

*Tadeusz Mikoś**

STABILIZACJA, WZMACNIANIE I RENOWACJA KRZYŻA NA GIEWONCIE**

1. Wprowadzenie

Metalowy krzyż na Giewoncie jest od blisko 110 lat jednym z najbardziej znanych i rozpoznawalnych symboli zarówno polskich Tatr, Podhala, jak i samego Zakopanego. Stanowi on wyrazisty symbol uczuć religijnych i patriotycznych Polaków. Postawiony u progu XX wieku od czterech pokoleń był świadkiem upadku monarchii i wielkich mocarstw, wojen oraz zmian ustrojowych, odrodzenia naszego państwa i „Solidarności”.

Z tego względu informacje prasowe, telewizyjne i internetowe o pogarszającym się stanie technicznym konstrukcji zabytkowego krzyża i podłoża budzą od lat wielkie emocje i niebywałe zaciekawienie.

Problem utraty stateczności krzyża ma dla naszych rodaków w kraju i za granicą ogromne znaczenie, gdyż krzyż stanowi symbol religijny, a także sentymalny. W sprawie określenia aktualnego stanu technicznego konstrukcji i podłoża przedstawiciele Tatrzańskiego Parku Narodowego i firm prywatnych zwrócili się wiosną 2008 roku do AGH w Krakowie z prośbą o pomoc naukową i nadzór techniczny nad całością projektowanych prac zabezpieczająco-renowacyjnych.

Powołany przez J.M. Rektora AGH, prof. dr hab. inż. Antoniego Tajdusia, zespół naukowy grupujący pracowników różnych specjalistycznych katedr AGH podjął, pod kierownictwem autora, próbę kompleksowego rozpoznania aktualnego stanu tego „narodowego symbolu trwania”.

Oczywiście, wszystkie badania naukowe zostały wykonane przez środowisko uczelniane nieodpłatnie.

2. Kwerenda. Informacje techniczne dotyczące konstrukcji, rodzaju podłoża i sposobu posadowienia krzyża

Informacje o aktualnym stanie technicznym krzyża na Giewoncie oraz samego podłoża skalnego są dotąd niezwykle skąpe, a dane liczbowe mało precyzyjne. Nie istnieje

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

** Artykuł wykonany w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.197

też wiarygodna, początkowa dokumentacja techniczna dotycząca konstrukcji, jej posadowienia, sposobu montażu, pionowania itd. [3].

Wiadomo, że krzyż został posadowiony w 1901 roku na najwyższym ze szczytów Giewontu jako znak nowego stulecia. Wykonany został z elementów stalowych w znanej fabryce Góreckiego, przy ul. św. Wawrzyńca w Krakowie, a jego wymiary i masa były jak na owe czasy imponujące.

Krzyż stalowy (zwanym tradycyjnie żelaznym) składa się z połączonych ze sobą ponad 400 elementów kształtownikowych o łącznej masie 1878 kg. Jest konstrukcją kratownicową skręcaną za pomocą śrub. Początkowa długość liczyła 17,5 m, natomiast po zamontowaniu w wykutej w podłożu skalnym kawernie ma ok. 15 m wysokości. Sumaryczna rozpiętość obu ramion poprzecznych wynosiła początkowo ok. 5,5 m.

Krzyża jest doskonale widoczny z Zakopanego i okolic. Szczyt Giewontu (1895 m) wraz z krzyżem ma ok. 1910 m wysokości. Krzyż stalowy został posadowiony ukośnie względem kierunków stron świata. Takie usytuowanie krzyża było prawdopodobnie spowodowane kompromisem pomiędzy zapewnieniem widoczności ramion krzyża a przewidywanym obciążeniem konstrukcji.

Ze względów mechaniczno-wytrzymałościowych optymalnym rozwiązaniem byłoby usytuowanie ramion krzyża w kierunku północ-południe, ze względu na minimum parcia i ssania najczęściej występujących wiatrów od strony południowej.

Z kolei ze względów optycznych poprawnym rozwiązaniem było zwrócenie ramion krzyża w kierunku wschód-zachód, ponieważ krzyż widoczny z kierunku parafii pw. Najświętszej Rodziny prezentowałby się wówczas najbardziej okazale (odległość krzyża od parafii wynosi w linii prostej ok. 4 km).

Ostateczne usytuowanie ramion krzyża względem stron świata z pewnością spowodowane było analizą uwzględniającą ww. czynniki i wizją lokalną, którą przeprowadził osobiście inwestor ks. Kaszelewski z Komisarzem Klimatycznym Piątkiewiczem i parafianami.

Z kronik parafialnych wynika, że wykonano wówczas symulację, jakiej wysokości krzyż będzie wystarczająco widoczny od strony Zakopanego i jak ma być usytuowany względem parafii [4]. W tym celu z ostatniego szalasu pod Giewontem zabrano dwie długie żerdzie, które na szczycie zbito na krzyż oraz umieszczono w wykutym otworze o głębokości 0,6 m i obłożono gruzem skalnym. W celu nadania większej szerokości przybito, w poprzek żerdzi, przyniesione deski o szerokości 1 m. Tak wykonana konstrukcja drewniana krzyża miała stanowić model do oceny koniecznej wysokości i optymalnego usytuowania późniejszego krzyża żelaznego.

Wysokość tego prowizorycznego drewnianego krzyża wynosiła 10,5 m i był on doskonale widoczny z parafii w Zakopanem.

Krzyż żelazny konstrukcji kratownicowej wzniesiono po udanych wizjach lokalnych.

2.1. Historia projektu konstrukcyjnego i kształtu krzyża

Na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego spotkać można rozmaite konstrukcje krzyży i zróżnicowane ich kształty i wymiary. Oprócz drewnianych i kamiennych istnieje wiele krzyży metalowych wykonanych technologią odlewania, kucia lub kratową (kratownicową). Trzony krzyży metalowych utwierdzone są z reguły w wykuwanych w skałach gniazdach fundamentowych lub w wykonanych fundamentach.

Spśród wszystkich rodzajów jedynie metalowe konstrukcje kratownicowe, zazwyczaj skręcane, nitowane lub spawane umożliwiają osiągnięcie dużych wysokości i rozpiętości ramion krzyży.

Taką najbardziej znaną w Polsce konstrukcją kratownicową widzianą z Zakopanego i okolic Podhala jest zamontowany w 1901 roku Krzyż Jubileuszowy na Giewoncie.

Pierwsza wersja krzyża, zaprojektowanego w 1901 roku w Zakładzie Artystyczno-Ślusarskim J. Góreckiego i Spółki w Krakowie, przy ulicy św. Wawrzyńca 26 miała posiadać charakterystyczną dla tamtych czasów dekoracyjną konstrukcję kratownicową (rys. 1).



Rys. 1. Pierwotny projekt krzyża na Giewoncie z 1901 roku

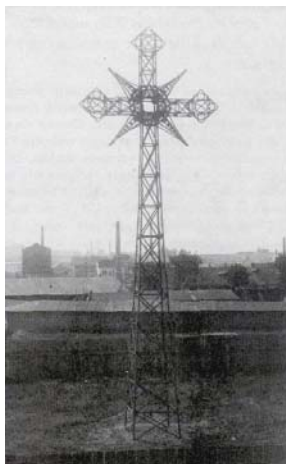
Źródło: Zbiory Archiwalne Muzeum Tatrzańskiego w Zakopanem

Prawdopodobnie na skutek nieznaną już dziś analizy wytrzymałościowej dotyczącej konstrukcji oraz wizji lokalnych miejsca posadowienia i widoczności krzyża z Zakopanego firma J. Góreckiego musiała zaktualizować gabaryty, ciężar i sam wygląd konstrukcji.

Tak powstała druga, ostateczna wersja krzyża. Projekt według tej wersji przewidywał konstrukcję stalową krzyża o wysokości 17,5 m i rozpiętości obu ramion 5,5 m. Ponieważ ok. 2,5-metrowy odcinek konstrukcji miał zostać zagłębiony w skale, krzyż po zamontowaniu miał z Zakopanego widoczną wysokość ok. 15 m.

Rzut podstawy stanowił prostokąt o wymiarach $1,75 \times 2,00$ m. Masa konstrukcji miała nie przekraczać 2000 kg.

Pierwotny wygląd zmodyfikowanej konstrukcji krzyża wg tej wersji pokazuje archiwalne zdjęcie na rysunku 2.



Rys. 2. Krzyż stalowy zmontowany na terenie fabryki J. Góreckiego w Krakowie

Źródło: fot. z 1901 roku, Archiwum Muzeum Tatrzańskiego w Zakopanem

Z architektonicznego punktu widzenia krzyż na Giewoncie miał być typu łańciskiego, w którym belka pionowa jest dłuższa od poprzecznej, przy czym obie belki krzyżują się w górnej połowie belki pionowej.

Zleceńodawca (ksiądz Kaszelewski) obawiał się, że konstrukcja krzyża może być niestateczna w tak ekstremalnie narażonym na działanie wiatrów i opadów miejscu i z tego powodu już w listopadzie 1900 roku zażądał „gwarancji wytrzymałości krzyża na nacisk wiatrów halnych”.

Konstruktor i wykonawca z firmy J. Górecki i Spółka z Krakowa zapewnił inwestora, że zmodyfikowana konstrukcja żelazna obliczona została „na absolutną wytrzymałość całości i odporność pod naciskami wiatrów halnych”. „Na wytrzymałość powyższej konstrukcji, po gruntownym osadzeniu na miejscu, daję wszelką gwarancję” [4].

Z rysunku 2 wynika, że konstrukcja krzyża w ostatecznej wersji nie miała już ozdobnych blach stalowych, tak charakterystycznych dla pierwszej wersji.

Elementy krzyża, przed wyekspediowaniem go do Zakopanego, zmontowano próbnie na terenie fabryki w Krakowie. Stamtąd też pochodzi jego pierwsza oryginalna fotografia (rys. 2).

Jak twierdził sam wykonawca, po złożeniu „krzyż wygląda imponująco – wytrzymałość ma znakomitą...”

Początkowa masa krzyża wynosiła (wg wykonawcy) 1819 kg. Z czasem, na skutek umieszczenia na nim dodatkowych tablic metalowych i witraża – uległa ona zwiększeniu.

2.2. Posadowienie krzyża – wykonanie fundamentu

Ponieważ w celu zamontowania konstrukcji krzyża metalowego o tak dużych gabarytach trzeba wcześniej wykonać solidny fundament, na prośbę inwestora wykonawca przesłał rysunek wymiarów fundamentowych. Projekt posadowienia przewidywał wykonanie otworu fundamentowego o głębokości 2 m. Poniżej spągu tego otworu inwestor zaprojektował wywiercenie czterech otworów o długości 70 cm, w których miały zostać zabetonowane śruby ankrowe (kotwie). W ten sposób – jak pisał wykonawca – „mamy zabezpieczenie pewne” [4].

Nie posiadamy niestety żadnych informacji o podłożu skalnym.

Z dostępnej dokumentacji wiadomo, że dopiero po ustąpieniu śniegów w końcu czerwca 1901 roku przystąpiono do wykonania fundamentu.

Z relacji inwestora wynika, że dwaj górale w ciągu siedmiu dni wykonali wielkogabarytowy otwór (wykucie) w skale na osadzenie krzyża.

Jak cytuje Moździerz [4] – „dziesięć metrów kubicznych zawierająca jama, w skale została wykuta...”

Ponieważ nadal istniały wątpliwości inwestora co do całkowitej masy konstrukcji i sposobu posadowienia krzyża, wykonawca w swojej korespondencji wyjaśnił ostatecznie, że masa części wysłanych krzyża wraz z paczką zawierającą „śruby żelazne” wynosiła 1978 kg. Całość konstrukcji zagruntowano dwukrotnie minią i pokryto farbą czarną lakierową.

Trudno dziś odtworzyć, jak inwestor i wykonawca rozwiązali problem obciążenia podstawy krzyża i czy używali sztab stalowych (lansz) na spód krzyża. Samo posadowienie krzyża na Giewoncie było dużym wyzwaniem logistycznym i nawet dziś musi budzić uznanie.

3 lipca 1901 roku ok. 250 osób (wg Informatora TPN 500 osób) i 18 wozów konnych przetransportowało rozebraną na części konstrukcję wraz z 400 kg cementu i kilkuset litrami wody zarobowej.

Wozy dojechały w pobliże Piekiełka w Dolinie Kondratowej. Z tego miejsca wyniesiono na plecach elementy krzyża i inne materiały na wierzchołek Giewontu. Można sobie tylko wyobrazić zmęczenie ludzi, którzy „na szczycie ciężar złożyli”.

Posadowienie krzyża polegało na wprowadzeniu i pionowym wstawieniu pierwszego członu konstrukcji do wykopu fundamentowego, „obsypaniu go fragmentami odłamków wapiennych, a następnie zalaniu narożników krzyża roztworem cementowym”.

Podczas montażu padał deszcz a pracę wykonywał monter z firmy krakowskiej z sześcioma góralami. W ciągu sześciu dni skręcili oni wszystkie elementy konstrukcji. W ten sposób powstało scalenie konstrukcji krzyża z częścią rumoszu skalnego. Wspomniany monter wraz z dwoma góralami wykonali dodatkowe prace montażowo-malarskie w ciągu kolejnych pięciu dni.

I tak na kopule szczytowej Wielkiego Giewontu stanął 8 lipca 1901 roku krzyż pomalowany czarnym lakierem.

2.3. Wzmacnianie fundamentu i malowanie elementów krzyża

Konstrukcja i pierwotne posadowienie krzyża w 1901 roku okazały się na tyle trwałe, że dopiero po II wojnie światowej, w 1946 roku zaistniała konieczność wzmocnienia jego

fundamentów [4]. Niestety nie istnieją wiarygodne informacje dotyczące tamtego wykonawstwa czy zakresu prac.

W 1975 roku parafia zakopiańska przeprowadziła kolejną renowację krzyża. W trakcie tej akcji grupa robocza młodzieży w liczbie 12 osób przetransportowała cement o masie 200 kg oraz 200 kg piasku i wodę zarobową. Posłużyły one do wypełnienia wyrwy w fundamencie krzyża. Krzysztof Szafrąński, znany taternik i gandysta, zabezpieczył natomiast samą konstrukcję krzyża przed korozją, malując ją farbą antykorozyjną na kolor seledynowy.

Ostatnia renowacja krzyża miała miejsce w 1997 roku, kiedy to firma Andrzeja Ciszewskiego z Krakowa, znanego taternika i grotolaza (AMC), specjalizująca się w pracach wysokościowych, wykonała na zlecenie Tatrzńskiego Parku Narodowego – malowanie elementów krzyża.

Od tego czasu nie były prowadzone żadne prace modernizacyjne [1].

3. Inwentaryzacja i rozpoznanie stanu technicznego krzyża i podłoża

Do wielu nietypowych zadań wykonywanych przez pracowników naukowych AGH bez wątpienia należy rozpoznanie stanu technicznego podłoża i zabezpieczenie zabytkowego krzyża na Giewoncie.

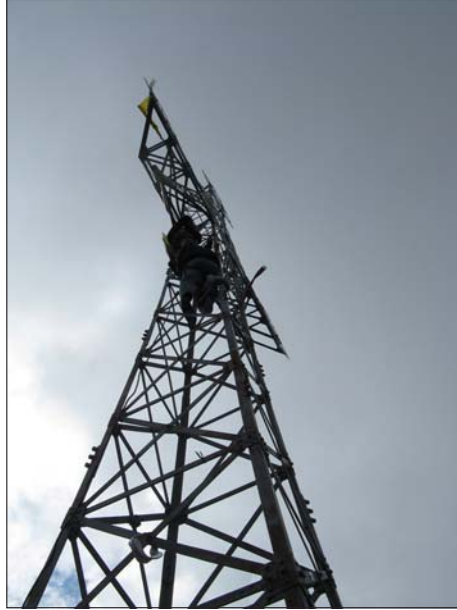
Rozpoznanie istniejącego stanu konstrukcji i podłoża umożliwiły wizje lokalne dokonane w 2008 roku.

Na ich podstawie stwierdzono, że konstrukcja krzyża posadowiona została i zabetonowana w wielkogabarytowym otworze fundamentowym wykutym w skałach wapiennych. Z geologicznego punktu widzenia są to wapienie środkowo-triasowe oraz wapienie malmu-neokomu. Upad tych warstw wynosi ok. 80°.

Posadowienie krzyża polegało na skręceniu śrubami, wprowadzeniu do otworu fundamentu i pionowym ustawieniu w wykopie fundamentowym pierwszego członu konstrukcji. Wizja lokalna potwierdziła, że człon ten został obsypany fragmentami odłamków wapiennych (druzgotem skalnym), a następnie zalany w narożnikach krzyża roztworem cementowym. Następnie dokręcono do niego kolejne elementy konstrukcji.

3.1. Konstrukcja krzyża

Oględziny konstrukcji krzyża pozwalają stwierdzić, że znajduje się ona w dobrym stanie. Największe obszary korozji konstrukcji występują na poziomie mocowania konstrukcji krzyża w fundamencie. Te części fundamentu są również najbardziej zniszczone, a występujące tam zagłębienia i ubytki wypełnione są glebą. Korozja ma charakter przypowierzchniowy i nie stwarza zagrożenia dla żywotności konstrukcji. Właściwa część konstrukcji krzyża jest słabo skorodowana. Większe obszary korozji występują w węzłach łączących poszczególne elementy konstrukcji. W górnej części krzyża w rejonie jego ramion występują pojedyncze luźne elementy, co jest wynikiem uszkodzenia niektórych połączeń. W celu określenia dokładnego stopnia korozji elementów stalowych i badań metaloznawczych pobrane zostały próbki z konstrukcji krzyża (rys. 3–4).



Rys. 3. Pobieranie próbki z górnej części krzyża. Fot. I. Wąs



Rys. 4. Miejsce pobrania próbki z konstrukcji stalowej krzyża w jej dolnej części. Fot. I. Wąs

3.2. Fundament

Wizja lokalna wskazała, że fundament krzyża wykonany został z rumoszu skalnego wapiennego połączonego zaprawą cementową. Był on już dwukrotnie doraźnie naprawiany. Fundament nie stanowi bryły zwartej, został nierównomiernie wypełniony zaprawą betonową, posiada wiele pustek i nieciągłości umożliwiających penetrację wody.

Fundament krzyża w rzucie z góry ma wymiary 250×250 cm, posadowiony jest na skalnym podłożu dość mocno spękanym i nierównym. Powoduje to, że wysokość bocznych ścian fundamentu jest bardzo zróżnicowana (rys. 5–6). Ogólną objętość fundamentu można oszacować na $7,5 \text{ m}^3$.

W celu rozpoznania stanu fundamentu i skał podłoża pobrano próby skalno-fundamentowe i zaproponowano wykonanie otworów badawczych (rys. 7–8).



Rys. 5. Kawerna u podstawy fundamentu części zachodniej w zbliżeniu. Fot. I. Wąs



Rys. 6. Mocowanie konstrukcji w części N-W fundamentu. Fot. I. Wąs



Rys. 7. Wiercenie otworu badawczego 1 w fundamencie krzyża. Fot. I. Wąs



Rys. 8. Mocowanie podłużnicy krzyża w fundamencie w jego części południowo-wschodniej. Widoczna kawerna w betonie wypełniona humusem. Fot. A. Ciszewski

4. Prace naukowo-rozpoznawcze

Prace naukowo-rozpoznawcze zespołu naukowego AGH we współpracy z Zakładem Robót Górniczych i Wysokościowych AMC w Krakowie, wykonywane na szczycie Giewontu w maju i lipcu 2008 roku, stanowiły duże wyzwanie logistyczne. W ramach rozeznania podłoża i sposobu posadowienia konstrukcji wywiercono w szczątkowym fundamencie, rumoszu i otaczających skałach pięć otworów badawczych, a następnie wprowadzono do nich mikrokamerę i wykonano rejestrację spękań. We wrześniu 2008 roku, podczas pomiarów polowych geodeci z Katedry Ochrony Terenów Górniczych AGH wraz z grupą studentów zbadali deformacje elementów krzyża i jego odchylenie od osi pionowej.

Równoległe z pomiarami polowymi przeprowadzono prace badawcze w specjalistycznych laboratoriach AGH. Badania i dociekania dotyczyły odporności konstrukcji na uderzenia piorunów (Katedra Elektrotechniki i Elektroenergetyki), jakości zastosowanej stali (Katedra Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków), jakości cementu w fundamencie (Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki). Wstępną analizę stateczności krzyża przeprowadzili pracownicy Katedry Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji.

Uzyskano informacje na temat:

- stanu fundamentu i podłoża,
- sposobu posadowienia krzyża,
- deformacji konstrukcji krzyża,
- rodzaju i jakości stali zastosowanych do konstrukcji,
- oddziaływania piorunów na konstrukcję i podłoże,
- konstrukcji krzyża i technologii jego montażu.

W efekcie kompleksowych badań naukowo-rozpoznawczych powstał 25 marca 2009 roku obszerny (112 stron) *Raport o aktualnej stateczności krzyża na Giewoncie*, opublikowany przez Wydawnictwo TPN w Zakopanem. Stanowił on podstawę do dyskusji na temat propozycji wykonania prac wzmacniająco-zabezpieczających.

Z raportu tego wynika, że obecny stan techniczny zarówno konstrukcji krzyża, jak i podłoża był generalnie dobry, a informacje zamieszczane w mediach o gwałtownie pogarszającej się stateczności są nieuzasadnione. (Składowa poziomu wychylenia całkowitego wierzchołka krzyża w stosunku do środka jego podstawy wynosi ok. 12 cm). Zespół naukowy AGH zaproponował, aby wykonać jednak dodatkowe wzmocnienie podłoża i zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji oraz przeprowadzić dokładne i w szerszym zakresie uzupełniające pomiary geodezyjne elementów krzyża. Podał też wiele innych wytycznych dotyczących zabezpieczenia podłoża, obciążenia konstrukcji i ruchu turystycznego.

W celu uzyskania rzetelnej informacji o aktualnym kształcie konstrukcji kratownicowej krzyża zalecono wykonanie pomiaru inwentaryzacyjnego za pomocą skaningu laserowego. Takie pomiary geodezyjne powtarzane co roku umożliwią rejestrację zmian deformacji elementów konstrukcji krzyża. Zakres proponowanych prac uzyskał w kwietniu 2009 roku akceptację dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego i Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków.

Sfinansowania całości prac renowacyjnych, obejmujących wykonanie robót, dostarczenie sprzętu i zakup niezbędnych materiałów, podjęły się nieodpłatnie firmy prywatne, wspomniany już Zakład Robót Górniczych i Wysokościowych AMC – Andrzeja Ciszewskiego, firma Sika – Poland Sp. z o.o. oraz znana na Podhalu Grupa Inwestycyjna Adama Bachledy-Curusia.

5. Wzmacnianie i renowacja krzyża

Projektowany optymalny termin rozpoczęcia renowacji na przełomie maja i czerwca 2009 musiał zostać przesunięty ze względu na wciąż leżące śniegi. Rozpoczęto jednak przygotowania do transportu materiałów i sprzętu. Renowacja krzyża była wielkim wyzwaniem logistycznym, sprzęt budowlany i materiały przywiezione z Krakowa zostały zdeponowane w Zakopanem i przy dobrej pogodzie były transponowane śmigłowcem TOPR (rys. 9).



Rys. 9. Transport materiałów śmigłowcem TOPR. Fot. I. Wąs

Ponieważ tegoroczne lato było nietypowe z powodu ulewnego deszczu, długotrwałych opadów i wyładowań piorunowych, nie można było przez 12 dni wykonywać technikami alpinistycznymi prac piaskowania konstrukcji i nanoszenia farb podkładowo-nawierzchniowych.

5.1. Logistyka, przygotowanie i organizacja remontu

Kluczowym elementem związanym z przygotowaniem remontu była decyzja w sprawie wyboru metody czyszczenia konstrukcji stalowej. Początkowe założenia obejmowały czyszczenie za pomocą mechanicznych szczotek stalowych. Po kolejnych oględzinach konstrukcji krzyża i fundamentu podjęto jednak decyzję, że czyszczenie będzie wykonywane metodą strumieniowo-ścierną, która umożliwia skrócenie czasu czyszczenia przy lepszym przygotowaniu powierzchni. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za

wyborem tej metody była bardzo zmienna pogoda. Z tego powodu należało przewidzieć transport znacznie większych ilości materiałów i sprzętu, gdyż dysponowano zarówno urządzeniami pneumatycznymi, jak i elektrycznymi.

Urządzenia i materiały zostały dostarczone samochodami ciężarowymi pod schronisko na Kalatówkach. Całkowita masa materiałów i sprzętu wynosiła ponad 11 ton. Rozładowanie w rejonie krzyża takiej ilości materiałów i sprzętu wymagało przygotowania miejsca składowania. Główny skład znajdował się na niższym, zachodnim wierzchołku Giewontu, oddalonym od krzyża o około 30 m.

Omawiany teren jest bardzo niebezpieczny i z tego powodu wszystkie ładunki, przygotowane do transportu, były mocowane do lin poręczowych zawieszonych na osadzonych w skale kotwach HILTI HSAR 8×75 mm. Drugi depozyt znajdował się 40 m poniżej krzyża na niewielkim siodelku górskim w rejonie początku ubezpieczeń szlaku prowadzącego na wierzchołek. Na wierzchołku Giewontu, w sąsiedztwie krzyża, została wykonana niewielka platforma z desek, gdzie były gromadzone niezbędne narzędzia i część materiałów. Osoby prowadzące prace przygotowały obozowisko składające się z czterech namiotów w sąsiedztwie przełęczy Szczerba.

Wszystkie prace prowadzone były równoległe z przygotowaniem ładunków na Kalatówkach. Ładunki te pakowane były do tzw. „bigbagów” o masie nieprzekraczającej 800 kg, stąd były transportowane helikopterem w miejsca poszczególnych depozytów w rejonie krzyża w tempie zależnym od warunków atmosferycznych.

Największy z ładunków (sprężarka) został bardzo precyzyjnie posadowiony na zachodnim wierzchołku. Agregaty prądotwórcze zostały przetransportowane do drugiego depozytu w rejonie początku ubezpieczeń szlaku turystycznego. Pozostałe materiały i sprzęt zostały rozdzielone pomiędzy obydwie depozyty.

Zła pogoda uniemożliwiła, niestety, transport całości wyposażenia na zachodni wierzchołek. Z tego powodu część sprzętu, o masie około 2 ton, została przetransportowana na plecach 40 m w pionie, w rejon krzyża.

Po zakończeniu prac przygotowawczych ekipa remontowa zamieszkała w namiotach w rejonie Szczerby. Niestety po dwóch dniach gwałtowne załamanie pogody zniszczyło dwa namioty, co spowodowało konieczność przeniesienia obozu w kosodrzewinę poniżej Szczerby, by osłonić namioty od wiatru.

Pomiędzy krzyżem a zachodnim wierzchołkiem zostały rozciągnięte liny wykorzystywane do zabudowy prowizorycznej kolejki umożliwiającej transport materiałów. Pomiędzy agregatami prądotwórczymi a wierzchołkiem zostały położone kable, które musiały być jednak codziennie zwijane ze względu na zagrożenie uderzeniem pioruna. Wszystkie materiały i sprzęt były codziennie zabezpieczane plandeką ze względu na ryzyko zalania przez wodę. Rejon krzyża został na czas remontu wyłączony z ruchu turystycznego od Przełęczy Herbacianej i zabezpieczony przez pracowników Straży Tatrzańskiego Parku Narodowego i wolontariuszy.

5.2. Technologie i przebieg wzmocnienia podłoża i zabezpieczenia konstrukcji

Prace remontowe zostały rozpoczęte od częściowego rozkucia górnej, całkowicie zniszczonej części fundamentu krzyża. Ze względu na charakter tych uszkodzeń, w pierw-

szej fazie zostały wykonane otwory kotwienne o długości około 2 m w południowo-wschodniej części fundamentu. Otwory wiercone były skośnie, w taki sposób, aby połączyć fundament w tej części, gdzie był najbardziej uszkodzony, z sąsiadującym skalnym podłożem. Otwory wykonane były urządzeniem obrotowo-udarowym HILTI TE80 i wiertłami łączonymi segmentowo, o średnicy 36 mm. Po wykonaniu otworów umieszczono w nich kotwy wykonane ze stali nierdzewnej typu A4 i średnicy 20 mm. Kotwy osadzone zostały z zastosowaniem masy zalewowej Sika Gront 311. Po ich zabudowie rozpoczęto czyszczenie z rumoszu i humusu kawerny w południowo-wschodniej części fundamentu. Okazało się, że kawerna jest bardzo rozległa i głęboka. Udało się dotrzeć do konstrukcji stalowej krzyża, nie natrafając na lansze stalowe ani kotwy, które miały być tam zabudowane w 1901 roku, zgodnie z założeniami projektowymi. Konstrukcja stalowa krzyża widoczna w kawernie była bardzo zniszczona przez korozję. Została oczyszczona w możliwym do wykonania zakresie, a następnie stopniowo obudowano ją kamieniem wapiennym z jednoczesnym wypełnieniem pustek zaczynem cementowym [rys. 10].



Rys. 10. Prace renowacyjne w podłożu krzyża. Fot. I. Wąs

W następnej kolejności zostały w podobnej technologii wypełnione kawerny w pozostałych ścianach fundamentu krzyża. Po całkowitym związaniu odtwarzanych ścian fundamentu, co trwało około trzy dni, zostało wykonane metodą krzyżową kotwienie bloków

skalnych fundamentu krzyża, tak aby powiązać je między sobą. W większości przypadków zastosowane zostały kotwy o średnicy 12 mm, wykonane ze stali nierdzewnej A4, osadzone w otworach o średnicy 25 mm metodą iniekcijną z zastosowaniem zaczynu Sika Gront 311. Wyjątek stanowił narożnik północno-zachodni, gdzie ze względu na rozległość uszkodzeń i wielkość bloków skalnych zostały zastosowane kotwy o średnicy 20 mm, zabudowane zgodnie z wymienioną wcześniej zasadą oraz z zastosowaniem analogicznej technologii i materiałów.

Jednocześnie zostały podjęte próby zabudowy kotew o średnicy 20 mm, scalających fundament z podłożem. Okazało się, że pomimo prowadzonych naprzemiennie wierceń i iniekcji, efektywne wiercenie jest praktycznie niemożliwe. W tej sytuacji zdecydowano o wykonaniu odkrywki w północno-wschodnim narożniku fundamentu, która dowiodła, że wewnątrz fundamentu pod cienką warstwą wylewki betonowej wypełnione jest w większości drobnym rumoszem wymieszanym lokalnie z humusem. Została więc podjęta decyzja o usunięciu górnej warstwy fundamentu o grubości około 30 cm. Umożliwiło to efektywniejsze prowadzenie zarówno robót kotwionych, jak i iniekcyjnych. We wszystkich narożach (dłużycach) krzyża zostały zabudowane kolejno kotwy o średnicy 20 mm i długości około 2 m oraz wykonane prace iniekcyjne scalające rumosz stanowiący wypełnienie konstrukcji fundamentu. Tak znaczne obniżenie fundamentu pozwoliło również na lepsze odsłonięcie elementów konstrukcji stalowej posadowionych w pierwotnym fundamencie. Okazało się, że są one bardzo zniszczone korozją, a głębokość wżerów sięga w niektórych przypadkach 4 mm. W tym samym czasie zostało rozpoczęte czyszczenie strumieniowo-sięcierne konstrukcji stalowej.



Rys. 11. Zabezpieczanie antykorozyjne krzyża. Fot. I. Wąs

Z powodu warunków atmosferycznych czyszczenie było wielokrotnie przerywane, gdyż natychmiast po oczyszczeniu konstrukcji musiała być ona zabezpieczona pierwszą warstwą powłoki antykorozyjnej Sika Cor 6630, na którą była stopniowo nakładana powłoka Sika Cor 6630 High Solid (rys. 11). W czasie nakładania pierwszej warstwy powłoki zostały dokręcone cztery poluzowane śruby łączące elementy konstrukcji krzyża. Pozostałe elementy połączeń konstrukcji znajdowały się w dobrym stanie. Po wykonaniu zabezpieczenia antykorozyjnego krzyża do poziomu fundamentu zostało przeprowadzone czyszczenie strumieniowo-ściernie części konstrukcji zamocowanej w fundamencie, a odsłoniętej w trakcie wykonywania robót. Równocześnie podjęto decyzję o wykonaniu nadlewki fundamentu tak, aby odtworzyć najbardziej zniszczoną górną jej część. Przed wylaniem wylewki zostało wykonane wzmocnienie konstrukcji krzyża mocowanej w fundamencie za pomocą dwóch warstw klejonych krzyżowo mat z włókna węglowego Sika Carbour przymocowanych klejem Sikadur 41CF. Po zakończeniu procesu wiązania kleju zostało zakończone zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji krzyża. W międzyczasie przeprowadzono prace przy spionowaniu kamieni tworzących budulec fundamentu tak, aby uniknąć penetracji wody w głąb fundamentu. Użyto w tym celu materiału Sika Mono-top 610, 612, 614. Następnie przystąpiono do wykonania nadlewu fundamentu o sumarycznej grubości około 30 cm z dwoma warstwami zbrojenia z siatki stalowej wykonanej z drutu o średnicy około 4 mm. Wokół wszystkich elementów stalowych wchodzących w fundament zostały wykonane przerwy dylatacyjne, które po związaniu betonu zostały wypełnione kitem trwale elastycznym Sika flex 11FC. Po zakończeniu wymienionych prac zostało przeprowadzone czyszczenie strumieniowo-ściernie całego fundamentu oraz najbliższego otoczenia krzyża (rys. 12).



Rys. 12. Obecny wygląd fundamentu wraz z cokołem. Fot. I. Wąs

Po związaniu betonu została przeprowadzona hydrofobizacja fundamentu za pomocą materiału Sikadur 33UP.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa turystów śliskie kamienie wapienne w sąsiedztwie krzyża wypiaskowano. Po wykonaniu prac renowacyjnych zostało przeprowadzone powykonawcze skanowanie laserowe konstrukcji krzyża. Taki jest ogólny bilans prac po zakończeniu remontu i konserwacji 109-letniego krzyża na Giewoncie.

6. Zakończenie

29 września ubiegłego roku w siedzibie Tatrzańskiego Parku Narodowego w Zakopanem miało miejsce podsumowanie dwuletnich kompleksowych prac naukowo-badawczych i wykonawczych.

W imieniu całego zespołu naukowego AGH oraz prywatnych wykonawców i sponsorów autor artykułu zaprasza serdecznie na otwarty już szlak turystyczny. Można mieć nadzieję, że po dodatkowym zabezpieczeniu i renowacji jeszcze piękniejszy krzyż na szczycie Giewontu będzie nadal dumnie królował nad Tatrami i Podhalem przez kolejne stulecia.

LITERATURA

- [1] *Ciszewski A., Mikoś T.*: Rozpoznanie i technologia projektowanych robót wzmacniających i remontowych w zakresie podłoża, fundamentu i konstrukcji krzyża na Giewoncie (praca niepublikowana). Kraków, 2008
- [2] *Mikoś T.*: Zbawicielowi Świata. Wkład pracowników AGH w renowację krzyża na Giewoncie, Biuletyn AGH 22-2009. Kraków 2009
- [3] *Mikoś T. (red. naukowy), Blum A., Borowiec W., Ciszewski A., Haremski K., Kędziński Z., Stepiński J., Szerbiński M.*: Raport o aktualnej stateczności krzyża na Giewoncie. Wydawnictwo Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane–Kraków, 2009
- [4] *Moździerz Z.*: Historia Krzyża na Giewoncie, w: Sto lat Krzyża na Giewoncie – materiały pod redakcją Z. Moździerza z sesji popularyzacyjnej zorganizowanej w setną rocznicę postawienia Krzyża na Giewoncie. Zakopane, 2001
- [5] *Tajduś A., Mikoś T.*: Badanie Krzyża na Giewoncie. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” (wrzesień – październik), Kraków, 2008
- [6] Informator TPN – Krzyż na Giewoncie. Wydawnictwo Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane, 2007