

dr inż. Wojciech Terlikowski*

Diagnostyka i analiza konstrukcyjno-architektoniczna starożytnej świątyni w Iranie

Właściwe prace konserwatorskie, zabezpieczające i wzmacniające zabytki znajdujące się w stanie „trwałej ruiny” wymagają dokładnej diagnostyki, uwzględniającej specyfikę formy architektoniczno-konstrukcyjnej, technologii ich wykonania, właściwości użytych materiałów, a także długi okres, który zazwyczaj dzieli badanie obiektu od jego pierwotnego użytkowania [1]. Zabytki starożytne bardzo często zlokalizowane są na obszarach niezabudowanych i trudno dostępnych. Ruiny perskiej świątyni ognia w Iranie, odkrytej i zbadanej w ostatnich latach przez polskich archeologów pod kierunkiem **prof. dr hab. Barbary Kaim** z Uniwersytetu Warszawskiego, znajdują się w zachodniej części prowincji Khorasan, w pobliżu miasta Sabzewar [2]. W ramach prac badawczych zdiagnozowałem stan techniczny tych ruin, przeprowadziłem analizę architektoniczno-konstrukcyjną, opracowałem program prac konserwatorskich i zabezpieczająco-wzmacniających. Świątynia znajduje się na szczycie ostrogi skalnej (fotografia 1), wznoszącej się

pośrodku wąwozu w masywie górskim, przez który przepływa rzeka Revand. Konstrukcja i kształt budowli świadczy o tym, że jest to typowy dla architektury starożytnego Iranu *chahar taq* (cztery łuki) [2], czyli budowla z przekryciem kopułowym wspartym na czterech łukach. Pierwsi badacze irańskiej architektury religijnej utożsamiali budowle typu *chahar taq* z sasanidzkimi świątyniami ognia [3]. Obecnie panuje jednak powszechna zgodność, iż konieczna jest większa ostrożność w przypisywaniu funkcji tych konstrukcji, gdyż przynajmniej niektóre z nich powstały w okresie muzułmańskim, inne są częścią większych zespołów rezydencjonalnych [4]. Pierwsze konstrukcje tego typu zarówno z architektury pałacowej, jak i świątynnej znane są z początków panowania Sasanidów (III wiek). Obecnie znanych jest ok. 70 budowli typu *chahar taq* [3]. Charakterystycznymi cechami tych konstrukcji jest kształt, zorientowanie narożników według stron świata, układ i wymiary ścian oraz konstrukcja kopuł. Konstrukcje kopuł wsparte na trompach nie są gruntownie przebadane, gdyż większość z nich nie zachowała się w stanie oryginalnym.

Diagnostyka stanu technicznego badanej świątyni i opis czynników destrukcyjnych

Badana świątynia wykonana została w technologii murowanej, z kamienia, prawdopodobnie w V wieku naszej ery. Elementy murowe są zróżnicowane pod względem kształtu, wielkości i rodzaju skał. Analiza makroskopowa wykazała, że są ukształtowane ze skał węglanowych, wapieni lekkich, zwartych, a także marmurów i skał magmowych, takich jak serpentynity, po przeobrażeniach metamorficznych. Jako spoiwa użyto zaprawy gipsowej zmie-

szanej z pokruszonymi skałami wapiennymi, sporządzonej przez wypalanie i gaszenie anhydrytu. Mur jest murem dzikim, miejscami półdzikim, wykonanym z kamieni narzutowych o kształcie obłym lub łamanym, w większości niesortowanych. Ma małą wytrzymałość i spoiwość wewnętrzną [5]. Grubość ścian zewnętrznych jest zróżnicowana i wynosi $0,80 \div 1,20$ m. Od strony północno-wschodniej wzdłuż korytarza znajduje się ściana grubości $0,80$ m, w której na osi jest otwór wejściowy, sklepiony łukiem, szerokości $1,75$ m. Do wysokości ok. $2,00$ m ściany wykonane były z większych bloków kamiennych, tworzących rodzaj ściany podwalinowej, na której ułożono kilka (3 – 5) płaskich warstw sortowanych, kamiennych elementów murowych, stabilizujących i rozkładających naprężenia z górnych warstw muru, wyrównujących jednocześnie poziom. Górne warstwy muru wykonane zostały z mniejszych, drobnych i płaskich elementów murowych, z dużą ilością zaprawy. W niektórych partiach muru widać sortowanie kamieni łamanych (wyraźnie jest zaznaczona ich podstawa, zwana łożyskiem) oraz impozycję, wpływającą negatywnie na pracę sąsiednich kamieni. W narożnikach pomieszczenia, na wysokości $2,20$ – $2,30$ m są gniazda, co świadczy o wykorzystaniu rusztowań przy wznoszeniu budowli. Podstawę świątyni stanowi platforma z kamieni, której zadaniem było wyrównanie podłoża i dostosowanie pewnej formy płyty fundamentowej pod konstrukcję.

Obecnie świątynia znajduje się w stanie ruiny (fotografia 2). Na podstawie wypowiedzi okolicznych mieszkańców można stwierdzić, że destrukcja konstrukcji nastąpiła w ostatnich czterech dekadach. Fragmentarycznie zo-



Fot. 1. Ekspozycja ruin świątyni

* Politechnika Warszawska



Fot. 2. Ruiny świątyni na szczycie skalnego kopca

stały zachowane tylko ściany budowli, z jedynym łukiem od strony północno-zachodniej. Łuk jest skorodowany od góry, z wyraźną dezintegracją elementów tworzących mur i rozluźnieniem, na skutek destrukcji zaprawy (fotografia 3). Został tymczasowo zabezpieczony przez wzmocnienie podniebienia warstwą zaprawy wapiennej i podparcie stalowym rusztowaniem o promieniście ustawionych podpórach. W ścianie południowo-wschodniej widoczne są tylko dolne fragmenty łuku od wezłowania do krzywizny z podniebieniem. Nie ma fragmentów łuku otaczających zwornik. Stojące fragmenty łuku zostały podparte dwoma krzyżującymi się, ukośnymi podpórami. W murach są duże, głębokie rysy, po obu stronach otworu, świadczące o odcięciu konstrukcji łuku od reszty muru. Podobne, lecz znacznie większe zniszczenia wystąpiły w łukach w ścianach północno-wschodniej i południowo-zachodniej. Zachowane zostały w bardzo niewielkim stopniu najwyższe fragmenty ścian od strony północno-zachodniej, południowej i południowo-wschodniej (wysokość zachowanych fragmentów do poziomu trompy wynosi ok. 6,80 m). Lepiej zachowane są fragmenty ścian w dolnych partiach



Fot. 3. Ściana północno-zachodnia świątyni z pozostałościami trompy

murów. W górnej części widać wyraźne spękania, rysy, rozwarstwienia powierzchniowe, ubytki w formie wykruszeń, a także rozluźnienia oraz ubytki zaprawy, powodujące wypadanie kamieni. Lokalnie występuje dezintegracja granularna niektórych elementów murowych, znajdujących się w koronie ocalałych fragmentów murów. Wszystkie ściany od strony zewnętrznej są bardzo zniszczone. Obiekt nie nadaje się do publicznej ekspozycji, ze względu na przekroczenie stanu bezpieczeństwa użytkowania.

Nie jest znana bezpośrednia przyczyna zniszczenia kopuły. Wydaje się, że jej dezintegracja i rozpad doprowadziły do zniszczenia łuków i górnych partii murów świątyni. Można przypuszczać, że główną przyczyną był, podobnie jak obecnie, destrukcyjny wpływ oddziaływania atmosferycznego w postaci wód opadowych, zmiennego, ostrego, górskiego klimatu, z temperaturą poniżej zera w zimie i opadami śniegu oraz bardzo wysoką temperaturą w lecie. W górskim klimacie występuje również duża dobowa różnica temperatury. Woda opadowa wnika w strukturę muru zawilgaca elementy murowe i zaprawę, powoduje ich pęcznienie i osłabienie. Mury takie są wówczas bardziej podatne na odkształcenia, tracą swoją pierwotną wytrzymałość i nośność [6]. Woda wypłukuje też z zaprawy spoiwo, drobny piasek, a nawet słabo spojone drobne elementy murowe. Kamienie tworzące konstrukcję świątyni, o zróżnicowanym pochodzeniu i dużej nieregularności strukturalnej, wykazywały różne cechy fizyczne, w tym różny stopień porowatości oraz nasiąkliwość, co sprawiło, że różnie reagowały na działanie wody i temperatury. Przy jednoczesnym działaniu różnych sił zewnętrznych powstawały dodatkowe naprężenia w konstrukcji oraz lokalne ich koncentracje. Uszkodzone, spękane powierzchnie kamieni podlegały procesom destrukcyjnym szybciej niż inne kamienie. Znaczne zmiany temperatury zarówno w cyklu rocznym, jak i dobowym mogły spowodować duże zniszczenie muru, niezależnie od destrukcji spowodowanej działaniem wody. W pierwszej fazie mogło nastąpić rozluźnienie i zmniejszenie spoiwości muru, a nawet uszkodzenie elementów murowych i zaprawy. Przyczyną tego jest różna rozsze-

rzalność cieplna zaprawy gipsowej i kamieni pochodzących z różnych skał, a także, wynikająca z anizotropowości skał, różna rozszerzalność liniowa tych samych materiałów w kierunku do siebie prostym. Na temperaturę nagrzewania mogły wpływać również różne kolory kamieni użytych do wykonania muru, a co się z tym wiąże do powstawania dodatkowych naprężeń [7]. Nieosłonięty szczyt kopca skalnego narażony jest nieustannie na dynamiczne porywy wiatru, które powodują korozję i dodatkowo przyspieszają postępującą destrukcję muru. Drobne cząsteczki muru (skał, kamieni, zaprawy) odrywane przez wiatr uderzają o powierzchnię muru, co powoduje powstawanie rys, pęknięć i drobnych uszkodzeń. Częściowo zniszczona została platforma-podstawa, na której zbudowano świątynię. Podcięcie i uszkodzenie jej narożnika od strony południowej spowodowane jest destrukcyjnym działaniem wody opadowej, która wymywając zaprawę, doprowadziła do dezintegracji elementów murowych, które odspojone odpadały od platformy fundamentowej.

Założenia konserwatorskie oraz wytyczne dotyczące naprawy i wzmocnienia ruin

Wszelkie działania przy ruinach świątyni powinny być prowadzone w sposób kompleksowy, na podstawie rzetelnych badań, ze szczególną ostrożnością, kierując się zasadą minimalnej ingerencji konstrukcyjno-konserwatorskiej, aby zachować naturalny i oryginalny charakter zabytku. Właściwy, optymalny dobór materiałów i technologii oraz określenie zakresu czynności stosowanych przy pracach konserwacyjno-konstrukcyjnych powinny bazować na badaniach szczegółowych, prowadzonych na miejscu lub w laboratorium. Ze względu na postępującą destrukcję ruin i możliwość całkowitego zniszczenia fragmentów, które pozostały, należy niezwłocznie podjąć działania zabezpieczająco-konserwatorskie.

Charakter zniszczeń murów świątyni, trudna lokalizacja i agresywne oddziaływanie środowiska utrudniały przyjęcie odpowiedniego programu konserwatorskiego oraz wykonanie prac zabezpieczających i wzmacniających. Podstawowymi zadaniami prac

konserwatorsko-konstrukcyjnych, w przypadku ruin konstrukcji murew, jest naprawa muru (reprofilacja). Należy ją wykonać przez zintegrowanie wewnętrzne metodą iniekcyjną (spojenie), sklejenie rys i rozwarstwień, naprawę spoin (konsolidację) oraz wzmocnienie istniejących elementów łuków. Przed wykonaniem tych prac należy dokładnie sprawdzić, czy na licach muru widoczne są ślady wysoleń, wykwitów i ewentualnych innych zanieczyszczeń biologicznych i chemicznych, a w przypadku ich zlokalizowania, dokładnie oczyścić fragmenty muru ze szkodliwych nalotów metodą ręczną. Ewentualne odsolenia wykonuje się, stosując okłady z materiałów silnie porowatych o dużej przyczepności (np. z celulozy lub bentonitu).

Prace konserwatorskie należy rozpocząć od dokładnego oczyszczenia koron ruin, usunięcia materiału nasypowego, luźnych, niezwiązanych elementów murowych i kamieni. Następnie trzeba rozebrać destruowaną warstwę muru na koronie tak, aby nie uszkodzić prawidłowo spojonej konstrukcji muru. Wzmocnienie strukturalne i scalenie muru zaleca się przeprowadzić mechaniczną lub ręczną (strzykawkami), niskociśnieniową metodą iniekcyjną. Ciśnienie iniekcyjne powinno być niskie (do 2 at), aby iniekcja nie spowodowała dodatkowego uszkodzenia murów. Przed jej rozpoczęciem należy dodatkowo, doraźnie zabezpieczyć i podeprzeć najsłabsze fragmenty ruin, mogące się rozpaść, uszkodzić lub odkształcić w czasie wykonywania zabiegu. Wewnętrzne szczeliny i pustki powinny zostać odpowietrzone, w miarę możliwości oczyszczone i przemyte wodą. Przy doborze materiału naprawczego – iniektu, należy uwzględnić kompatybilność z materiałem oryginalnym, przyczepność do kamiennych elementów murowych występujących w murze, zdolność iniekcyjną, w tym do wypełniania pustek w murze i spajania rys, odporność na czynniki atmosferyczne, trwałość. Z punktu widzenia konserwatorskiego, istotna jest dyfuzyjność zastosowanego materiału i zdolność transportu wody wewnątrz muru, a także jego dostępność na rynku lokalnym. Podczas spajania muru szerokie szczeliny można wypełnić ręcznie za pomocą strzykawek. Wszędzie tam, gdzie jest to

możliwe, iniekt należy włączyć bezpośrednio w szczeliny, pęknięcia i rozwarstwienia, z zewnątrz warstwy licowej lub do wnętrza przekroju muru tak długo, aż pojawi się w otworach kontrolnych, świadcząc o wypełnieniu określonej pustki [6]. Podczas iniekcji powietrze powinno swobodnie wychodzić ze szczelin i pustek na zewnątrz. Ze względu na bardzo słaby stan techniczny zachowanych fragmentów ruin i bardzo skomplikowany charakter prac spajających, należy wykonać wiele prób, które umożliwią przeprowadzenie iniekcji w sposób najbardziej skuteczny, dostosowany do warunków, w jakich znajdują się ruiny. Prace powinny być prowadzone ze szczególną starannością i pod nadzorem. Czynności naprawcze należy przeprowadzić zarówno od strony wewnętrznej świątyni, jak i zewnętrznej. Wycięte przez głębokie rysy fragmenty łuku w ścianie południowo-wschodniej, podparte obecnie podporami krzyżowymi, należy połączyć z pozostałymi fragmentami murów, za pomocą kotew stalowych, wzmacniając strefę przypodporową oraz spoić metodą iniekcyjną. Wszystkie rysy i pęknięcia należy wypełnić zaprawą spajającą, a górne fragmenty ruin łuku z murem połączyć kotwami stalowymi, wprowadzając je po obu stronach otworu, prostopadle do rys oddzielających. Kotwy niewielkiej średnicy (np. 6 mm) zaleca się wykonać ze specjalistycznych prętów spiralnych, ze stali nierdzewnej o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie (f_t min. 510 MPa). Długość i usytuowanie pręta trzeba dostosować do przebiegu rys i stanu muru. Kotwy powinny być zagłębione w murze docelowym minimum na 80 cm i wklejone w uprzednio nawierconych otworach, wypełnionych zaprawą spajającą.

Istotnymi zadaniami konstrukcyjnymi i konserwatorskimi są również: naprawa uszkodzonej platformy kamienną; naprawa i wykonanie zabezpieczenia korony istniejących fragmentów muru; hydrofobizacja muru; scalenie kolorystyczne zaprawy. Ze względu na wyjątkowe usytuowanie świątyni ognia na szczycie kopca skalnego, szczególną uwagę należy poświęcić bezpieczeństwu pracowników wykonujących roboty konserwatorskie i budowlane. Każdy z nich powinien posiadać zabezpie-

czenie i być przeszkolony do wykonywania robót na dużej wysokości. Ze względu na konieczność wzmacniania fragmentów ruin z każdej strony oraz ich słaby stan techniczny należy wszędzie tam, gdzie będą prowadzone prace, ustawić stabilne rusztowania, wg indywidualnego projektu konstrukcyjnego.

Podsumowanie

Świątynia ognia *chahar taq*, w łańcuchu gór Rivand w północno-wschodnim Iranie, będąca prawdopodobnie zaginioną świątynią Adur Burzen Mehr, jest jednym z najważniejszych sanktuariów zaratusztrianizmu. Ze względu na swoją wyjątkowość, niepowtarzalną ekspozycję w naturalnym krajobrazie i formę architektoniczną, jest niewątpliwie unikatowym przykładem światowego dziedzictwa kultury. Stan techniczny ruin świątyni świadczy dobitnie o konieczności podjęcia natychmiastowych działań, mających na celu uratowanie tego zabytku dla obecnych i przyszłych pokoleń.

Fotografie – Autor

Artykuł powstał w ramach badań statutowych nr 504P 1088 4053 na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej.

Literatura

- [1] Terlikowski W.: Aspekty techniczne i inżynierskie konserwacji starożytnych konstrukcji murowych jako trwałej ruiny. Miesięcznik Materiały Budowlane 11'2013 (nr 496), Warszawa 2013.
- [2] Kaim B., Hahemi H.: Preliminary report of the first season of the Borzen Mihr temple investigation and research proposal for the season 2008.
- [3] Schippmann K.: The development of the fire temple, 5th International Congress on Iranian Art & Archaeology, Teheran 1972.
- [4] Boucharat R.: „Chahar taq” et temple du feu sasanide: quelques remarques w: De l'Indus aux Balkans. Recueil à la mémoire de Jean Deshayes. Contributions rassemblées et éditées par J.-L. Huot, M. Yon, Y. Calvet. Paris 1985, pp. 461 – 478.
- [5] Boyce M.: Zaratusztrianie, Wyd. Łódźkie, 1988, ISBN 83-218-0683-X.
- [6] Borusiwicz W.: Konserwacja zabytków budownictwa murowanego, Arkady, Warszawa 1985.
- [7] Domaślawski W.: Profilaktyczna konserwacja kamiennych obiektów zabytkowych, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 1993.