

POMOGLI ZBUDOWAĆ FIGURĘ CHRYS- TUSA KRÓLA W ŚWIEBO- DZINIE

Jakub Marcinowski

6.11.2010 odbył się montaż ostatnich fragmentów, a w dniu 21.11.2010 miała miejsce uroczystość poświęcenia figury Chrystusa Króla w Świebodziźnie (Fot. 1). Budowla ta wzbudziła wielkie zainteresowanie nie tylko w Polsce. Informacje o udanym montażu ostatnich fragmentów oraz relacje z uroczystości poświęcenia przekazywały media światowe.

Problemy, jakie się pojawiły już w fazie koncepcji wznoszenia, mogły zostać pomyślnie rozwiązane dzięki zaangażowaniu wielu pracowników Uniwersytetu Zielonogórskiego, u których szukał pomocy ksiądz prałat Sylwester Zawadzki, inicjator budowy zapoczątkowanej w 2003 roku.

Na specjalnie usypanym kopcu, w miejscu gdzie droga ekspresowa S3 biegnąca z kierunku południowego przechodzi w obwodnicę miasta, wznosi się od listopada 2010 r. śnieżno biała postać widoczna nawet z odległej o 40 km Zielonej Góry. Budowla budzi ciekawość nie tylko specjalistów z dziedziny budownictwa. Warto w tym krótkim tekście opisać jej szczegóły konstrukcyjne podkreślając jednocześnie udział wielu, często dotąd bezimiennych, pracowników UZ, którzy przyczynili się do jej powstania.

Figura jest olbrzymia (35 m od stóp figury do szczytu korony), choć rozmiarami odbiega od największych obiektów tego typu na świecie. Warto choćby wspomnieć wzniesioną w Ushiku (Japonia) w 1995 r. statule Amitabha Buddha o wysokości 120 m!

Autorem kształtu figury Chrystusa Króla ze Świebodziźnie jest rzeźbiarz, Mirosław Kazimierz Patecki, natomiast opracowaniem konstrukcji zajęli się doc. dr inż. Mikołaj Kłapoć, emerytowany pracownik Uniwersytetu Zielonogórskiego oraz prof. Jakub Marcinowski.



FOT. 1. FIGURA CHRYSZTUSA KRÓLA

Statua zlokalizowana na wzgórzu musi, poza ciężarem własnym, przenosić jeszcze jedno bardzo istotne obciążenie - obciążenie wiatrem. Zadaniem konstruktorów było zaproponowanie oraz opracowanie projektu konstrukcji gwarantującej bezpieczeństwo budowli, zarówno w fazie wznoszenia, jak i później podczas możliwie długiego okresu jej istnienia.

Podstawowa koncepcja konstrukcyjna była następująca: skorupa (tupina) zewnętrzna oddająca kształt będący efektem wizji rzeźbiarza, miała być jednocześnie głównym elementem nośnym.

Pierwszym problemem jaki należało rozwiązać był dobór materiału, z którego ta skorupa miała być wykonana. Dolne segmenty figury zostały wykonane w postaci trójwarstwowej powłoki sandwichowej: wewnątrz rdzeń z twardej wełny mineralnej, na zewnątrz zbrojone dwukierunkowo pięciocentymetrowe warstwy betonu nakładanego w technologii narzucania (torkret) na siatkę rozpiętą na zbrojeniu (por. fot. 2). Wycinek takiej trójwarstwowej powłoki pokazano na fot. 3. Wycinek ten z powodzeniem przetrzymał nacisk 100 Ton i dopiero obciążony w prasie w kierunku poprzecznym uległ zniszczeniu. Badania te przeprowadzone zostały w Laboratorium Instytutu Budownictwa UZ.

W taki sposób wykonano cztery pierwsze segmenty. Kolejne cztery wykonano na placu budowy i zamontowano za pomocą żurawia. Każdy z segmentów miał wysokość 2,50 m, tak więc część betonowa płaszcza figury sięga 20 m licząc od podstawy. Górne segmenty, a także powłoki ramion, dłoni i głowy zostały wykonane w technologii laminatu wielowarstwowego na bazie mat z włókien szklanych. Laminat ten jest rozpięty na szkieletie stalowym połączonym z wewnętrzną, stalową konstrukcją wsporczą.



FOT. 2. PIERWSZE CZTERY SEGMENTY PRZED NAŁOŻENIEM TORRETU



FOT. 3. TRÓJWARSTWOWA POWŁOKA PŁASZCZA FIGURY

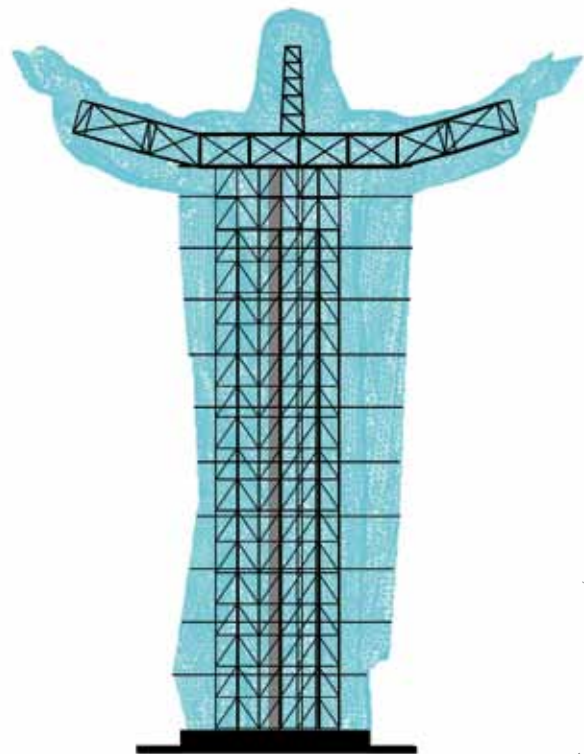
Wspomagającym ustrojem konstrukcyjnym jest układ sześciu stalowych słupów kratowych wykonanych wewnątrz figury i połączonych między sobą układem prętów stężających (rys. 1). Dodatkowa sieć prętów łączy słupy kratowe z płaszczem (w miejscach styku kolejnych segmentów pierścieniowych) tworząc w ten sposób wewnętrzną, przestrzenną strukturę prętową.

Kolejnym elementem konstrukcyjnym jest przestrzena kratownica stalowa umieszczona wewnątrz ramion i spoczywająca na centralnym trzonie stalowym. To na niej spoczywa ciężar ramion o rozpiętości ok. 26 m i konstrukcja prętowa podstawy głowy (por. rys. 1). Kratownica została wykonana ze stalowych prętów rurowych.

Nośność konstrukcyjną płaszcza figury zweryfikowano w analizie numerycznej, w której wykorzystano system bazujący na metodzie elementów skończonych. Na potrzeby projektu wygenerowano kształt trójwymiarowy techniką skanowania przestrzennego rzeźby wykonanej w skali i ekstrapolowania otrzymanej geometrii do planowanych wymiarów. Wygenerowaną w ten sposób geometrię zapisano w formacie 3DS Max, a następnie, po konwersji, w formacie rozpoznawalnym przez AutoCAD-a. Ten plik był podstawą generacji siatki elementów skończonych, wykorzystanej w analizie numerycznej. Obliczeniowy model dyskretny liczył ponad 100 tys. stopni swobody.

Istotnym etapem całej analizy było określenie współczynnika dynamicznego oddziaływania wiatru. W tym celu wyznaczono okresy drgań swobodnych całej konstrukcji i na tej podstawie stwierdzono, że nie jest ona podatna na dynamiczne oddziaływania wiatru.

Złożony kształt pomnika uniemożliwił określenie współczynników aerodynamicznych. Do obliczeń przyjęto zawyżoną wartość parcia i ssania wiatru przyjmując stałe wartości od strony nawietrznej (parcie) i od strony zawietrznej (ssanie). W obliczeniach uwzględniono wszystkie możliwe kierunki działania wiatru. Wiatr z tyłu okazał się najniekorzystniejszy. Pod dolnym pierścieniem płaszcza pojawi się rozciąganie, ale zarówno zbrojenie płaszcza jak i kotwy w pierścieniu dolnym przeniosą obliczone wartości naprężeń rozciągających. Przykładowe wyniki analizy statycznej płaszcza pomnika przedstawiono na rys. 2 i 3. Na rys. 4 przedstawiono wyniki obliczeń położenia środka ciężkości fragmentu figury, fragmentu który był montowany za pomocą żurawia. Operację montażu pokazano na fot. 4.



RYS. 1. WEWNĘTRZNY USTRÓJ KRATOWY

Warto też wspomnieć o rozwiązaniu posadowienia. Jeszcze przed wykonaniem widocznego z daleka kopca, w gruncie rodzimym, 1 m ppt, wykonano kwadratową płytę betonową o boku 6,3 m i grubości 40 cm, z której wyprowadzono pionowo sześć słupów żelbetonowych rozmieszczonych symetrycznie na obwodzie koła o promieniu 2,6 m. Te sześć słupów zostało następnie zasypanych gruntem do planowanego poziomu posadowienia figury (ok. 16 m npt). Na tym poziomie wykonano kolejną płytę betonową (średnica 8,4 m i grubość 1,0 m), która stanowi podstawę posadowienia figury. Z tej płyty wyprowadzono sześć słupów kratowych i jeden centralnie położony słup stalowy (HEB 450) i w niej zakotwiono dolny pierścień płaszczka figury.

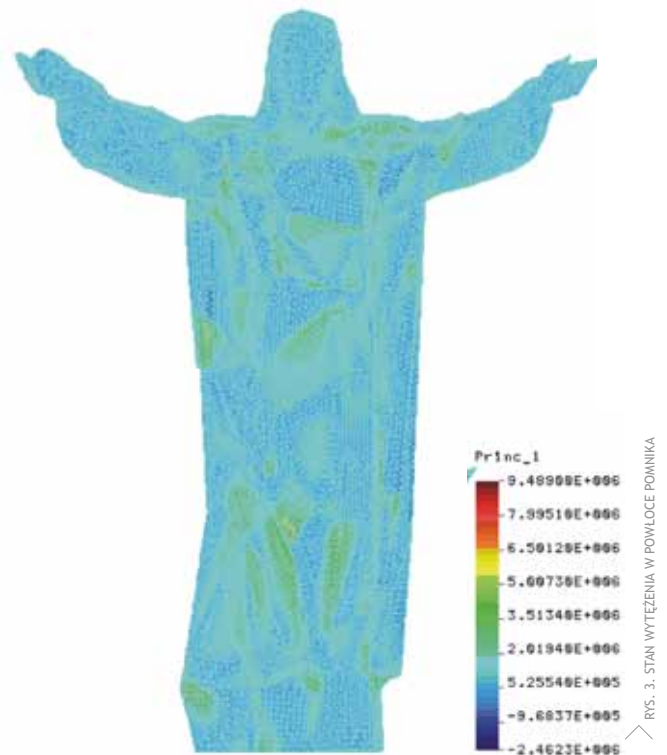
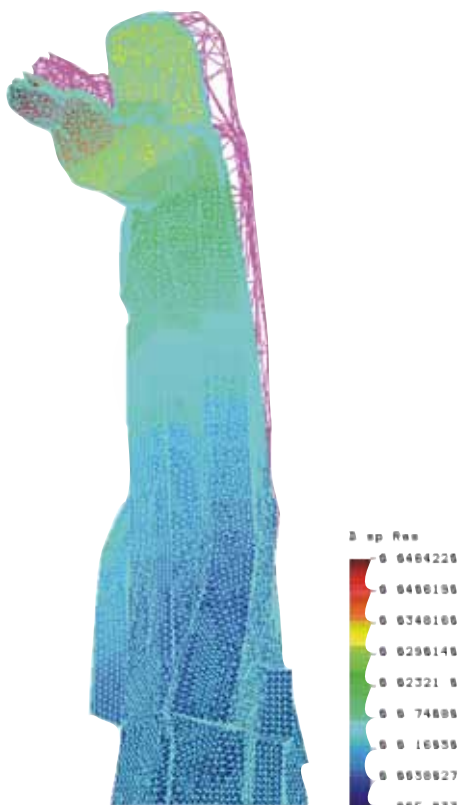
Skarpy kopca pokryto belkami betonowymi i gładziami narzutowymi, których rolą jest umocnienie skarp oraz dodatkowe balastowanie dolnej płyty posadowienia.

Obliczenia geotechniczne fundamentów, wykonane dla parametrów geologicznych stwierdzonych w rezultacie przeprowadzonych odwiertów, potwierdziły poprawność zrealizowanej koncepcji posadowienia.

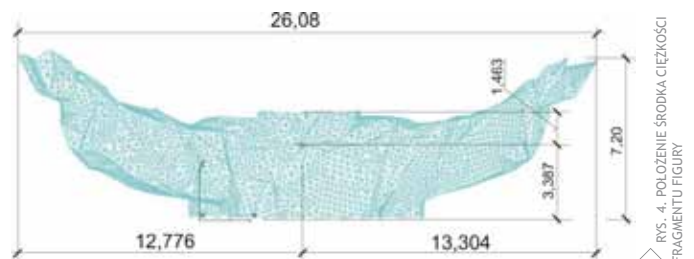
Warto wspomnieć, że poza próbami wytrzymałościowymi wycinka płaszczka figury, w Laboratorium Instytutu Budownictwa wykonano także próby wytrzymałościowe stali użytej do wykonania wewnętrznej struktury prętowej.

Oto lista pracowników Uniwersytetu Zielonogórskiego zaangażowanych w budowę figury Chrystusa Króla ze Świebodzina: doc dr inż. Mikołaj Kłapoć (prac. emer. UZ), prof. Jakub Marcinowski, dr inż. Gerard Bryś, dr Andrzej Kraiński, mgr inż. Paweł Błażejowski, mgr inż. Artur Frątczak, dr inż. Ryszard Gorockiewicz, mgr inż. Tomasz Pruptniewicz, mgr inż. Tomasz Wiśniewski, Wojciech Wiczorek oraz Bartłomiej Wiczorek.

RYS. 2. DEFORMACJE OD WIATRU



RYS. 3. STAN WYTYŻENIA W POWŁOCIE POMNIKA



RYS. 4. POŁOŻENIE ŚRODKA CIĘŻKOŚCI FRAGMENTU FIGURY



FOT. 4. MONTAŻ GÓRNEGO FRAGMENTU FIGURY

Doc. dr inż. Mikołaj Kłapoć oraz prof. Jakub Marcinowski zostali w sposób szczególnie wyróżnieni za ich wkład w budowę figury Chrystusa Króla. Podczas uroczystości poświęcenia w dniu 21.11.2010 otrzymali z rąk Jego Eminencji Księdza Kardynała Henryka Gulbinowicza srebrne Pierścienie Tysiąclecia. ■