

Systemowe wieże podporowe VST na Zamku Książąt Pomorskich w Szczecinie



11 maja 2017 roku na Zamku Książąt Pomorskich w Szczecinie doszło do osunięcia się słupa w grunt, poniżej poziomu posadzki. W wyniku tego zdarzenia słup z głowicą zapadł się całkowicie pod ziemię i spowodował oderwanie się analogicznych kolumn z głowicami w pomieszczeniach parteru oraz pierwszego i drugiego piętra, które bezpośrednio znajdowały się nad feralną piwnicą. Były to sale ekspozycyjne i pomieszczenia techniczne, w których w momencie zdarzenia nie przebywała żadna osoba. Zespół czterech filarów wraz z głowicami opadł o całą wysokość kondygnacji, to jest o około 4 m. Tym samym ceglane stropy sklepieniowe w pomieszczeniach na czterech kondygnacjach zostały pozbawione centralnych punktów podparcia. Zawisły tylko na ścianach, tworząc zagrożenie dalszą destrukcją. Dodatkowo głowice kolumn z kondygnacji wyższych oparły się o krawędzie otworów w stropach po głowicach z kondygnacji niższej i tylko dzięki takim ograniczeniom nie uległy całkowitemu zawaleniu. Bezpośrednio po zaistniałej sytuacji podjęto działania, których celem było usunięcie słupów z głowicami oraz rozbiórka stropów. Głównym założeniem było wprowadzenie stalowych pomostów w przestrzeń nad uszkodzonymi stropami. Miały być one niezależne względem konstrukcji zamku. Wprowadzenie i posadowienie pomostów miało być wykonywane wyłącznie od strony zewnętrznej budynku przy wykorzystaniu systemowych wież podporowych. Pomosty, przewidziane jako stalowe ruszty, miały być platformami roboczymi pozwalającymi na transport poziomy zniszczonych elementów stropowych. Poza tą funkcją, odpowiedni układ stężeń i przepon na ruszcie miał podeprzeć i zabezpieczyć same głowice słupów przed niekontrolowanym przemieszczeniem.

Technolodzy PERI współpracujący przy projekcie rozbiórki zastosowali sprawdzony system wież podporowych VARIOKIT. System ten jest efektem prac badawczych popartych wieloletnim doświadczeniem kadry inżynierskiej PERI na całym świecie i pozwala na kształtowanie rozwiązań oraz budowę różnorodnych konstrukcji lub urządzeń. Parametry wytrzymałościowe systemu VST pozwoliły na redukcję liczby gałęzi w wieżach i opracowanie rozwiązania, które bazowało na jednej wieży z sześcioma stojakami dla tandemu dźwigarów z pomostu roboczego. Z uwagi na ograniczenia w poziomie posadowienia przygotowano dwa rozwiązania. Od strony zewnętrznej zamku zaproponowano łączenie stojaków za pomocą systemowych rygli i stężeń portalowych. Dla tych elementów rozstaw stojaków jest stały i wynosi 2 m. Wobec powyższego wieże VST od strony wzgórza zamkowego miały wymiar w planie 2×4 m. Od strony dziedzińca

wewnętrznego zastosowanie łączników VST było możliwe tylko po długości linii podparcia. W przekroju poprzecznym, aby spełnić wymagania dotyczące uniknięcia kolizji ze zbiornikiem podziemnym i krużgankami, zastosowano na elementy stężeń rozpory SLS, które pozwoliły na redukcję przekroju poprzecznego do $1,2 \times 4,0$ m (rys. 1). Dla takich przekrojów poprzecznych dobrano segmenty na wysokości. Przedstawiono precyzyjne rzędne oparcia dla każdego z trzech poziomów platform roboczych. W przypadku pierwszego poziomu wystarczającym była budowa wyłącznie rusztu z systemowych profili HEB 300 i HEB 400. Stanowił on bazę, na której oparto stopy wież VST kondygnacji wyższych. W przypadku pierwszego poziomu niezbędnym było wykonanie czterech warstw rusztu belkowego. Na ruszcie oparte zostały dźwigary HEB 650 pomostu roboczego z przesunięciem względem stojaków VST. Taka konfiguracja umożliwiła swobodną nadbudowę kolejnych etapów wież.



Rys. 1. Widok wież VST od strony dziedzińca wewnętrznego

Ruszty powtórzone zostały na każdym z trzech poziomów pomostów roboczych.

Dla zachowania niezmienności położenia dźwigarów systemowych na ruszcie z pierwszego poziomu niezbędnym było przygotowanie indywidualnych blach łącznikowych. Blachy te miały odpowiedni układ otworów skoordynowany z otworami w profilach HEB i stopach VST. Dzięki takiemu rozwiązaniu centrowania zachowano pełną osiowość podczas prac montażowych pomiędzy poszczególnymi elementami wież podporowych na wszystkich etapach nadbudowy. Indywidualny dobór otworów w blachach centrujących poszczególne profile stalowe HEB 300 i HEB 400 pozwolił na zamontowanie dźwigarów ruszta pomostu roboczego w odpowiednio narzuconym zukosowaniu. Każdy z kolejnych etapów nadbudowy zwieńczony był segmentem głowicowym VST 100, który dzięki ręcznym siłownikom hydraulicznym pozwalał na rektyfikację położenia platform roboczych (rys. 2 i 3). Sam proces scalania odbywał się w pozycji horyzontalnej, co znacznie przyspieszyło montaż.

Elementem uzupełniającym system wież VST były stężenia ciągnowe DW 15. Układy niezależnych stężeń zostały zastosowane w tym rozwiązaniu ze względu na specyfikę konstrukcji samych wież. Etapowanie nadbudowy z zastosowaniem dwóch poziomów segmentów głowicowych mogło prowadzić do zsumowania się wszystkich sił poziomych i skutkować nadmierną asymetrią w rozkładzie nacisków pod stopami VST w poziomie posadowienia. Uznano, że lepszym rozwiązaniem będzie wyeliminowanie sił poziomych z układu wież VST poprzez zastosowanie niezależnych systemowych ciągnów DW 15. Ciągna ukośne montowane były na każdym z etapów do ruszta belkowego. Profile te mają systemowe układy otworów o średnicy 25 mm. Za pomocą śrub M 24 uchwyty stężeń były przykręcane do elementów stalowych lub podłoża betonowego. Naciąg stężeń był na bieżąco kontrolowany i utrzymywany przez zastosowanie klasycznej śruby rzymskiej z przyłącza ściennego systemu pomostów roboczych CB. W poziomie posadowienia zastosowano stopy z systemu ACS, czyli pomostów samowznoszących się, które kotwione miały być do układu płyt drogowych stanowiących fundament dla wież podporowych VST. Do samej operacji nasuwania proponowano zestawy rolkowych łożysk tocznych o odpowiedniej nośności i kliny odciążające, które z fazy przesuwu pozwalały na przejście do fazy spoczynkowej. Dzięki łożyskom rolkowym ograniczona została wartość siły poziomej inicjującej przemieszczenie. Całość procesu nasuwania belek pomostów prowadzona była na poziomie ok. 30 mm powyżej rzędnej podanej w projekcie konstrukcyjnym i dzięki klinom możliwe było ich opuszczenie. Elementy te są często stosowane w budownictwie mostowym i znajdują się na stałym wyposażeniu zestawu VARIOKIT. Dla opracowanego schematu podziału nasuwanych profili HEB 650 określono precyzyjnie położenie klinów i rolek. Dla każdego z tych elementów opracowano schemat stalowych podkładek klinujących pozwalających na precyzyjne ich umiejscowienie bądź szybkie odprężenie.



Rys. 2 i 3. Wieże VST z pozycji montażowej. Widok segmentu głowicowego

Dzięki zastosowaniu systemowych rozwiązań wież podporowych ograniczona została w sposób zdecydowany liczba elementów nietypowych, jednorazowych, tworzonych tylko dla tego zadania. Ważne jest to w szczególności, kiedy ma się na uwadze całkowity tonaż konstrukcji wsporczej. Do zmontowania i demontażu w późniejszym etapie była konstrukcja wieżowa o łącznej wadze ponad 90 ton, z czego tylko niespełna 3 tony stanowiły elementy nietypowe. Powyższe nie obejmuje ciężaru rusztów technologicznych i wyposażenia stosowanego przy pracach rozbiórkowych. Nabiera to szczególnego znaczenia w przypadku zadań tymczasowego zabezpieczenia czy wzmocnienia konstrukcji oraz przy robotach związanych ze stanami awaryjnymi. Stosowanie systemowych wzmocnień czy zabezpieczeń gwarantuje minimalizację kosztów ewentualnej utylizacji bądź magazynowania sprzętu po okresie ich użytkowania. W dobie dbałości o ochronę środowiska to aspekty, które nabierają szczególnego znaczenia.

Kamil Karpała, kierownik Zespołu Technologów
Paweł Różyło, technolog