ekspertyza techniczna i projekt budowlany robót zabezpieczających elementów konstrukcji nadziemnej, Budoprojekt BUP w Lublinie, 1996
- [8] Halicka A., Fronczyk J., Uszkodzenia korozyjne podstaw żelbetowych słupów hali targowej z 1938 r., Builder 282(1)2021, str. 14–18
- [9] Puchalska D., Kuczman M.: Skurcz i pęcznienie betonu w ujęciach norm PN-B 03264:2002 PN-EN 1992-1-1. Builder. 2017; 53(1): 69-71 i 54(2): 54-56
- [10] PN-EN 1504 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych
- [11] PN-EN 1992-1-1 Eurokod: Projektowanie konstrukcji z betonu, część 1-1 – Reguły ogólne i reguły dla budynków,
- [12] PN-EN 1994-1-1 Eurokod: Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych, część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [13] PN-EN 14630:2007 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Oznaczanie głębokości karbonatyzacji w stwardniałym betonie metodą fenoloftaleinową