



**CHARAKTERYSTYKA I WYKORZYSTANIE WYROBÓW Z
AUTOKLAWIZOWANEGO BETONU KOMÓRKOWEGO
WYPRODUKOWANEGO PRZEZ
PREFABET OSŁAWA DĄBROWA SA**



Osława Dąbrowa 2020r

Spis treści

| | |
|--|----|
| Wstęp..... | 2 |
| 1. Asortyment..... | 3 |
| 2. Składowanie i transport..... | 4 |
| 3. Dokumentacja..... | 5 |
| 4. Właściwości użytkowe betonu komórkowego..... | 5 |
| 4.1. Tolerancja wymiarowa..... | 5 |
| 4.2. Kształt i budowa..... | 6 |
| 4.3. Gęstość..... | 7 |
| 4.4. Wytrzymałość na ściskanie..... | 8 |
| 4.4.1. Nośność i projektowanie konstrukcji..... | 9 |
| 4.5. Trwałość..... | 10 |
| 4.6. Skurcz pod wpływem wilgoci..... | 10 |
| 4.7. Przepuszczalność pary wodnej..... | 11 |
| 4.8. Absorpcja wody..... | 12 |
| 4.9. Wytrzymałość spoiny na ścinanie..... | 12 |
| 4.10. Wytrzymałość spoiny na zginanie..... | 12 |
| 4.11. Izolacyjność akustyczna..... | 12 |
| 4.12. Ognioodporność..... | 15 |
| 4.13. Izolacyjność termiczna..... | 16 |
| 4.13.1. Ściany jednowarstwowe..... | 21 |
| 4.13.2. Ściany ocieplone izolacją termiczną..... | 22 |
| 4.13.3. OD 200 – beton komórkowy jako materiał izolacyjny..... | 23 |
| 5. Wykonawstwo murów z betonu komórkowego..... | 25 |
| 5.1. Spoiny..... | 25 |
| 5.2. Zaprawy murarskie..... | 26 |
| 5.3. Wznoszenie muru..... | 26 |
| 5.4. Docinanie elementów..... | 27 |
| 5.5. Łączenie ścian..... | 27 |
| 5.6. Wpływ warunków pogodowych..... | 28 |
| 5.7. Zbrojenie muru..... | 28 |
| 5.8. Nadproża..... | 29 |
| 5.9. Oparcie stropu..... | 30 |
| 5.10. Wieńce stropowe..... | 30 |
| 5.11. Ściany kolankowe..... | 31 |
| 5.12. Ściany szczytowe..... | 31 |
| 5.13. Ściany wzmocnione..... | 31 |
| 5.14. Ściany piwniczne..... | 32 |
| 5.15. Wnęki i bruzdy..... | 32 |
| 5.16. Wykończenie muru..... | 33 |
| 5.17. Odbiór robót murowych..... | 34 |
| 6. Podsumowanie..... | 35 |

Wstęp.

Autoklawizowany beton komórkowy jest materiałem znanym od początku XX wieku, jest stosowany powszechnie w Polsce i na świecie, a jego korzystne właściwości, czyli przede wszystkim: dobra izolacyjność termiczna, lekkość i idąca za nią łatwość wznoszenia z niego murów, a także odpowiednia wytrzymałość czynią z niego popularny i ceniony materiał ścienny.

Właściwości betonu komórkowego zostały szeroko opisane w licznych publikacjach, z czego jedną z najważniejszych jest książka *G. Zapotoczna-Sytek, S. Balkovic, Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia. Właściwości. Zastosowanie, PWN, SPB, Warszawa 2013.*

Tematykę właściwości betonu komórkowego i jego wykorzystania w bardzo przystępny sposób poruszają Poradniki wydane przez Stowarzyszenie Producentów Betonów, którego członkiem jest Prefabet Osława Dąbrowa SA. Poradniki te omawiają tematykę projektowania konstrukcyjnego i ciepłno-wilgotnościowego ścian z betonu komórkowego, a także ich wykonawstwa.

Zasady wykonywania konstrukcji murowych (wszystkich murów, nie tylko tych z betonu komórkowego) opisywane są w wielu opracowaniach, z czego za najbardziej godne polecenia można uznać publikacje Instytutu Techniki Budowlanej.

Niniejszy poradnik ma za zadanie w zwięzłej formie opisać podstawowe zagadnienia dotyczące betonu komórkowego, ułatwić Czytelnikowi rozszyfrowanie informacji zawartych w Deklaracjach właściwości użytkowych danych odmian betonu komórkowego, a także zwrócić uwagę Klienta na szczególne cechy wyrobów produkowanych przez Prefabet Osława Dąbrowa SA.

Umieszczone w niniejszym poradniku sugestie dotyczące projektowania i wznoszenia ścian dotyczą ogólnie przyjętej sztuki budowlanej, i jako takie, mają za zadanie ułatwić pracę Osób odpowiedzialnych za projekt i wykonanie budynków, nie mają natomiast wchodzić w ich kompetencje.

1. Asortyment.

Prefabet Osława Dąbrowa SA jest producentem betonu komórkowego od 1975 roku. W ofercie firmy są cztery odmiany konstrukcyjne i jedna odmiana niekonstrukcyjna o nazwie handlowej OD 200, która pełni funkcję materiału izolacyjnego.

| Odmiana betonu komórkowego | Gęstości ρ [kg/m ³] | Wytrzymałość na ściskanie [N/mm ²] | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] |
|----------------------------|--------------------------------------|--|---|
| 700 | 720 +/- 50 | $\geq 4,0$ | $\leq 0,195$ |
| 600 | 580 +/- 50 | $\geq 3,0$ | $\leq 0,17$ |
| 500 | 520 +/- 50 | $\geq 2,5$ | $\leq 0,145$ |
| 400 | 400 +/- 50 | $\geq 2,0$ | $\leq 0,11$ |
| 200 | 220 +/- 50 | $\geq 0,5$ | $\leq 0,06$ |

Tabela 1. Odmiany betonu komórkowego produkowane przez Prefabet Osława Dąbrowa SA.

Asortyment danych odmian może być produkowany w zakresie wymiarów podanych w Deklaracjach właściwości użytkowych, co oznacza, że wymiary wyrobów mogą być w tych zakresach modyfikowane wedle oczekiwań klienta. Każde nietypowe zamówienie musi być jednak wcześniej ustalone z Działem Zbytu Prefabet Osława Dąbrowa SA.

Najczęściej produkowane asortymenty umieszczone są w poniższej tabeli:

| Nazwa asortymentu | Wymiary [mm] | Kształt | Klasy gęstości | Ilość sztuk na palecie |
|-------------------|----------------------|---|---------------------|------------------------|
| 36 U | 590x 360 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 32 |
| 36 PU | 590x 360 x240 |  | 700,600,500,400 | 32 |
| 30 U | 590x 300 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 40 |
| 30 PU | 590x 300 x240 |  | 700,600,500,400 | 40 |
| 24 U | 590x 240 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 48 |
| 24 PU | 590x 240 x240 |  | 700,600,500,400 | 48 |
| 20 G | 590x 200 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 48 |






| | | | | |
|-------------|----------------------|---|---------------------|-----|
| 18 G | 590x 180 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 64 |
| 12 G | 590x 120 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 96 |
| 10 G | 590x 100 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 112 |
| 8 G | 590x 80 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 144 |
| 6 G | 590x 60 x240 |  | 700,600,500,400,200 | 192 |

Tabela 2. Asortyment wyrobów z betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Osława Dąbrowa SA.

2. Składowanie i transport.

Beton komórkowy produkowany przez Prefabet Osława Dąbrowa SA składowany jest na drewnianych paletach i zabezpieczony folią z firmowym nadrukiem.

Na terenie należącym do Prefabet Osława Dąbrowa SA beton komórkowy składowane są na utwardzonej powierzchni do maksymalnej wysokości trzech palet. Palety z wyrobami ładowane są za pomocą wózków widłowych na samochody transportowe. Za samo zabezpieczenie palet na samochodzie odpowiada przewoźnik (kierowca), ale warto być świadomym, że odpowiednie zabezpieczenie towaru (przypięcie palet pasami, ochrona przed zawilgoceniem) jest niezbędne dla prawidłowego wykorzystania wyrobów, zwłaszcza, że droga dojazdowa na plac budowy może być szczególnie trudna.

Beton komórkowy należy składować na wypoziomowanym, utwardzonym terenie, który jest zabezpieczony przed zalaniem. Palety można składować piętrowo, ale robiąc to należy uwzględnić jakość dostępnego podłoża. Nie ma zastrzeżeń do składowania wyrobów w pełnym, nietkniętym ofoliowaniu na otwartym terenie. Dla betonu komórkowego nie podaje się czasu przydatności do użytku, natomiast trzeba pamiętać, że dużo bardziej podatne na upływ czasu są folia i drewniana paleta, jeżeli zostaną one uszkodzone, mogą przestać chronić wyrób przed zawilgoceniem. Zawilgocenie materiału, w zależności od swojej intensywności, może doprowadzić do zabrudzenia powierzchni wyrobu, pojawienia się biologicznego nalotu czy przemarznięcia, są to przede wszystkim zjawiska obniżające estetykę wyrobu, chociaż trzeba pamiętać, że wilgotność materiału przekłada się na jego właściwości, dlatego może być wskazane jego osuszenie przed rozpoczęciem murowania. Warto dołożyć wszelkich starań dla zabezpieczenia zakupionego materiału przed zawilgoceniem.

3. Dokumentacja.

Zgodnie z PN-EN 771-4+A1 podstawowymi dokumentami dotyczącymi wyrobów z betonu komórkowego są Deklaracja właściwości użytkowych (DoP), która dla każdej odmiany z osobna umieszczona jest na stronie internetowej Prefabet Osława Dąbrowa SA i etykieta zawierająca oznakowanie CE, która dodawana jest do każdej palety z danym asortymentem i zawiera informacje dotyczące wielkości i kształtu wyrobu.

Oznakowanie CE nadaje się wyrobom z betonu komórkowego na podstawie systemu AVCP 2+, co oznacza, że określenie typu danego wyrobu następuje na podstawie badania typu, obliczeń, wartości tabelarycznych lub dokumentacji opisowej, a dodatkowo w zakładzie produkcyjnym funkcjonuje Zakładowa Kontrola Produkcji, na podstawie której przez cały okres produkcji danego asortymentu przeprowadzane są badania próbek tego wyrobu na terenie zakładu, a raz do roku przeprowadzane są badania wyrobów w akredytowanym laboratorium zewnętrznym. Zgodność zakładowej kontroli produkcji legitymowana jest Certyfikatem, wydawanym przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą, którego utrzymanie związane jest ze stałym nadzorem i oceną Zakładowej Kontroli Produkcji przez jednostkę notyfikowaną. Aktualny Certyfikat Zgodności Zakładowej Kontroli Produkcji umieszczony jest na stronie internetowej Prefabet Osława Dąbrowa SA.

Wymienione powyżej dokumenty zawierają w sobie komplet informacji o produkcie, które powinien otrzymać klient. Niniejszy poradnik jest jedynie wsparciem przy interpretacji tych informacji.

4. Właściwości użytkowe betonu komórkowego.

Autoklawizowany beton komórkowy dzięki swoim właściwościom użytkowym jest powszechnie stosowany w budownictwie, gdzie pełni funkcje konstrukcyjne, izolacyjno – konstrukcyjne i izolacyjne (OD 200). Wartości właściwości opisujących beton komórkowy można odczytać z Deklaracji właściwości użytkowych poszczególnych odmian.

4.1. Tolerancja wymiarowa.

Wymiary wyrobów z betonu komórkowego podaje się w [mm] w kolejności: długość, szerokość, wysokość. W deklaracjach właściwości użytkowych, które wydawane są dla poszczególnych odmian betonu komórkowego, deklaruje się zakresy tych wymiarów, np. długość : 200 – 590 [mm], co oznacza, że długość wyrobów w danej odmianie betonu komórkowego może mieścić się w zakresie od 200 mm do 590 mm. Dokładne wymiary wyrobów znajdują się na ich etykietach z oznaczeniem CE, gdzie np. oznaczenie 590/240/240 dotyczy asortymentu o długości 590 mm, szerokości 240 mm i wysokości 240 mm.

Powierzchnia wsporna jest iloczynem długości i szerokości danego asortymentu, na powierzchni wspornej układany jest wyrób w murze; powierzchnia boczna (czołowa) jest iloczynem wysokości i szerokości wyrobu; powierzchnia licowa, która jest widoczna po obu stronach muru jest iloczynem długości i wysokości wyrobu.

Beton komórkowym jest materiałem o bardzo dużej jednorodności i izotropii, co oznacza, że jego właściwości fizyczne są zbliżone, niezależnie od kierunku w którym są mierzone, nie mniej jednak, jedynym zalecanym ułożeniem wyrobu z betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Osława Dąbrowa SA jest ułożenie go na powierzchni wspornej. Wynika to z tego, że właśnie w takim kierunku przeprowadzane jest badanie wytrzymałości betonu komórkowego na ściskanie, na podstawie którego deklaruje się tę właściwość.

Wyroby z betonu komórkowego produkowane przez Prefabet Osława Dąbrowa SA wytwarzane są zgodnie z tolerancją wymiarową TLMA (zgodnie z PN-EN 771-4+A1), co oznacza, że nadają się one do wznoszenia murów zarówno na zaprawie tradycyjnej, jak i do cienkich spoin. Murowanie na tzw. cienkiej spoinie pozwala zniwelować przenikanie ciepła przez spoinę, a także przyspieszyć prace murarskie.

| Wymiary | TLMA (elementy przeznaczone do wznoszenia murów na zaprawie zwykłej i na zaprawie do cienkich spoin) [mm] |
|------------------------------------|--|
| Długość | +/- 3 |
| Wysokość | +/- 2 |
| Szerokość | +/- 2 |
| Płaskość powierzchni wspornej | Brak wymagań |
| Równoległość powierzchni wspornych | Brak wymagań |

Tabela 3. Dopuszczalne odchyłki tolerancji TLMA elementów kształtowanych regularnie według PN-EN 771-4+A1.

Prefabet Osława Dąbrowa SA posiada nowoczesny park maszynowy, w którym wykorzystane są specjalistyczne rozwiązania zapewniające odpowiednią separację wyrobów, oznacza to, że Klient może mieć pewność, że problem sklejanie ze sobą bloczków, które przed ułożeniem w murze trzeba mechanicznie od siebie rozdzielić, nie dotyczy wyrobów produkowanych przez Prefabet Osława Dąbrowa SA.

4.2. Kształt i budowa.

Deklaracje właściwości użytkowych danych odmian betonu komórkowego opisują wyroby poprzez zapis: „Prostopadłościan kształtowany regularnie, powierzchnie czołowe”, w przypadku odmian konstrukcyjnych dopuszcza się powierzchnie czołowe : G – gładkie, U – z otworem chwytowym, PW – z wpustami i wypustami, PU – z otworem chwytowym, wpustami i wypustami, dla odmiany niekonstrukcyjnej 200 o nazwie handlowej OD 200 dopuszcza się jedynie powierzchnie czołowe G – gładkie i U – z otworem chwytowym. Oznaczenie G, U, PW lub PU

umieszczone jest na etykietach wraz z poglądowym rysunkiem/zdjęciem danego wyrobu, np. zapis 590/240/240/U oznacza wyrób o szerokości 240 mm z otworem chwytowym.

Wyroby posiadające powierzchnie czołowe ukształtowane w postaci zamka pióro-wpust mogą być murowane bez wypełniania zaprawą powierzchni pionowych (powierzchnie muszą do siebie przylegać, przerwa nie powinna być większa niż 2 mm). Takie rozwiązanie pozwala na przyspieszenie prac murarskich, a także na oszczędności w zużyciu zaprawy. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że murowanie bez wypełnionych zaprawą spoin poziomych może zwiększyć ryzyko pojawienia się błędu w sztuce, jakim jest pozostawienie przez ekipę budowlaną za dużych szczelin pionowych w murze.

Wyroby posiadające otwory chwytowe mogą być, dzięki nim, w komfortowy sposób przenoszone i układane w murze, co także korzystnie przekłada się na czas wznoszenia muru.

4.3. Gęstość.

Asortyment wyprodukowany z betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Oslawa Dąbrowa SA nie posiada drażeń i deklaruje się dla niego średnią gęstość brutto w stanie suchym. Norma PN-EN 771-4+A1 dopuszcza deklarowanie minimalnych i maksymalnych wartości gęstości w stanie suchym, które nie powinny być większe niż 50 kg/m³. Dla przykładu: Deklaracja właściwości użytkowych odmiany 400 zawiera zapis 400 +/- 50 kg/m³, co oznacza, że poszczególne wyroby produkowane w tej gęstości mogą posiadać gęstości od 350 do 450 kg/m³. Gęstość betonu komórkowego jest parametrem, który istotnie wpływa na pozostałe właściwości materiału.

| Materiał ścienny | | | Waga elementu [kg] | Waga 1 m ² wymurowanej ściany [kg] |
|-------------------|-------------|---------------------------|--------------------|---|
| Ekosilkat | 250x240x220 | V=(0,0132m ³) | 17,5 | 318 |
| Pustak ceramiczny | 373x250x249 | V=(0,023m ³) | 19 | 203 |
| Odmiana 700 | 590x240x240 | V=(0,034m ³) | 24,5 | 171,5 |
| Odmiana 600 | 590x240x240 | V=(0,034m ³) | 19,7 | 138 |
| Odmiana 500 | 590x240x240 | V=(0,034m ³) | 17,7 | 124 |
| Odmiana 400 | 590x240x240 | V= (0,034m ³) | 13,5 | 94,5 |

Tabela 4. Porównanie wagi wyrobów z betonu komórkowego i alternatywnych materiałów ściennych.

Jak widać w powyższej Tabeli 4, ściany wybudowane z betonu komórkowego są zdecydowanie lżejsze od ścian (o podobnej grubości) wzniesionych z innych materiałów, a różnica jest tym większa im lżejsza jest odmiana betonu komórkowego. Cecha ta przekłada się na to, że w budynkach z betonu komórkowego wyższe kondygnacje stanowią mniejsze obciążenie dla niższych, a cały budynek mniej obciąża fundament. Dodatkowo, przy utrzymaniu podobnej lub mniejszej (nawet 2-3 krotnej) wagi, bloczki z betonu komórkowego mają większe wymiary niż alternatywne materiały, dzięki czemu budowanie murów za ich pomocą jest wyraźnie szybsze.

4.4. Wytrzymałość na ściskanie.

Wytrzymałość na ściskanie betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Osława Dąbrowa SA, podawana jest w Deklaracji właściwości użytkowych, zgodnie z PN-EN 771-4+A1, za pomocą średniej wytrzymałości elementu na ściskanie i znormalizowanej wytrzymałości na ściskanie. Wytrzymałość na ściskanie każdej odmiany betonu komórkowego jest raz do roku sprawdzana w zewnętrznym laboratorium akredytowanym, a w laboratorium zakładowym badanie wytrzymałości wyrobów przeprowadzane jest codziennie na losowo wybranej próbie. Wytrzymałość na ściskanie badana jest prostopadle do powierzchni wspornej (tak jak skierowane jest obciążenie pionowe w murze) i taka informacja również znajduje się na Deklaracji właściwości użytkowych. Wytrzymałość na ściskanie podawana jest w dokumentach w jednostce [N/mm²], ale może być także podawana jako [MPa] (1 N/mm² = 1 MPa) i ta jednostka bywa dość często wykorzystywana w publikacjach na temat betonu komórkowego.

Dodatkowo deklarowana jest także odpowiednia kategoria elementu murowego. Wszystkie wyroby produkowane przez Prefabet Osława Dąbrowa SA są elementami murowymi kategorii I (najwyższej), co oznacza, że prawdopodobieństwo osiągnięcia przez poszczególny element niższej wytrzymałości na ściskanie niż ta, która jest dla niego deklarowana, nie przekracza 5 %.

Dla przykładu:

| Odmiana | 700 | 600 | 500 | 400 | 200 |
|---|-----|-----|-------|-----|-------|
| Wytrzymałość średnia na ściskanie [N/mm ²] | ≥ 4 | ≥ 3 | ≥ 2,5 | ≥ 2 | ≥ 0,5 |
| Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie [N/mm ²] | 4 | 3 | 2,5 | 2 | - |
| Kategoria wytrzymałości na ściskanie | I | I | I | I | I |

Tabela 5. Wytrzymałość na ściskanie betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Osława Dąbrowa SA.

Zgodnie z normą PN-EN 771-4+A1, dla konstrukcyjnych elementów murowych nie można deklarować wytrzymałości niższej niż 1,5 N/mm². W związku z tym odmiana OD 200, której wytrzymałość na ściskanie wynosi 0,5 N/mm², nie jest materiałem konstrukcyjnym.

Porównując wytrzymałość betonu komórkowego (klasy wytrzymałości od 2 do 4) łatwo zauważyć, że jest ona mniejsza od wytrzymałości innych materiałów ściennych np. Ekosilikatów (klasy wytrzymałości od 15 do 20). Należy zdać sobie jednak sprawę z tego, że wytrzymałości wszystkich konstrukcyjnych odmian betonu komórkowego są wystarczające do wznoszenia bezpiecznych i trwałych budynków jedno i wielokondygnacyjnych.

Warto podkreślić, że wytrzymałości konstrukcyjnych odmian betonu komórkowego są do siebie bardzo zbliżone i mogą, przy niewielkich zmianach adaptacyjnych na etapie projektu, zastępować się wzajemnie. Bardzo wyraźnie widać to na przykładzie dwóch najpopularniejszych odmian, odmiany 500 (kl. 2,5) i odmiany 600 (kl. 3).

4.4.1. Nośność i projektowanie konstrukcji.

Ustalanie stanu granicznego nośności jest zagadnieniem złożonym, które gruntownie opisane zostało w normach EC6. W niniejszym opracowaniu ta kwestia może być jedynie ogólnie wzmiankowana.

Zgodnie z normą PN-EN 1996-1-1 wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie f_k określa się na podstawie wzoru a - dla murów wykonanych za pomocą zapraw zwykłych i lekkich, a także wzoru b - dla murów wykonanych na tzw. cienką spoinę (w obliczeniach zaniedbuje się wytrzymałość zaprawy) :

$$a) f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3} \quad [N/mm^2],$$

$$b) f_k = K f_b^{0,85} \quad [N/mm^2],$$

gdzie: K – wartość stała według tablicy NA.5 z Załącznika krajowego NA do PN-EN 1996-1-1;

f_b – znormalizowana wytrzymałość elementu murowego na ściskanie $[N/mm^2]$ (zawarta w Deklaracji właściwości użytkowych danej odmiany betonu komórkowego);

f_m – wytrzymałość zaprawy murarskiej na ściskanie $[N/mm^2]$.

Do dalszych obliczeń powinno się przyjmować wytrzymałość muru na ściskanie f_k skorygowaną o wartość współczynnika bezpieczeństwa muru γ_M :

$$c) f_d = f_k / \gamma_M \quad [N/mm^2],$$

gdzie : f_d – wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie $[N/mm^2]$;

γ_M – współczynnik bezpieczeństwa przyjęty na podstawie tablicy NA.1 z Załącznika krajowego NA do PN-EN 1996-1-1.

Wartości współczynnika bezpieczeństwa przyjmuje się w odniesieniu do kategorii kontroli produkcji elementów murowych (wyroby Prefabet Osława Dąbrowa SA produkowane są w kategorii I), zastosowanej zaprawy i kategorii wykonania robót na budowie (klasa A oznacza m.in. nadzór mistrza murarskiego i kontrole inspektora nadzoru inwestorskiego; klasa B nie spełnia warunków określonych dla klasy A).

W ujęciu ogólnym, obliczeniowe siły pionowe oddziałujące na mur N_{Ed} nie mogą być większe niż obliczeniowa nośność ściany na obciążenia pionowe N_{Rd} :

$$d) N_{Ed} \leq N_{Rd}.$$

Nośność obliczeniowa muru na jednostkę długości obciążonej pionowo jest iloczynem wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie, grubości ściany i współczynnika redukcji nośności:

$$e) N_{Rd} = \Phi t f_d \quad [N/mm],$$

gdzie : Φ – współczynnik redukcji nośności (wyznaczony na podstawie PN-EN 1996-1-1)

t – grubość ściany.

Wszystkie wyżej wymienione wzory, pochodzące z PN-EN 1996-1-1, są jedynie wstępem do dalszych, szczegółowych obliczeń nośności uwzględniających indywidualne cechy danych konstrukcji, które służą opracowaniu projektu budynku.

4.5.Trwałość.

Trwałość materiału murowego oznacza stabilność jego właściwości, składa się na nią wiele aspektów, a jej głównym wyznacznikiem jest odporność materiału na zamrażanie i odmrażanie. Beton komórkowy wytwarzany w Prefabet Osława Dąbrowa SA badany jest pod względem mrozoodporności, w badaniach tych próbki poddaje się 15 cyklom zamrażania i odmrażania. Po przeprowadzeniu takiego badania nie obserwuje się uszkodzeń próbek, a spadek wytrzymałości materiału nie przekracza 10 % (najczęściej jest to $\leq 4\%$), co świadczy o dobrej mrozoodporności betonu komórkowego. Taki wniosek przedstawiony jest także w książce: *G. Zapotoczna-Sytek, S. Balkovic, Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia. Właściwości. Zastosowanie, Wydawnictwo Naukowe PWN, SPB, Warszawa 2013*, gdzie można przeczytać: „Autoklawizowany beton komórkowy, niezawilgocony nadmiernie, jest materiałem odpornym na działanie mrozu i nie ulega destrukcji pod wpływem działania cyklicznych zamrażeń. Na jego mrozoodporność pozytywnie wpływa struktura porów betonu komórkowego.” Poprzez nadmierne zawilgocenie rozumie się tam zawartość wilgoci w wyrobie powyżej 30% masy, dlatego beton komórkowy powinien być chroniony przed zawilgoceniem (ochrona przed czynnikami atmosferycznymi) zarówno w czasie składowania wyrobów, wznoszenia murów jak i użytkowania budynków.

Jako, że wyroby z betonu komórkowego produkowane przez Prefabet Osława Dąbrowa SA nie są elementami przeznaczonymi do ścian zewnętrznych z odsłoniętą powierzchnią licową nie ma konieczności deklarowania ich trwałości.

Dobłą trwałość betonu komórkowego, w sposób jednoznaczny, dowodzą liczne budynki z betonu komórkowego, które w dobrym stanie użytkowane są już od kilkudziesięciu lat.

4.6.Skurcz pod wpływem wilgoci.

Zgodnie z normą PN-EN 771-4+A1 dla konstrukcyjnych elementów murowych z betonu komórkowego powinno deklarować się rozszerzalność/ skurcz pod wpływem wilgoci. Skurcz jest zmianą długości następującą przy wysychaniu betonu komórkowego. Skurcz betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Osława Dąbrowa SA badany jest w akredytowanym laboratorium

zewnątrznym. Skurcz podawany jest w jednostce [mm/m] i informuje o tym, o ile maksymalnie może zmienić się wymiar wyrobu pod wpływem wilgoci (skurcz spowodowany jest utratą wilgoci). W Deklaracji właściwości użytkowych podawana jest wartość całkowita skurczu (wartość uzyskana od początku prowadzenia badania do uzyskania maksymalnej wartości, czyli np. prowadzonych od wilgotności ok. 70% do ok 2%) Jeżeli np. całkowity skurcz jest $\leq 0,32$ mm/m, oznacza to, że maksymalna zmiana długości wymiarów betonu komórkowego wynosi 0,32 mm na metr długości wyrobu. W rzeczywistości zjawisko zmiany wymiarów materiału pod wpływem wilgoci zachodzi najczęściej w zakresie od 30% wilgotności (szacuje się, że taką wilgotność mają wyroby po wyciągnięciu z autoklawu) do wilgotności 6% (można założyć, że taką wilgotność mają wyroby w murze), wartość skurczu mierzona w takim zakresie może być nazwana wartością umowną. Oznacza to, że rzeczywisty skurcz, który może zajść w czasie użytkowania wyrobu (od ok. 30 do ok. 6% wilgotności) jest znacznie mniejszy niż wartość deklarowana.

| Odmiana betonu komórkowego | Stabilność wymiarowa (skurcz pod wpływem wilgoci) wartość całkowita [mm/m] |
|----------------------------|--|
| 700 | $\leq 0,38$ |
| 600 | $\leq 0,32$ |
| 500 | $\leq 0,29$ |
| 400 | $\leq 0,32$ |
| 200 | - |

Tabela 6. Zestawienie deklarowanych wartości całkowitych skurczu powstałego przy wysychaniu betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA.

4.7. Przepuszczalność pary wodnej.

Według normy PN-EN 771-4+A1 przepuszczalność pary wodnej powinna być deklarowana dla wyrobów z betonu komórkowego jeżeli przeznaczone są one do wykorzystania w zewnętrznych elementach budynku. Wartość przepuszczalności pary wodnej deklarowana dla wyrobów z betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA jest wartością tabelaryczną współczynnika oporu dyfuzyjnego pary wodnej μ pochodzącą z normy EN 1745.

Współczynnik μ jest wartością bezwymiarową, określa on ile razy opór dyfuzji materiału dla pary wodnej jest większy od oporu warstwy powietrza o tej samej grubości i w takich samych warunkach. Zapis współczynnika dyfuzji pary wodnej 5/10 należy rozumieć jako: dyfuzja do wewnątrz materiału (wnikanie wilgoci) / dyfuzja na zewnątrz materiału (oddawanie wilgoci). Najwyższą paroprzepuszczalność (przepuszczalność pary wodnej) wykazują materiały o oporze dyfuzyjnym zbliżonym do 1 (opor dyfuzyjny materiału podobny do oporu powietrza). Dla betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA deklaruje się współczynnik dyfuzji pary wodnej o wartości równej 5/10.

4.8. Absorpcja wody.

Beton komórkowy produkowany przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA nie jest produktem przeznaczonym do stosowania w zewnętrznych elementach o wyeksponowanej powierzchni licowej (nie jest elementem elewacyjnym) dlatego nie deklaruje się dla niego wartości absorpcji wody.

Warto jednak podkreślić, że beton komórkowy wykazuje mniejsze podciąganie kapilarne wody niż cegła ceramiczna, a woda zawarta w porach betonu komórkowego ma odczyn alkaliczny, co hamuje rozwój drobnoustrojów takich jak, bakterie czy grzyby (*G. Zapotoczna-Sytek, S. Balkovic, Autoklawizowany beton komórkowy. Technologia. Właściwości. Zastosowanie, Wydawnictwo Naukowe PWN, SPB, Warszawa 2013*).

4.9. Wytrzymałość spoiny na ścinanie.

Zgodnie z PN-EN 771-4+A1, wytrzymałość spoiny (połączenia betonu komórkowego z zaprawą) powinna być deklarowana jako początkowa charakterystyczna wytrzymałość muru na ścinanie zgodnie z EN 1052-3. Dla wszystkich produkowanych przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA odmian betonu komórkowego jest to 0,15 N/mm² dla zapraw ogólnego przeznaczenia i zapraw lekkich, a także 0,3 N/mm² dla zapraw do cienkich spoin.

4.10. Wytrzymałość spoiny na zginanie.

Dla swoich konstrukcyjnych odmian betonu komórkowego Prefabet Ośława Dąbrowa SA deklaruje (zgodnie z PN-EN 771-4+A1) wytrzymałość spoin na zginanie w płaszczyźnie prostopadłej, a także w płaszczyźnie równoległej do spoiny poziomej; deklaracja ta dotyczy jedynie spoin wykonanych na zaprawie do cienkich spoin. Deklarowane wartości pokrywają się z tymi zamieszczonymi w Załączniku Krajowym NA do normy PN-EN 1996-1-1.

4.11. Izolacyjność akustyczna.

Izolacyjność betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA od bezpośrednich dźwięków powietrznych deklarowana jest na podstawie gęstości objętościowej brutto wyrobów.

Prognoza izolacyjności akustycznej wyrobów z betonu komórkowego obejmuje oszacowanie wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} [dB].

$$f) R'_{A1} = R_{A,1,R} - K_a \text{ [dB] ,}$$

gdzie : K_a - poprawka określająca wpływ bocznego przenoszenia dźwięków [dB]

$R_{A,1,R}$ – wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej, projektowy [dB]

Poprawka K_a może być przyjmowana z tablic i jest zależna od parametrów przegrody rozdzielającej i przegród bocznych, a także geometrii pomieszczenia.

Wartość $R_{A,1,R}$ - wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, projektowy [dB] dla ścian wykonanych z autoklawizowanego betonu komórkowego o odmianach od 400 do 700 i znanej masie powierzchniowej przegrody – m' [kg/m^2], obliczana się według wzorów (g) pochodzących z poradnika: B. Szudrowicz, I. Żuchowicz-Wodnikowska, P. Tomczyk, Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów, ITB, Warszawa 2002.

$$g) R_{A,1,R} = 25,5 \times \log m' - 9,1 \text{ [dB]} \quad \text{dla } m' = 71 - 250 \text{ kg/ m}^2,$$

$$h) R_{A,1,R} = 17,9 \times \log m' + 4,4 \text{ [dB]} \quad \text{dla } m' = 40 - 70 \text{ kg/ m}^2,$$

gdzie : m' – masa powierzchniowa przegrody [kg/m^2]

Odmiany betonu komórkowego produkowane są w określonych zakresach gęstości, obliczenia umieszczone w tabeli poniżej obejmują cały zakres gęstości dla poszczególnych odmian.

| Asortyment | Wymiary elementu | $R_{A,1,R}$ [dB] | |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | Odmiana 700 | |
| | | 670 [kg/m^3] | 770 [kg/m^3] |
| 36 | 590x360x240 | 51,6 | 53,1 |
| 30 | 590x360x240 | 49,5 | 51,1 |
| 24 | 590x240x240 | 47,1 | 48,6 |
| 18 | 590x180x240 | 43,9 | 45,4 |
| 12 | 590x120x240 | 39,4 | 40,9 |
| 10 | 590x100x240 | 37,0 | 38,9 |
| 8 | 590x80x240 | 35,3 | 36,4 |
| 6 | 590x60x240 | 33,0 | 34,1 |

Tabela 7. Współczynnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, projektowy dla odmiany 700.

| Asortyment | Wymiary elementu | $R_{A,1,R}$ [dB] | |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | Odmiana 600 | |
| | | 530 [kg/m^3] | 630 [kg/m^3] |
| 36 | 590x360x240 | 49,0 | 50,9 |
| 30 | 590x360x240 | 46,9 | 48,9 |
| 24 | 590x240x240 | 44,5 | 46,4 |
| 18 | 590x180x240 | 41,3 | 43,2 |
| 12 | 590x120x240 | 36,6 | 38,7 |
| 10 | 590x100x240 | 35,2 | 36,6 |
| 8 | 590x80x240 | 33,5 | 34,8 |
| 6 | 590x60x240 | 31,2 | 32,6 |

Tabela 8. Współczynnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, projektowy dla odmiany 600.

| Asortyment | Wymiary elementu | $R_{A,1,R}$ [dB] | |
|------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Odmiana 500 | |
| | | 470 [kg/m ³] | 570 [kg/m ³] |
| 36 | 590x360x240 | 47,6 | 49,8 |
| 30 | 590x360x240 | 45,6 | 47,7 |
| 24 | 590x240x240 | 43,1 | 45,3 |
| 18 | 590x180x240 | 40,0 | 42,1 |
| 12 | 590x120x240 | 35,7 | 37,2 |
| 10 | 590x100x240 | 34,3 | 35,8 |
| 8 | 590x80x240 | 32,5 | 34,0 |
| 6 | 590x60x240 | 30,3 | 31,8 |

Tabela 9. Współczynnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, projektowy dla odmiany 500.

| Asortyment | Wymiary elementu | $R_{A,1,R}$ [dB] | |
|------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Odmiana 400 | |
| | | 350 [kg/m ³] | 450 [kg/m ³] |
| 36 | 590x360x240 | 44,4 | 47,1 |
| 30 | 590x360x240 | 42,3 | 45,1 |
| 24 | 590x240x240 | 39,9 | 42,7 |
| 18 | 590x180x240 | 36,5 | 39,5 |
| 12 | 590x120x240 | 33,4 | 35,3 |
| 10 | 590x100x240 | 32,0 | 34,0 |
| 8 | 590x80x240 | 30,2 | 32,2 |
| 6 | 590x60x240 | 28,0 | 30,0 |

Tabela 10. Współczynnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, projektowy dla odmiany 400.

Dla niekonstrukcyjnej odmiany OD 200 nie powinno korzystać się z powyższych wzorów. Odmiana OD 200 charakteryzuje się bardzo małą gęstością, co oznacza, że można bezpiecznie przyjąć, iż jej izolacyjność akustyczna oszacowana na podstawie tzw. prawa masy jest znikomo mała.

Beton komórkowy charakteryzuje się izolacyjnością akustyczną na tyle wysoką, by zapewnić komfort akustyczny w budynkach jednorodzinnych. Można wznosić z niego ściany działowe spełniające wymagania normy PN-B-02151-3-2015-10.

Przegrody mające podwyższone wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej np. ściany między mieszkaniami (wymagana izolacyjność 50 dB) mogą być wznoszone z betonu komórkowego w odmianach 600 i 700, ale o grubościach co najmniej 360 mm. W związku z tym, lepszym rozwiązaniem może być zastosowanie w takich przegrodach materiałów o wysokiej gęstości np. Ekosilikatów o grubości 240 mm.

4.12. Ognioodporność.

Zgodnie z normą PN-EN 771-4+A1, beton komórkowy jest niepalny i wykazuje klasę reakcji na ogień A1.

Odporność ogniową materiałów ściennych, w tym betonu komórkowego, opisują: szczelność (E), izolacyjność (I), a w przypadku ścian nośnych także nośność (R). Kryterium R oznacza, że przegroda wytrzymałe przez określony czas (np. dla REI 60 jest to 60 minut) działanie ognia bez utraty swojej nośności i stateczności. Kryterium E oznacza, że element konstrukcyjny stanowi przez określony czas przegrodę dla przenikania ognia i gorących gazów. Kryterium I oznacza, że element konstrukcyjny stanowi przegrodę dla ognia przenoszącego przez znaczący przepływ ciepła.

Norma PN-EN 1996-1-2 dopuszcza kilka metod oceny odporności ogniowej muru, z których najbardziej miarodajne wydają się przeprowadzenie badania ognioodporności konstrukcji i wykorzystanie danych tabelarycznych. Porównanie grubości projektowanego elementu z grubościami podanymi w tablicach z *Załącznika B* normy PN-EN 1996-1-2 można uznać za najszybszą i najprostszą metodę oceny kryterium ognioodporności.

Poniższe tabele przedstawiają kryteria EI czyli grubość nienośnych ścian oddzielających oraz kryteria REI, czyli grubość nośnych ścian oddzielających wymurowanych z betonu komórkowego z uwzględnieniem wymagań odporności ogniowej na podstawie PN-EN 1996-1-2, *Załącznik B*. Tabele te zawierają zestawienia grubości muru (samego muru bez otynkowania) spełniające poszczególne kryteria, dla przykładu: mur o grubości mieszczącej się w przedziale 70-100 mm, czyli wykonany np. z asortymentu 590x80x240 (grubość 80 mm) w odmianach 400, 500, 600 i 700 spełnia kryterium EI 120 i niższe, nie spełnia natomiast żadnego kryterium nośności. Do odczytania tabeli należy przyjąć gęstość betonu komórkowego (ρ), jego wytrzymałość na ściskanie (f_b) i właściwą proporcję obciążenia ściany (α).

Wartości podane w nawiasie to grubość samego muru, ale jeżeli jest on wykończony tynkiem o minimalnej grubości 10 mm po obu stronach ściany (grubość tynku nie wlicza się do grubości podanej w tabelach). Uważa się, że odporność ogniową ścian podwyższają tynki gipsowe, tynki wykonane z tynkarskiej zaprawy lekkiej lub tynki wykonane z tynkarskiej zaprawy izolującej cieplnie.

Wadą metody tabelarycznej jest brak jednoznacznych grubości ścian spełniających dane kryteria, ponieważ większość grubości przedstawiona jest za pomocą przedziałów zapisywanych za pomocą ukośnika (100/190 oznacza zakres grubości od 100 do 190 mm). Autorzy *Poradnika Projektowanie konstrukcji murowych z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu, ITB, Warszawa 2016*; sugerują, że metoda tabelaryczna może prowadzić do przeszacowania odporności ogniowej ściany i zalecają opieranie się jedynie na maksymalnych wartościach przedziałów zamieszczonych w tabelach. Oczywiście dobór odpowiedniego materiału ściennego spoczywa na barkach osoby odpowiedzialnej za dany projekt, która posiada też największą wiedzę

na temat prowadzonej inwestycji i decyduje, w którym obszarze dopuszczalnych zakresów grubości znajduje się wybrany materiał.

| Gęstość betonu komórkowego ρ [kg/m ³] | Minimalna grubość ściany [mm] t_F dla uzyskania klasyfikacji ogniowej EI dla czasu [minuty] $t_{fi,d}$ | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| | EI 30 | EI 45 | EI 60 | EI 90 | EI 120 | EI 180 | EI 240 |
| Elementy murowe grupy 1 i 1S na zaprawie zwykłej i do cienkich spoin. | | | | | | | |
| $350 \leq \rho \leq 500$ | 50/70 (50) | 60/65 (60/65) | 60/75 (60/75) | 60/100 (60/70) | 70/100 (70/90) | 90/150 (90/115) | 100/190 (100/190) |
| $500 \leq \rho \leq 1000$ | 50/70 (50) | 60 (50/60) | 60 (50/60) | 60/100 (50/60) | 60/100 (60/90) | 90/150 (90/100) | 100/190 (100/190) |

Tabela 11. Kryteria EI dla betonu komórkowego zgodnie z PN-EN 1996-1-2, Załącznik B.

| Wytrzymałość na ściskanie f_b [N/mm ²] i gęstości betonu komórkowego ρ [kg/m ³] | Proporcja obciążenia ściany α (stopień wyteżenia ściany) | Minimalna grubość ściany (mm) t_F dla uzyskania klasyfikacji ogniowej REI dla czasu (minuty) $t_{fi,d}$ | | | | | | |
|--|---|---|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| | | REI 30 | REI 45 | REI 60 | REI 90 | REI 120 | REI 180 | REI 240 |
| $2 \leq f_b \leq 4$ $350 \leq \rho \leq 500$ | $\alpha \leq 1$ | | | 90/140 (90/115) | 90/200 (90/200) | 90/225 (90/225) | 140/300 (140/240) | 150/300 (150/300) |
| | $\alpha \leq 0,6$ | 90/115 (90/115) | 90/115 (90/115) | 90/115 (90/115) | 100/150 (90/115) | 90/175 (90/150) | 140/200 (140/200) | 150/200 (150/200) |
| $4 \leq f_b \leq 8$ $500 \leq \rho \leq 1000$ | $\alpha \leq 1$ | | | 90/150 (90/100) | 90/170 (90/150) | 90/200 (90/170) | 125/240 (100/200) | 150/300 (100/240) |
| | $\alpha \leq 0,6$ | 90/100 (90/100) | 90/100 (90/100) | 90/100 (90/100) | 90/150 (90/100) | 90/170 (90/125) | 125/240 (125/140) | 150/240 (150/200) |

Tabela 12. Kryteria EI dla betonu komórkowego zgodnie z PN-EN 1996-1-2, Załącznik B.

Kryteria odporności ogniowej opisują zachowanie całej przegrody, wykonanej poprawnie z betonu komórkowego, to znaczy m.in. z poprawnie wykonanymi spoinami. Jeżeli w murze będą występować prześwity w miejscu spoin, to miejsca takie będą punktowymi osłabieniami w murze, przez które może przenikać ogień, to znaczy, że odporność ogniowa takiej przegrody będzie zdecydowanie mniejsza niż wynikało by to z zastosowanego w murze materiałów.

Temat ognioodporności betonu komórkowego poruszany jest szerzej w Poradniku *Projektowanie konstrukcyjne ścian z betonu komórkowego, Zeszyt 2, Część 2, SPB*.

4.13. Izolacyjność termiczna.

Producent betonu komórkowego jest, według normy PN-EN 771-4+A1, zobligowany do deklarowania dla swoich produktów wartości średniej współczynnika przewodzenia ciepła w stanie suchym, podawanego w 10° C - $\lambda_{10,dry,unit}$ wraz z odpowiednim modelem określonym na podstawie

normy EN 1745. Współczynnik $\lambda_{10, dry, unit}$ dla każdej odmiany produkowanej w Prefabet Oslawa Dąbrowa badany jest co roku w akredytowanym laboratorium zewnętrznym.

Wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła U_c dla przegród występujących we wszystkich rodzajach budynków określa się zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*.

| Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu | Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² K)] | |
|--|---|----------------|
| | od 01.01.2017 | od 31.12. 2020 |
| Ściany zewnętrzne: | | |
| a) przy $t_i \geq 16^\circ C$ | 0,23 | 0,20 |
| b) przy $8^\circ C \leq t_i < 16^\circ$ | 0,45 | 0,45 |
| c) przy $t_i < 8^\circ C$ | 0,90 | 0,90 |
| Ściany wewnętrzne: | | |
| a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ C$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy | 1,00 | 1,00 |
| b) przy $\Delta t_i < 8^\circ C$ | bez wymagań | bez wymagań |
| c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego | 0,30 | 0,30 |
| Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości: | | |
| a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm | 1,00 | 1,00 |
| b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny | 0,70 | 0,70 |
| Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych | bez wymagań | bez wymagań |

Tabela 13. Tabela na podstawie *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*.

gdzie, t_i to temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 tegoż rozporządzenia.

Wymagania zawarte w wyżej wymienionym *Rozporządzeniu* odzwierciedlają ogólnoswiatową tendencję do budowania co raz bardziej energooszczędnych budynków, pokazuje to systematyczne obniżanie wymaganego dla przegród współczynnika przenikania ciepła U_c .

Określenie współczynnika U_c należy rozpocząć od obliczenia oporu cieplnego tejże przegrody. Opór cieplny R całej przegrody lub pojedynczej warstwy w przyrodzie opisuje wzór i:

$$i) R = d/\lambda \text{ [(m}^2\text{K)/W]},$$

gdzie: d – grubość całej ściany lub pojedynczej warstwy [m],

λ - współczynnik przewodzenia ciepła [W/(mK)].

Współczynnik λ każdej odmiany betonu komórkowego należy odczytać z jej Deklaracji właściwości użytkowych.

Współczynnik λ jest także podstawowym parametrem opisującym materiały izolacyjne, dlatego znajduje się na dokumentach wydawanych przez ich producentów.

Aby obliczyć opór cieplny R przegrody złożonej z wielu warstw należy zsumować opory cieplne poszczególnych warstw R_i , co opisuje wzór j:

$$j) R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \text{ [(m}^2\text{K)/W]}.$$

Opór przenikania ciepła przegrody R_T stanowi sumę oporu cieplnego przegrody R i oporów przejmowania ciepła na jej powierzchniach to jest zgodnie ze wzorem k:

$$k) R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se} \text{ [(m}^2\text{K)/W]},$$

gdzie: R_{si} – opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej przegrody,

R_{se} - opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej przegrody

(według PN-EN ISO 6946 R_{si} - 0,13 (m²K)/W, a R_{se} - 0,04 (m²K)/W).

Współczynnik przenikania ciepła przegrody U_c jest odwrotnością oporu przenikania ciepła przegrody R_T , co opisuje wzór l:

$$l) U_c = 1/R_T \text{ [W/(m}^2\text{K)]}.$$

Powyższe wzory można zastosować do obliczenia współczynnika przenikania ciepła U_c przegród wykonanych z betonu komórkowego:

| Odmiana OD 200 | | | | | |
|---------------------|-----------------|---|--------------------------------------|---|--|
| Wymiary asortymentu | Szerokość d [m] | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] | Opór cieplny R [m ² K)/W] | Opór cieplny R_T ($R_{si} = 0,13$; $R_{se} = 0,04$) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U_c [W/(m ² K)] |
| 590x360x240 | 0,36 | ≤ 0,06 | 6,00 | 6,17 | 0,16 |
| 590x300x240 | 0,30 | | 5,00 | 5,17 | 0,19 |
| 590x240x240 | 0,24 | | 4,00 | 4,17 | 0,24 |
| 590x180x240 | 0,18 | | 3,00 | 3,17 | 0,32 |
| 590x120x240 | 0,12 | | 2,00 | 2,17 | 0,46 |
| 590x100x240 | 0,10 | | 1,67 | 1,84 | 0,54 |
| 590x80x240 | 0,08 | | 1,33 | 1,50 | 0,67 |
| 590x60x240 | 0,06 | | 1,00 | 1,17 | 0,85 |

Tabela 14. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła dla jednowarstwowych przegród niekonstrukcyjnych wykonanych z OD 200.

| Odmiana 400 | | | | | |
|---------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---|---|
| Wymiary asortymentu | Szerokość d [m] | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] | Opór cieplny R [m ² K/W] | Opór cieplny R _T (R _{si} = 0,13; R _{se} = 0,04) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U _c [W/(m ² K)] |
| 590x540x240 | 0,54 | ≤ 0,11 | 4,91 | 5,08 | 0,20 |
| 590x460x240 | 0,46 | | 4,18 | 4,35 | 0,23 |
| 590x360x240 | 0,36 | | 3,27 | 3,44 | 0,29 |
| 590x300x240 | 0,30 | | 2,73 | 2,90 | 0,35 |
| 590x240x240 | 0,24 | | 2,18 | 2,35 | 0,43 |
| 590x180x240 | 0,18 | | 1,64 | 1,81 | 0,55 |
| 590x120x240 | 0,12 | | 1,09 | 1,26 | 0,79 |
| 590x100x240 | 0,10 | | 0,91 | 1,08 | 0,93 |
| 590x80x240 | 0,08 | | 0,73 | 0,90 | 1,11 |
| 590x60x240 | 0,06 | | 0,55 | 0,72 | 1,40 |

Tabela 15. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła dla jednowarstwowych przegród wykonanych z odmiany 400.

| Odmiana 500 | | | | | |
|---------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---|---|
| Wymiary asortymentu | Szerokość d [m] | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] | Opór cieplny R [m ² K/W] | Opór cieplny R _T (R _{si} = 0,13; R _{se} = 0,04) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U _c [W/(m ² K)] |
| 590x360x240 | 0,36 | ≤ 0,145 | 2,48 | 2,65 | 0,38 |
| 590x300x240 | 0,30 | | 2,07 | 2,24 | 0,45 |
| 590x240x240 | 0,24 | | 1,66 | 1,83 | 0,55 |
| 590x180x240 | 0,18 | | 1,24 | 1,41 | 0,71 |
| 590x120x240 | 0,12 | | 0,83 | 1,00 | 1,00 |
| 590x100x240 | 0,10 | | 0,69 | 0,86 | 1,16 |
| 590x80x240 | 0,08 | | 0,55 | 0,72 | 1,39 |
| 590x60x240 | 0,06 | | 0,41 | 0,58 | 1,71 |

Tabela 16. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła dla jednowarstwowych przegród wykonanych z odmiany 500.

Odmiana 600

| Wymiary asortymentu | Szerokość d [m] | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] | Opór cieplny R [m ² K/W] | Opór cieplny R _T (R _{si} = 0,13; R _{se} = 0,04) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U _c [W/(m ² K)] |
|---------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---|---|
| 590x360x240 | 0,36 | ≤ 0,17 | 2,12 | 2,29 | 0,44 |
| 590x300x240 | 0,30 | | 1,76 | 1,93 | 0,52 |
| 590x240x240 | 0,24 | | 1,41 | 1,58 | 0,63 |
| 590x180x240 | 0,18 | | 1,06 | 1,23 | 0,81 |
| 590x120x240 | 0,12 | | 0,71 | 0,88 | 1,14 |
| 590x100x240 | 0,10 | | 0,59 | 0,76 | 1,32 |
| 590x80x240 | 0,08 | | 0,47 | 0,64 | 1,56 |
| 590x60x240 | 0,06 | | 0,35 | 0,52 | 1,91 |

Tabela 17. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła dla jednowarstwowych przegród wykonanych z odmiany 600.

Odmiana 700

| Wymiary asortymentu | Szerokość d [m] | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] | Opór cieplny R [m ² K/W] | Opór cieplny R _T (R _{si} = 0,13; R _{se} = 0,04) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U _c [W/(m ² K)] |
|---------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---|---|
| 590x360x240 | 0,36 | ≤ 0,195 | 1,85 | 2,02 | 0,50 |
| 590x300x240 | 0,30 | | 1,54 | 1,71 | 0,59 |
| 590x240x240 | 0,24 | | 1,23 | 1,40 | 0,71 |
| 590x180x240 | 0,18 | | 0,92 | 1,09 | 0,91 |
| 590x120x240 | 0,12 | | 0,62 | 0,79 | 1,27 |
| 590x100x240 | 0,10 | | 0,51 | 0,68 | 1,46 |
| 590x80x240 | 0,08 | | 0,41 | 0,58 | 1,72 |
| 590x60x240 | 0,06 | | 0,31 | 0,48 | 2,09 |

Tabela 18. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła dla jednowarstwowych przegród wykonanych z odmiany 700.

| Material | Asortyment | Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] | Opór cieplny R [m ² K]/W] | Opór cieplny R _T (R _{si} = 0,13; R _{se} = 0,04) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U _c [W/(m ² K)] |
|-------------------|-------------|---|--------------------------------------|---|---|
| Odmiana 400 | 590x240x240 | 0,11 | 2,18 | 2,35 | 0,43 |
| Odmiana 500 | 590x240x240 | 0,145 | 1,66 | 1,83 | 0,55 |
| Odmiana 600 | 590x240x240 | 0,17 | 1,41 | 1,58 | 0,63 |
| Odmiana 700 | 590x240x240 | 0,195 | 1,23 | 1,4 | 0,71 |
| Pustak ceramiczny | 373x250x249 | 0,283 | 0,88 | 1,05 | 0,95 |
| Ekosilikat | 250x240x220 | 0,55 | 0,44 | 0,61 | 1,64 |

Tabela 19. Porównanie izolacyjności termicznej przegród wykonanych z różnych materiałów ściennych.

Największą przewagą betonu komórkowego w stosunku do innych materiałów ściennych jest jego znakomita izolacyjność termiczna, pozwalająca na oszczędności w grubości warstwy izolacyjnej, a także ułatwiająca wznoszenie domów energooszczędnych. Z obliczeń wynika, że współczynnik przenikania ciepła U_c odmiany 400 betonu komórkowego jest ponad 2 razy niższy niż U_c przykładowego pustaka ceramicznego, i niespełna 4 razy niższy niż Ekosilikatu (przyjęto asortymenty o podobnej szerokości).

Na podkreślenie zasługuje także fakt, że beton komórkowy jest materiałem jednorodnym, nie posiada drążeń, a współczynnik λ tego materiału jest praktycznie taki sam, bez względu na kierunek jego badania, co sprawia, że każdy docięty element z betonu komórkowego, przy zachowaniu tej samej grubości, wykazuje takie same właściwości izolacyjne.

4.13.1. Ściany jednowarstwowe.

Ściany jednowarstwowe buduje się stosunkowo szybko, po wymurowaniu są gotowe do tynkowania. Nie ociepla się ich warstwą izolacyjną, co prowadzi do oszczędności (na materiale izolacyjnym, ale także na pracy ekipy wykończeniowej). Przy wznoszeniu ścian jednowarstwowych należy jednak wziąć pod uwagę zachowanie ich rozsądnej smukłości.

Budynki wzniesione do końca 2020 roku podlegają wymogowi wykazywania przez zewnętrzne ściany współczynnika przenikania ciepła $U \leq 0,23$ W/(mK). Wymóg taki spełnia jednowarstwowa ściana wykonana z betonu komórkowego o odmianie 400 o grubości 46 cm. Od początku 2021 roku, wymogi dotyczące izolacyjności termicznej ścian zewnętrznych ulegną restrykcyjnemu zaostrzeniu do $U \leq 0,20$ W/(mK). W celu spełnienia tych wymagań należałoby by wznieść ścianę z betonu komórkowego o odmianie 400 o grubości co najmniej 54 cm.

Mimo zalet ścian jednowarstwowych warto, w świetle zaostrzonych norm, rozważyć, czy ścianę jednowarstwową o grubości 54 cm nie zastąpić ścianą z betonu komórkowego odmiany 400 o grubości 36 cm ocieploną 5 cm warstwą styropianu ($\lambda \leq 0,031$ W/(mK)) lub ścianą z odmiany 400 o grubości 30 cm i 8 cm warstwą takiego styropianu.

Odmiana 400 betonu komórkowego charakteryzuje się najlepszą izolacyjnością termiczną spośród wszystkich odmian konstrukcyjnych produkowanych przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA i jest dedykowana budynkom energooszczędnym.

4.13.2. Ściany ocieplone izolacją termiczną.

W zdecydowanej większości przypadków, ściany zewnętrzne z betonu komórkowego, mimo swoich znakomitych właściwości izolacyjnych (praktycznie bezkonkurencyjnych wśród materiałów ściennych), aby sprostać aktualnym wymaganiom muszą zostać ocieplone dodatkową izolacją termiczną. Beton komórkowy może być ocieplany dowolnymi materiałami izolacyjnymi. Przykładowe obliczenia dla ścian zewnętrznych umieszczone są w tabelach poniżej. Dobór rodzaju i grubości termoizolacji zależy od decyzji projektanta.

| Materiał konstrukcyjny | | Materiał izolacyjny | | | Cała przegroda | | | | |
|--|-------------|--------------------------|--|-------------|--------------------------|--|--|------|--|
| Odmiana betonu komórkowego (λ [W/(mK)]) | Grubość [m] | R [(m ² K)/W] | Rodzaj termoizolacji (λ [W/(mK)]) | Grubość [m] | R [(m ² K)/W] | Σ grubość (w tym tynk 0,005m ²) [m] | Opór cieplny R_T ($R_{si} = 0,13$; $R_{se} = 0,04$; R obustronnego tynku = 0,02) [(m ² K)/W] | | Współczynnik przenikania ciepła U_c [W/(m ² K)] |
| | | | | | | | | | |
| 700 (0,195) | 0,30 | 1,54 | Styropian grafitowy (0,031) | 0,10 | 3,23 | 0,41 | 4,95 | 0,20 | |
| | 0,24 | 1,23 | | 0,12 | 3,87 | 0,37 | 5,29 | 0,19 | |
| | 0,18 | 0,92 | | 0,12 | 3,87 | 0,31 | 4,98 | 0,20 | |
| 600 (0,17) | 0,30 | 1,76 | | 0,10 | 3,23 | 0,41 | 5,18 | 0,19 | |
| | 0,24 | 1,41 | | 0,12 | 3,87 | 0,37 | 5,47 | 0,18 | |
| | 0,18 | 1,06 | | 0,12 | 3,87 | 0,31 | 5,12 | 0,20 | |
| 500 (0,145) | 0,30 | 2,07 | | 0,10 | 3,23 | 0,41 | 5,48 | 0,18 | |
| | 0,24 | 1,66 | | 0,10 | 3,23 | 0,35 | 5,07 | 0,20 | |
| | 0,18 | 1,24 | | 0,12 | 3,87 | 0,31 | 5,30 | 0,19 | |
| 400 (0,11) | 0,36 | 3,27 | | 0,05 | 1,61 | 0,42 | 5,08 | 0,20 | |
| | 0,30 | 2,73 | | 0,08 | 2,58 | 0,39 | 5,50 | 0,18 | |
| | 0,24 | 2,18 | | 0,08 | 2,58 | 0,33 | 4,95 | 0,20 | |
| | 0,18 | 1,64 | 0,10 | 3,23 | 0,29 | 5,05 | 0,20 | | |

Tabela 20. Przykład obliczeń izolacyjności cieplnej dla ścian z betonu komórkowego ocieplonych styropianem grafitowym.

| Materiał konstrukcyjny | | Materiał izolacyjny | | | Cała przegroda | | | |
|--|-------------|--------------------------|--|-------------|--------------------------|--|--|--|
| Odmiana betonu komórkowego (λ [W/(mK)]) | Grubość [m] | R [(m ² K)/W] | Rodzaj termoizolacji (λ [W/(mK)]) | Grubość [m] | R [(m ² K)/W] | Σ grubość (w tym tynk 0,005mx2 [m]) | Opór cieplny R_T ($R_{si} = 0,13$; $R_{se} = 0,04$; $R_{obustronnego\ tynku} = 0,02$) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U_c [W/(m ² K)] |
| 700 (0,195) | 0,30 | 1,54 | Wełna mineralna (0,037) | 0,12 | 3,24 | 0,43 | 4,97 | 0,20 |
| | 0,24 | 1,23 | | 0,14 | 3,78 | 0,39 | 5,2 | 0,19 |
| | 0,18 | 0,92 | | 0,14 | 3,78 | 0,33 | 4,9 | 0,20 |
| 600 (0,17) | 0,30 | 1,76 | | 0,11 | 2,97 | 0,42 | 4,93 | 0,20 |
| | 0,24 | 1,41 | | 0,14 | 3,78 | 0,39 | 5,39 | 0,19 |
| | 0,18 | 1,06 | | 0,14 | 3,78 | 0,33 | 5,03 | 0,20 |
| 500 (0,145) | 0,30 | 2,07 | | 0,10 | 2,70 | 0,41 | 4,96 | 0,20 |
| | 0,24 | 1,66 | | 0,12 | 3,24 | 0,37 | 5,09 | 0,20 |
| | 0,18 | 1,24 | | 0,14 | 3,78 | 0,33 | 5,22 | 0,19 |
| 400 (0,11) | 0,36 | 3,27 | | 0,06 | 1,62 | 0,43 | 5,08 | 0,20 |
| | 0,30 | 2,73 | | 0,08 | 2,16 | 0,39 | 5,08 | 0,20 |
| | 0,24 | 2,18 | | 0,10 | 2,70 | 0,35 | 5,07 | 0,20 |
| | 0,18 | 1,64 | 0,12 | 3,24 | 0,31 | 5,07 | 0,20 | |

Tabela 21. Przykład obliczeń izolacyjności cieplnej dla ścian z betonu komórkowego ocieplonych wełną mineralną.

4.13.3. OD 200 – beton komórkowy jako materiał izolacyjny.

Odmiana OD 200 została wprowadzona na rynek w 2019 roku. Jest produktem unikatowym, opatentowanym przez Prefabet Osława Dąbrowa SA. Materiał ten przeznaczony jest do pełnienia w budynkach funkcji izolacji termicznej, może być jednak wykorzystywany także do wznoszenia niekonstrukcyjnych (nie przenoszących żadnych obciążeń) przegród oddzielających, które nie muszą wykazywać izolacyjności akustycznej.

OD 200 jest materiałem niepalnym, o klasie ognioodporności A1, stanowi to ogromną przewagę tego produktu w porównaniu z większością materiałów termoizolacyjnych. Należy podkreślić, że beton komórkowy nie zawiera w sobie substancji organicznych, przez co nie ulega żarzeniu. Niepalność OD 200 predestynuje ten materiał jako izolację stosowaną w budynkach zabytkowych i z podwyższonymi wymaganiami przeciwpożarowymi.

OD 200 może być wykorzystany jako izolacja termiczna nowo wznoszonych budynków, możliwy przekrój przegrody przedstawia Tabela 22.

| Materiał konstrukcyjny | | OD 200 $\lambda = 0,06$ [W/(mK)] | | | Cała przegroda | | |
|---|----------------|--|----------------|------------------------------|--|---|---|
| Rodzaj materiału (λ [W/(mK)]) | Grubość [m] | R [(m ² K)/ W] | Grubość [m] | R [(m ² K)/ W] | Σ grubość (w tym tynk 0,005mx2 [m]) | Opór cieplny R_T ($R_{si} = 0,13$; $R_{se} = 0,04$; R obustronnego tynku = 0,02) [(m ² K)/W] | Współczynnik przenikania ciepła U_c [W/(m ² K)] |
| Ekosilikat N 18 (0,55) | 0,18 | 0,33 | 0,28 | 4,67 | 0,47 | 5,15 | 0,19 |
| Odmiana 500 (0,145) | 0,24 | 1,66 | 0,20 | 3,33 | 0,45 | 5,18 | 0,19 |

Tabela 22. Przykład obliczeń izolacyjności cieplnej dla ścian z betonu komórkowego odmiany 500 i Ekosilikatu N18 ocieplonych OD 200.

Cechą bezsprzecznie wyróżniającą OD 200 wśród materiałów izolacyjnych jest jego wysoka paroprzepuszczalność, dzięki której może być z powodzeniem wykorzystywany jako izolacja od wewnątrz. Jest to nietypowe zastosowanie, wymuszone np. zabytkową lub unikatową elewacją budynku (nie można zniszczyć jej ociepleniem od zewnątrz) lub ograniczonymi prawami własności (nie ma pozwolenia na ingerencję w stan elewacji). Dzięki niskiemu oporowi dyfuzyjnemu, OD 200 zapewnia dobry przepływ pary wodnej między pomieszczeniem, a ścianą, tzn. warstwa izolacyjna z OD 200 nie tylko pochłania wilgoć z pomieszczenia ale także ją oddaje. Dodatkowo alkaliczny odczyn wody zawartej w porach OD 200 utrudnia rozwój pleśni w warstwie izolacyjnej na jej granicy.

Beton komórkowy OD 200 jest materiałem wyjątkowo lekkim, który nadaje się znakomicie jako dodatkowe ocieplenie poddaszy. Poddasze jest przestrzenią w budynku najbardziej narażoną na zmiany temperatur; łatwo może dojść do ich nadmiernego nagrzania lub wychłodzenia poprzez niedostatecznie ocieploną powierzchnię dachu czy okna dachowe. Jest to tym bardziej dotkliwe, że dodatkowo na zasadzie konwekcji, gorące powietrze unosi się samorzutnie do najwyższej kondygnacji budynku. OD 200 stanowi znikome obciążenie dla konstrukcji, może być łatwo docięte, a przez to dokładnie pokryć ściany szczytowe i pozwoli dostatecznie zaizolować termicznie poddasze.

OD 200 nie jest wyrobem konstrukcyjnym (nie przenosi obciążeń) i wykazuje znikomą izolację akustyczną, ale może być wykorzystane do wznoszenie przegród pełniących rolę odgradzającą czy dekoracyjną (np. osłonięcie części garderoby czy domowej czytelnicy). Ścianki wykonane z OD 200 są lekkie i łatwe do usunięcia, dlatego jest to materiał nadający się do kształtowania kreatywnej przestrzeni w domu.

Ścianki z OD 200 mogą być wznoszone za pomocą zaprawy zwykłej jak i to cienkich spoin.

Ocieplając ścianę za pomocą OD 200 należy całkowicie pokryć powierzchnię płyty OD 200 równomiernie rozłożoną zaprawą do cienkich spoin, a następnie docisnąć płytę do ściany. Nie ma potrzeby pokrywania zaprawą powierzchni bocznych płyt (łączenia zaprawą płyt ze sobą). Po ułożeniu OD 200, ocieplenie powinno zostać otynkowane. Dodatkowo zaleca się, aby w warstwie gruntu zatopić dodatkowe wzmocnienie w postaci siatki.

Do ścianach ocieplonych OD 200 można mocować przedmioty za pomocą stelaży teleskopowych czy kotew spiralnych (podobnie jak w przypadku montowania w warstwie styropianu).

5. Wykonawstwo murów z betonu komórkowego.

Mury z betonu komórkowego wznosi się w zgodzie z ogólnie przyjętą sztuką budowlaną i zapisami norm EC6, do których komentarze można znaleźć między innymi w licznych publikacjach Instytutu Techniki Budowlanej. Wartościowym kompendium wiedzy na temat murowania z betonu komórkowego jest poradnik *Zeszyt techniczny SPB – wykonawstwo z ABK, Zeszyt 4*.

5.1. Spoiny.

Wyroby z betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA posiadają dokładność wymiarową TLMA, która umożliwi wykonywanie ścian za pomocą zaprawy zwykłej jak i do cienkich spoin.

Spoina wypełniona zaprawą tradycyjną może mieć szerokość od 6 do 15 mm, nominalnie jest to 10 mm, natomiast tzw. cienka spoina powinna mieścić się w zakresie od 0,5 do 3 mm, nominalnie 2 mm (na podstawie PN-EN 1996-1-1+A1).

Podczas wznoszenia muru powierzchnia wsporna elementów powinna być całkowicie i równomiernie pokryta zaprawą. Jeżeli wyrób posiada pióro-wpust dopuszcza się niewypełnianie zaprawą spoin pionowych między powierzchniami czołowymi, ale należy pamiętać, że taka niewypełniona spoina (szczelina) nie powinna przekraczać 2 mm. Dlatego warto decyzję o nie wypełnianiu zaprawą powierzchni czołowych podjąć świadomie już na etapie projektowania. Poprzez wypełnienie spoin pionowych rozumie się pokrycie powierzchni czołowej zaprawą na całej jej wysokości i w co najmniej 0,4 jej szerokości. Jeżeli podjęto decyzję o niewypełnianiu spoin pionowych z pióro-wpustem, należy zwrócić szczególną uwagę na dokładne dosunięcie do siebie elementów (≤ 2 mm), a co za tym idzie, jeżeli wyrób zostanie uszkodzony, np. w czasie transportu lub na placu budowy zostanie utracony fragment powierzchni czołowej, i po dosunięciu elementów powstanie szczelina większa niż 2 mm, to należy ją wypełnić zaprawą. Bardzo ważną kwestią dotyczącą niewypełniania zaprawą spoiny pionowej jest poprawna metoda układania elementów w warstwie, to znaczy elementy z pióro-wpustem wsuwa się na siebie od góry (domkniecie się zamków, wpusty wchodzą w wypusty), natomiast niedopuszczalne jest dosuwanie wyrobów do

siebie w poziomie (jest to wykluczone ponieważ takie dosuwanie prowadzi do nadmiernego gromadzenia się zaprawy w dolnej części spoiny czołowej. Ustawienie bloczka ostatecznie koryguje się dobijając od góry młotkiem gumowym. Zaprawa zwykła powinna być stosowana zawsze, gdy konieczne jest niwelowanie nierówności, dlatego wykorzystuje ją się w czasie wznoszenia pierwszej warstwy muru.

Trzeba podkreślić, że wszelkie szacunki czy obliczenia dotyczące muru zawierają w sobie założenie, że jest on wykonany poprawnie, co nieodzownie łączy się z poprawnie wykonanymi spoinami. Niepoprawnie wykonany mur z betonu komórkowego, posiadający szerokie niewypełnione spoiny lub wypełnione źle dobraną zaprawą może posiadać cechy gorsze od przewidywanych na podstawie parametrów materiału, dotyczy to przede wszystkim takich cech muru jak: izolacyjność cieplna, izolacyjność akustyczna, odporność ogniowa, nośność. Można pokusić się o stwierdzenie, że źle wykonana spoina jest pod wieloma względami punktowym osłabieniem muru.

5.2. Zaprawy murarskie.

Mury z betonu komórkowego mogą być wznoszone na zaprawie zwykłej jak i na zaprawie do cienkich spoin.

Zaleca się, aby zaprawa zwykła była наносzona kielnią murarską, a zaprawa do cienkich spoin za pomocą kielni ząbkowanej (równomierne rozłożenie zaprawy na całej szerokości bloczka) na długości nie dłuższej niż 3 m (unikanie wysychania zaprawy).

Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie jest wypadkową wytrzymałości materiału ściennego i zaprawy (wytrzymałość zaprawy do cienkich spoin jest zanedbywana). Uważa się, że wytrzymałość zaprawy nie powinna być większa niż wytrzymałość materiału ściennego, co zapobiega pojawianiu się w murze niepożądanych naprężeń. Zaprawy murarskie zwykle określa się za pomocą klas, czyli litery M i liczby oznaczającej wytrzymałość na ściskanie danej zaprawy po 28 dniach twardnienia podawanej w MPa. Do wznoszenia murów z betonu komórkowego zaleca się stosowanie zapraw o klasie M5. Należy tak dobrać konsystencję zaprawy zwykłej, aby bloczki nie osiadały pod swoim ciężarem.

5.3. Wznoszenie muru.

Kolosalne znaczenie dla jakości nowo powstałego muru ma jego pierwsza warstwa, wynika to z faktu, że jej ewentualne niedoskonałości będą się powielały i uwydatniały w kolejnych warstwach muru. Należy dołożyć maksymalnych starań do jej precyzyjnego wykonania czyli dokładnego wypoziomowania i zgodności z wytycznymi projektowymi. Do wykonania pierwszej warstwy muru zaleca się stosowanie zaprawy zwykłej, co umożliwi odpowiednio wyrównanie konstrukcji i niwelowanie nierówności. Mur z betonu komórkowego powinien być zabezpieczony przed

podciąganiem kapilarnym wilgoci ze ścian fundamentowych, w tym celu należy pod pierwszą warstwą muru ułożyć warstwę hydroizolacji (np. folia hydroizolacyjna lub papa termozgrzewalna).

Zaleca się aby stawianie kolejnych warstw nastąpiło dopiero po stwardnieniu zaprawy w warstwie pierwszej, aby elementy murowe nie osiadły pod ciężarem wznoszonego muru. Górna powierzchnia każdej warstwy powinna być równa i oczyszczona z pyłu, a jest to szczególnie ważne przy zastosowaniu cienkich spoin. Przed ułożeniem każdej kolejnej warstwy należy zeszlifować górną powierzchnię wcześniejszej warstwy (usunięcie drobnych nierówności), a następnie usunąć powstały pył. Trzeba pamiętać, że rozłożenie zaprawy na zbyt długim odcinku może doprowadzić do jej przedwczesnego wyschnięcia.

Kolejne warstwy należy łączyć w taki sposób, aby stanowiły jeden element konstrukcyjny. W tym celu wykorzystuje się tzw. przewiązanie murarskie, tzn. w kolejnych warstwach bloczki powinny nachodzić na siebie na długości, i to nie mniejszej niż 0,4 ich wysokości, typowe wyroby produkowane przez Prefabet Osława Dąbrowa SA mają wysokość 24 cm, co oznacza, że spoiny pionowe w murze powinny mijać się w każdej warstwie co najmniej o 9,6 cm (w praktyce jest to ok. 10 cm).

Bardzo ważne jest, aby kolejne warstwy były odpowiednio wypoziomowane, dlatego sugeruje się rozpoczęcie układania warstw od ułożenia elementów narożnych, częste kontrolowanie muru za pomocą poziomicy i stabilizowanie elementów po ułożeniu w warstwie za pomocą młotka gumowego.

Poprawnie wzniesiony mur powstaje zawsze dzięki pracy, wiedzy i doświadczeniu ekipy budowlanej i osób za budowę odpowiedzialnych, którzy m.in. obserwują jak zachowuje się zaprawa w spoinach pod wpływem ciążenia kolejnych warstw i decydują jak szybko może być wznoszony mur.

5.4. Docinanie elementów.

Wielką przewagą betonu komórkowego nad innymi materiałami ściennymi jest łatwość z jaką można dokonać jego obróbki, czyli przede wszystkim docinania elementów, nawet o nietypowych kształtach. Docięcia odpowiednich elementów można dokonać za pomocą np. piły widiowej czy piły taśmowej, wsparciem może być też prowadnica kątowa do równego docinania bloczków. Docięte elementy umożliwiają poprawne wykonanie przewiązania murarskiego, ścian szczytowych czy murów o finezyjnych kształtach np. o narożnikach o kącie innym niż 90° czy ścian w kształcie łuku.

5.5. Łączenie ścian.

Ściany w budynku muszą być ze sobą ściśle połączone, tak by zachowana była szczelność całej konstrukcji i aby możliwe było przenoszenie obciążeń z jednej przegrody na drugą (ściany nośne).

Zalecany sposób łączenia ścian wykonanych z betonu komórkowego jest wykorzystanie przewiązania murarskiego z wykorzystaniem całych lub dociętych elementów. Jeżeli ściana zewnętrzna ma zostać ocieplona (większość przypadków) to ściana wewnętrzna nośna powinna być przemurowana z nią na całej jej grubości. W przypadku ścian jednowarstwowych wykonanych z odmiany 400 przemurowanie ściany zewnętrznej z nośną ścianą wewnętrzną powinno powstać na głębokości ok. 15 cm (znielowanie mostka cieplnego na przewiązaniu).

Łączenie ścian za pomocą przewiązania oznacza, że wszystkie stykające się ściany muszą być budowane jednocześnie. W sytuacji, w której projekt zakłada niejednoczesne wznoszenie ścian nie jest możliwe ich łączenie za pomocą przewiązania. Najczęściej dotyczy to łączenia nienośnych ścian działowych z wcześniej wzniesionymi nośnymi ścianami zewnętrznymi. Łączenie takie zaleca się wykonać za pomocą łączników metalowych (prostych bądź kątowych), kątowników przytwierdzonych wzdłuż całej wysokości ściany lub poziomego zbrojenia w spoinach wspornych obydwu ścian. Przy wykorzystaniu metalowych łączników lub zbrojenia należy pamiętać aby były one umieszczane zawsze w zaprawie, tzn. bez ich bezpośredniego styku z bloczkiem z betonu komórkowego.

5.6. Wpływ warunków pogodowych.

Decyzja o rozpoczęciu murowania spoczywa na osobie odpowiedzialnej za budowę. Niemniej jednak warto podkreślić, że niedostosowanie się do warunków pogodowych może mieć znaczny wpływ na osłabienie muru.

Jeżeli prace budowlane prowadzone są w wysokich temperaturach należy nie dopuścić do zbyt szybkiego wysychania muru, w tym celu można zwilżać powierzchnie wsporne bloczków przed ich ułożeniem czy osłaniać mur przed promieniem słonecznym.

Prace budowlane w niskich temperaturach powinny być prowadzone z wykorzystaniem sposobów na zachowanie ciepła w murze (np. maty termoizolacyjne) lub jego czynne ogrzewanie (np. nagrzewnice powietrzne). Warto też rozważyć stosowanie zapraw szybko wiążących.

Nie można wznosić muru z wyrobów przemarzniętych i zawilgoconych, ani układać kolejnych warstw muru jeżeli jest on przemarznięty.

Mur w czasie jego budowy, a zwłaszcza w przerwach między pracami, powinien być chroniony przed czynnikami atmosferycznymi, zarówno przed promieniowaniem słonecznym (nadmierne wysychanie zaprawy) jak i przed opadami, wiatrem i mrozem (złe wiązanie zaprawy).

5.7. Zbrojenie muru.

W obszarach muru, w których zgodnie z przewidywaniem mogą pojawić się rysy (miejscowy wzrost naprężeń) wskazane jest wykonanie zbrojenia w spoinach wspornych.

Do zbrojenia spoin wspornych należy używać specjalnych zbrojeń dedykowanych do tego celu przez ich producenta (m.in. odpowiedni rodzaj stali). Dobierając zbrojenie należy zwrócić uwagę na to czy jest ono konstrukcyjne tzn. przystosowane do pełnienia funkcji nośnej w murze, czy niekonstrukcyjne tzn. nie będzie mogło pełnić funkcji nośnej, ale może ograniczać pojawianie się rys w murze.

Należy zawsze pamiętać, że zbrojenie powinno być całkowicie zatopione w zaprawie i nie dotykać bezpośrednio bloczka z betonu komórkowego. Norma EN-PN 1996-1-1+A1 wskazuje, że zbrojenie w spoinie wspornej wykonanej na zaprawie zwykłej powinno być otulone zaprawą na grubości 15 mm liczonej od lica ściany (z obu stron), innymi słowy: 15 mm zaprawy powinno dzielić zbrojenie od lica ściany; a wysokość spoiny powinna być co najmniej o 5 mm większa niż średnica zbrojenia, tzn. grubość zaprawy nad i pod zbrojeniem powinna wynosić średnio ok. 2,5 mm. Poradnik *Rozszerzenie podstaw naukowych ustaleń Eurokodu 6 „Projektowanie konstrukcji murowych”, Tom 2, ITB, Warszawa 2008* podaje, że w przypadku cienkich spoin zbrojenie powinno być oddzielone od lica ściany o co najmniej 20 mm, a warstwa zaprawy nad i pod zbrojeniem powinna wynosić przynajmniej 1 mm, a cała spoina, co do zasady, powinna mieć grubość ok. 3 mm.

Obszarem ściany, na który warto zwrócić szczególną uwagę ze względu na ryzyko pojawienia się rys są okolice otworów (okna, drzwi). Zaleca się ułożenie zbrojenia poziomego w 2 - 3 kolejnych spoinach wspornych pod każdym otworem, przy czym zbrojenie powinno obejmować cały pas podokienny i wystawać poza krawędzie otworu z jego prawej i lewej strony na 50 - 80 cm. Według Poradnika *Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, Część A Roboty ziemne i konstrukcyjne, Zeszyt 3 Konstrukcje murowe, ITB, Warszawa 2015*, w przypadku dużych otworów (szerokość $\geq 2,5$ m) nie ma konieczności wypełnienia zbrojeniem całego pasu podokiennego, natomiast długość zbrojenia powinna być zróżnicowana tzn. zbrojenie w spoinie wspornej bezpośrednio pod otworem powinno wystawać poza krawędź otworu na 50 – 80 cm i w takiej samej długości znajdować się pod samym otworem, natomiast zbrojenie w kolejnych warstwach powinno się stopniowo wydłużać tak by fikcyjna linia łącząca zakończenia zbrojenia leżała pod kątem 45° do poziomu.

5.8. Nadproża.

W murach wykonanych z betonu komórkowego można wykorzystywać różnego rodzaju nadproża: wykonywane na miejscu budowy (murowe ze zbrojeniem lub monolityczne), prefabrykowane (wykorzystujące korytkowe kształtki murowe, złożone, zespolone). Przy wykorzystaniu gotowych, prefabrykowanych rozwiązań należy stosować się do zaleceń ich producentów.

Nadproża na ich długości i szerokości powinny być oparte na wypoziomowanej zaprawie, a nadproża murowe i zespolone należy podpierać aż do czasu uzyskania przez nie zamierzonej wytrzymałości.

Poradnik *Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, Część A, Roboty ziemne i konstrukcyjne, Zeszyt 3, Konstrukcje murowe, ITB, Warszawa 2015* wskazuje, że minimalne dopuszczalne oparcie nadproża nad otworem może wynosić 10 cm. Wyjątkiem jest sytuacja, w której zbrojenie nośne nadproża ułożone jest na długości minimum 20 cm w betonie w miejscu wbudowania, wtedy minimalne oparcie nadproża może wynosić 5 cm. Co do ścian szczelinowych, oparcie nadproża powinno sięgać przynajmniej 5 cm poza element zamykający szczelinę wewnętrzną.

5.9. Oparcie stropu.

Ściany wymurowane z betonu komórkowego mogą być oparciem dla wszystkich rodzajów stropów. Przy wykorzystaniu gotowych rozwiązań, takich jak np. stropy gęstożebrowe, płyty typu filigran, płyty kanałowe czy też inne prefabrykowane i półprefabrykowane systemy stropowe należy stosować się do wytycznych ich producentów.

Norma PN-EN 1996-1-1+A1 mówi wyraźnie, że opierane na ścianach stropy i dachy muszą mieć zapewnioną pewną konieczną długość przekazywania obciążenia, która pozwoli na zapewnienie wymaganej nośności na obciążenia pionowe i na ścinanie, uwzględniając także tolerancję produkcji i montażu wszystkich elementów. Dokonanie obliczenia minimalnej długości oparcia stropu powinno uwzględniać rodzaj podpory (beton komórkowy); rodzaj, rozpiętość i obciążenie stropu. Producenci systemów stropowych często podają wymaganą „bezpieczną” minimalną długość oparcia ich stropu bez rozróżniania ze względu na jego rozpiętość czy obciążenie. Na etapie projektu należy zwrócić uwagę czy wymagane długości oparcia stropu nie są większe niż grubość samej podpory, dotyczy to głównie wewnętrznych ścian nośnych, na których strop musi oprzeć się z jednej i drugiej strony. Mur z betonu komórkowego powinien być równomiernie obciążony na całej powierzchni, dlatego stropy powinny być oparte na ścianach z betonu komórkowego za pośrednictwem wieńców i poduszek żelbetowych.

Ważnym aspektem konstrukcyjnym jest utrzymanie odpowiedniej sztywności stropów, co zapobiega pojawianiu się zarysowań na ścianach, ma to szczególne znaczenie gdy na stropie mają stać ściany działowe. Na sztywność stropu wpływają wszystkie aspekty składające się na jego poprawne wykonanie, zwłaszcza jego właściwe zbrojenie i zapewnienie odpowiedniego podparcia stropu na czas jego montażu i betonowania.

5.10. Wieńce stropowe.

Wieńiec stropowy to obwodowy ściąg stanowiący strefę przypodporową stropu, w dużej mierze decyduje o stabilności budynku. Wieńiec znajduje się na poziomie stropu lub bezpośrednio pod nim (tzw. wieńiec opuszczony). Wieńiec ma za zadanie zagwarantować zwartość budynku, wyrównać różnice odkształceń wynikające z odmiennych modułów sprężystości poszczególnych segmentów i nierównomiernego osiadania, jest on także elementem konstrukcyjnym. Według normy PN-EN

1996-1-1 ściągi obwodowe mogą być wykonane nie tylko z żelbetu (wieńiec żelbetowy), ale także stali czy drewna, muszą być natomiast zdolne do przenoszenia rozciągającej siły obliczeniowej równej co najmniej 45 kN. Norma ta mówi także, że ściągi żelbetowe powinny zawierać przynajmniej dwa pręty zbrojenia o minimalnym przekroju 150 mm².

Poprawne wykonanie wieńca oznacza także zadbanie o jego ocieplenie. Wieńiec wykonany z żelbetu posiada wysoki współczynnik przewodzenia ciepła, a to oznacza, że bez odpowiedniej izolacji termicznej ciepło może przez niego łatwo migrować i cały wieńiec może stanowić mostek termiczny.

5.11. Ściany kolankowe.

W celu zwiększenia powierzchni użytkowej poddasza dokonuje się podniesienia dachu, tzn. dach nie spoczywa na wieńcu ostatniej kondygnacji, ale na dobudowanej ścianie, tzw. ścianie kolankowej. Miejsce podparcia dachu narażone jest na duże naprężenia rozciągające, aby ściana kolankowa mogła je wytrzymać powinna zostać wzmocniona. Odpowiednie wzmocnienie ściany kolankowej dobierane jest przez projektanta i uwzględnia m.in. wysokość ściany i ciężar dachu. Jeżeli wzmocnienie stanowią słupy żelbetowe to należy pamiętać o ich poprawnym zakotwieniu w wieńcach stropowym i dachowym, oraz połączeniu z murem (np. za pomocą metalowych łączników).

5.12. Ściany szczytowe.

W budynkach o dwuspadowym dachu występują ściany szczytowe, tj. trójkątne ściany boczne na poziomie poddasza. Ściany szczytowe nie przenoszą dużych obciążeń w czasie użytkowania budynku (obciążenia przenoszą ściany kolankowe). Problematiczny jest natomiast sam etap wznoszenia budynku, ponieważ gdy ściana szczytowa już stoi, a nie wykonano jeszcze pokrycia dachu, ściana taka narażona jest na działanie wiatru. Z tego powodu projektant może zdecydować się na wzmocnienie ściany szczytowej za pomocą np. żelbetowych słupów, belek poziomych czy ukośnych wieńców. Słupy i ukośne wieńce powinny być zakotwione w wieńcu ściany niższej kondygnacji. Wzmocnienie ściany szczytowej należy wziąć pod uwagę przede wszystkim jeżeli jest ona wysoka (ponad 3 m).

5.13. Ściany wzmocnione.

Jeżeli przewiduje się, że ściany budynku będą przenosić bardzo duże obciążenia, np. kiedy ściany są bardzo długie lub wykonuje się okna narożne to projektant może uznać za zasadne wykonanie wzmocnienia ścian z betonu komórkowego. Wzmocnienie takie to przede wszystkim żelbetowe trzpienie (słupy), które przejmują obciążenia konstrukcji i przekazują ją na fundamenty.

Trzpienie wykonywane są na placu budowy, albo przed wymurowaniem ściany (ściana powinna być potem połączona ze słupem za pomocą łączników), albo po wymurowaniu ściany (wtedy ściana powinna posiadać strzępia, dzięki którym ściana dobrze połączy się ze słupem). Planując izolację termiczną budynku (jej rodzaj i grubość) należy wziąć pod uwagę także obecność ewentualnych żelbetowych wzmocnień.

5.14. Ściany piwniczne.

Jako, że na ściany piwnic działają nie tylko obciążenia pionowe, ale także obciążenia wynikające z naporu gruntu, ściany piwniczne z betonu komórkowego należy wznosić zawsze z całkowicie wypełnionymi zaprawą spoinami. Ściany piwnic trzeba zabezpieczyć przed zawilgoceniem, a dobór odpowiedniej hydroizolacji powinien uwzględniać rodzaj gruntu, w którym znajduje się piwnica.

Chociaż istnieje możliwość wznoszenia ścian piwnicznych z betonu komórkowego (zalecaną do ścian piwnicznych odmianą betonu komórkowego jest odmiana 700) to warto rozważyć wykorzystanie w tym celu Ekosilkiatów, które są materiałami o wyższej wytrzymałości i niższej nasiąkliwości.

5.15. Wnęki i bruzdy.

Kwestia wykonania wnek i bruzd w ścianach wzniesionych z betonu komórkowego jest zazwyczaj powiązana z umieszczeniem w murze instalacji, a zwłaszcza instalacji elektrycznych. Dopuszcza się układanie instalacji w warstwie tynku, dopuszcza się również umieszczenie przewodów w bruzdach wykonanych w ścianie. Bruzdy takie nie powinny przechodzić przez nadproża i wieńce (unikanie pogorszenia stateczności ściany), a także przez zbrojone elementy (uszkodzenie zbrojenia lub jego otuliny). Norma PN-EN 1996-1-1+A1 podaje szczegółowo wymiary wnek i bruzd poziomych i pionowych, których wpływ na nośność ściany jest pomijalny. W każdym innym przypadku należy przeprowadzić odpowiednie obliczenia nośności na obciążenia pionowe, ścinanie i zginanie zredukowanej ściany. Należy pamiętać, że głębokość bruzd i wnek oznacza głębokość najbardziej wsuniętego punktu w obszarze całego powstałego otworu.

| Grubość ściany [mm] | Bruzdy i wneki pionowe wykonane w gotowym murze | | Bruzdy i wneki pionowe wykonane w czasie wznoszenia muru | |
|---------------------|---|--------------------|--|--------------------|
| | Max głębokość [mm] | Max szerokość [mm] | Min dopuszczalna grubość ściany [mm] | Max szerokość [mm] |
| 85 - 115 | 30 | 100 | 70 | 300 |
| 116 - 175 | 30 | 125 | 90 | 300 |
| 176 - 225 | 30 | 150 | 140 | 300 |
| 226 - 300 | 30 | 200 | 215 | 300 |

Tabela 23. Tabela na podstawie PN-EN 1996-1-1+A1 rozdział 8.6.

Dodatkowo według wyżej wymienionej normy :

- bruzdy pionowe w ścianie o grubości ≥ 225 mm, niewychodzące powyżej $1/3$ wysokości ściany nad stropem mogą mieć max głębokość 80 mm i max szerokość 120 mm;
- odległość między sąsiednimi bruzdami pionowymi nie może być mniejsza niż 225 mm;
- odległość między sąsiednimi wnękami (po jednej lub po obu stronach muru) nie może być mniejsza niż dwukrotna szerokość szerszej z dwóch wnęk;
- łączna szerokość pionowych wnęk i bruzd w ścianie powinna być mniejsza niż $0,13$ długości samej ściany.

Dla bruzd poziomych i ukośnych:

| Grubość ściany [mm] | Max głębokość bruzd poziomych ukośnych [mm] | |
|---------------------|---|------------------------|
| | Długość bez ograniczeń | Długość ≤ 1250 mm |
| 85 - 115 | 0 | 0 |
| 116 - 175 | 0 | 15 |
| 176 - 225 | 10 | 20 |
| 226 - 300 | 15 | 25 |

Tabela . Tabela na podstawie PN-EN 1996-1-1+A1 rozdział 8.6.

Przy czym według PN -EN 1996-1-1+A1:

- bruzdy poziome i ukośne powinny znajdować się do $1/8$ wysokości ściany (nad lub pod stropem);
- odległość między końcem bruzdy a otworem może być ≥ 500 mm;
- odległość pozioma między bruzdami o ograniczonej długości (po jednej lub obu stronach ściany) może być \geq dwukrotnej długości bruzdy dłuższej;
- w ścianach o grubości ≥ 150 mm bruzdy wycinane maszynowo mogą mieć głębokość zwiększoną o 10 mm, a w ścianach o grubości ≥ 225 mm bruzdy takie mogą znajdować się po obu stronach ściany;
- szerokość żadnej bruzdy nie może przekraczać połowy grubości ściany w danym miejscu.

5.16. Wykończenie muru.

Do tynkowania ścian z betonu komórkowego warto wykorzystać tynki dedykowane do tego wyrobu, które mogą być nakładane ręcznie bądź maszynowo. W czasie tynkowania należy stosować się do wytycznych producenta zaprawy tynkarskiej. Przed rozpoczęciem tynkowania ściana powinna być dokładnie oczyszczona, a w okresie letnim warto rozważyć jej zwilżenie. Dobrą praktyką jest nie rozpoczynanie tynkowania zaraz po oddaniu stanu surowego, ale wstrzymanie się jakiś czas (nawet kilka miesięcy), aby budynek zdążył się osuszyć i zakończyła się zasadnicza faza jego osiadania.

W celu przymocowania czegoś do ścian wykonanych z betonu komórkowego należy stosować specjalnie dedykowane do tego materiału kotwy i kołki.

5.17. Odbiór robót murowych.

Mury wykonane z betonu komórkowego powinny być wykonane zgodnie z wymaganiami norm EC6 i ogólnie przyjętą sztuką budowlaną. Odbiór robót murowych powinien nastąpić po ich zakończeniu, ale przed rozpoczęciem prac tynkarskich. Warto także przeprowadzać odbiory częściowe, co umożliwi szybszą korektę ewentualnych błędów. Odbiór robót murowych obejmuje w skrócie:

- zgodność konstrukcji i zastosowanych materiałów budowlanych z dokumentacją projektową;
- prawidłowość wiązania elementów murowych;
- prawidłowość wykonania spoin (ich grubość i wypełnienie);
- poprawność doboru i zastosowania zbrojenia;
- sprawdzenie odchylenia muru od pionu (dopuszcza się +/- 20 mm odchylenia na każdej kondygnacji; przy budynkach powyżej trzech kondygnacji dopuszcza się +/- 50 mm odchylenia);
- sprawdzenie przesunięcia w pionie jednej kondygnacji względem drugiej (dopuszcza się +/- 20 mm odchylenia);
- sprawdzenie odchylenia od poziomu (dopuszcza się +/- 10 mm odchylenia na każdym metrze i +/- 50 mm odchylenia na 10 metrach);
- sprawdzenie odchylenia powierzchni muru od płaszczyzny (dopuszcza się +/- 10 mm odchylenia na dwóch metrach);
- sprawdzenie grubości warstwy ściany (dopuszcza się odchylenie +/- 5 mm lub 5 % grubości warstwy, za miarodajną uważana jest wartość większa; w przypadku ściany szczelinowej dopuszcza się +/- 10 mm odchylenia);
- sprawdzenie kątów pomiędzy płaszczyznami dwóch sąsiednich murów (+/- 1 mm odchylenia);
- prawidłowość wykonania bruzd i wnęk;
- prawidłowość wykonania ścianek działowych (zwłaszcza ich połączenie ze ścianami nośnymi);
- prawidłowość wykonania nadproży,
- prawidłowość wykonania przerw dylatacyjnych;

- prawidłowość osadzenia stropów na murze

Wszystkie wyżej wymienione dopuszczalne odchyłki zaczerpnięte są z normy PN - EN 1996 - 2.

6. Podsumowanie.

Konstrukcyjne odmiany betonu komórkowego produkowanego przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA to materiały:

- od dziesięcioleci obecne na Polskim rynku materiałów budowlanych;
- o wytrzymałości na ściskanie pozwalającej na wykonanie z nich nie tylko domów jednorodzinnych, ale także budynków wielokondygnacyjnych;
- niepalne, o najwyższej klasie odporności ogniowej A1;
- pełniące w budynkach rolę konstrukcyjno – izolacyjną, co pozwala ograniczyć grubość izolacji termicznej na zewnętrznych ścianach budynku;
- stosunkowo duże i lekkie, co ułatwia i przyspiesza wznoszenie muru;
- wykonane w restrykcyjnej tolerancji wymiarowej umożliwiającej wznoszenie z nich murów za pomocą zaprawy do cienkich spoin, co przekłada się na oszczędności i niwelowanie mostków cieplnych;
- łatwe w obróbce, dzięki czemu można z nich wznosić nawet mury o skomplikowanych kształtach;
- wykazujące izolacyjność akustyczną pozwalającą wykorzystywać je jako materiał na ściany działowe;
- niesprzyjające rozwojowi pleśni;
- podlegające całkowitemu recyklingowi i neutralne dla środowiska;
- mogące posiadać pióro-wpusty umożliwiające wznoszenie murów bez wypełniania zaprawą spoin poziomych, co przekłada się na oszczędności w zaprawie i znacznie przyspiesza prace murarskie;
- opcjonalnie wyposażone w uchwyty ułatwiające ich przenoszenie i murowanie.

Materiał izolacyjny OD 200 czyli odmiana betonu komórkowego o gęstości $220 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ to materiał:

- unikatowy na rynku budowlanym;
- opatentowany przez Prefabet Ośława Dąbrowa SA;
- niepalny, o najwyższej klasie odporności ogniowej A1;

- charakteryzujący się niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła, co pozwala wykorzystywać go jako materiał izolacyjny;
- o dobrej paroprzepuszczalności, co umożliwia jego wykorzystanie jako ocieplenie od wewnątrz;
- niesprzyjający rozwojowi pleśni;
- podlegający całkowitemu recyklingowi i neutralne dla środowiska, co stanowi jego wielką przewagę nad tradycyjnymi materiałami izolacyjnymi;
- łatwy w obróbce, pozwalający na szybkie docinanie elementów.