

Sławomir Skibiński

Konserwacja murów z cegły suszonej na słońcu

Ochrona Zabytków 43/3 (170), 123-134

1990

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

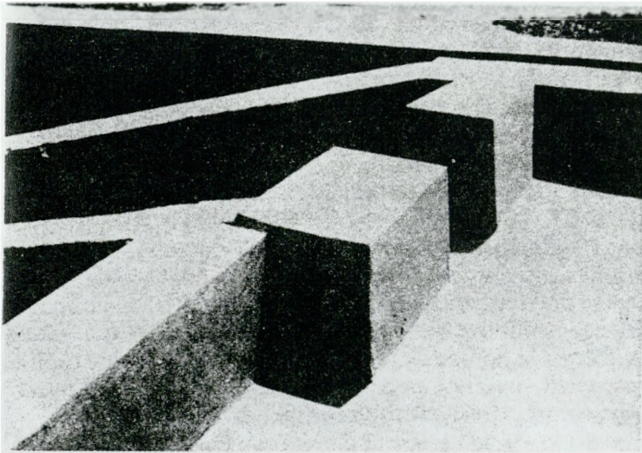
Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

WSTĘP

Budowle wykonane z cegły suszonej na słońcu (adobe) spotykane są na całym świecie, zwłaszcza w klimacie suchym, pustynnym. Powstały one w różnym czasie i w różnych kulturach w zachodniej części obu Ameryk, w północnej Afryce, na Bliskim Wschodzie, w środkowej Azji, a także w niewielkim zakresie w Australii. Również w Europie glinę wykorzystywano sporadycznie do budowy różnych obiektów wiejskich. Dla przykładu wymienić można istniejące w XIX w. obiekty w Lugdun we Francji, Pizie we Włoszech, w Altenburgu w Niemczech. W Polsce budowle „z ubijanej ziemi” powstały na Mokotowie, we Włochach, w Tarchominie pod Warszawą.

Do chwili obecnej nie opracowano jednak skutecznych sposobów ratowania budowli z cegły suszonej na słońcu. Prowadzone obecnie na świecie prace polegają często na:

- a) wymianie oryginalnego materiału na materiał bardziej odporny na niszczące czynniki,
- b) zabezpieczeniu koron i powierzchni murów zaprawami, w których skład wchodzi mineralne spoiwa budowlane, takie jak cement, wapno i gips, czasem modyfikowanych dyspersyjnymi wodnymi poliocetanu winylu lub akrylowymi (fot. 1),



1. Huaca del Dragon, Trujillo (Peru), mur z cegły suszonej na słońcu zabezpieczony tynkiem modyfikowanym dyspersją wodną poliocetanu winylu (według „Conservation on Archaeological Excavations”. ICCROM 1984, s.119)

1. Huaca del Dragon Trujillo (Peru), wall of sun-dried brick protected by wall plaster modified by aqueous dispersion of polyvinyl acetate (according to „Conservation on Archaeological Excavations”. ICCROM 1984, p. 119)

- c) zabezpieczaniu koron i murów asfaltami i bitumami,
- d) impregnacji powierzchniowej dyspersjami wodnymi poliocetanu winylu oraz akrylowymi (fot. 2),

e) stosowaniu do impregnacji strukturalnych roztworów rozpuszczalnych żywic, najczęściej akrylowych, silikonowych, silikonowych, epoksydowych i poliozocjanowych (fot. 3),

- f) wykorzystaniu zjawisk elektrokinetycznych.

Przydatność w pracach konserwatorskich prowadzonych w Cahuachi (fot. 4A) wymienionych materiałów

jest niewielka. Oryginalnego materiału nie można wymienić na bardziej odporny ze względów przede wszystkim konserwatorskich, a ponadto technicznych i ekonomicznych (budowle zajmują obszar 24 km²). Próba wykorzystania zapraw wapiennych, gipsowych i ce-

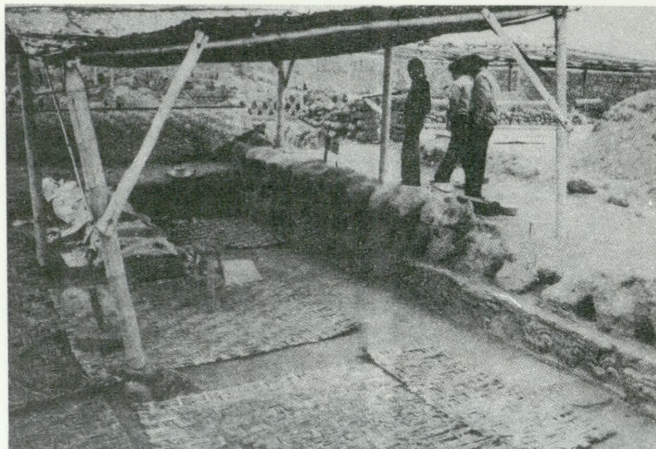


2. Kolavastos Tenta (Cypr), mur z cegły suszonej na słońcu zabezpieczony przed działaniem promieni słonecznych specjalnym dachem oraz powierzchniowo dyspersją wodną żywicy (źródło — jak wyżej, s. 117)

2. Kolavastos Tenta, (Cypr), wall of sun-dried brick protected from the impact of sun rays by a special roof and by surface aqueous dispersion of resins (source — as above, p. 117)

mentowych w pracach konserwatorskich na murach stanowiska Monticulo I przez włoskich konserwatorów w roku 1987 zakończyła się niepowodzeniem. Ze względów estetycznych zastosowanie asfaltów i bitumów nie byłoby trafne, a wykorzystanie zjawisk elektroosmotycznych technicznie skomplikowane. Poza kryteriami

¹Jest to druga część artykułu: S. Skibiński, T. Wilde, *Problematyka badawczo-konserwatorska budowli centrum ceremonialnego Cahuachi (Peru)* zamieszczonego w „Ochronie Zabytków” 1989, nr 2, s. 159.



3. Chan Chan (Peru), mur z cegły suszonej na słońcu zabezpieczony roztworem etylosilikonu

3. Chan Chan (Peru), wall of sun-dried brick protected by ethyl-silicon solution

konserwatorskimi na wybór postępowania konserwatorskiego miały wpływ koszty prac i środków oraz dostępność w Peru wytypowanych materiałów.

W pierwszej kolejności określono warunki ekspozycji budowli (pomiar zmian dobowych temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz stopnia nagrzewania się murów podczas nasłonecznienia²).

Następnie ustalono stan zachowania budowli i opracowano program postępowania konserwatorskiego po zakończeniu prac archeologicznych. Równolegle prowadzono badania, których celem był dobór środków do wstępnego zabezpieczenia osypujących się powierzchni murów i zaprawy oraz do uzupełnienia ubytków i strukturalnego wzmocnienia cegły i jej hydrofobizacji.

Po przeprowadzeniu badań laboratoryjnych wykonano pełny zakres zabiegów konserwatorskich fragmentu muru w obrębie budowli Monticulo I (rys. 5).

BADANIA

Charakterystyka składu i podstawowych właściwości fizycznych materiałów budowlanych

Celem badań składu fazowego materiałów budowlanych była identyfikacja rodzaju minerału ilastego, głównego składnika adobe, ponieważ rodzaj minerału ilastego wpływa w sposób decydujący na właściwości fizyczne i mechaniczne budowli wykonanych z tego rodzaju materiału. Określono również podstawowe właściwości fizyczne zapraw i cegły suszonej na słońcu. Znajomość tych wielkości konieczna jest do wyjaśnienia mechanizmu procesu destrukcji murów oraz do prowadzenia prób odtworzenia technologii produkcji oraz opracowania zaprawy do uzupełnienia ubytków.

Minerały ilaste identyfikowano w pierwszym etapie prac w laboratorium polowym w roku 1987 w Cahuachi za pomocą barwników. Następnie w Instytucie Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu oraz Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy metodami: petrograficzną, dyfrakcji rentgenowskiej i spektrofotometrii w podczzerwieni. W laboratorium polowym badania przeprowadzono na materiale pochodzącym z cegieł, zapraw

murarskich i tynków oraz fragmentów posadzek pobranych ze stanowisk A i B³.

Obserwacje makroskopowe próbek prowadzono za pomocą lupy powiększającej 15 razy. Badano próbki nie traktowane i traktowane 2NHCl oraz roztworem KCl. Minerale ilaste oznaczono za pomocą następujących barwników: 0,001% roztworem wodnym błękitu metylenowego oraz 0,1% roztworem wodnym benzydyny.

Badania nad składem fazowym i strukturą kontynuowano na preparatach proszkowych za pomocą mikroskopu optycznego w świetle zwykłym i spolaryzowanym⁴ i spektrofotometru IR SPEKORD IR-75⁵ (produkcji Carl Zeiss, Jena) oraz dyfraktometru rentgenowskiego (produkcji Carl Zeiss, Jena)⁶.

Minerały ilaste identyfikowano metodą spektrofotometryczną za pomocą pastylki KBr. Dyfraktogramy uzyskano z preparatów nieorientowanych i orientowanych. Preparaty orientowane przygotowano z próbek nasyconych roztworem soli magnezowej, potasowej i wapniowej oraz gliceryną. Badaniom rentgenowskim poddano również próbki wygrzane w temperaturze 550°C.

Badania właściwości fizycznych przeprowadzono zgodnie z Polską Normą. Określono gęstość pozorną (d_p), nasiąkliwość wagową (N_w) za pomocą toluenu. Na podstawie uzyskanych wielkości obliczono porowatość otwartą oraz szybkość podciągania kapilarnego materiału oryginalnego wodą. Ponadto zmierzono podstawowe właściwości akustyczne metodą ultradźwiękową za pomocą urządzenia ultradźwiękowego UK 10P (prod. ZSRR). Wyniki badań podane są w tabelach 1 i 2. Rozdrobnione poniżej 0,104 mm próbki materiałów suszono w temperaturze 60°C i ekstrahowano wodą destylowaną, stosując na każdy gram naważki 10 cm³. Wstrząsano je mechanicznie przez 1 godzinę i sączono przez dekantację do kolby miarowej o pojemności 100 cm³. Czynność powtarzano dwukrotnie. Następnie roztwór w kolbie rozcieńczono do kreski i mierzono odczyn pH-metrem, a przewodnictwo roztworu konduktometrem typu OK-101 (prod. węgierskiej — zob. tab. 3). Na podstawie wymienionych badań stwierdzono, że w skład adobe i zapraw glinianych wchodzi materiał skalny zawierający praktycznie tylko jeden rodzaj materiału ilastego, to znaczy montmorillonit, pierwotnie prawdopodobnie w formie wapniowej. Po rozdzieleniu na sitach próbek materiału oryginalnego oraz po analizie petrograficznej wydzielono dwie zasadnicze frakcje.

Frakcja pierwsza zawiera się w granicach 0,06 — 1 mm, w skład której wchodzi ziarna głównie kwarcowe, ewentualnie skaleniowe oraz minerały ciężkie. Frakcja druga od 1 mm do 2 mm zawiera różnego koloru kwarc oraz okruchy kwarcytu, piaskowca, mułowce, słabo scementowane okruchy ziaren kwarcu, wtrącenia bezpostaciowej krzemionki i sporadycznie pokruszone szczątki roślinności (fragmenty mniej lub bardziej zmineralizowanych korzeni, czy części łodygowatych) oraz szczątki muszli ślimaków.

²S. Skibiński, *The causes of deterioration of adobe building at the Paracas-Nasca Culture Ceremonial Centre. Nasca, Peru. W: Materials VI-th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Supplement. Toruń 1989.*

³Opis stanowisk A i B podano w artykule: S. Skibiński, T. Wilde, op. cit.

⁴Badania wykonał dr St. Krażewski z Instytutu Chemii UMK w Toruniu.

⁵Badania wykonał mgr Wł. Domagalski z Instytutu Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu.

⁶Badania wykonał dr Sławomir Gonet z Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.



4. Stanowisko Cahuachi, Monticulo I, mur z adobe: A — stan przed konserwacją (1988); B — stan po konserwacji (1988)

4. Cahuachi, Monticulo I site, wall of adobe: A — state before conservation (1988); B — state following conservation (1988)

W przedziale frakcji 0,1 — 1 mm występuje głównie kwarc i okruchy chalcedonu lub opalu.

Stwierdzono, że oryginalna cegła gliniana oraz gliniana zaprawa murarska charakteryzuje się dużą higroskopijnością (ok. 10% wagowych), a dwukrotnie niższą tynk i materiał z posadzki.

Największą nasiąkliwość i porowatość otwartą wykazuje cegła prawdopodobnie z uwagi na mały stopień ubicia w procesie technologicznym.

Natomiast zaprawa murarska, tynk i podłoga z ilu montmorillonitowego mają podobną nasiąkliwość wagową (ok. 16%) i porowatość otwartą (ok. 26% obj.).

Ze względu na niewielką wytrzymałość próbek cegły i zaprawy glinianej ocenę tej wielkości przeprowadzono nie badając właściwości akustycznej próbek (tab. 3). Uzyskane wyniki tych badań potwierdzają wniosek, że cegła była mniej ubijana niż zaprawa.

Natomiast wyniki zawarte w tabeli 4 prowadzą do wniosku, że materiały pochodzące z budowli w Cahuachi zawierające powyżej 1% soli rozpuszczalnych w wodzie ulegają daleko idącej dezintegracji. Jednocześnie stwierdza się odczyn lekko kwaśny roztworów wodnych z rozdrobnionego materiału, pochodzący prawdopodobnie z dysocjacji elektrolitycznej montmorillonitu.

Zmiany dobowe temperatury i wilgotności względnej powietrza

Znajomość temperatury i wilgotności konieczna jest dla poparcia tezy, że jednym z podstawowych czynników powodujących destrukcję murów są duże dobowe zmiany wilgotności względnej powietrza, co powoduje powstawanie wody kondensacyjnej na powierzchni murów. Wyniki pomiarów, prezentowane na wykresie 6, wskazują, że zmiany temperatury powietrza w ciągu doby w sierpniu 1988 r. były duże: 13°C — w nocy, 42°C — w dzień. Pociąga to za sobą znaczne dobowe zmiany wilgotności względnej powietrza (od 23% do 100%).

Powyższe obserwacje potwierdzają tezę już przedstawioną⁷, że podstawowym czynnikiem niszczącym budowle są dobowe duże zmiany temperatury i wilgotności względnej powietrza. Dlatego też obserwowano szybkie osypy-

wanie się powierzchni murów po usunięciu przez włoskich archeologów warstw gruzowo-błotnych naniesionych przez hyayco⁸.

Na podstawie znajomości wpływu nasłonecznienia na mur można rozstrzygnąć, czy kondensacja pary wodnej następuje w jego głębszych warstwach powierzchniowych, czy też tylko na powierzchni muru. Na podstawie wyników podanych na wykresie 7 obrazujących dobowe zmiany temperatur na powierzchni muru i na głębokości 2,5 cm i 5 cm można stwierdzić, że temperatury w punktach ekstremalnych różnią się jedynie o 1°C. Najwyższa różnica temperatur „noc-dzień” wynosi 28°C, a największa różnica między temperaturą na głębokości 2,5 cm a temperaturą na głębokości 5 cm wynosi 4°C.

Na podstawie prezentowanych wyżej wyników oraz pomiarów temperatury i wilgotności względnej powietrza (rys. 6) można stwierdzić, że kondensacja pary wodnej wewnątrz muru na skutek zmian w nasłonecznieniu nie będzie występowała. Gdy więc wilgotność względna powietrza jest maksymalna, to temperatura muru jest zbliżona do otoczenia. Największe zagrożenie dla cegły występuje w godzinach rannych, gdyż temperatura na powierzchni muru jest niska, a wilgotność powietrza wysoka. Ten fakt powoduje kondensację pary wodnej wchłanianą przez powierzchnię muru.

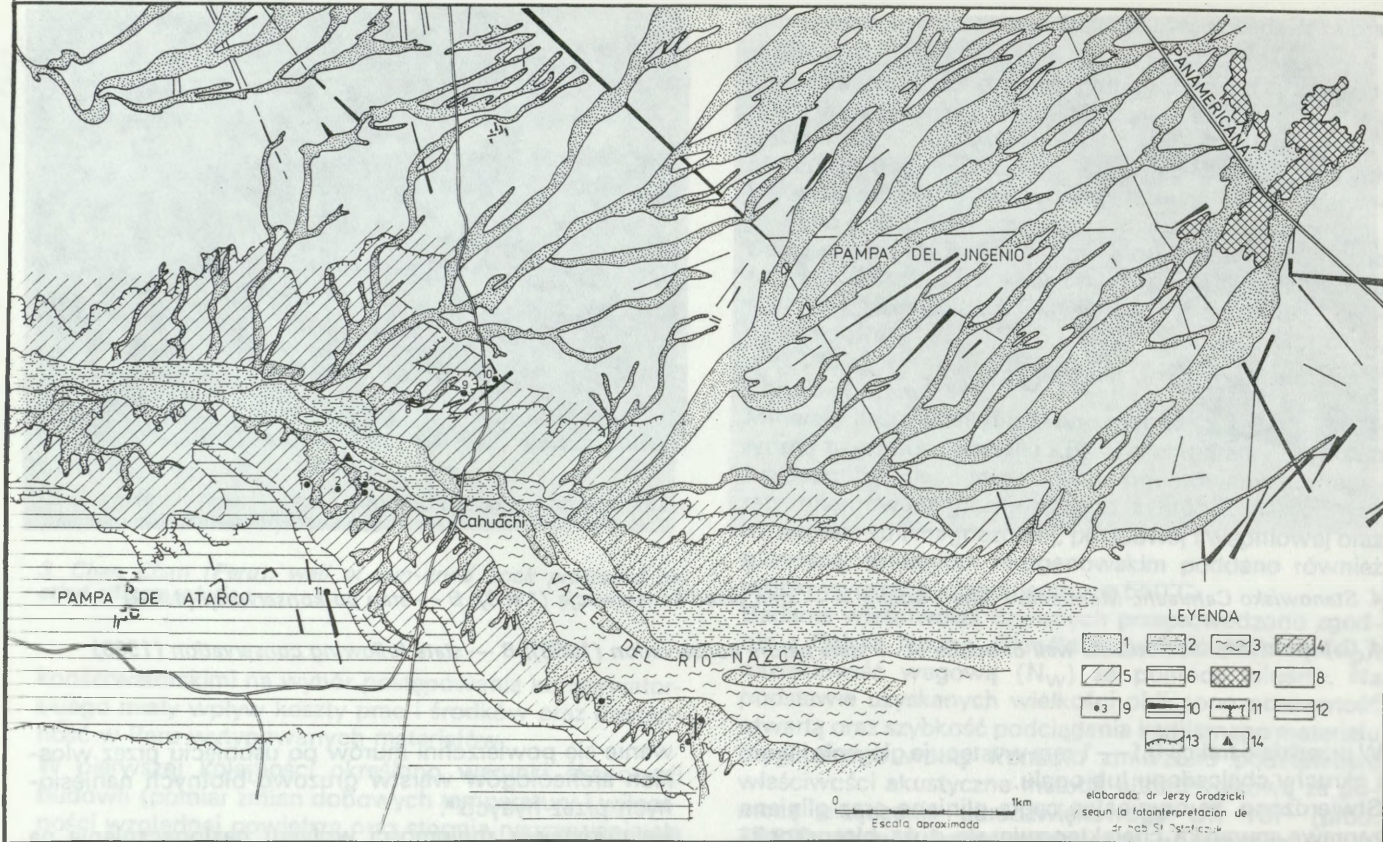
Należy sądzić, że wystarczającym zabiegiem konserwatorskim zmierzającym do ograniczenia działania wody kondensacyjnej będzie wykonanie hydrofobizacji powierzchni murów budowli.

Badania środków do wstępnego wzmocnienia powierzchni muru

Celem przeprowadzenia tych badań było wytypowanie środka dostępnego w handlu w Peru do wstępnego zabezpieczenia osypujących się powierzchniowych partii

⁷S. Skibiński, *The causes...*, ibidem.

⁸S. Skibiński, T. Wilde, *Informes Sobre los trabajos de conservación en el sitio de Cahuachi*. W: *Proyecto Nasca 1984-1988*, Informe Final de la Compañía 1987, CIC RAP, Brescia 1988, s. 1247.



5. Usytuowanie stanowiska archeologicznego Cahuachi kultury Nasca (Peru) wraz z naniesieniem szkicu sytuacji geologicznej czwartorzędu (według J. Grodzickiego). Wyjaśnienie oznaczeń: A — osady aluwialne ostatnich dwóch etapów erozyjno-akumulacyjnych, B — osady aluwialne starszego tarasu zalewowego (obecnie pola uprawne), C — osady aluwialne tarasu nadzalewowego z materiałem pochodzącym także ze spływu gruzowo-błotnego, D — osady aluwialne najstarszego tarasu przemieszane z osadami spływu gruzowo-błotnego i materiałem wyplukanym z tych osadów, E — osady spływu gruzowo-błotnego na nierozdzielonym podłożu, F — starsze, prawdopodobnie trzeciorzędowe, podłoża, seria urytowa piaskowcowo-mułowcowa, G — skała masywu górskiego, H — powierzchnia pampy pokryta nierozdzielonymi osadami, I — punkty dokonanych obserwacji, w tym: 1 — Gran Tempe Escalonado, 2 — Gran Piramide, 3 — Monticulo I przy murze poddawany w 1988 r. pracom konserwatorskim, 4 — Monticulo I, profil południowy; J — geoglify geometryczne, K — prawdopodobnie ślady budowli, L — drogi, Ł — krawędź doliny, M — campamento

5. Location of Cahuachi archaeological site of the Nasca culture (Peru) together with the added sketch of the geological situation of the Quarternary (acc. to J. Grodzicki). Explanation of signs: A — aluvial deposits of the last two erosion-accumulative stages, B — alluvial deposits of the older bay terrace (today cultivated fields), C — alluvial deposits of the bayside terrace with material from the rubble-mud flow, D — alluvial deposits of the oldest terrace blended with deposits of the rubble-mud flow and material rinsed from these deposits, E — deposits of the rubble-mud flow on an undivided base, F — older, probably Tertiary bases, sardstone-mudstone series, G — rock of the mountain massif, H — surface of the pampas covered with undivided deposits, I — points marked with the numbers 1-10 are places of observation, where: 1 — Gran Tempe Escalonado, 2 — Gran Piramide, 3 — Monticulo I by the wall subjected to conservation work in 1988, 4 — Monticulo I, southern profile; J — geometric geoglyphs, K — traces of housing, probably, L — roads, Ł — valley edge, M — campamento

murów. Zabieg ten powinien umożliwić przeprowadzenie następujących prac konserwatorskich.

Do badań wytypowano następujące środki: Cola Syntetica (prod. peruwiańskiej), Primal (prod. włoskiej), Cola Forte (prod. włoskiej), Vinavil Rapid (prod. włoskiej).

Wykonano badania ich przydatności do wstępnego powierzchniowego wzmacniania muru. Powyższe środki to dyspersje wodne polimerów. Na szkiełka przedmiotowe nanoszono pędzlem 25% dyspersje wodne tych polimerów. Po wyschnięciu osłaniano połowę szkiełka czarnym papierem i eksponowano *in situ* przez 14 dni na murze doświetlanym (Monticulo I).

Po ekspozycji stopień zażółcenia oceniono organoleptycznie przez porównanie powierzchni zakrytej i niezakrytej. Odporność na wodę określono na podstawie zmian w powłokach po naniesieniu kropli wody. Badania te pozwoliły na uszeregowanie wymienionych środków (od najbardziej do najmniej odpornego): Cola Syntetica, Primal, Cola Forte, Vinavil Rapid. Do wstępnego wzmoc-

nienia wybrano emulsję wodną Cola Syntetica.

Należy tu wspomnieć, że w ten sam sposób oceniano stopień zażółcenia i odporność na wodę preparatu Imlar CPC 1175 T wybranego do hydrofobizacji, który zachował się najlepiej.

Badania zaprawy do uzupełniania ubytków w murach⁹

Celem tych badań było opracowanie zaprawy do uzupełniania ubytków i rekonstrukcji murów. Zaprawa ta powinna charakteryzować się podobnymi parametrami fizycznymi jak zaprawy oryginalne, ale powinna być mniej higroskopijna, a także powinna być tania.

⁹S. Skibiński, *Invento de reconstrucción de la tecnologia de producción de adobe usaden Cahuachi el Centro Ceremonial de la cultura Nasca (Peru)*. Brescia 1988.

W związku z tym postanowiono, że zaprawa zostanie przygotowana w oparciu o il montmorillonitowy pozyskiwany ze złóż zlokalizowanych bezpośrednio koło stanowiska archeologicznego Cahuachi.

Il montmorillonitowy umieszczono w naczyniu i nawilżano opryskując wodą w taki sposób, aby jej nadmiar szybko wsiąkł. Po pojawieniu się kropelek wody na powierzchni ilu spryskiwanie przerywano. Po upływie doby, od pełnego nawilżenia, przystąpiono do rozdrobnienia bryłek ilu przez rozcieranie. Następnie spoiwo ilaste pozostawiono w naczyniu pod przykryciem na 24 godziny. Opisane czynności powtarzano codziennie. Po tygodniu do jednej porcji spoiwa ilastego dodawano piasku kwarcowego o granulacji 0,3-0,15 mm w ilości dwóch części na jedną część spoiwa. Z drugiej porcji spoiwa ilastego przygotowano zaprawę o składzie: trzy części piasku oraz jedna część ilu. Następnie dokładnie zaprawę urabiano i umieszczano w formach. Po tygodniu wyjęto je z form i zmierzono właściwości fizyczne i akustyczne zapraw (tab. 5 i 6).

Porównując wyniki zapraw przygotowanych laboratoryjnie możemy stwierdzić dużą zbieżność ich właściwości z właściwościami zapraw oryginalnych (porównaj wielkości przedstawione w tabelach 1 i 3 wyznaczone dla zapraw oryginalnych z tymi samymi wielkościami przedstawionymi w tabelach 5 i 6 dla zapraw przygotowanych w laboratorium).

Do uzupełnienia ubytków w murze podczas próby konserwacji w Cahuachi użyto zaprawy o składzie 1 : 3 z niewielkim dodatkiem koagulatora, jakim była emulsja wodna Cola Syntetica. Jako kruszywo zastosowano miejscowy piasek kwarcowy z dużą zawartością minerałów ciemnych. Do uplastycznienia ilu montmorillonitowego pozyskiwanego ze złoża w pobliżu Gran Piramidy (sektor 1) użyto nasyconego roztworu wodorotlenku wapnia. Ca-montmorillonit wykazuje po wyschnięciu najwyższą wytrzymałość. Celem zastosowania takiej zaprawy było:

- ograniczenie penetracji pary wodnej, a tym samym ograniczenie powierzchni oddziaływania wody we wnętrzu muru przez wypełnienie w nich ubytków, szczelin czy rozwarstwień,
- wzmocnienie wiatku muru,
- scalenie estetyczne muru.

Strukturalne wzmocnienie cegieł suszonych na słońcu

Celem badań był wybór żywicy oraz określenie metodyki impregnacji silnie zniszczonych murów z cegły suszonej na słońcu dla przywrócenia im pierwotnych właściwości fizycznych i mechanicznych¹⁰. Zabieg ten musi spełniać wiele konserwatorskich kryteriów, a mianowicie: nie powinien uszczelniać porów otwartych materiału, zmieniać jego barwy, być w przyszłości przyczyną dalszej jego destrukcji, a przede wszystkim powinien poprawiać wytrzymałość mechaniczną, zachowywać paroprzechodność, a ponadto zwiększać odporność na czynniki niszczące.

W skład cegieł wchodzi łatwo pęczniejący minerał ilasty — montmorillonit. Wybór środka do strukturalnego wzmocnienia z jednej strony musi uwzględniać panujące warunki atmosferyczne w Cahuachi, z drugiej zaś charakteryzować się zdolnością do poddawania się zmianom objętości adobe podczas procesu pęcznienia i kurczenia pod wpływem wody kondensacyjnej. Ponadto wprowadzenie środka powinno nie dopuszczać do rozsypania się silnie zdeintegrowanych murów, a je wzmocniać mecha-

nicznie. Wreszcie powinien być odporny na promienie ultrafioletowe i bardzo duże nasłonecznienie oraz zmiany temperatury i wilgotności, jak również nadawać powierzchni murów większą odporność na ścieranie.

Do badań nad wzmocnianiem strukturalnym wybrano następujące środki:

a) krzemooorganiczne: Ahydrosil Z (prod. polskiej), Steinfestiger H (firmy Wacker-Chemie, RFN), Ipaphob (firmy IPA, RFN), kauczuk silikonowy E-41 (firmy Wacker-Chemie, RFN);

b) termoplastyczne: Paroloid B-72 (prod. Roun and Haas, USA), Osolan K. (prod. Zakładów Syntezy Organicznej w Sarzynie), Beva 371 (firmy Lescaux, Szwajcaria).

Podstawą wyboru rodzaju środków były wyniki badań opisane w pracach wielu autorów¹¹, przedstawione na wielu międzynarodowych sympozjach, a przede wszystkim wyniki badań opublikowane przez Gette Conservation Institute (USA), jak również badania przeprowadzone wcześniej w Instytucie Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK. Badania przeprowadzono na laboratoryjnie wykonanych próbkach. W formach o wymiarach 4 x 4 x 16 cm umieszczono zaprawy o następującym składzie: 1 część gliny kaolinowej, 3 części piasku kwarcowego. Zaprawy przygotowano w sposób następujący: masę dokładnie wyrobiono, stosując minimalną ilość wody niezbędnie koniecznej do uzyskania urabialności. Po trzech dniach wyjęto je z formy i przez miesiąc powoli suszono. Cięto na próbki o wymiarach 4 x 4 x 4 cm, a następnie dosuszano do uzyskania stałej masy próbek w suszarce o temperaturze 105°C. Kontrolowano je urządzeniem ultradźwiękowym i wybierano do dalszych badań takie, które miały najmniejsze odchylenia prędkości rozchodzenia się fali ultradźwiękowej od średniej.

Próbki z adobe o wymiarach 4 x 4 x 4 cm umieszczono w krystalizatorze. Następnie na dno naczynia wlewano roztwór określonego środka i drogą podciągania kapilarnego nasycano próbki. Próbki przetrzymywano w ten sposób 12 godzin, a następnie wolno odparowywano rozpuszczalnik. Próbki wysuszono i poddano dalszym badaniom.

Po uzyskaniu stałej masy próbek nieimpregnowanych, drogą podciągania kapilarnego wprowadzono następujące środki:

— Ahydrosil Z (ozn. AH) — 10% roztwór żywicy w benzynie lakowej,

— Steinfestiger H (ozn. SV-H) — stężenie fabryczne (prod. RFN),

— Ipaphob (ozn. IPA) — stężenie fabryczne (prod. RFN),

— kauczuk silikonowy (ozn. KS) — 5% roztwór w toluenie,

— Paraloid B-72 (ozn. B-72) — 5% roztwór w toluenie (prod. USA),

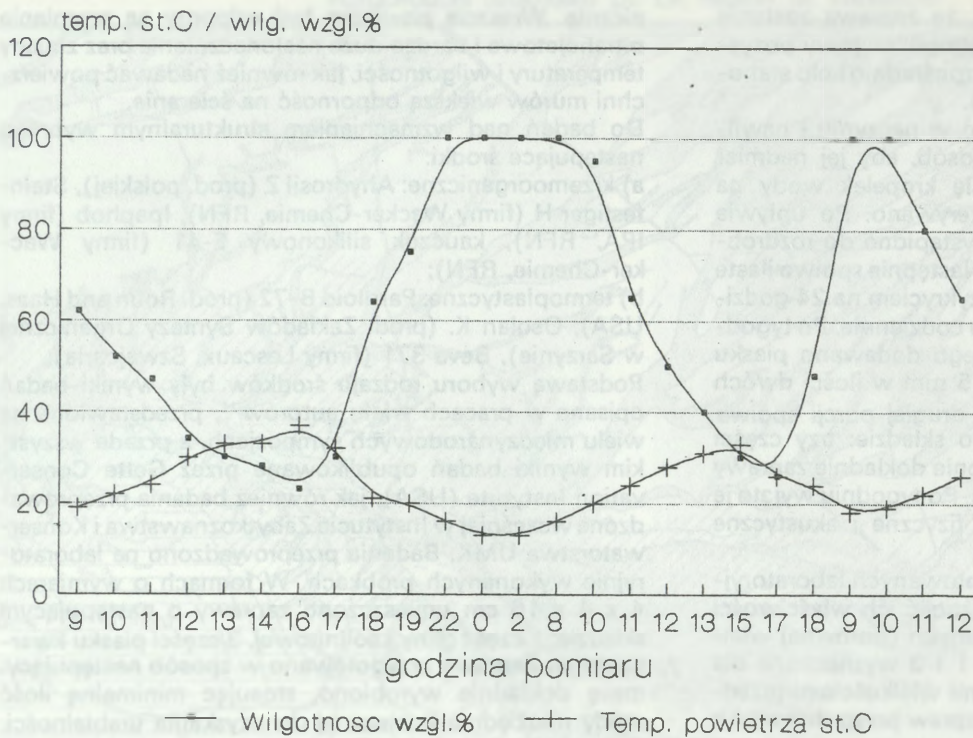
— Osolan K (ozn. OsK) — 5% roztwór w toluenie,

— Beva 371 (ozn. Beva) — 5% roztwór w toluenie (prod. szwajcarskiej),

— mieszanina: Steinfestiger H i 5% Beva 371 w stosunku 1 : 1 (ozn. SV + Beva).

¹⁰ W. Domasłowski, *Badania nad strukturalnym wzmocnianiem kamieni roztworami żywic epoksydowych*. BMOZ, t. XV, seria B, Warszawa 1966.

¹¹ W wyborze i opracowaniu wyników wzięto pod uwagę wyniki badań zawarte w: *Price Conservation on Archaeological Excavations*. Ed. N. P. Stamley. ICCROM, Roma 1984; N. Agnew, J. Druzik, T. Caperton, M. Taylor, *Adobe the earliest composite material*. W: *Materials ICOM Committee for Conservation 8-th Triennial Meeting Sydney*, Australia 1987, ss. 439-446.



o. Stanowisko Cahuachi, Monticulo I. Wykres zależności wilgotności względnej od temperatury powietrza — pomiar w dniach 10-12 VIII 1988r.

6. Cahuachi, Monticulo I site. Graph of dependencies of relative humidity on the air temperature — measurement on 10-12 Aug. 1988

Po zakończeniu impregnacji i po pełnym odparowaniu rozpuszczalników zbadano wytrzymałość próbek na ściskanie (Rść) za pomocą prasy hydraulicznej P-10 (prod. ZSRR).

Badania powtórzono trzy razy. Ich wyniki przedstawia tabela 7 oraz wykres 8. Obserwuje się zwiększenie wytrzymałości na ściskanie, poza próbkami nasyconymi roztworem toluenowym kauczuku silikonowego E-41, gdzie zaobserwowano obniżenie wytrzymałości próbek. Jeszcze w sezonie archeologicznym 1987 r. zaimpregnowano strukturalnie próbkę oryginalnej adobe preparatem krzemooorganicznym Ahydrosil-Z, uzyskując, niestety, wynik negatywny. Powierzchnia materiału wystawionego na działanie niszczących, klimatycznych czynników w Cahuachi łuszczyła się. Dlatego też wyeliminowano z dalszych badań preparaty czysto krzemooorganiczne i do dalszych badań wytypowano środki dające powłoki elastyczne: Beva, B-72, OsK i mieszaninę SV + Beva.

W badaniach wpływu starzenia się na wytrzymałość na ściskanie zastosowano próbki nasycone preparatami Beva, B-72, OsK i mieszaninę SV + Beva.

Do oceny wpływu głównych czynników niszczących budowlę zastosowano następujący cykl starzeniowy:

— 1 godzina: temperatura 20°C, wilgotność względna 50-60%,

— 7 godzin: temperatura 60°C i para wodna nasycona,

— 16 godzin: temperatura 60°C, wilgotność względna 20-30%.

Wpływ czynników niszczących oceniano wyznaczając wytrzymałość na ściskanie po 20 cyklach starzeniowych. Wyniki zestawiono w tabeli 8 oraz na wykresie 9.

Z wyników przedstawionych w tabeli 8 oraz na wykresie 9 wynika, że próbki nasycone preparatem Beva 371 wykazują najmniejszy spadek wytrzymałości w przeprowadzonej serii badań starzeniowych. Jednocześnie preparat ten ma wiele cech korzystnych, a mianowicie dużą światłoodporność, dużą siłę sklejaną oraz jest elastyczny. Ze względu na bardzo wysoką cenę toluenu w Peru próbkę nasycono preparatem Beva 371 rozcieńczonym kerozyną. Weryfikację tego preparatu wykonano w sposób następujący: wybrano niewielki fragment muru z adobe

o powierzchni 30 cm² i wprowadzono 5% roztwór Beva 371 drogą podciągania kapilarnego. Fragment ten obserwowano. Po 10 dniach zaimpregnowana adobe uległa silnej dezintegracji. Proces ten przebiegał inaczej niż w ceglach impregnowanych 10% roztworem w benzynie lakowej Ahydrosilu-Z, z którym próby przeprowadzono w 1987 r.

Otóż cegły impregnowane strukturalnie roztworem Ahydrosilu Z pomimo ograniczenia migracji żywicy¹² łuszczyły się na powierzchni. W wypadku nasycenia preparatem Beva 371 następowało rozpadanie i rozsypywanie całego impregnowanego fragmentu.

Na podstawie wyników badań laboratoryjnych oraz prób terenowych można stwierdzić, że żaden z badanych preparatów nie nadaje się do impregnacji murów budowli z adobe na stanowisku Cahuachi. Przyczyną tego faktu są właściwości fizyko-chemiczne minerału ilastego — montmorillonitu. Otóż minerał ten ma jednocześnie właściwości związku o charakterze jonowym, jak i atomowym.

Jak wiadomo, związki o takim charakterze ulegają pęcznieniu, zarówno w wodzie, jak i w rozpuszczalnikach organicznych.

Wprowadzając do adobe wodę (roztwarzalnik jonowy) albo rozpuszczalnik organiczny (o charakterze atomowym) następuje rozsunięcie na zbyt dużą odległość cząstek ilastych w spoiwie. W związku z tym słabe siły Van der Walsa działające w obrębie spoiwa nie są już w stanie utrzymywać poszczególnych cząstek i wówczas następuje rozsypywanie cegieł. Również żywica nie może w warunkach rozsunięcia i pęcznienia cząstek ilastych w adobe przyjąć funkcji spoiwa. Dlatego też należy tu szukać innego rozwiązania. Badania są kontynuowane.

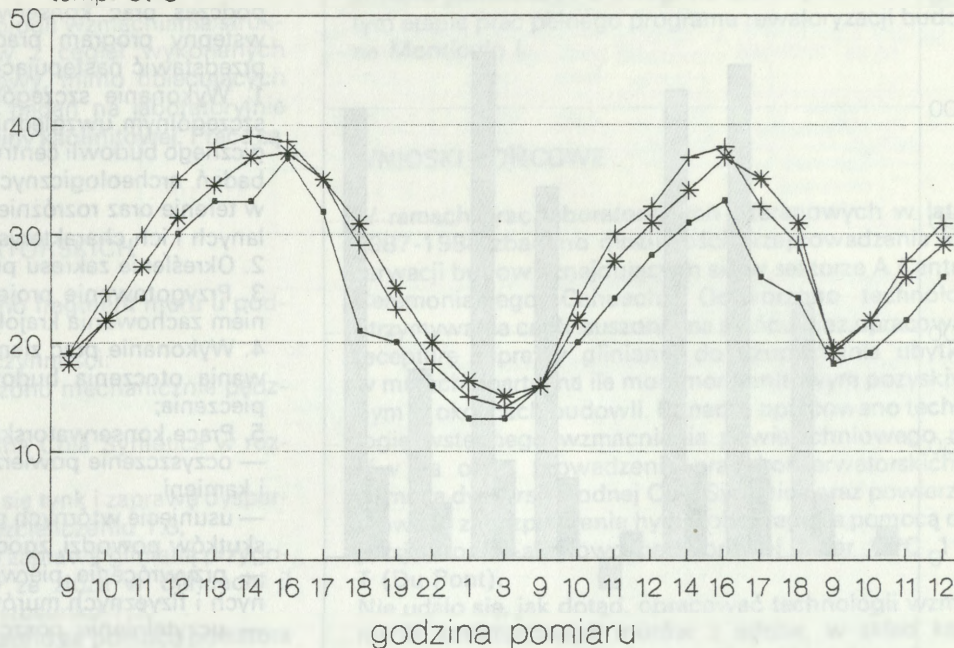
Badania światłotrwałości stosowanych środków do wstępnego zabezpieczenia i hydrofobizacji¹³

Celem badań było określenie światłotrwałości dyspersji wodnej Cola Syntetica (prod. peruwiańskiej) wykorzysta-

¹²W. Domasłowski, op. cit.

¹³Badania przeprowadził dr J. Ciabach. Zob. J. Ciabach, *Badania nad przemianami żywic termoplastycznych pod wpływem promieniowania nadfioletowego*. Toruń 1982.

temp. st C



7. Stanowisko Cahuachi, Monticulo I, wykres zależności temperatury muru od odległości pomiaru — pomiar w dniach 10 — 12 VIII 1988 r.

7. Cahuachi, Monticulo I site, graph of dependencies of wall temperature on the depth of measurement — measurement on 10-12 Aug. 1988

tywanej do wstępnego powierzchniowego wzmocnienia zdeintegrowanych partii murów oraz dyspersji wodnej żywicy akrylowej i policzterofluoretylenu o nazwie handlowej Imlar CPC 1175 T (prod. Du Pont) wytypowanej do przeprowadzenia zabiegu hydrofobizacji.

Próbki do badań w postaci powłok na folii aluminiowej przygotowano w sposób opisany w pracy J. Ciabacha. Napromienianie tych próbek miało charakter ciągły, odbywało się w powietrzu o temperaturze 40°C i wilgotności względnej 30%, przy użyciu komory Feutron 3001 (prod. NRD). Natężenie napromieniania promieniowaniem nadfioletowym o długości fali większej niż 390 nm wynosiło $4,5 \times 10^{-3}$ mmola kwasu szczawowego na cm^2 na godzinę. Bliższa charakterystyka tego urządzenia oraz sposób kontroli napromieniania zawarte są w publikacji J. Ciabacha.

W celu stwierdzenia ewentualnych zmian kolorystycznych porównano wizualnie próbki napromieniowane z próbkami nienapromieniowanymi. Badanie ubytku masy wykonano techniką grawimetryczną przy użyciu wagi analitycznej (tabela 9 i 10).

Zmiany twardości powierzchniowej napromieniowanych próbek zarejestrowano aparatem wahadlowym z wahadłem Koeniga w sposób opisany w PN-73/C-81530 (tabela 11).

Elastyczność powłok uzyskanych przy użyciu badanych materiałów określono przez zginanie na walcach o różnej średnicy w sposób opisany w PN-76/C-81528.

Po 104 dobach ciągłego napromieniania (dawka napromieniania $H=11,25 \text{ mmol/cm}^2$) nie zauważono żadnych zmian kolorystycznych powłok przygotowanych z Imlar CPC 1175 T.

Natomiast obserwowano wyraźne zażółcenia powłok z preparatu Cola Syntetica, co widoczne było po 46 dobach napromieniania (dawka napromieniania $H=4,97 \text{ mmol/cm}^2$).

Średni ubytek masy przy zastosowaniu środka Imlar CPC 1175 T nie przekracza 2% wagi i jest niezależny od czasu (dawki) napromieniania (tabela 9).

Ubytek masy przy zastosowaniu środka Cola Syntetica po 104 dobach (dawka napromieniania $H=11,25$

mmol/cm^2) wyniósł 16,3% i był ściśle zależny od napromienienia próbki (tabela 10).

Twardość powierzchniowa powłoki przy zastosowaniu środka Imlar CPC 1175 T jest bardzo mała i nie ulega zmianom w czasie napromieniania (wzrost od 0,04 do 0,06 w ciągu pierwszych 20 dób napromieniania należy przypisać odparowywaniu resztek wody lub innych, łatwo lotnych substancji).

W trakcie napromieniania twardość powierzchniowa przy zastosowaniu środka Cola Syntetica wzrasta o 44% i jest uzależniona od czasu napromieniania (tabela 11).

Powłoka przed i po napromienieniu (do 104 dób) po zastosowaniu środka Imlar CPC 1175 T nie zmienia swojej elastyczności. Nie pęka na walcu o średnicy 1 mm.

Powłoka przed napromienieniem po zastosowaniu środka Cola Syntetica nie pęka na walcu o średnicy 1 mm po napromienieniu, pęka w czasie zginania na walcu o średnicy 7 mm.

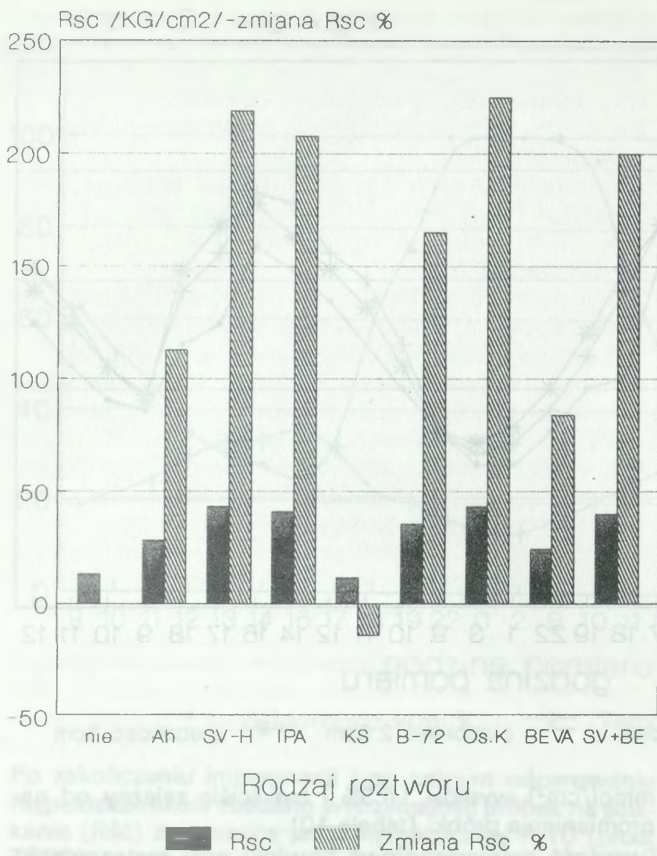
Badane żywice wykazują różną światłoodporność. O ile Cola Syntetica żółknie, traci na masie wskutek ulatniania się zmiękczacza lub fotolizy polimeru, staje się twardsza i mniej elastyczna. Natomiast Imlar CPC 1175 T zachowuje swoje wyjściowe właściwości w trakcie napromieniania, które wywołuje istotne zmiany we właściwościach wielu innych żywic sztucznych uważanych za szczególnie odporne na działanie UV (np. żywic akrylowych z Paraloidem B-72).

WNIOSKI I ZAŁOŻENIA KONSERWATORSKIE

Podstawowym problemem konserwatorskim jest wyeliminowanie lub ograniczenie destrukcyjnego oddziaływania klimatu, a szczególnie dobowych zmian temperatury i wilgotności powietrza.

Można to osiągnąć poprzez:

- zabezpieczenie powierzchni murów i tynków przed dezintegracją i osypywaniem się,
- wspomoczenie przenoszenia drgań sejsmicznych przez fundamenty i mury budowli,
- wzmocnienie wytrzymałości mechanicznej wątków murów.



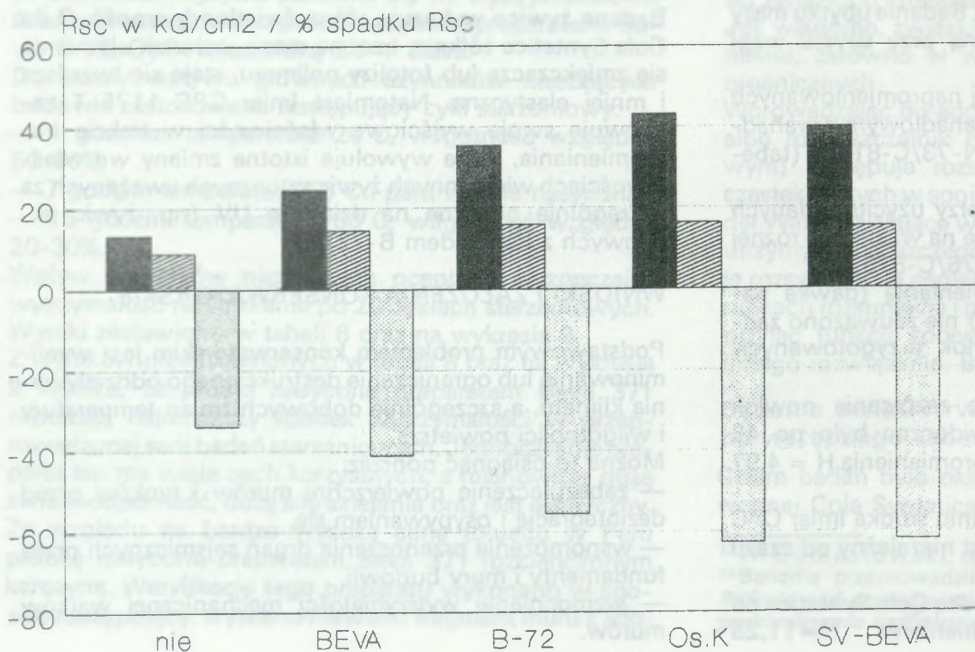
8. Wpływ impregnacji strukturalnej próbek cegły suszonej na słońcu na wytrzymałość na ściskanie (R_ś) oraz ilustracja wzrostu wytrzymałości na ściskanie wyrażonej w procentach (R_ś%) próbek impregnowanych w stosunku do próbek nieimpregnowanych (wyjaśnienie oznaczeń w tekście)

8. Influence of structural impregnation of sun-dried brick samples on the resistance to compression (R_ś) and illustrations of increase of resistance to compression expressed in percentage of impregnated samples in relation to not impregnated samples (explanation of signs in text)

Na podstawie badań oraz obserwacji dokonywanych podczas prac konserwatorskich w latach 1987-1988 wstępny program prac konserwatorskich można dziś przedstawić następująco:

1. Wykonanie szczegółowej inwentaryzacji obiektu ze szczególnym uwzględnieniem rozwarstwienia chronologicznego budowli centrum ceremonialnego na podstawie badań archeologicznych i specjalistycznych pomiarów w terenie oraz rozróżnienia technik i materiałów budowlanych i ich charakterystyki;
2. Określenie zakresu prac konserwatorskich;
3. Przygotowanie projektu rewaloryzacji z uwzględnieniem zachowania krajobrazu kulturowego;
4. Wykonanie prac ziemnych zmierzających do uformowania otoczenia budowli oraz ich wstępnego zabezpieczenia;
5. Prace konserwatorskie:
 - oczyszczenie powierzchni murów i otoczenia z piasku i kamieni,
 - usunięcie wtórnych przebudowań i przemurowań oraz skutków powodzi, zgodnie z projektem rewaloryzacji,
 - przywrócenie pierwotnych właściwości mechanicznych i fizycznych murów,
 - uczytelnienie poszczególnych faz rozwoju budowli w oparciu o badania architektoniczno-archeologiczne i projekt rewaloryzacji,
 - wykonanie niezbędnie koniecznych, z uwagi na względy estetyczne, rekonstrukcji murów, tynków, podłóg;
6. Wytyczenie tras zwiedzania oraz przygotowanie zaplecza dla turystyki.

W ramach tych prac rozpoznano w trakcie badań laboratoryjnych i próbnych prac terenowych możliwości przeprowadzenia konserwacji budowli z cegły suszonej na słońcu w warunkach suchego klimatu pustynnego. Okazało się, że możliwe jest odtworzenie technologii otrzymywania cegły suszonej na słońcu, a nawet polepszenie jej jakości w taki sposób, by możliwe było użycie zapraw glinianych w pracach konserwatorskich. Zbadano nowy środek do hydrofobizacji powierzchniowej murów, który



9. Wpływ starzenia na wytrzymałość na ściskanie (R_ś) impregnowanych żywicami próbek adobe

9. Influence of ageing on resistance to compression of adobe samples impregnated with resins

został wypróbowany z powodzeniem w pustynnych warunkach peruwiańskich.

Nie udało się opracować technologii wzmacniania strukturalnego (wglębnego) murów z cegieł wykonanych w oparciu o il montmorillonitowy, mimo obiecujących wyników uzyskanych podczas badań na laboratoryjnie przygotowanych zaprawach z gliny kaolinowej. Prace są kontynuowane.

PRZEBIEG PRAC KONSERWATORSKICH

Do próbnej konserwacji wybrano fragment muru u podnóża Monticulo I.

Przeprowadzono następujące czynności:

- powierzchnię muru oczyszczono mechanicznie pędzlem i pod ciśnieniem,
- utrwalono ją dyspersją wodną Cola Syntetica w rozcieńczeniu 1:15,
- podklejono rozwarstwiający się tynk i zaprawę dyspersją wodną Cola Syntetica w rozcieńczeniu 1:3,
- ubytki w murze uzupełniono zaprawą glinianą przygotowaną w oparciu o pobrany ze złoża w Cahuachi il montmorillonitowy i piasek w stosunku 1:3,
- po wyschnięciu muru nanoszono za pomocą pulsatora 2% roztwór wodny emulsji Imlar CPC 1175 T, przy czym część muru, dla celów badawczych, pokryto jednokrotnie, a drugą — dwukrotnie (fot. 4B).

Po miesiącu obserwacji można stwierdzić, że te partie muru, które były dobrze lub dość dobrze zachowane, uległy w wyniku przeprowadzonych prac bardzo dobrej konsolidacji, zachowując efekt hydrofobowy muru. Efekt ten badano w sposób następujący: na mur za pomocą pipety nanoszono kroplę wody destylowanej i mierzono czas jej penetracji oraz wielkość pozostawionej plamy. Wyniki zestawiono w tabeli 12.

Na podstawie wyników zawartych w tabeli 12 stwierdzić można, że po 45 dniach od chwili zhydrofobizowania powierzchni utrzymuje się efekt hydrofobowy oraz nie występują oznaki destrukcji. Jedynie korona muru, która w przeszłości narażona była na intensywne działanie wody (powódzie), nie uległa w stopniu dostatecznym konsolidacji. W tym wypadku należy wymienić warstwy

przypowierzchniowe na nową zaprawę glinianą. Nie wykonano jednak tego z uwagi na brak opracowanego na tym etapie prac pełnego programu rewaloryzacji budowli na Monticulo I.

WNIOSKI KOŃCOWE

W ramach prac laboratoryjnych i terenowych w latach 1987-1988 zbadano możliwości przeprowadzenia konserwacji budowli znajdujących się w sektorze A Centrum Ceremonialnego Cahuachi. Odtworzono technologię otrzymywania cegły suszonej na słońcu oraz opracowano recepturę zaprawy glinianej do uzupełniania ubytków w murach opartej na ile montmorillonitowym pozyskiwanym w okolicach budowli. Ponadto opracowano technologię wstępnego wzmacniania powierzchniowego murów na okres prowadzenia prac konserwatorskich za pomocą dyspersji wodnej Cola Syntetica oraz powierzchniowego zabezpieczenia hydrofobowego za pomocą dyspersji wodno-akrylowo-perfluorowej Imlar CPC 1175 T (Du Pont).

Nie udało się, jak dotąd, opracować technologii wzmacniania strukturalnego murów z adobe, w skład której wchodzi il montmorillonitowy, mimo obiecujących wyników uzyskiwanych na laboratoryjnie przygotowanych próbkach zapraw z gliny kaolinowej. Prace badawcze są kontynuowane¹⁴.

*dr Sławomir Skibiński
Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa
UMK w Toruniu*

¹⁴ Badania są finansowane przez Ministerstwo Edukacji Narodowej w ramach badań rozpoznawczych (85-Z/UMK) oraz przez Włoskie Centrum Badań Prekolumbijskich (CISRAP) — Brescia. Prace badawcze na terenie Cahuachi prowadzone są na zaproszenie prof.dr. Giuseppe Orefici, dyrektora tzw. Proyecto Nasca, a koordynowane przez Andyjską Misję Archeologiczną Instytutu Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego kierowaną przez dr. M. Ziółkowskiego.

L.p.	Rodzaj materiału	Higroskopijność w %	Gęstość pozorna g/cm ³	Nasiąkliwość wagowa (%)	Porowatość otwarta % obj.
1	Adobe	9,9	1,72	19,0	32,7
2	Zaprawa murarska	10,4	1,60	16,7	26,7
3	Tynk	4,5	1,62	16,1	26,1
4	Podłoga	5,0	1,62	16,0	25,9

Tabela 1
Niektóre właściwości fizyczne materiałów budowlanych centrum ceremonialnego

Wysokość podciągania (cm)	Dla cegły (czas)	Dla zapraw (czas)	Dla tynku (czas)
1	1 min.	2 min.	3 min.
2	5 min.	4 min. 15 sek.	20 min.
3	11 min.	10 min.	32 min.
4	18 min.	20 min. 15 sek.	46 min.
5	24 min.	32 min. 16 sek.	57 min.
6	30 min.	51 min.	—
7	36 min.	95 min.	—

Tabela 2
Szybkość podciągania kapilarnego wody przez próbki adobe, zaprawy glinianej i tynku glinianej

Lp.	Rodzaj materiału	Właściwości akustyczne		
		Prędkość rozchodzenia się fali podłużnej km/s	Falowa impedancja akustyczna g/cm ² ·s	Moduł Younga N/m ²
1	Adobe (Monticulo I)	0,91	1,57·10 ⁴	1,42·10 ⁹
2	Zaprawa murarska (Monticulo I)	1,37	2,19·10 ⁵	3,00·10 ⁹

1. Falową impedancję akustyczną (z) obliczono ze wzoru:

$$z = d_p \cdot V_p$$

gdzie d_p — gęstość pozorna (g/cm³)
 V_p — prędkość rozchodzenia się fali podłużnej (km/s)

2. Dynamiczny moduł sprężystości (moduł Younga / F_p) obliczono ze wzoru:

$$E_p = d_p \cdot V_p^2 \text{ (oznaczenie j.w.)}$$

Tabela 3
Akustyczne właściwości materiałów z Cahuachi mierzone metodą ultradźwiękową (wykonano głowicą 25 kHz)

Lp.	Nr próbki	Miejsce pobrania	pH ekstraktu wodnego	Całkowita zawartość soli rp w %
1	20	Adobe dość dobrze zachowana Sektor A	6,55	3,27
2	21	Adobe źle zachowana Sektor A	6,54	2,10
3	22	Zaprawa dość dobrze zachowana Sektor A	6,51	3,20
4	24	Zaprawa dobrze zachowana Sektor A	6,64	1,40
5 ¹	23	Zaprawa źle zachowana Sektor A	6,50	2,40
6	29	Tynk dobrze zachowany Sektor A	6,72	1,90
7	6	Tynk, świątynia nowo odkryta Sektor B	6,31	0,83
8	7	Podłoga dobrze zachowana po odkryciu Sektor A	5,90	0,98
9	8	Podłoga dobrze zachowana po odkryciu Sektor A	6,57	0,90
10	16	Podłoga dobrze zachowana po odkryciu Sektor A	6,47	1,30
11	17	Podłoga dobrze zachowana po odkryciu Sektor 2	6,47	0,85

Tabela 4
Całkowita zawartość soli rozpuszczalnych w wodzie oraz pH wodnych ekstraktów

Lp.	Skład zaprawy	Higroskopijność %	Gęstość pozorna g/cm ³	Nasiąkliwość wagowa (%)	Porowatość otwarta %-obj.
1	1:2	4,1	1,78	13,7	24,4
2	1:3	3,8	1,5	14,2	22,6

Tabela 5
Podstawowe właściwości fizyczne zapraw

Tabela 6
Właściwości akustyczne zapraw
mierzone metodą ultradźwiękową
(wykonano głowicą 25 kHz)

Lp.	Skład zaprawy	Właściwości akustyczne		
		Prędkość rozchodzenia się fali podłużnej (km/s)	Falowa impedancja akustyczna g/cm ² ·s	Moduł Younga N/m ²
1	1:2	1,52	2,71·10 ⁶	4,11·10 ³
2	1:3	1,64	2,61·10 ⁶	4,28·10 ³

Tabela 7
Wpływ impregnacji strukturalnej próbek adobe na wytrzymałość na ściskanie

Lp.	Próbka	Wytrzymałość na ściskanie (KG/cm ²)	Wzrost wytrzymałości w % w stosunku do próbek nieimpregnowanych
1	Nieimpregnowana	13,3	—
2	Ah	28,3	+113
3	SV-H	42,4	+219
4	IPA	41,0	+208
5	KS	11,5	- 14
6	B-72	35,5	+165
7	Os.K	43,2	+225
8	Beva	24,3	+ 84,0
9	SV+BEVA	40,0	+200

Tabela 8
Wyniki zmian wytrzymałości na ściskanie po 20 cyklach starzenia

Lp.	Próbka	Wytrzymałość na ściskanie KG/cm ²		Spadek wytrzymałości na ściskanie (%)
		przed starzeniem	po starzeniu	
1	nieimpregnowana	13,3	8,8	-33,8
2	Beva	24,4	14,4	-41,0
3	B-72	35,5	15,8	-55,5
4	Os.K	43,2	16,1	-62,7
5	SV-Beva	40,0	15,2	-62,0

Tabela 9
Imlar CPC 1175 T Przyrost masy próbek w trakcie napromieniania

Nr próbki	% m po czasie t. doby				
	32	46	70	93	104
1	1,59	1,66	1,23	1,30	1,55
2	1,57	1,80	1,35	1,05	1,39
3	1,74	1,83	1,55	1,19	1,74
4	2,04	1,84	1,43	1,27	1,68
5	1,94	2,03	1,62	1,53	1,80
6	1,78	1,78	1,50	1,57	1,68
Średnio	1,78	1,82	1,45	1,32	1,64

Tabela 10
Cola Syntetica. Przyrost masy próbek w czasie napromieniania

Nr próbki	% m po czasie t. doby				
	32	46	70	93	104
1	4,52	6,86	11,70	14,51	16,30
2	4,01	5,87	10,86	—	—
3	5,05	7,39	11,98	—	—
4	4,52	6,71	11,24	—	—
Średnio	4,53	6,71	11,45	14,51	16,30

Czas napromieniania doby	Twardość powierzchniowa	
	Imlar CPC 1175 T	Cola Syntatica
0	0,04	0,31
20	0,06	0,40
30	0,06	0,40
48	0,06	0,41
57	0,06	0,45
76	0,06	0,44

Tabela 11
Twardość powierzchniowa badanych powłok w zależności od czasu napromieniania

Miejsce cecha	Mur nieimpregnowany		Mur impregnowany powierzchniowo Cola Syntetica		Mur impregnowany powierzchniowo środkiem Imlar C.	
	adobe	zaprawa	adobe	zaprawa	adobe	zaprawa
Czas wnikania kropli	natychmiast	natychmiast	natychmiast	natychmiast	10,4 min	6 min
średnica kropli a) mniejsza b) większa	13 mm 15 mm	14 mm 18 mm	9 mm 13 mm	9 mm 10 mm	7 mm 8 mm	6 mm 8 mm

Warunki pomiaru:
godzina : 8 rano
temperatura powietrza : ok. 15°C
wilgotność względna : 100%

Po 45 dniach

Miejsce cecha	Mur nieimpregnowany	Mur impregnowany Imlarem CPC jednokrotnie	Mur impregnowany Imlarem CPC dwukrotnie
Czas wnikania kropli	natychmiast	ok. 11 minut	ok. 21 minut
Średnica kropli	14,8 mm	11,0 mm	8,5 mm

Warunki oznaczenia:
godzina : 8 rano
temperatura powietrza : 17,5°C
wilgotność względna : 100%

Tabela 12
Wyniki badań właściwości hydrofobowych muru doświadczalnego (Monticulo I)

CONSERVATION OF WALLS OF SUN-DRIED BRICK

Structures made of sun-dried brick (adobe) can be found all over the world, in desert-climate regions. They came into being in various periods and in various cultures in the western parts of both Americas, in north Africa, in the Near East, in central Asia and also to a small extent in Australia. Also in Europe, clay was used sporadically in the construction of various rural structures. The choice of clay as building material in dry-climate areas was no doubt optimal. On the one hand, structures could be built in practically any place, because the acquisition and preparation of clay was an easy and uncomplicated process. On the other hand, this material is characterized by good durability in this climate and secures the appropriate heat-humidity comfort of the interior, being a shield for the inhabitants against intense insolation during the day, and high chilling during the night. Thus, historically valued structures were created from adobe. I shall name only two existing near the town of Trujillo (Peru) at

the foot of Mount Cerro Blanco, the pyramids: the gigantic Sun pyramid and the smaller Moon pyramid.

As part of laboratory and field work, in 1987-1988, in the vicinity of Nasca (Peru), possibilities were seen of conducting conservation of structures existing in sector A of the Ceremonial Centre at the Cahuachi archaeological site. The technology of obtaining sun-dried brick was recreated and the recipe of clay mortar was developed for supplementing losses in walls, based on mont-rhorillonite clay acquired in the vicinity of the construction. In addition, there was successful development of the technology of preliminary surface strengthening of the walls for the period of conducting conservation work, by means of Synthetic Cola aqueous dispersion (Peru) and the surface hydrophobic protection by means of Imlar CPC 1175 T (Du Pont) aqueous acrylic-fluoric dispersion.