XXIV awarie budowlane
XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna
Szczecin-Międzyzdroje, 26-29 maja 2009

Dr inż. ZDZISŁAW KURZAWA, *zdzislaw.kurzawa@put.poznan.pl*
Mgr inż. MARCIN CHYBIŃSKI, *marcin.chybinski@put.poznan.pl*
Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej

WPŁYW WARUNKÓW EKSPLOATACJI NA STAN TECHNICZNY STALOWYCH WIEŻ KRATOWYCH

INFLUENCE OF CONDITIONS OF EKSPLOITATION ON TECHNICAL DEGREE OF STEEL GRID TOWERS

Streszczenie W pracy zamieszczono informacje, które są podsumowaniem z przeglądu technicznego dwóch stalowych wież kratowych. Wieże te zaadaptowano dla celów przesyłania sygnałów GSM zmieniając w ten sposób warunki obciążeń w stosunku do założeń projektowych. Wynikające stąd konsekwencje stanowią wnioski z tego opracowania.

Abstract The contained information in work is recapitulation the investigations of technical state two steel grid towers. Towers these were adapted for aims sending signals GSM. The conditions of loading of towers in this way were altered in relations to project foundations. Resulting with this consequences conclusions make up with this study.

1. Wprowadzenie

Z chwilą rozwoju sieci telefonów komórkowych rozpoczął się proces wyszukiwania obiektów, na których można zawiesić urządzenia antenowe służące do przesyłania sygnału.

Często zatem wykorzystuje się do tego celu istniejące obiekty takie jak kominy, maszty, dachy wysokich budynków, a także wieże kratowe (np. oświetleniowe, obserwacyjne itp.).

Wiele z tych obiektów nie było i nie jest nadal sprawdzane wytrzymałościowo po zwiększeniu obciążeń przez napór wiatru na urządzenia antenowe. Skutkiem takiej sytuacji są rejestrowane przeciążenia prętów, styków oraz niedopuszczalne deformacje wieży.

W pracy tej przedstawia się przykłady takich obiektów, które były przedmiotem przeglądu oraz szczegółowych obliczeń statycznych.

Rezultaty tej pracy mogą być pomocne w ocenie innych podobnych obiektów.

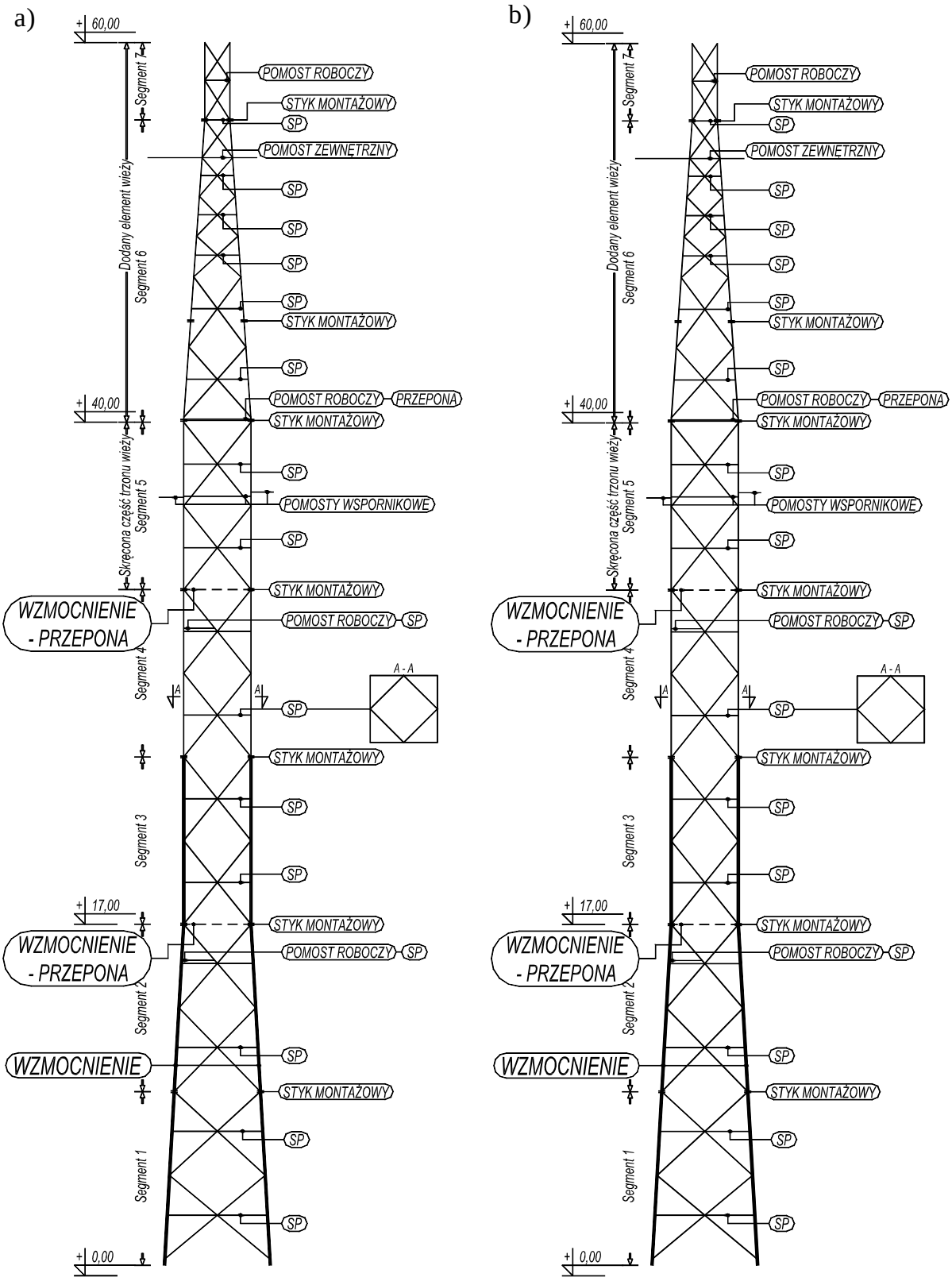
2. Opis przeprowadzonych badań wież kratowych

2.1. Wieża kratowa 1

Na pewnej wieży o wysokości 60,0 m na najwyższych segmentach umieszczono kilkanaście dużych anten parabolicznych, o średnicach od 1,20 m do 1,80 m wraz z licznymi małymi antenami różnego typu.

Do pewnego czasu zawieszano na wieży nowe anteny bez dokonywania dokładnych obliczeń statycznych oceniających stan wytężenia elementów wieży.

Geometrię wieży wraz z zakreśleniem obszaru, na którym zawieszono największą liczbę dużych anten przedstawia rys. 1a oraz rys. 2.



Rys. 1. a) wieża kratowa 1, b) wieża kratowa 2

Rys. 2. Przykładowe rozmieszczenie anten w pobliżu najwyższego pomostu wieży 1

Użytkownik uznał w pewnym momencie, że chce zawiesić na wieży szereg dodatkowych anten i zdecydował się na zlecenie oceny nośności wieży.

Już pierwsze oględziny wieży wykazały, że na poziomie ¾ wysokości jest ona skręcona względem osi pionowej. Dalsze badania wykazały, że najwyższy segment wieży jest jej przedłużeniem w celu zwiększenia wysokości zawieszania anten. Stąd wniosek, że początkowa jej wysokość wynosiła 40,0 m.

Przeprowadzone obliczenia statyczne w przestrzeni 3D pozwoliły ustalić w miarę dokładne wytężenia w prętach, stykach oraz deformacje wieży. Wyniki obliczeń potwierdziły przeciążenia krawężników wieży na jej dużej wysokości oraz wysokie wytężenia elementów styków.

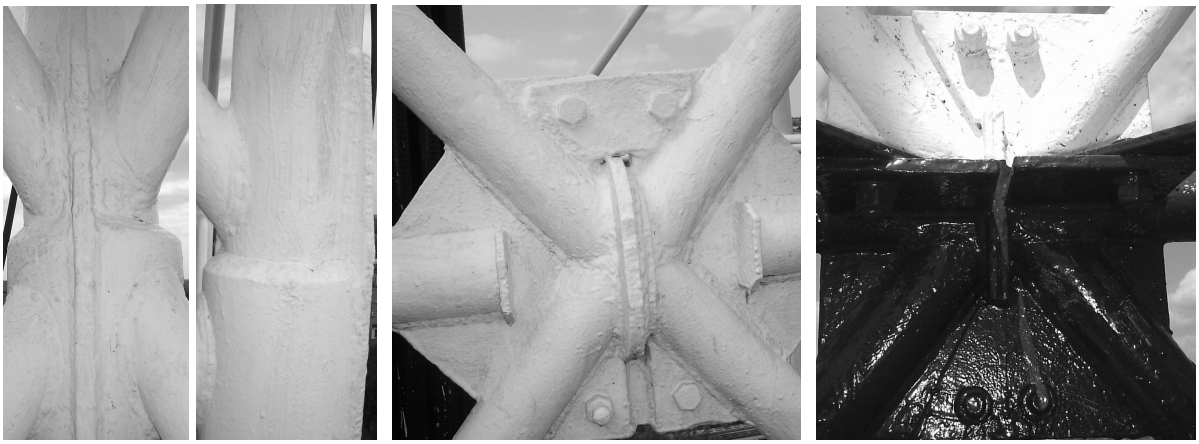
Istniejąca część wieży (przed jej przedłużeniem) miała skratowanie poprzeczne rozmieszczone w płaszczyźnie każdego słupka skratowania. Skratowanie, które wykonano w formie wpisanego w trzon obróconego kwadratu nie spełniło zresztą roli prawidłowego usztywnienia postaciowego trzonu wieży. Nie wszędzie przepony usytuowano w miejscach załamania krawężników wieży, co stanowi zasadę prawidłowego kształtowania trzonów wieży [1], [2].

Można przypuszczać, że w sytuacji przed przedłużeniem wieży nie była ona obciążona dużym momentem skręcającym i dlatego ich konstrukcja oraz usytuowanie było zgodne z typowym rozwiązaniem stosowanym dla przyjętej wtedy funkcji wieży.

W wyniku obliczeń statycznych okazało się, że wprowadzenie prawidłowo wykonanych przepon (dodano dwie w miejscach zmiany geometrii oraz w płaszczyźnie styku z częścią nadbudowaną) poprawia stan wytężenia w zakratowaniu wieży oraz tym samym wielkość deformacji postaciowych trzonu wieży. Dodając do tej oceny fakt, że cały środkowy fragment krawężników wieży oraz umieszczone w tej strefie styki (rys. 3) były przeciążone, wzmoc-

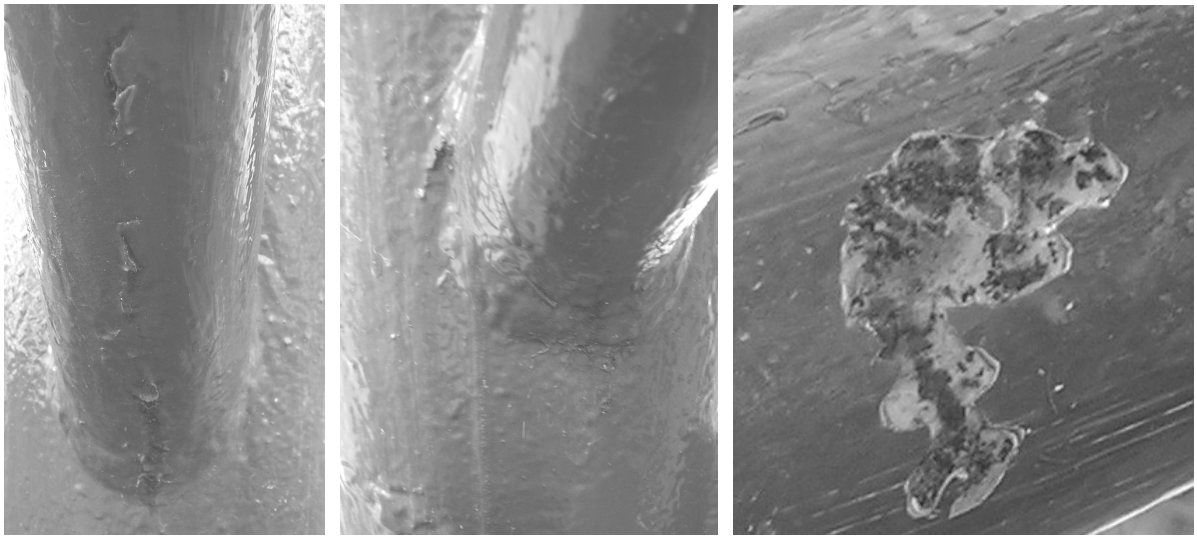
nienie wieży było koniecznością w celu zapewnienia dalszej bezpiecznej jej eksploatacji. Elementy wieży, które należało wzmocnić przedstawia rys. 1a.

Na przykładzie tej konstrukcji, którą w całości wykonano z rur okrągłych zauważyć można powtarzającą się często nieprofesjonalną konserwację elementów wieży. Uwaga ta dotyczy zarówno sposobu nakładania powłok antykorozyjnych, a także odprowadzenia skroplin i usuwania rdzy z wewnętrznej przestrzeni krawężników wieży poprzez odpowiednio wykonane otwory rewizyjne w pobliżu zakotwienia krawężników wieży.



Rys. 3. Przykłady styków wieży 1

Na rys. 4 pokazano jeden z przykładów stanu powłoki antykorozyjnej nałożonej na nieoczyszczone podłoże. Na rys. 5 natomiast pokazano zatkane (zamalowane) otwory w krawężnikach wieży. Nagromadzona tam woda jest główną przyczyną ubytków korozyjnych w dolnych częściach krawężników. Przekroje prętów wież wykonane z rur są lepsze od innych z punktu widzenia korozji zewnętrznej ich powierzchni, natomiast w przypadku jakichkolwiek nieszczelności w połączeniach prętów lub w stykach prowadzi to do intensywnej korozji głównie wewnątrz krawężników wieży.



Rys. 4. Przykłady stanu nowo nałożonej powłoki antykorozyjnej na wieży 1

a) b)

Rys. 5. Przykłady braku otworu do odprowadzenia wody z krawężników w okolicy fundamentów: a) wieża 1, b) wieża 2

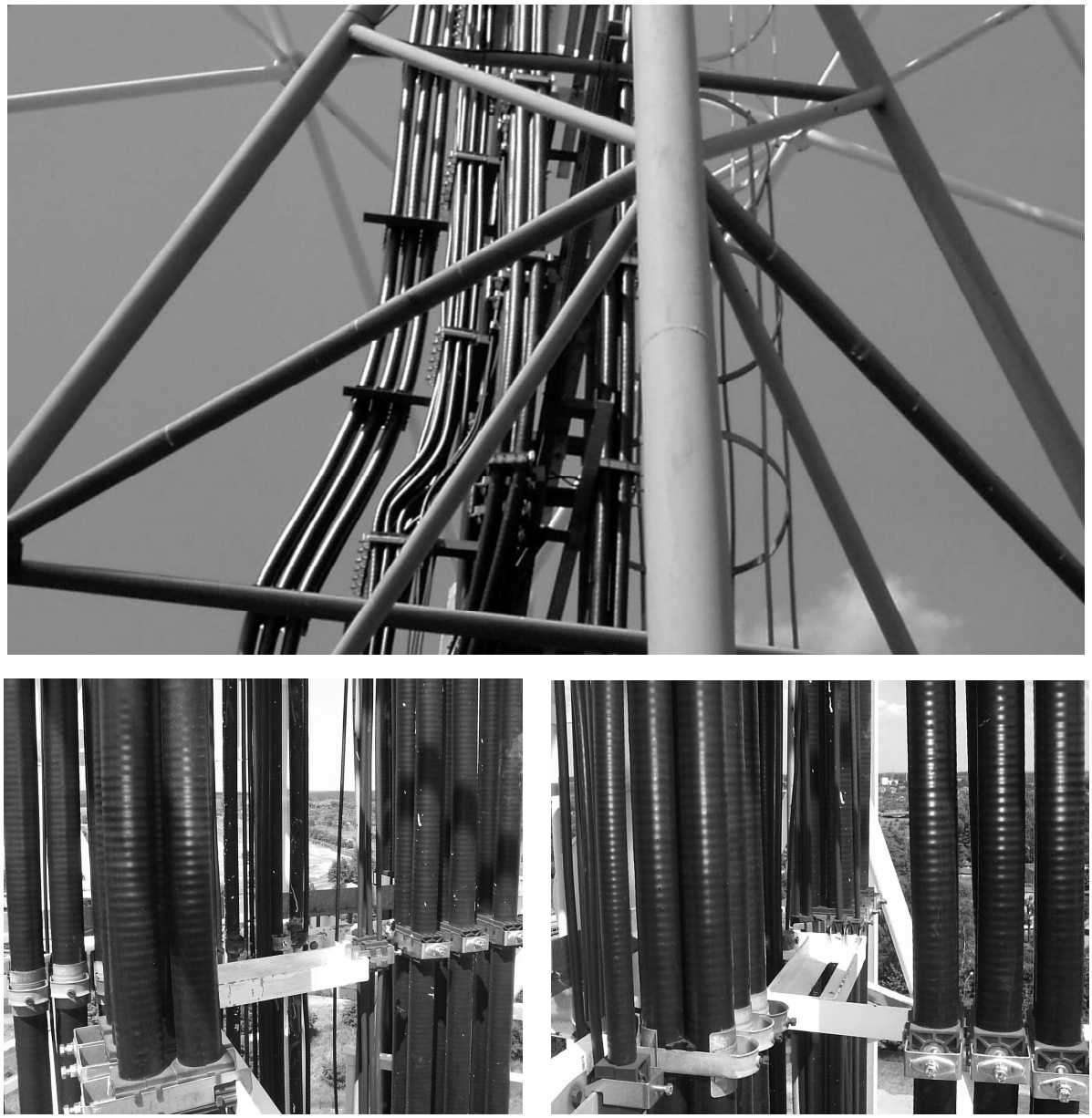
2.2. Wieża kratowa nr 2

Na wieży kratowej, której geometrię przedstawia rys. 1b zainstalowano kilkadziesiąt anten różnego typu. Część z tych anten to urządzenia z czaszami o średnicach od 1,2 do 3,0 m. Kilka z nich usytuowano na dużych wspornikach powodując w ten sposób skręcanie wieży podczas obciążenia jej wiatrem.

Sposób zawieszenia niektórych anten pokazuje rys. 6.

Rys. 6. Rozmieszczenie anten na wieży 2

Dodatkowe, ale o znacznej wartości, obciążenie takich obiektów to tak zwana „droga kablowa”. Jest to zespół przewodów o średnicach do 60 mm (chociaż występują również przewody o większych średnicach np. 100 mm), które ułożone obok siebie tworzą znaczna płaszczyznę naporu wiatru (rys. 7).



Rys. 7. Droga kablowa na wieży 2

W wieży, którą wykonano z siedmiu segmentów montażowych, wszystkie pręty wykonano z przekrojów rurowych. Również tu nie zastosowano odpowiednich otworów rewizyjnych w krawężnikach w celu odprowadzenia skroplin wody oraz opadłej rdzy. Takie zaniedbanie doprowadziło do szybszej korozji wewnętrznych powierzchni krawężników. Gruby osad rdzy w dolnych częściach krawężników wieży był najlepszym tego potwierdzeniem.

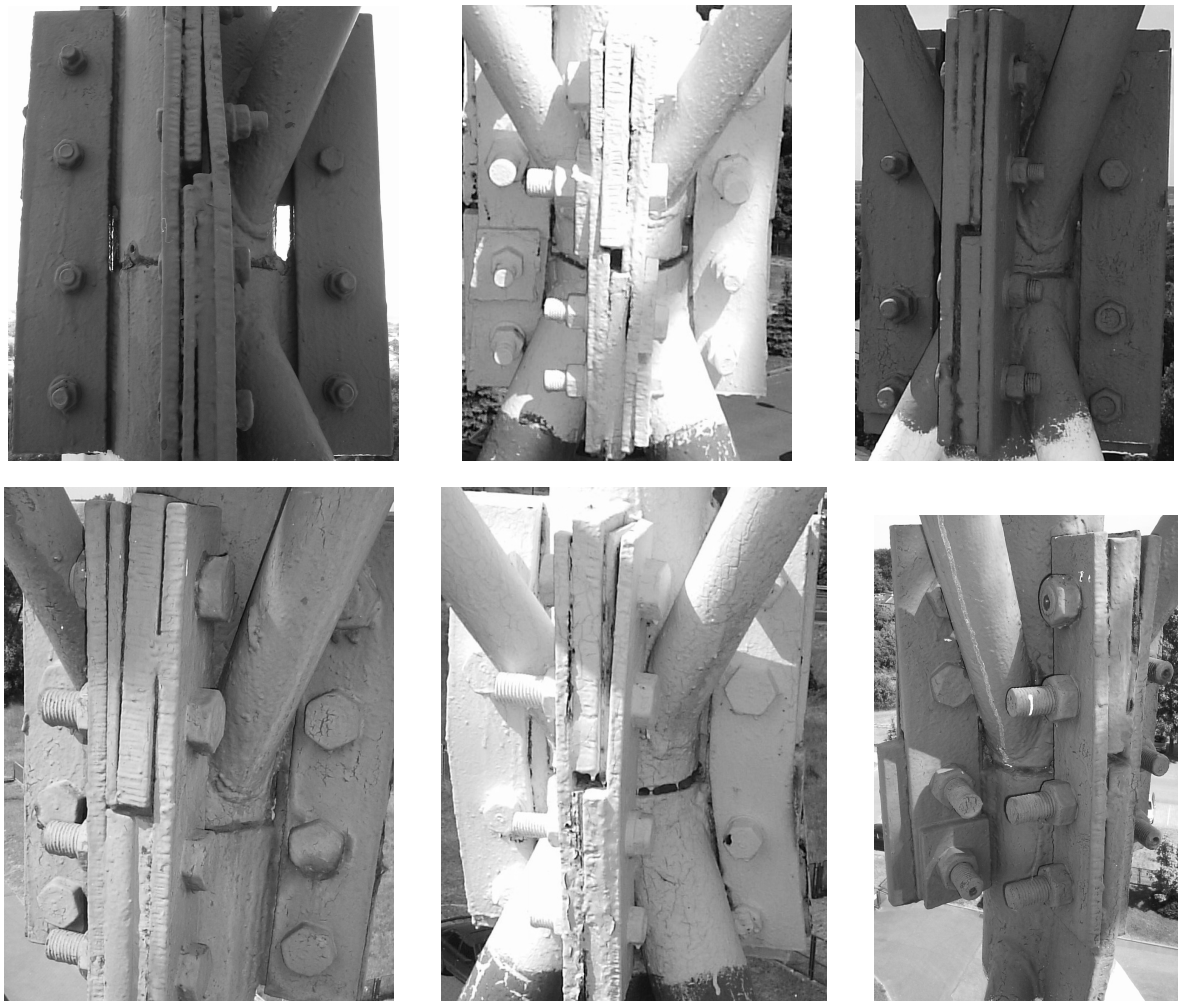
W wieży nie było przepon w miejscach załamania krawężników (rys. 1b), a zastosowane usztywnienia poprzeczne wykonano w postaci jednego pręta umieszczonego po przekątnej trzonu wieży. Dodatkowo do tych prętów podwieszono „drogę kablową” z drabiną i koszem powodując znaczne zginanie prętów przepon.

Tak wykonstruowane przepony nie spełniają wymogów zachowania odpowiedniej sztywności postaciowej i z tego powodu w chwili ich ściskania wybaczają się nie uczestnicząc w przejmowaniu obciążeń skręcających trzon wieży. W wieży zamocowano duże anteny na wspornikach o znacznym wysięgu, również wzdłuż krawężników, powodując ich zginanie oraz skręcanie całej wieży. Jeżeli takie obciążenie nie występuje w płaszczyźnie prawidłowo wykonanej przepony to sztywność postaciowa wieży może być niewystarczająca.

W wyniku obliczeń statycznych wieży w przestrzeni 3D okazało się, że konieczne jest wprowadzenie dodatkowych przepon w przekrojach 1–1 i 2–2 (rys. 1b) oraz przekonstruowanie pozostałych przepon tak, by spełniały warunki sztywności postaciowej trzonu wieży.

Mimo zaawansowanej korozji wewnątrz prętów skratowania nie było potrzeby ich wzmacniania tylko dlatego, że zostały zaprojektowane z odpowiednim zapasem nośności.

Osobną sprawą jest sposób wykonania styków montażowych. Nieprawidłowości wykonania obrazuje rys. 8.



Rys. 8. Styki montażowe wieży 2

3. Wnioski

Wyniki opisanych w tej pracy obserwacji i analiz pozwalają sformułować kilka wniosków, które mogą być pomocne podczas okresowych przeglądów wież o podobnych konstrukcjach. Do najistotniejszych z nich należą:

- zwracać uwagę na usytuowanie przepon oraz ich prawidłową konstrukcję w celu uzyskania możliwie najmniejszych podatności postaciowych; szczególnie w miejscach przyłożenia znacznych momentów skręcających oraz w przekrojach gdzie występuje załamanie krawężników wieży,
- stosowanie przekrojów rurowych, zamkniętych ma niewątpliwe zalety ale też i wady. Jeżeli brak jest szczelności w połączeniach (również spawanych) to efektem może być przyspieszona korozja wewnątrz przekrojów. Zatem należy podczas przeglądu zadbać

o sprawdzenie skuteczności odprowadzenia wód i rdzy z krawężników wieży. Zaleca się wprowadzenie otworów rewizyjnych, odpowiednio zaślepionych na każdym odcinku wieży, gdzie krawężniki są na obu ich końcach zamknięte,

- styki montażowe, szczególnie śrubowe, należy wykonywać jako poprzeczne. Projektowanie podłużnych styków może powodować niedokładności wykonawcze obniżające nośność wieży w przekrojach, gdzie je wykonano. Przykłady takich niedokładności pokazano w tej pracy,
- bardzo często zdarza się, że powłoki antykorozyjne są nakładane nieprofesjonalnie lub niestarannie. Nowe powłoki nawierzchniowe nakłada się często bezpośrednio na stare nie oczyszczając wcześniej podłoża. W takim wypadku kontakt powłoki z podłożem jest niewystarczający i w wyniku tego pod warstwą powłoki antykorozyjnej w dalszym ciągu rozwija się korozja.

Literatura

1. Rykaluk K.: Konstrukcje stalowe. Kominy, wieże, maszty. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
2. PN-B-03204:2002. Konstrukcje stalowe. Wieże i maszty. Projektowanie i wykonanie.

Praca wykonana w ramach tematu nr BW-11-025/2009.