

Zdj. nr 1. Brama do twierdzy Rodos



foto. Archiwum autora

O problemach z identyfikacją betonu i stali w obiektach zabytkowych z przełomu XIX i XX w.

Pomimo że artykuł dotyczy budowli z przełomu XIX i XX wieku, aby zachować w sobie i Czytelnikach jak największą ilość letniego słońca, na zdjęcia do ilustracji niniejszego tekstu z premedytacją wybrałem zdjęcia zabytków starszych, niosące z sobą dużo światła słonecznego z Rodos i Krety. W dalszej części tęczę jednak treść artykułu z tymi obiektami, więc mam techniczne usprawiedliwienie.

Na dobry początek, na zdjęciu nr 1 brama do twierdzy w Rodos, na zdjęciu nr 2 kaponiera z fortyfikacji twierdzy Zakonu Joannitów w mieście Rodos, na zdjęciu nr 3 brama do twierdzy w Rethymno na Krecie.

Coraz częściej pracom konserwatorskim podlegają obiekty i budynki z przełomu XIX i XX wieku. Na dodatek coraz większa część tych obiektów ma charakter budowli inżynierskich. Pojawiają się więc w nich zarówno konstrukcje stalowe, gdzie jest historyczna stal, betonowe złożone z historycznego betonu, żelbetowe, a także murowane, w których historyczna zaprawa murarska jest już wykonana częściowo za pomocą spoiw hydraulicznych z cementem portlandzkim włącznie. Okazuje się to kłopotem dla części osób sporządzających programy konserwatorskie, a czasem i tych, co sporządzają ekspertyzy dla budowli zabytkowych. Według standardów wymaganych kiedyś rozporządzeniem [4], a obecnie ustawą [6], od programu

badan konserwatorskich wymaga się między innymi identyfikacji zastosowanych do wznoszenia budowli materiałów. Wymagania takie spełniać także powinny ekspertyzy sporządzane dla tych obiektów budowlanych [2]. Tymczasem zdarza się, niestety zbyt często, że stal, beton oraz zaprawa nie są zidentyfikowane na etapie projektu budowlanego lub są zidentyfikowane nieprawidłowo. Projekt budowlany dla obiektu zabytkowego powinien opierać się na programie konserwatorskim i ekspertyzie, w których często albo pojawia się błąd identyfikacji materiałów i technologii budowlanych, albo w zakresie np. betonu i stali temat jest przez autora programu konserwatorskiego przemilczany. Rezultatem tego bywa błędna specyfikacja materiału dla inwestycji, czyli nieprawidłowy kosztorys, co jest bardzo kłopotliwe w przypadku realizacji inwestycji w oparciu o ustawę Prawo zamówień publicznych. Znacznie gorzej, jeżeli niedoskonały program konserwatorski lub wadliwa ekspertyza są przyczyną złych lub niebezpiecznych rozwiązań konstrukcyjnych. Bywa to dobór zbyt słabej zaprawy (czasami zbyt silnej) w porównaniu do historycznej zaprawy murarskiej, błędne oszacowanie właściwości fizykochemicznych, w tym mechanicznych, historycznej stali, pochopne podjęcie decyzji o spawaniu starej stali do nowej, zastosowanej do wzmocnienia zabytkowej konstrukcji, zła ocena właściwości fizycznych historycznego betonu lub inne błędy.

Standardy prawne wymagają badań stratygraficznych, a także przeprowadzenia badań materiałowych odnośnie materiałów budowlanych zidentyfikowanych w budowlach zabytkowych. Wymagania stawiane ekspertyzom [2] także podkreślają wagę pozyskania szczegółowej wiedzy na ten temat. Kiedy już jednak rozpoczęto roboty budowlane, jest na ogół zbyt mało czasu na przeprowadzenie badań laboratoryjnych. Można wtedy ratować się datowaniem, czyli oceną parametrów technicznych materiałów na podstawie najbardziej prawdopodobnej,

Zdj. nr 2. Kaponiera w twierdzy Rodos



foto. Archiwum autora

historycznej daty wykonania robót budowlanych. W przypadku stali, zarówno użytej w formie historycznych kształtowników jak i zbrojenia, można próbować szacować jej rodzaj na podstawie tej części programu konserwatorskiego, który jest zazwyczaj przygotowany prawidłowo, a mianowicie jego części dotyczącej historii obiektu, z określeniem czasu wykonania robót. Wynika to z faktu, że zgodnie z powszechną praktyką i prawodawstwem, autorami programów konserwatorskich są osoby po akademiach sztuk pięknych, a nie politechnikach. Bywa oczywiście, że osoby z raczej artystycznym niż technicznym wykształceniem, dzięki praktyce oraz własnemu ustawicznemu kształceniu, mają wystarczające kompetencje natury historyczno-politechnicznej. Jednak, niestety, zdarza się także, że znajomość techniki tej grupy zawodowej jest raczej związana z techniką komputerową, polegającą na znajomości funkcji „Ctrl Wklej”.

Zgodnie z do niedawna obowiązującymi przepisami [4] rozporządzenia – paragraf 22 (jak rozumiem zbieżność z pewną pozycją amerykańskiej literatury wojennej przypadkowa), – 1. Prace konserwatorskie, prace restauratorskie oraz badania konserwatorskie może prowadzić, w zakresie specjalności określonej w dyplomie ukończenia studiów, osoba, która posiada tytuł zawodowy magistra uzyskany po ukończeniu studiów wyższych:

- 1) na kierunku konserwacja i restauracja dzieł sztuki lub
- 2) o specjalności w zakresie konserwacji zabytków – oraz odbyła po ukończeniu tych studiów co najmniej 12-miesięczną praktykę zawodową w zakresie konserwacji lub badania zabytków wpisanych do rejestru zabytków.

Teraz ustawa [6] o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, po aktualizacjach, włącznie z tymi z 2017 roku, wymaga:

Art. 37a 1. Pracami konserwatorskimi, pracami restauratorskimi lub badaniami konserwatorskimi, prowadzonymi przy zabytkach wpisanych do rejestru kieruje osoba, która ukończyła studia drugiego stopnia lub jednolite studia magisterskie w zakresie konserwacji i restauracji dzieł sztuki lub konserwacji zabytków oraz która po rozpoczęciu studiów drugiego stopnia lub po zaliczeniu szóstego semestru jednolitych studiów magisterskich przez co najmniej 9 miesięcy brała udział w pracach konserwatorskich, pracach restauratorskich lub badaniach konserwatorskich, prowadzonych przy zabytkach wpisanych do rejestru, inwentarza muzeum będącego instytucją kultury lub zaliczonych do jednej z kategorii, o których mowa w art. 14a ust. 2.”

Dla mnie, jako inżyniera budownictwa, jest wielce zabawne, że stare rozporządzenie [4] jak i nowa ustawa [6] – „W dziedzinach nieobjętych programem studiów wyższych, o których mowa...”, powołują na ekspertów dosłownie absolwentów szkół średnich, zamiast pozostawić jakieś pole dla inżynierów budownictwa lądowego i architektów, oczywiście z odpowiednią praktyką zawodową. Zwracam uwagę, że cytowane poniżej w niniejszym artykule pozycje literatury są głównie dziełem profesorów budownictwa i architektury oraz magistra architektury, odbywającego studia doktoranckie w czasie pisania cytowanej pozycji literatury. Rozporządzenie [5] w swoim załączniku, spisie



Źródło: Archiwum autora

Zdj. nr 3. Brama do twierdzy Rethymno na Krecie

elementów, które ma zawierać dokumentacja prac konserwatorskich, wymienia „analizę materiałów i technik wykonania zabytku”. A z kolei w opracowaniu prof. dr. hab. inż. arch. Jana Tajchmana [7] wymieniono, iż „specyfika i charakter obiektu zabytkowego wymagają [...] znajomości (u wszystkich w/w uczestników) dawnych technik budowlanych i odmiennych od współczesnych struktur, technik i technologii budowlanych, a także wiedzy o dawnym procesie budowlanym”. Pan profesor zwraca więc uwagę na konieczność pokory wobec dużej części dzieł dawnych budowniczych, którzy, chociaż nie mieli do dyspozycji osiągnięć technologiczno-materiałowych XXI w., to dostępne im materiały budowlane często stosowali w statystycznie wyjątkowo rozumny, zazwyczaj nieosiągalny dla współczesnych budowlanców, pełen technicznej świadomości sposób. Typowe i niestety częste jest bezkrytyczne podejście w robotach budowlanych przy starym budynku usuwanie warstw glin i itów, zwłaszcza w obrębie fundamentów i posadzek na gruncie i późniejsze stosowanie współczesnych zabezpieczeń przeciwwodnych, ale o o wiele gorszych parametrach niż rozwiązanie historyczne, czyli zwyczajowy abizol lub niestety ciągle nieśmiertelna 2 x papa na lepiku.

Tak więc pomocą, a także pewną kontrolą rozwiązań proponowanych w obiekcie zabytkowym, od programu konserwatorskiego po projekt budowlany, ze strony kierownika budowy i inspektora nadzoru, oprócz ich wykształcenia i doświadczenia, może być wsparcie pozycjami literatury, które podając daty stosowania danych materiałów i technologii, mogą ustrzec przed błędem wykonawczym. Oczywiście nie jest zadaniem kierownika budowy ani inspektora nadzoru przeliczanie konstrukcji. Jednak sprawdzenie parametrów materiałowych przyjętych do obliczeń dla materiałów historycznych w projekcie budowlanym jest możliwe i nie jest specjalnie czasochłonne.

Zwłaszcza przy robotach budowlanych, mających charakter przebudowy, należy określić parametry mechaniczne tych części historycznych budowli, które będą miały zachować lub czasem nawet zwiększyć postawione elementowi historycznemu współcześnie zadania nośności.

Ważną informacją z punktu widzenia przebudowy są cechy mechaniczne stali (wytrzymałość i granica plastyczności) oraz jej ewentualna spawalność. W budowlach z przełomu XIX i XX w. można się spotkać ze stałą zgrzewną lub zlewną [1]. Na eta-



foto: Archiwum autora

Zdj. nr 4. Fragment zabudowań, twierdza w Rethymno

pie programu konserwatorskiego lub ekspertyzy powinien być czas na badania laboratoryjne stali, na etapie budowy czasu na takie badania zazwyczaj nie ma. Przejdźmy więc do wskazówek historycznych [1]: „Słynny most Britania, o rozpiętości 141 m i konstrukcji skrzynkowej, zbudowany przez Roberta Stephensona w latach 1846-1850 nad cieśniną Manai, był wykonany ze stali zgrzewnej. Ocenia się, że pod koniec lat 70. XX wieku w Polsce eksploatowano jeszcze około 10% mostów stalowych, wykonanych ze stali zgrzewnej”. Warstwowa budowa stali zgrzewnej miała wpływ na znaczne zróżnicowanie wydłużenia i wytrzymałości tej stali wzdłuż walcowania i w kierunku prostopadłym do walcowania. Wytrzymałość na rozciąganie stali zgrzewnej wzdłuż walcowania waha się w granicach 280-310 MPa, natomiast wydłużenie całkowite przy zniszczeniu wynosi 7 do 25%. Duży rozrzut rejestruje się także w wartościach umownej plastyczności ($Re = 145-310$ MPa). Znaczny wpływ na spadek cech mechanicznych tego tworzywa i obniżenie właściwości plastycznych mogą mieć procesy starzenia. Dlatego przy wzmacnianiu i łączeniu takich elementów należy rezygnować z technik spawalniczych, nawet wówczas, gdy wartość równoważnika węglowego Ce , ustalona na podstawie zbadanego składu chemicznego tych tworzyw, wskazywałaby na dobrą spawalność. Stal zgrzewna stosowana była nawet do roku 1904. [1] Późniejszą, stosowaną w budowlach zabytkowych

Zdj. nr 5. Fragment muru, Rethymno



foto: Archiwum autora

stałą konstrukcyjną jest stal zlewna. W roku 1900 na terenie ówczesnej monarchii austro-węgierskiej około 83% całej produkcji stali obejmowało stal zlewną. W 10 lat później 95% [1]. Wytrzymałość na rozciąganie stali zlewnej to: $R_m = 370-450$ MPa, z kolei granica plastyczności $Re = 180-240$ MPa. Z początkiem XX stulecia zaczęto również stosować do konstrukcji budowlanych odmiany wysokowęglowe (hochgeholte Baustahle) o wytrzymałości na rozciąganie $R_m = 440-550$ MPa [1].

W przypadku historycznego żelbetu istotne znaczenie ma rodzaj zastosowanego zbrojenia. „Zbrojenie betonu. Początkowo używano żelaza zgrzewnego. Źródła z 1907 podają, że do zbrojenia elementów betonowych stosowano już w tym czasie zlewne żelazo pospolitej jakości (Handelsflusseisen) o wytrzymałości na rozciąganie $R_m = 370-460$ MPa. Część stali zlewnych zbrojonych była niespawalna.” [1]. W cytowanej powyżej pracy pana profesora Czaplńskiego można także znaleźć bardzo istotne informacje odnośnie kształtu elementów zbrojonych, które także mogą być istotną wskazówką w szybkim szacowaniu wytrzymałości historycznych prętów zbrojonych.

Następnym problemem, często polegającym na niedomówieniu lub wyjątkowej oszczędności programu konserwatorskiego, jest rodzaj betonu. Choć „już starożytni Rzymianie” używali tego rodzaju materiałów budowlanych, to programy konserwatorskie bywają niechętnie rozwijaniu tematu. Co prawda w przypadku betonu należałoby powiedzieć raczej: „historia betonu rozpoczęła się w Mezopotamii w epoce przedsumeryjskiej przed 7,5 tysiącami lat” [8], jednak to Rzymianie rozwinęli zaprawy oparte o „popiół wulkaniczny zmieszany z wapniem i krzemionką, nazywając takie spoiwo cementem pucolanowym” [8]. Najczęściej używano betonu jako wypełnienia obudowy kamiennej lub jako grubo układanej zaprawy murarskiej.

Ma to między innymi odbicie w średniowiecznych zabytkach na wyspach greckich, gdzie trass, pucolana i ziemia santorinowa były na wyciągnięcie ręki. Można to zobaczyć na zdjęciach załączonych do niniejszego artykułu, przedstawiających konstrukcje murowe twierdz zbudowanych na Krecie – patrz zdjęcia nr 4 do nr 7. Były to wodoodporne zaprawy hydrauliczne.

Odrodzenie wytwarzania tych zapraw nastąpiło w XVIII wieku, kiedy z kamieni wapiennych zawierających glinę i ility zaczęto wytwarzać spoiwo hydrauliczne pod nazwą Roman Cement. Na terenie Polski ten cement rzymski produkowano w Galicji, a także w Królestwie, koło Sławkowa, od 1823 r. [9]. Cement rzymski był używany do spoinowania cegieł i dekorowania elewacji budynków Lwowa, Krakowa, Tarnowa i innych miast.

Kolejnym krokiem w rozwoju spoiw hydraulicznych był cement portlandzki opatentowany w 1824 r. [8]. W latach osiemdziesiątych XIX wieku na terenie Galicji rozbudowywano Twierdzę Przemyśl, gdzie jednym z materiałów budowlanych był cement, do budowy której dziennie sprowadzano 20 do 40 wagonów tego materiału [3]. W 1883 roku założono fabrykę cementu w Szczakowej na terenie ówczesnej Galicji, która coraz bardziej rozwijała produkcję.

Należy pamiętać, że pomimo iż już w pierwszej połowie XIX wieku używano cementu portlandz-

kiego, to uzyskiwany z niego, zwłaszcza początkowo, beton różnił się właściwościami od betonu współczesnego. Zwłaszcza stosowanie następnego podstawowego składnika betonu, czyli kruszywa, z czasem, powolnie podlegało ulepszeniu, a dopiero w 1907 roku ustalono pojęcie uziarnienia optymalnego [8]. Z czasem także zdobywano doświadczenie w kwestiach transportu, układania, zagęszczania i pielęgnacji konstrukcji betonowych. Dlatego parametry historycznego betonu w zabytku, który jest obecnie przedmiotem przebudowy, będą o wiele gorsze od współczesnych betonów, zarówno w kwestii wytrzymałości na ściskanie, zginanie, jak i wodoszczelności, co jest między innymi związane z inną porowatością historycznego betonu. Pan profesor Jamroży [8] podaje, że rozwój wytrzymałości betonu z czasem w MPa można przedstawić jako:

- do 500 r. n.e. – 6 MPa
- 1756 r. – 8 MPa
- 1825 – 10 MPa
- 1910 – 12 MPa
- 1940 – 20 MPa.

Oczywiście w zabytkach z przełomu XIX i XX wieku spotykamy też żelbet. W Krakowie w 1891 r. powstał pierwszy żelazobetonowy most łukowy na rzece Rudawie, a w roku akademickim 1908/1909 rozpoczęto we Lwowie wykłady z zakresu budownictwa żelazobetonowego [10].

Problemem w programach konserwatorskich bywa, niestety, także rozpoznanie materiału zaprawy murarskiej. Co prawda trass, pucolana i ziemia santorinowa były rzadziej stosowane przez budowniczych na polskich terenach, ale za to często dodawano do zaprawy mączki ceglanej [11]. Biurac z kolei pod uwagę wyżej opisaną dostępność na terenie obecnej Polski w XIX w. różnych spoiw hydraulicznych, to zbyt szybko ferowany w niektórych programach konserwatorskich techniczny wyrok, że zaprawa użyta w budowlach z przełomu XIX i XX w. ma spoiwo głównie z wapna wiążącego powietrznie, bywa błędny.

Mam nadzieję, że powyżej podane przykłady mogą stanowić pomoc dla nadzoru wykonawczego na budowie w ewentualnym szybkim szacowaniu, z jakim materiałem konstrukcyjnym ma do czynienia w zabytkach z przełomu XIX i XX w. Życzę jednak wszystkim, aby dane z niniejszego artykułu służyły jedynie jako uspokojenie, że właściwości historycznych materiałów budowlanych zostały w programach konserwatorskich, ekspertyzach i projektach budowlanych przyjęte poprawnie.

mgr inż. Paweł Bałos

Literatura

- 1 Kazimierz Czaplński: *Dawne wyroby ze stopów żelaza*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2009
- 2 Kazimierz Czaplński, Krzysztof Gawron: *O ekspertyzach dotyczących budowlanych obiektów zabytkowych*, „Przegląd Budowlany” 4/2011
- 3 Marta Ślusarczyk: *Cementownia Szczakowa – historia i teraźniejszość*, „Wiadomości Konserwatorskie” 43/2015
- 4 *Rozporządzenie Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 27 lipca 2011 r. w sprawie prowadzenia prac konserwatorskich, prac restauratorskich, robót*



foto. Archiwum aubora

budowlanych, badań konserwatorskich, badań architektonicznych i innych działań przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków oraz badań archeologicznych

- 5 *Rozporządzenie Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 22 czerwca 2017 r. w sprawie prowadzenia prac konserwatorskich, prac restauratorskich i badań konserwatorskich przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków albo na Listę Skarbów Dziedzictwa, oraz robót budowlanych, badań architektonicznych i innych działań przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków, a także badań archeologicznych i poszukiwań zabytków*
- 6 *Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami – tekst jednolity na podstawie : tj. Dz. U. z 2014 r. poz. 1446, z 2015 r. poz. 397, 774, 1505, z 2016 r. poz. 1330, 1887, 1948, z 2017 r. poz. 60, 1086, 1595.*
- 7 *Jan Tajchman: Standardy opracowywania dokumentacji projektowej dla tzw. zabytków nieruchomych (proponycja)*
- 8 *Zygmunt Jamroży: O rozwoju betonu, „Warstwy” nr 1 (14), styczeń-marzec '99*
- 9 *Jacek Olesiak: Konserwacja dziedzictwa architektonicznego XIX i XX wieku. Cement romański – odtworzona technologia, „Renowacje i Zabytki” nr 4 (28) 2008*
- 10 *Zbigniew Janowski: Konstrukcje z betonu – rozwój historyczny, „Renowacje” nr 1, 2000*
- 11 *Zbigniew Janowski, Ireneusz Pluska: Tynk i zaprawa, część II – technologie i zaprawy, „Renowacje i Zabytki”, nr 1 (25) 2008*

Zdj. nr 6. Twierdza we-necka, wyspa Gramvousa, Kreta

Zdj. nr 7. Twierdza, wyspa Gramvousa, Kreta



foto. Archiwum aubora