

Korozja i zniszczenia kształtowników stalowych o przekrojach zamkniętych

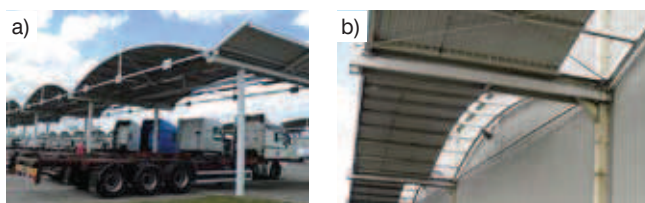
Dr inż. Dariusz Kowalski, Politechnika Gdańska

1. Wprowadzenie

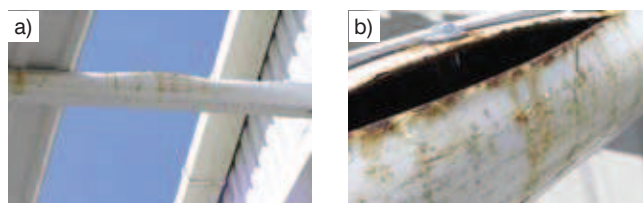
Stalowe profile zamknięte o przekrojach kołowych oraz kwadratowych i prostokątnych powszechnie stosowane są jako elementy konstrukcyjne, z których wykonuje się wiele konstrukcji nośnych zarówno eksploatowanych wewnątrz pomieszczeń – gdzie odizolowane są od warunków atmosferycznych typu woda, zmiany temperatury, oraz na zewnątrz obiektów – gdzie czynniki środowiskowe mają decydujące znaczenie w kontekście wymaganego zabezpieczenia antykorozyjnego, a także wpływ na zmianę ich wartości użytkowych w czasie. Kształtowniki o przekrojach zamkniętych stosowane są prawie we wszystkich rodzajach elementów konstrukcyjnych począwszy od prostych – np. płatwie, słupy, po złożone jak kratownice, przestrzenne i wielopowierzchniowe struktury nośne, struktury powłokowe, wieże, maszty oraz mosty. Obecnie wręcz niewyobrażalne jest wykonywanie takich elementów jak bariery, poręcze, drabiny bez zastosowania kształtowników o przekroju poprzecznym zamkniętym. W porównaniu z kształtownikami otwartymi charakteryzują się one wieloma cechami podnoszącymi ich wartości użytkowe, takimi jak:

- korzystniejsza charakterystyka wytrzymałościowa, zwłaszcza przy ściskaniu i skręcaniu – co przekłada się na mniejsze zużycie materiału (mniejszy wymiar gabarytowy, cieńsze ścianki), co z kolei powoduje oszczędności na ciężarze elementów rzędu 20–40%,
- szeroki wachlarz dostępnych profili charakteryzujących się dużym zakresem zmienności wymiarów gabarytowych jak i grubości ich ścianek,
- łatwiejsze i mniejsze ilościowo zabezpieczenie antykorozyjne ograniczające się w większości przypadków do powierzchni zewnętrznych,
- korzystny kształt z uwagi obciążenie aerodynamiczne,
- występowanie powierzchni płaskich, i inne.

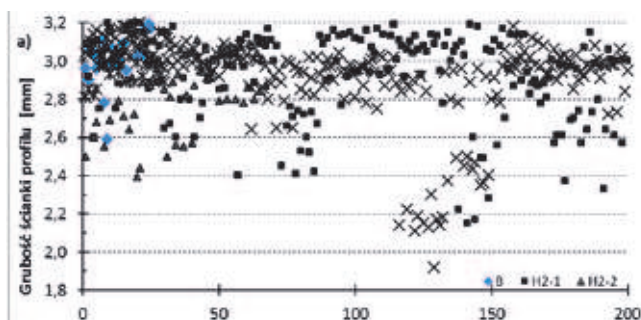
Znanym zagadnieniem jest większy koszt wykonania konstrukcji, z uwagi na wyższe ceny samych kształtowników oraz większe koszty wytworzenia elementów konstrukcyjnych, który dotyczy głównie okrągłych profili rurowych wymagających odpowiedniej technologii kształtowania połączeń szczególnie w stykach bez blach węzłowych. Wymienione zalety i wady powodują w dużej mierze wyrównanie kosztów powstania



Rys. 1. Widok analizowanych konstrukcji zadaszenia: a) nad parkingiem, b) przy budynku halowym



Rys. 2. Przykład zniszczenia kształtownika rurowego w wyniku korozji i zamarzającej wewnątrz wody



Rys. 3. Przykładowy rozkład pomiarów grubości ścianek profili: a) pomiar pierwszy, b) pomiar po dwóch latach

przyszłej konstrukcji. Zastosowanie elementów o przekroju zamkniętym wymaga właściwego podejścia zarówno na etapie projektowym, jak i wykonawczym, a jak opisano w dalszej części artykułu również dotyczy to powinno etapu utrzymania i eksploatacji.

2. Zastosowanie przekrojów zamkniętych w budownictwie konstrukcyjnym i ich zabezpieczenie

W środowisku projektantów i wykonawców stalowych konstrukcji wykorzystujących kształtowniki o przekroju zamkniętym panuje powszechny pogląd, iż nie ma potrzeby zabezpieczać wewnętrznych powierzchni pod warunkiem zapewnienia szczelnych połączeń i zamknięcia profili. Z takim stanowiskiem można również spotkać się również w literaturze [1]. Szczelne zamknięcie rurowych profili stalowych ma spowodować brak możliwości dostępu do wewnętrznych powierzchni kształtownika zarówno wody (pary wodnej), jak i szczególnie tlenu z powietrza, które to odpowiadają zarówno za korozję chemiczną, jak i elektrochemiczną. Również występująca na wewnętrznych powierzchniach profili zendra walcownicza uważana była za element chroniący materiał stalowy przed dostępem czynników korozyjnych [2]. Przy budowie obiektów mostowych, w elementach nieprzełazowych i niezabezpieczanych antykorozyjnie od wnętrza, stosowana jest często technika przedmuchiwania elementów przed ich ostatecznym zamknięciem przy zastosowaniu azotu, w celu zarówno osuszenia wnętrza elementów, jak i usunięcia części tlenowej z powietrza odpowiadającej za rozwój korozji [3]. Szczelne zamknięcie elementów ma ograniczyć zakres zmian korozyjnych jedynie do zawartej we wnętrzu ilości tlenu, która mogłaby spowodować jedynie ograniczone skutki w zakresie utlenienia materiału stalowego. Do głównych zadań wykonawcy należało zadbanie o to, aby zamknięte elementy nie były mokre, wypełnione wodą, oraz były szczelnie zamknięte za pomocą spoin łączących poszczególne elementy składowe konstrukcji.

3. Problem rozwoju korozji i destrukcji kształtowników – studium przypadku

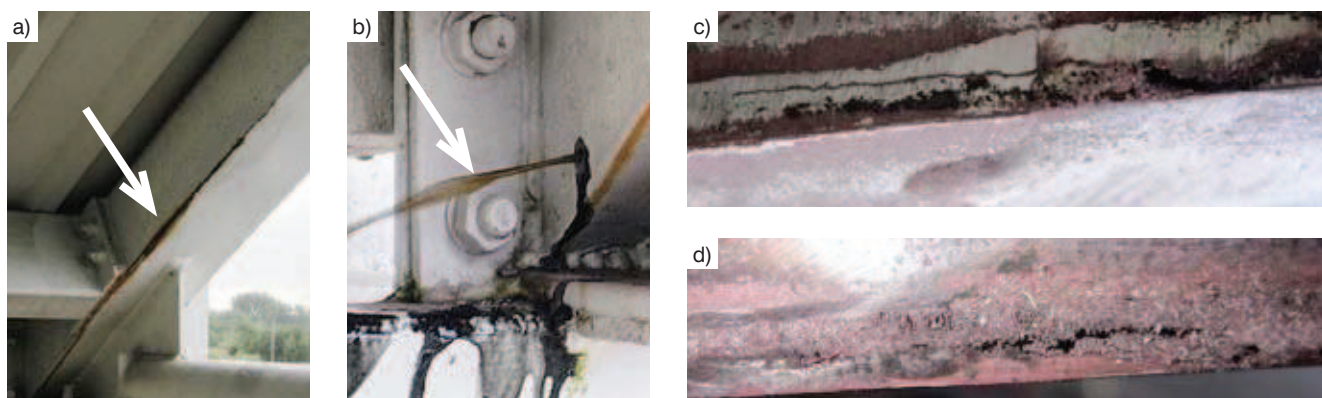
W analizowanym przypadku kształtowniki stalowe o przekroju poprzecznym prostokątnym zostały zastosowane do wykonania zewnętrznej konstrukcji nośnej przekryć nad miejscami postojowymi. W tej samej formie, jako element architektoniczno-ochronny przekrycia takie zastosowano dookoła obiektów halowych (rys. 1). Na górnej powierzchni łukowego rusztu z kształtowników zamkniętych została ułożona stalowa blacha trapezowa, która miała odpowiadać za ograniczenie oddziaływań środowiskowych, zwłaszcza w postaci deszczu i śniegu. Blacha, zgodnie z uznaną i powszechnie stosowaną w budownictwie techniką, została zamocowana do belek nośnych za pomocą wkrętów samowiercących

wyposażonych w podkładki stalowe pod łbem sześciokątnym, które odpowiadają za właściwy docisk umieszczonych pod nimi uszczelek neoprenowych. Rozwiązanie takie, oparte na atestowanych łącznikach, uznawane jest za szczelne i wykorzystywane powszechnie w budownictwie do mocowania elementów blaszanych zarówno na ścianach, jak i dachach. W opisywanym przypadku po około dziesięciu latach eksploatacji, na konstrukcji nośnej z kształtowników zamkniętych zaobserwowano pierwsze przypadki spęczenia profili, będące objawem dostania się do wnętrza dużych ilości wody, która zamarzając w zimie spowodowała pierwsze deformacje kształtu poprzecznego profili zamkniętych. Wykonane wówczas przeglądy ujawniły, iż w ich wnętrzu, w około 35% zastosowanych elementów zamkniętych, znajdowała się woda. Woda ta została spuszczana poprzez wykonane wówczas otwory drenażowe usytuowanych w najniższych miejscach konstrukcji. W trakcie dalszej eksploatacji obiektu liczba uszkodzeń powiększała się, doprowadzając jednocześnie do większych zniszczeń zarówno w zakresie ciągłości profili (rys. 2), jak i ubytku grubości ścianek stalowych. Ubytek grubości ścianek najszybciej rozwija się na wewnętrznych powierzchniach analizowanych elementów. W większości przypadków nie występują ubytki korozyjne na powierzchniach zewnętrznych, na których bardzo często istnieje jeszcze dobra, szczelna i przyczepna pierwsza powłoka malarskiego zabezpieczenia antykorozyjnego. Okresowe pomiary grubości ścianek profili zamkniętych wykonane metodą ultradźwiękową ujawniły postępujący w czasie proces korozyjny, do którego dochodziło na wewnętrznych powierzchniach rurowych elementów stalowych (rys. 3).

W skrajnych przypadkach dochodziło do zniszczenia elementów nośnych konstrukcji na skutek zarówno oddziaływań korozyjnych prowadzących do obniżenia wytrzymałości poszczególnych elementów składowych profili jak i sił powodowanych zamarzającą w okresach zimowych wodą oraz zmiennych oddziaływań środowiskowych, na jakie są narażone te elementy (rys. 4, 5).

4. Ocena przyczyn destrukcji elementów

Główną przyczyną niekontrolowanego rozwoju korozji i uszkodzeń zastosowanych kształtowników zamkniętych jest brak ich należytej szczelności w obrębie łączników wkręcanych w profile. W analizowanym przypadku na etapie projektowania [4], a następnie podczas realizacji inwestycji dopuszczono do zastosowania rozwiązanie nie dające wysokiej gwarancji szczelności w całym planowanym okresie eksploatacji. Aspekt ten nie został w ogóle podjęty przez projektanta w dokumentacji projektowej [5]. Oddziaływania środowiskowe przyczyniły się w pierwszej kolejności do poluzowania, a także do zerwania części połączeń. Część łączników uległa również skorodowaniu. Materiał uszczelek z EPDM-u stał się kruchy i sztywny, przez co nie



Rys. 4. Przykładowy ciąg przyczynowo-skutkowy odkrywania zakresu zniszczeń korozyjnych i destrukcji elementu: a) objawy korozji powierzchniowej na krawędzi elementu, b) identyfikacji problemu zalegania wody w elemencie, c) pęknięcie w materiale zakończone zniszczeniami korozyjnymi, d) przekorodowanie materiału



Rys. 5. Przykłady utraty ciągłości materiału stalowego na szwach spawalniczych

zapewniał odpowiedniego uszczelnienia wokół otworów. Czynniki te przyczyniły się do tego, że woda spływająca po blaszanym poszyciu o małym nachyleniu penetrowała po wkrętach do wnętrza elementów rurowych. Brak wymaganej szczelności spowodował dostawanie się do wnętrza również nowych porcji tlenu, który wraz z wodą przyczynił się do rozwoju reakcji korozyjnych. Nieszczelne elementy wystawione na oddziaływanie termiczne, związane z operacją słoneczną, narażone były również na zjawisko zasysania do wnętrza wilgotnego powietrza w okresach dobowego ochłodzenia, które następowało wyniku wyrównywania się ciśnień w otwartej przestrzeni gazowej pomiędzy dobowymi okresami gorącymi i zimnymi. Zassane wilgotne powietrze było kolejnym źródłem powstawania pary wodnej, która skraplała się na powierzchniach wewnętrznych kształtowników, przyczyniając się zarówno do rozwoju korozji, jak i wzrostu ilości wody w elementach. Ponadto w okresie zimowym zmagazynowana woda, w wyniku zamarzania i wzrostu objętości, stanowiła destrukcyjną siłą powodującą deformacje i zniszczenia profili stalowych. Zniszczenia profili objęły w dużej mierze naroża gięte elementów oraz szwy spawalnicze wykonywane na etapie produkcji kształtowników (rys. 5).

5. Podsumowanie

Przedstawione powyżej, wybrane spośród wielu innych na analizowanym obiekcie, przykłady uszkodzeń korozyjnych i destrukcji elementów wykonanych

z kształtowników zamkniętych pokazują, jak istotne jest kompleksowe spojrzenie na wszystkie detale konstrukcyjne przyszłego obiektu również pod kątem ich szczelności. W analizowanym przypadku to właśnie zaniechanie tego warunku stało się w chwili obecnej dużym problemem utrzymaniowym dla użytkownika w związku z koniecznością monitorowania uszkodzeń oraz naprawy i wymiany nadmiernie uszkodzonych elementów. Poprawnym rozwiązaniem konstrukcyjnym tego przypadku byłoby zaprojektowanie belek wsporczych z przekrojów otwartych, np. ceownik, dwuteownik, zetownik, lub dospawanie do profili rurowych dodatkowych blach w poziomie górnej płaszczyzny, dedykowanych wyłącznie pod łączniki wkręcane. W obu tych proponowanych rozwiązaniach ewentualna woda z nieszczelności w poszyciu przeciekałaby, nie powodując destrukcji elementów nośnych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Tournay M., Internal resistance to corrosion in steel hollow sections, 2002
- [2] Bródka J., Broniewicz M., Konstrukcje stalowe z rur, Warszawa, Arkady, 2001
- [3] Zalecenia do wykonywania i odbioru antykorozyjnych zabezpieczeń konstrukcji stalowych drogowych obiektów mostowych Zarządzenia nr 15 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 8.03.2006 r., Warszawa
- [4] Kowalski D., Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej Budownictwo Lądowe, Politechnika Gdańska, 2007, 185
- [5] Urbańska-Galewska E., Kowalski D., Dokumentacja projektowa konstrukcji stalowych w budowlanych przedsięwzięciach inwestycyjnych, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2015