

Badania płyt włóknisto-cementowych zawierających materiały z recyklingu

Tests of fibre-cement boards containing recycled materials

DOI: 10.15199/33.2015.10.07

(Oryginalny artykuł naukowy)

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań nasiąkliwości, wilgotności masowej i wytrzymałości na zginanie wybranych płyt włóknisto-cementowych dostępnych na rynku budowlanym, stosowanych jako okładziny zewnętrzne obiektów budowlanych, zwane także płytami elewacyjnymi. Do badań wykorzystano przede wszystkim płyty zawierające materiały z recyklingu, w tym z użyciem włókien celulozowych z makulatury. Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że płyty włóknisto-cementowe niezawierające materiałów z recyklingu charakteryzują się najmniejszą nasiąkliwością n_w w stanie pełnego nasycenia wodą oraz najmniejszą wilgotnością masową w_m . Płyty niezawierające materiału z recyklingu mają ponadto największą średnią wytrzymałość na zginanie MOR. Parametry te jednoznacznie wskazują na to, że tylko takie płyty są predysponowane do wykonywania okładzin zewnętrznych.

Słowa kluczowe: płyty włóknisto-cementowe, materiały z recyklingu, nasiąkliwość, wilgotność, wytrzymałość na zginanie.

Abstract. This paper presents the results of tests of absorptiveness, moisture content and bending strength of selected fibre-cement boards (also called cladding panels or ventilated façades) available on the construction market and used as the exterior wall cladding for civil structures. Also boards containing recycled materials, including cellulose fibres from recycled paper, were tested. An analysis of the test results showed that the fibre-cement boards which did not contain any recycled materials had the lowest moisture absorptiveness n_w in the state of full saturation with water. Also mass moisture content w_m 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 only such boards are suitable for exterior cladding.

Keywords: fibre-cement boards, recycling materials, absorptiveness, moisture content, bending strength.

Obecnie bardzo często jako okładziny elewacji obiektów budowlanych stosuje się płyty włóknisto-cementowe nazywane też celulozowo-cementowymi. Elewacje z takich płyt są najczęściej wentylowane. Na fotografii 1 pokazano przykłady elewacji budynków znajdujących się w kampusie Politechniki Wrocławskiej wykonanych z płyt włóknisto-cementowych niezawierających materiałów z recyklingu.

Współczesne płyty włóknisto-cementowe składają się w 50 – 70% z cementu, pozostałą część stanowią: włókna mineralne (najczęściej celuloza) oraz wypełniacze (np. mączka wapienna, kaolin). Oprócz trwałości, charakteryzują się wysoką wytrzymałością na zginanie, odpornością na wilgoć i korozję biologiczną [1-4].

Biorąc pod uwagę zasady zrównoważonego rozwoju i poszukiwanie innowacyjnych produktów, zaczęto wykorzystywać do produkcji płyt włóknisto-

cementowych różnego rodzaju dodatki i materiały z recyklingu, wprowadzając m.in. celulozę pozyskaną z makulatury [6]. Celem takich działań jest z jednej strony wytworzenie wyrobu ekologicznego, a z drugiej potanie produkcji. Pojawia się jednak pytanie o parametry fizyczne i mechaniczne, a szczególnie o trwałość takiej płyty, dlatego też w artykule podjęto próbę wyjaśnienia tego problemu. Przedstawiono w nim rezultaty badania nasiąkliwości i wilgotności masowej oraz wytrzymałości na zginanie dostępnych na rynku wybranych płyt włóknisto-cementowych stosowanych na okładziny

zewnętrzne, wykonanych bez makulatury i z makulaturą. Wymienione badane parametry to podstawowe właściwości wymagane normą [1], które świadczą o jakości, odporności na warunki atmosferyczne i trwałości płyty włóknisto-cementowej.

Opis badań

Przedmiotem badań były płyty włóknisto-cementowe okładzinowe zewnętrzne, które zestawiono w tabeli 1. Nasiąkliwość n_w płyt przechowywanych w wodzie przez 1, 2, 3 i 24 h oraz przez 4 dni zgodnie z [5] wyznaczono wg wzoru:



Fot. 1. Przykład elewacji z płyt włóknisto-cementowych nowych budynków w kampusie Politechniki Wrocławskiej

Photo 1. Example of new façade with fibre-cement boards at Wrocław University of Technology Campus

¹⁾ Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

^{*)} Autor do korespondencji:

e-mail: tomasz.gorzelanzyk@pwr.edu.pl

Tabela 1. Zestawienie badanych okładzin z płyt włóknisto-cementowych
Table 1. Comparison of tested exterior cladding fibre-cement boards

Oznaczenie płyty	Rodzaj płyty	Grubość płyty [mm]	Widok płyty
A	płyta bez makulatury	8,0	
B	płyta z 10% zawartością makulatury	8,0	
C	płyta z 25% zawartością makulatury	8,0	
D	płyta z 50% zawartością makulatury	8,0	
E	płyta bez makulatury (z podwyższoną o 10% zawartością cementu w porównaniu z pozostałymi płytami)	8,0	

$$n_w = (m_n - m_s) / m_s \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie:

 m_n – masa próbki nasyczonej wodą [g];
 m_s – masa próbki wysuszonej w 105°C [g].

Wilgotność masowa w_m próbek płyt w stanie powietrzno-suchym, przechowywanych do momentu badania w warunkach laboratoryjnych, zbadano metodą suszarkowo-wagową zgodnie z [5] i określono z zależności (2):

$$w_w = (m_w - m_s) / m_s \quad [\%] \quad (2)$$

gdzie:

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

Wytrzymałość na zginanie (trójpunktowe zginanie, średnia arytmetyczna z dwóch kierunków zginania) płyt w stanie powietrzno-suchym i płyt przechowywanych w wodzie przez 1, 2, 3 i 24 h oraz 4 dni, określono na próbkach kwadratowych o wymiarach 250 × 250 mm, zgodnie z [1]. Wytrzymałość na zginanie MOR [MPa] dla każdego kierunku określano wzoru:

$$MOR = 3F_l / 2be^2 \quad (3)$$

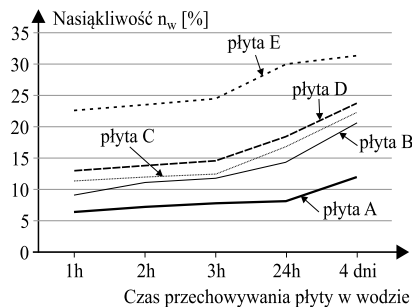
gdzie:

 F – siła niszcząca [N];
 l_s – rozstaw podpór [mm];
 b – szerokość badanej próbki [mm];
 e – średnia grubość badanej próbki mierzona w czterech miejscach (w środku każdego boku) [mm].

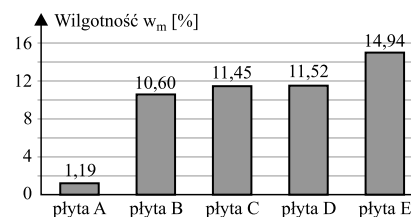
Wyniki badań nasiąkliwości i wilgotności oraz ich analiza

Uśrednione wyniki badania nasiąkliwości n_w i wilgotności masowej w_m (z dziesięciu próbek z każdego rodzaju płyty) zestawiono w tabeli 2, na rysunku 1 pokazano przyrost nasiąkliwości n_w badanych płyt w funkcji czasu przechowywania w wodzie, a na rysunku 2 wyznaczone wartości wilgotności masowej w_m wszystkich badanych płyt.

Z analizy wartości zestawionych w tabeli 2 widać, że nasiąkliwość płyty włóknisto-cementowej A jest niemal trzy razy mniejsza od płyty E i dwa razy mniejsza od płyt C i D. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem procentowego udziału celulozy pozyskiwanej z makulatury obserwuje się niekorzystny jej wpływ powodujący zwiększenie nasiąkliwości badanych płyt. Z kolei z rysunku 1 wynika, że najmniejszą nasiąkliwością w stanie pełnego nasycenia wodą charakteryzuje


Rys. 1. Przyrost nasiąkliwości n_w dla badanych płyt w funkcji czasu przechowywania w wodzie
Fig. 1. Increase in absorptivity n_w for tested panels over time in water
Tabela 2. Nasiąkliwość i wilgotność masowa badanych płyt
Table 2. Absorbability and moisture content of tested panels

Oznaczenie płyty	Nasiąkliwość n_w [%] po przechowywaniu w wodzie po					Wilgotność w_m [%]
	1 h	2 h	3 h	24 h	4 dniach	
A	6,40	7,15	7,73	8,02	11,91	1,19
B	9,14	11,08	11,72	14,22	16,51	7,60
C	11,24	11,89	12,34	16,78	22,21	11,45
D	12,89	13,74	14,54	18,38	23,65	11,52
E	22,53	23,32	24,33	29,87	31,22	14,94


Rys. 2. Wilgotność masowa w_m badanych płyt
Fig. 2. Mass moisture content w_m in tested panels

się płyta włóknisto-cementowa A, natomiast największą płyta E, i kolejno D i C. Na podstawie tabeli 2 oraz rysunku 2 stwierdzono, że najmniejszą wilgotnością masową w_m odznacza się płyta włóknisto-cementowa A, natomiast największą płyta E. Duże wartości wilgotności mają też płyty C i D.

Wyniki badań wytrzymałości na zginanie i ich analiza

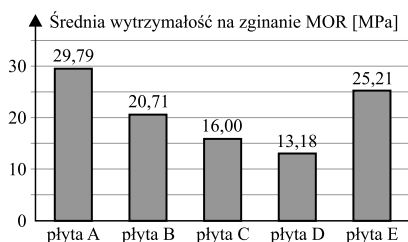
Uśrednione wyniki badań (z dziesięciu próbek z każdego rodzaju płyty) wytrzymałości na zginanie płyt MOR, przeprowadzonych zgodnie z [1], zamieszczono w tabeli 3, a na rysunku 3 rezultaty badań wytrzymałości na zginanie płyt będących w chwili badania w stanie powietrzno-suchym.

Na podstawie analizy wyników przedstawionych w tabeli 3 oraz na rysunku 3 widać, że największą wytrzymałością na zginanie w stanie powietrzno-suchym charakteryzuje się płyta włóknisto-cementowa A, a najmniejszą płytą D zawierająca 50% celulozy z makulatury. Ponadto należy podkreślić, że płyta D wykazuje największy spadek wytrzymałości wskutek zawilgocenia (z 13,18 do 6,76 MPa). Z kolei największą wytrzymałość na zginanie, podczas przebywania płyty w wodzie, otrzymano w przypadku płyty A wykonanej bez użycia materiałów z recyklingu, która charakteryzowała się również najmniejszym spadkiem wytrzymałości.

Tabela 3. Wytrzymałość na zginanie badanych płyt

Table 3. Bending test results for panels

Oznaczenie płyty	Średnia wytrzymałość na zginanie MOR [MPa] (w dwóch kierunkach) wg [3]					
	suche	po 1h przechowywania w wodzie	po 2h przechowywania w wodzie	po 3h przechowywania w wodzie	po 24h przechowywania w wodzie	po 4 dniach przechowywania w wodzie
A	29,79	26,91	25,16	24,44	19,28	16,65
B	20,71	19,18	17,23	15,87	13,41	12,12
C	16,00	15,11	14,67	13,15	11,07	10,27
D	13,18	12,22	11,56	10,76	9,45	6,76
E	25,21	20,57	18,76	17,39	14,47	14,12

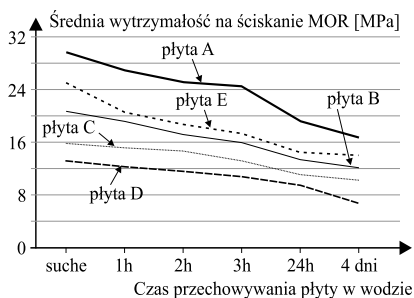


Rys. 3. Średnia wytrzymałość na zginanie MOR badanych płyt w stanie powietrzno-suchym

Fig. 3. Average bending strength MOR of panels tested in air-dry condition

Z rysunku 4 wynika, że po 4 dniach przechowywania w wodzie, spadek wytrzymałości na zginanie płyt z udziałem materiału pozyskanego z recyklingu, na skutek zawilgocenia jest największy w porównaniu z pozostałymi płytami (niemal dwukrotny w przypadku płyty D). Warto też zwrócić uwagę, że wraz ze wzrostem w składzie płyt udziału celulozy pozyskiwanej z makulatury obserwuje się tendencję większego spadku wytrzymałości na zginanie tych płyt na skutek zawilgocenia wodą, w stosunku do płyt o takim samym składzie, ale wykonanych bez użycia celulozy pochodzącej z makulatury.

Przedstawione wyniki badań są bardzo istotne z punktu widzenia praktyki budowlanej, ponieważ płyty włókno-

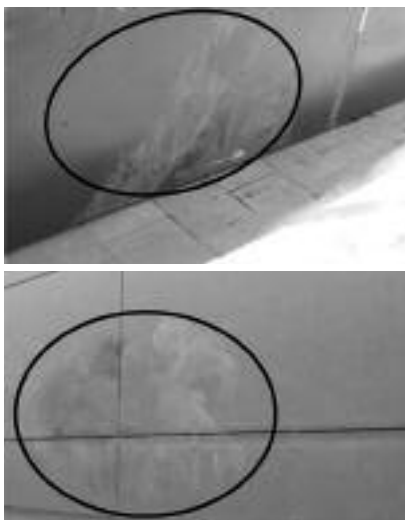


Rys. 4. Zmiana wytrzymałości na zginanie MOR badanych płyt w funkcji czasu przechowywania w wodzie

Fig. 4. Bending strength MOR of tested panels versus time of keeping them in water

sto-cementowe zawierające materiały z recyklingu charakteryzują się gorszą nasiąkliwością, wilgotnością masową i wytrzymałością na zginanie w porównaniu z płytami bez makulatury, co wiąże się bezpośrednio z obniżoną odpornością na warunki atmosferyczne i tym samym krótszą trwałością elewacji wykonanych z takich płyt.

Na fotografii 2 przedstawiono uszkodzone elewacje budynków wykonane z płyt zawierających materiały z recyklingu (płyty D). Płyty te uległy w krótkim czasie znacznemu zawilgoceniu, co spowodowało obniżenie ich parametrów wytrzymałościowych i pojawienie się widocznych deformacji na powierzchni powodujących pęcznienie oraz odpadanie powłoki malarskiej.



Fot. 2. Widok uszkodzonych elewacji z płyt włókno-cementowych wykonanych z zastosowaniem materiałów pozyskanych z recyklingu

Photo 2. Views of damaged façades of fibre-cement boards containing recycled materials

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki badań nasiąkliwości, wilgotności masowej i wytrzymałości na zginanie płyt włók-

nisto-cementowych stosowanych do wykonywania okładzin zewnętrznych obiektów budowlanych.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że najmniejszą nasiąkliwość ma płyta włókno-cementowa A bez makulatury, a wraz ze wzrostem procentowego udziału celulozy z makulatury obserwuje się niekorzystny jej wpływ powodujący zwiększenie nasiąkliwości. Podobnie sytuacja wygląda z wilgotnością masową. Natomiast w przypadku wytrzymałości na zginanie największą wartość osiąga płyta włókno-cementowa A bez makulatury, a najmniejszą płyta D z zawartością 50% makulatury, w której też obserwuje się największy spadek wytrzymałości wskutek zawilgocenia.

Chcemy podkreślić, że na podstawie przeprowadzonych badań płyt włókno-cementowych na okładziny zewnętrzne dobre parametry wytrzymałościowe oraz trwałość można uzyskać, stosując przede wszystkim płyty niezawierające materiałów z recyklingu, czego najlepszym przykładem mogą być elewacje wykonane na nowych budynkach Politechniki Wrocławskiej.

Wszystkie fotografie – Autorzy

Literatura

- [1] PN-EN 12467-03 – Płyty płaskie włókno-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, DOI: 10.1016/j.autcon.2015.04.017.
- [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] Hoła J., Matkowski Z., Wybrane problemy dotyczące zabezpieczeń przeciwwilgociowych ścian w istniejących obiektach murowanych, Awarie budowlane: zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje, XXIV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin-Międzyzdroje, 26 – 29 maja 2009 Szczecin, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, 73 – 92, 2009.
- [6] Materiały ze strony internetowej: <http://www.quartec.pl/>.

Przyjęto do druku: 25.08.2015 r.