

obiekty przed działaniem czynników atmosferycznych. W miejscach świątyni, gdzie je zastosowano, zaobserwowano zhamowanie zniszczeń. Potwierdza to ich przydatność w konserwacji i rekonstrukcji elementów obiektu w lokalnych warunkach pustynnych. Wypracowane metody stanowią ważny element programu konserwacji i restauracji dekoracji kamiennych świątyni Hatshepsut.

Literatura

- [1] Arnold D., Building in Egypt. Pharaonic stone masonry, Oxford 1991.
- [2] Barwik M., Deir el-Bahari, The temple of Queen Hatshepsut, season 2002/2002, PAM Reports IV-2002, Warsaw 2003.
- [3] Czerner R., Medeksa S., The New Observation of the Architecture of the temple of Thutmosis III at Deir el-Bahari. {w:} Acts 6th ICE 1992 – 1993.
- [4] Ćmielewski B., Kościuk J., Kubisz W., Inwentaryzacja 3d, Kaplica Hatshepsut, Świątynia Hatshepsut w Deir el-Bahari, Kair 2011.

[5] Dąbrowski L., Rekonstrukcja świątyni królowej Hatshepsut w Deir el-Bahari, {w:} Ochrona Zabytków, 1964.

[6] Dragowski A., Kaczyński R. & Wroblewski J., Engineering-geological problem related to the reconstruction of the Hatshepsut temple in Deir el-Bahari, {in:} Proceedings of the International Symposium Organized by Greek National Group of IAEG, Balkema/Rotterdam/Brookfield, 1988.

[7] Gazda R. [w]. Olesiak J., Konserwacja świątyni Hatshepsut w Deir el-Bahari, Problemy rekonstrukcji i konserwacji w aspekcie najnowszych technologii, {w:} Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki, Vol. 20, No 1-4, 2009.

[8] Kaczor T., Teoria i praktyka w konserwacji starożytnych zespołów zabytkowych w Tebach, PWR, Wrocław 2006.

[9] Klemm R. i D., Steine und Steinbrüche im Alten Ägypten, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1992.

[10] Łukaszewicz J., Badania i zastosowanie związków krzemoorganicznych w konserwacji zabytków kamiennych, UMK, Toruń 2002.

[11] Naville E., The Temple of Deir el-Bahari, vols I-VI, London, 1894 – 1908.

[12] Pawlicki F., Skarby architektury starożytnego Egiptu, Królewskie świątynie w Deir el-Bahari, Arkady, Warszawa, 2001.

[13] Robins G., Proportion and Style Ancient Egyptian Art, London 1994.

[14] Szafrński Z., pod red. Gawlikowski M., James Thomas G. H., Kwaśnica A., Karkowski J., Barwik M., Królowa Hatshepsut i jej świątynia 3500 lat później, Queen Hatshepsut and her temple 3500 years later, Warszawa, 2001.

[15] Szafrński Z., The temple of Hatshepsut Season, 2003/2004, [in:] PAM, Reports, XVI, 2004, Warsaw 2005.

[16] Winlock H. E., Excavation at Deir el-Bahari 1911-31, New York 1942.

[17] Wysocki Z., pod red., Połoczanin W. Dąbrowski P., Kwaśnica A., Szafrński Z., Konikowski W., Bielenia K., Abu El Youn El Barakat, The Temple of Queen Hatshepsut Vo. 4 The report of the polish-egyptian archaeological and preservation mission Deir el-Bahari 1980-88, PKZ Warszawa 1991.

Przyjęto do druku: 24.09.2015 r.

dr inż. Tomasz Gorzelańczyk¹⁾
dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz¹⁾

Rewitalizacja elewacji budynków z zastosowaniem płyt włóknisto-cementowych *Revitalization of buildings façade with fibre cement*

DOI: 10.15199/33.2015.11.53

(Oryginalny artykuł naukowy)

Streszczenie. W artykule zaprezentowano wyniki badań wilgotności masowej, nasiąkliwości wodnej i wytrzymałości na zginanie dostępnych na rynku wybranych płyt cementowych, gipsowo-włóknowych oraz włóknisto-cementowych, stosowanych jako okładziny zewnętrzne obiektów budowlanych, tzw. płyty elewacyjne (okładziny elewacji wentylowanych). Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że spośród badanych płyty włóknisto-cementowe charakteryzują się najmniejszą wilgotnością masową w_m i nasiąkliwością n_w w stanie pełnego nasycenia wodą oraz uzyskały największą średnią wytrzymałość na zginanie MOR. Parametry te wskazują, że tego typu płyty są bardzo dobrym materiałem na okładziny ścian zewnętrznych, nowych, termoizolowanych i rewitalizowanych obiektów.

Słowa kluczowe: elewacje, płyty włóknisto-cementowe, wilgotność masowa, nasiąkliwość wodna, wytrzymałość na zginanie.

Abstract. The article presents the results of tests of moisture content, water absorptiveness, and bending strength of available on the construction market, selected cement, gypsum-fibre and fibre-cement boards (also called cladding panels or ventilated façades and used as the exterior wall cladding for civil structures). An analysis of the test results showed that the fibre-cement boards had the lowest mass moisture content w_m in the state of full saturation with water. Also water absorptiveness n_w was found to be the lowest for such boards. The boards were also characterized by the highest bending strength (the modulus of rupture (MOR)). The test results clearly show that fibre-cement boards are suitable for exterior cladding of new and revitalized buildings.

Keywords: façades, fibre-cement boards, moisture content, water absorptiveness, bending strength.

Elewacje starych budynków, przeważnie z wielkiej płyty, ale i niestety nowych obiektów ocieplonych w technologii ETICS, z czasem ulegają uszkodzeniu pod wpływem działania warunków atmosferycznych. W niektórych przypadkach

nie nadają się do dalszej eksploatacji i wymagają naprawy. W tej sytuacji poszukiwane są materiały na okładziny zewnętrzne, które będą trwałe oraz odporne na działanie wody. Wyrobami, które w takich przypadkach można wykorzystać, są różnego rodzaju płyty cementowe i gipsowo-włóknowe. Trzeba je jednak dodatkowo zabezpieczyć, aby chronić przed działaniem wody, np. płyty gipsowe-włóknowe należy otynkować, co wiąże się z dodatkowymi nakładami pracy i zwiększa koszty. Obecnie coraz bardziej powszechnym rozwiązaniem są elewacje z płyt włóknisto-cementowych. Zostały one opracowane i wprowadzone na rynek budowlany już w 1900 r. i nazywane eternit. Były lekkie, wytrzymałe, trwałe, odporne na wilgoć i niepalne, ale zawierały azbest, którego obecnie w większości kra-

wo-włóknowe należy otynkować, co wiąże się z dodatkowymi nakładami pracy i zwiększa koszty. Obecnie coraz bardziej powszechnym rozwiązaniem są elewacje z płyt włóknisto-cementowych. Zostały one opracowane i wprowadzone na rynek budowlany już w 1900 r. i nazywane eternit. Były lekkie, wytrzymałe, trwałe, odporne na wilgoć i niepalne, ale zawierały azbest, którego obecnie w większości kra-

¹⁾ Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego






^{*}) Autor do korespondencji:
e-mail: tomasz.gorzelanzyk@pwr.edu.pl

jów nie wolno stosować [5, 6]. Współczesne płyty włóknisto-cementowe składają się głównie z cementu, a pozostałe składniki to włókna celulozowe oraz wypełniacze w postaci mączki wapiennej lub kaolinu. Charakteryzują się dużą wytrzymałością na zginanie, odpornością na wilgoć i korozję biologiczną, przez co są trwałe [2 – 6]. Elewacje z takich płyt w większości są wykonywane jako fasady wentylowane, poprawiają komfort cieplno-wilgotnościowy wewnątrz budynku. Na fotografii pokazano przykład rewitalizacji elewacji budynku C-6 z wykorzystaniem płyt włóknisto-cementowych.

W artykule przedstawiono wyniki badań wilgotności masowej i nasiąkliwości wodnej oraz wytrzymałości na zginanie wybranych płyt stosowanych jako okła-

dziny zewnętrzne przy naprawach elewacji budynków. Porównano je, zaprezentowano ich analizę oraz wynikające z tego wnioski.

Zestawienie elewacyjnych płyt okładzinowych poddanych badaniom Comparison of tested exterior cladding boards

Charakterystyka	Oznaczenie płyty				
	A	B	C	D	E
Rodzaj płyty	włóknisto-cementowa lakierowana	włóknisto-cementowa	włóknisto-cementowa	gipsowo-włóknowa	cementowa
Grubość płyt [mm]	8	8	8	10	12,5
Deklarowana przez producenta klasa wytrzymałości wg [1]	3	3	2	2	2
Widok płyty					



Przykład rewitalizacji elewacji budynku C-6 w kampusie Politechniki Wrocławskiej: a) widok przed rewitalizacją; b) widok po rewitalizacji z zastosowaniem płyt włóknisto-cementowych
An example of the revitalization of building facade of C-6 in a Wrocław University of Technology campus: a) view before revitalization; b) view after revitalization with usage of fibre-cement boards

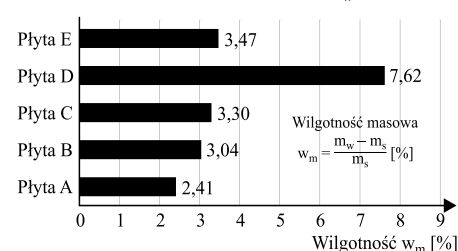
Badania laboratoryjne

W tabeli zestawiono fasadowe płyty okładzinowe, które były przedmiotem ba-

dań. Badaniom poddano po dziesięć próbek każdego rodzaju płyt. Określono ich wilgotność masową, nasiąkliwość wodną oraz wytrzymałość na zginanie. Do oznaczenia wilgotności masowej w_m wykorzystano metodę suszarkowo-wagową, zgodnie z [3, 4]. Nasiąkliwość wodną n_w wyznaczono w przypadku próbek przechowywanych w wodzie przez 1, 2, 3 i 24 h oraz przez 4 dni zgodnie z [3, 4]. Natomiast wytrzymałość na zginanie (trójpunktowe zginanie, średnia arytmetyczna z dwóch kierunków zginania) określono, badając po dziesięć próbek kwadratowych każdego rodzaju płyt, o wymiarach 250×250 mm w stanie powietrzno-suchym i po przechowywaniu ich w wodzie przez 1, 2, 3 i 24 h oraz przez 4 dni zgodnie z [1].

Wyniki badań i ich analiza

Wilgotność masowa i nasiąkliwość wodna. Uśrednione wyniki badania wilgotności masowej w_m dziesięciu próbek każdego rodzaju badanych płyt pokazano na rysunku 1, a na rysunku 2 uśredniony przyrost nasiąkliwości wodnej n_w w funk-



m_w – masa próbki o aktualnej wilgotności [g]
 m_s – masa próbki wysuszonej w 105°C [g]

Rys. 1. Wilgotność masowa w_m badanych płyt
Fig. 1. Mass moisture content w_m in tested panels

cji czasu przechowywania w wodzie. Najmniejszą wilgotnością masową w_m charakteryzowała się płyta włóknisto-cementowa A, natomiast największą – płyta D. Nasiąkliwość wodną płyt A, C, E była ponad dwa razy mniejsza niż płyty D. Z omawianych w artykule płyt włóknisto-cementowych, najmniejszą nasiąkliwość wodną wykazała płyta A. Pokryta jest warstwą lakieru, przez co charakteryzuje ją duża szczelność, a tym samym odporność na zawilgocenie. Wykonana z niej elewacja wykazuje dużą odporność na zawilgocenie, ale niestety trzeba ją okresowo odnawiać.

Wytrzymałość na zginanie. Uśrednione wyniki badań (z dziesięciu próbek każdego rodzaju płyty) wytrzymałości na zginanie płyt MOR przeprowadzonych zgodnie z [1] pokazano na rysunku 3. Wynika z nich, że największą wytrzymałością na zginanie w stanie powietrzno-suchym charakteryzowały się płyty włóknisto-cementowe A, B i C, a najmniejszą – płyta D (gipsowo-włóknowa). Po 4 dniach przechowywania w wodzie, największy spadek (ponad dwukrotny w stosunku do pozostałych płyt), wytrzymałości na zginanie odnotowano w przypadku płyt gipsowo-włóknowych – z 5,61 do 1,89 MPa.

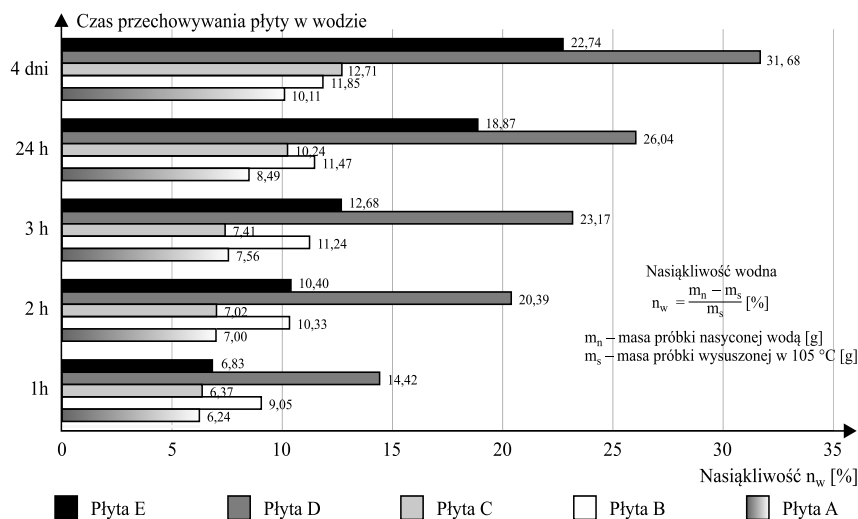
Z punktu widzenia praktyki budowlanej przedstawione informacje są bardzo istotne. Znając wilgotność masową, nasiąkliwość wodną i wytrzymałość na zginanie płyt gipsowo-włóknowych, wiadomo, że będą miały małą odporność na warunki atmosferyczne i tym samym elewacje z nich wykonane nie będą trwałe, nawet po otynkowaniu. Z podobną sytuacją należy się liczyć w przypadku stosowania płyt cementowych (takich jak analizowane w artykule płyty E).

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki badań wilgotności masowej, nasiąkliwości wodnej oraz wytrzymałości na zginanie płyt okładzinowych stosowanych w naprawie i rewitalizacji elewacji budynków. Na podstawie analizy uzyskanych wyników należy stwierdzić, że najmniejszą wilgotność masową i nasiąkliwość wodną mają płyty włóknisto-cementowe.

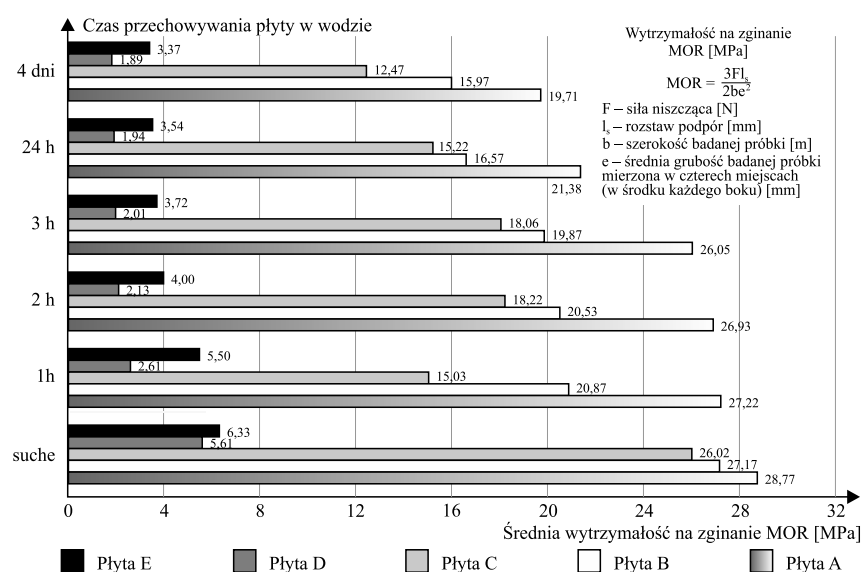
Największą wytrzymałością na zginanie charakteryzują się płyty włóknisto-cementowe, a najmniejszą – płyty gipsowo-włóknowe, w przypadku których obserwuje się też największy spadek wytrzymałości na skutek zawilgocenia. Przeprowadzone badania dostępnych na rynku budowlanych fasadowych płyt okładzinowych dowodzą, że na nowe, naprawiane i poddawane rewitalizacji fasady bardzo dobrym materiałem są płyty włóknisto-cementowe. Wykonane z nich elewacje są trwałe i odporne na wpływ czynników atmosferycznych.

Fotografie – archiwum Autorów



Rys. 2. Przyrost nasiąkliwości wodnej n_w badanych płyt w funkcji czasu przechowywania w wodzie

Fig. 2. Increase in water absorptivity n_w for tested panels over time in water



Rys. 3. Zmiana wytrzymałości na zginanie MOR badanych płyt w funkcji czasu przechowywania w wodzie

Fig. 3. Bending strength MOR of tested panels versus time of keeping them in water

Literatura

- [1] PN-EN 12467:2013-03 – Płyty płaskie włóknisto-cementowe – Charakterystyka wyrobu i metody badań.
- [2] Drelich R., Gorzelańczyk T., Pakuła M., Schabowicz K., Automated Control of Cellulose Fibre Cement Boards with a Non-Contact Ultrasound Scanner, Automation in Construction, 57 (2015) 55 – 63.
- [3] Drelich R., Domanowski P., Gorzelańczyk T., Pakuła M., Schabowicz K., Studies of Influence of Moisture Content in Cellulose Fiber Cement Boards on Wave Parameters Using Non-Contact Ultrasound, 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT), Prague, 2014.
- [4] Gorzelańczyk T., Schabowicz K., Non-Destructive Testing of Moisture in Cellulose Fiber Cement Boards, 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT), Prague, 2014.
- [5] Materiały ze strony internetowej: <http://www.euronit.de/>.
- [6] Materiały ze strony internetowej: <http://www.cembrit.com/>.

Przyjęto do druku: 07.09.2015 r.