

Fot. 1. Hala we Wrocławiu z widoczną elewacją



fol. Katarzyna Ciepłńska

# Prefabrykowane ściany i ich produkcja

*Jeżeli przy realizacji inwestycji zależy nam na czasie lub chłodny klimat nie pozwala na długotrwałe betonowania, warto zastosować prefabrykowane elementy ściennie. Prefabrykacja gwarantuje nam nie tylko trwałe rozwiązania, ale także tworzenie ciekawej architektury.*

## WPROWADZENIE

Produkcję prefabrykowanych elementów ściennych w Europie rozpoczęto w latach 50-60. XX wieku. Były to ściany jedno- lub dwuwarstwowe. Największy rozkwit produkcji przypada na okres powstawania wielkich osiedli mieszkaniowych. Za rezygnacją z systemu ścian prefabrykowanych przemawiała

Fot. 2. Ściany jedno- i wielowarstwowe



fol. Katarzyna Ciepłńska

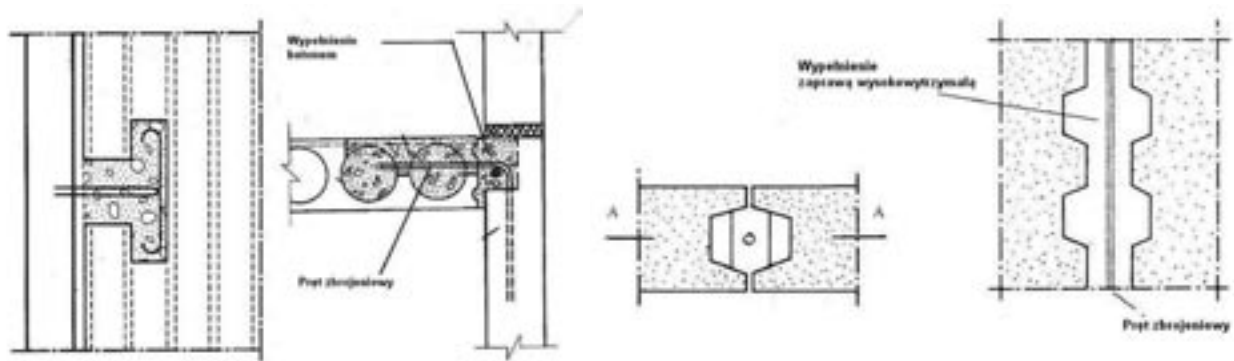
zmiana kierunku inwestowania w budownictwo mieszkaniowe i brak ogólnego zaufania społeczeństwa do wykonania (jego precyzji i jakości), sposobu montażu elementów prefabrykowanych. Dziś, dzięki nowoczesnym systemom w produkcji, planowaniu i organizacji, specjalnie dostosowanemu sprzętowi i technologii wykonania na wysokim poziomie, wzmożonej kontroli produkcji i specjalnym systemom połączeń montażowych – inwestuje się w prefabrykację. Na północy Europy, gdzie prefabrykacja betonowa jest szeroko rozpowszechniona (głównie za sprawą niesprzyjających budownictwu monolitycznemu warunków klimatycznych), udział w produkcji prefabrykacji w odniesieniu do całego budownictwa wyniósł w 2008 r. ok. 50%, z których 1/3 to prefabrykowane elementy ściennie. Co ważne – potencjał prefabrykacji się nie zmienia, na co wskazuje choćby ciągłość zamówień u firm dostarczających sprzęt do zakładów produkcyjnych na całym kontynencie.

W artykule scharakteryzowano prefabrykowane betonowe elementy ściennie, opisano proces ich produkcji i zastosowanie.

## CHARAKTERYSTYKA ELEMENTU

Na asortyment prefabrykowanych elementów ściennych składają się jedno- i wielowarstwowe ściany, pełniące funkcje zewnętrznych i działowych przegród, ściany elewacyjne, przenoszące (lub nie) obciążenia.

Ściany prefabrykowane mogą być produkowane w różnych rozpiętościach, nawet do 20 m, wysokościach (do 4 m) i grubościach (na ogół 0,12-0,38 m) – co zależy od schematu konstrukcji, działającego układu sił, warunków transportu elementu, a przede wszystkim ich przeznaczenia. Wśród nich wyróżniamy:



Fot. 3a. Połączenie ściana-strop, źródło: [2]

Fot. 3b. Połączenie ściana-ściana [2]

- ściany jednowarstwowe (rysunek 2)
- ściany wielowarstwowe typu sandwich (rysunek 2)
- ściany drażone
- ściany płukane
- ściany fundamentowe (tzw. podwalinowe).

Ściany warstwowe składają się na ogół z trzech warstw: z betonowej warstwy wewnętrznej (w. nośna) i/lub zewnętrznej warstwy fakturowej oraz umieszczonej pomiędzy nimi warstwy izolacji – styropianu lub sprasowanej wełny mineralnej.

Płyty ścienne produkowane są z betonu klasy C20/25, C30/37, C35/45 na cementie pozwalającym osiągnąć wysoką wytrzymałość wczesną (w zastosowaniu CEM I), na kruszywie mineralnym (otczakowe, granit, bazalt, grys) o maksymalnym uziarnieniu 16 mm. Na zbrojenie ścian składają się pręty podłużne i gotowe siatki zbrojeniowe o cz-

kach 8-10 mm, wykonane ze stali klasy AIIIIN o średnicy 6-12 (16) mm. Powszechnie stosowana jest mieszanka o konsystencji ciekłej, nie musi to być koniecznie beton SCC. Znana jest technologia produkcji ścian prefabrykowanych, gdzie bezpośrednio przed ułożeniem gęstej, tzn. wilgotnej, mieszanki w formie zostaje ona zawibrowana już w maszynie wibrującej – sposób stosowany m.in. w Norwegii. Ważny aspekt w wykonaniu ścian warstwowych stanowi ich część elewacyjna, często o wymaganiach architektonicznych – w postaci warstwy płytek, cegieł lub z odsłoniętym kolorowanym kruszywem. W celu uzyskania ostatniego z wymienionych efektów zwilża się spodnią powierzchnię formy środkiem opóźniającym wiązanie betonu, dzięki któremu po wypłukaniu powierzchni ściany możliwe jest otrzymanie faktury kamienistej.

Tabela 1. Systemy w produkcji prefabrykowanych elementów ściennych

System	Opis	Zdjęcie
System stołów uchylnych	Stosowany przy produkcji wielkogabarytowych elementów płytowych (ściennych). Dzięki dostatecznie wysokiej jakości wykonania (formy stalowe), możliwości doboru i zmiany elementów deskowania zapewnia elastyczność oraz gwarantuje precyzyjne wykonanie elementów o różnym kształcie i wymiarach. Błaty wyposażone są w sitowniki pneumatyczne, wibratory przyłączeniowe do wibrowania betonu. <u>Wymaganie dla linii produkcyjnej:</u> dostępność miejsca w linii prostej. <u>Wydajność produkcji:</u> do 1000 m <sup>2</sup> /dobę przy podziale pracy 2-3 zmiany.* <u>Przykład zastosowania:</u> FABUD WKB, (Polska) * przy odpowiednim wyposażeniu i organizacji produkcji	
System obiegu blatów	Z przeznaczeniem dla produkcji elementów płytowych (ściennych), o dużych gabarytach. Technologia tego typu wymaga od zakładu pełnego zautomatyzowania i odpowiednich maszyn. Istotne jest posiadanie mobilnego, zdalnie sterowanego węzła betoniarzkiego, zapewniającego dostarczanie mieszanki betonowej zarób za zarobem. <u>Wymaganie dla linii produkcyjnej:</u> dostępność przestrzeni i podział na określone sektory produkcji. Komora dojrzewania ze stojakami. <u>Wydajność produkcji:</u> 700 m <sup>2</sup> /8 godz. pracy.* <u>Przykład zastosowania:</u> EWI (Belgia) * jw	
System form bateryjnych	Z przeznaczeniem dla produkcji elementów płytowych (ściennych), wąskich, wielkogabarytowych, głównie z przeznaczeniem dla ścian jednowarstwowych. Dwustronne obudowanie formy zapewnia utrzymanie dwóch gładkich (elewacyjnych) powierzchni. Formy bateryjne wyposażone są w wibratory przyłączeniowe i system ściennego podgrzewania – rozmieszczony na całej wysokości formy. Możliwość formowania kilku elementów jednocześnie. <u>Wymaganie dla linii produkcyjnej:</u> dostępność przestrzeni w obrębie form w celu rozsunięcia form i rozformowania elementów. <u>Wydajność produkcji:</u> do 1000 m <sup>2</sup> /dobę, przy podziale pracy 2-3 zmiany.* <u>Przykład zastosowania:</u> DSK Blok (Rosja) * jw	

## ZASTOSOWANIE

Płyty ściennie stosowane są jako konstrukcje szkieletowe i osłonowe budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej, biurowców. Stanowią one również część elewacji hal przemysłowych. Ściana łączona zostaje zazwyczaj z elementami stropowymi (strop prefabrykowany, monolityczny) i dachowymi, jak i z elementami ramy, tj. słupami – przykładem mogą być tu ściany podwalinowe, łączone doczołowo za pomocą np. szyn montażowych typu HTA.

Ściany prefabrykowane spełniają szereg wymogów funkcjonalno-użytkowych i technicznych budynku, takich jak: nośność, funkcja statyczna, szczelność, izolacyjność termiczna, ogniochronność, estetyka elewacji i szeroka gama wykończenia.

Dopuszcza się użytkowanie prefabrykowanych płyt ściennych dla większości klas ekspozycji, w tym w środowiskach agresywnych chemicznie, pod warunkiem zaprojektowania i wykonania na eksponowanych powierzchniach płyt odpowiedniej ochrony (trwałej i szczelnej izolacji), chroniącej beton i stal

Tabela 2. Podział procesów produkcji prefabrykatów betonowych – ściany

Proces produkcji prefabrykowanej	Charakter procesu	Opis procesu
1. Dokumentacja	Przygotowawczy	Proces polega na pozyskaniu dokumentów od biura projektowego, które stanowią bazę wyjściową do: <ul style="list-style-type: none"> <li>receptury betonu (klasy ekspozycji, wytrzymałości, konsystencji, składu)</li> <li>odpowiednich projektów rysunkowych (rzuty hal, rodzaj i ilość elementów)</li> <li>schematów zbrojenia (konkretny element)</li> <li>wytycznych umieszczenia zbrojenia i akcesoriów w deskowaniu</li> <li>zebrania wstępnej dokumentacji jakościowej na materiały użyte w produkcji</li> </ul>
2. Przygotowanie zbrojenia	Zasadniczy	Proces polega na wtórzeńiu półprefabrykatu – szkieletu wyrobu prefabrykowanego. Formowanie szkieletu odbywa się w hali zbrojarni, z wykorzystaniem odpowiedniej stali. <p>Proces przygotowania zbrojenia obejmuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>profilowanie prętów (walcowaniu prętów na zimno)</li> <li>prostowanie i cięcie stali dostarczanej w kęgach</li> <li>czyszczenie stali prętowej</li> <li>cięcie stali prętowej</li> <li>gięcie stali prętowej</li> <li>zgrzewanie punktowe drabinek, siatek i przestrzennych szkieletów</li> </ul>
3. Transport i składowanie przygotowanego zbrojenia	Przygotowawczy	Transport pionowy i poziomy odbywa się za pomocą wózków ciągnikowych i suwnic.
4. Przygotowanie deskowania	Przygotowawczy	Proces opiera się na: <ul style="list-style-type: none"> <li>plotowaniu, czyli wyrysowaniu konturów deskowania</li> <li>zastosowaniu i dostosowaniu formy, by zapewnić odpowiedni kształt i jakość wyrobu zgodnie z dokumentacją techniczną</li> <li>dokładnym oczyszczeniu deskowania</li> <li>nasmarowaniu środkiem antyadhezyjnym</li> </ul>
5. Przygotowanie mieszanki betonowej	Przygotowawczy	Proces polega na zadozowaniu składników i ich zmieszaniu wg zadanej receptury. Składowe procesy przygotowania mieszanki betonowej przeprowadzone zostają w węźle betoniarni przy pomocy systemu komputerowego
6. Zabetonowanie <ul style="list-style-type: none"> <li>Formowanie i zagęszczanie mieszanki betonowej</li> <li>Dojrzwianie betonu</li> </ul>	Zasadniczy	Proces polega na: <ul style="list-style-type: none"> <li>umieszczeniu szkieletu zbrojenia w deskowaniu, z podkładkami dystansowymi w celu należytego otulenia stali betonem</li> <li>rozmiszczeniu i ustabilizowaniu wszystkich akcesoriów i marek</li> <li>dostarczeniu mieszanki betonowej w koszu zsypowym na linie produkcyjne, zdalnie sterowanym z miejsca obsługi</li> <li>najbardziej efektywnym ułożeniu mieszanki betonowej w formie zarób za zarobem</li> <li>zagęszczeniu świeżego betonu przy wykorzystaniu metody wibrowania przyczepnościowego, w celu równomiernego rozłożenia mokrego betonu w formie, lub bez wibrowania w przypadku betonu SCC.</li> </ul> <p>Od momentu ułożenia beton zaczyna twardnieć, tzn. dojrzewać, w warunkach naturalnych (przy temp. średniej dobowej +10) w warunkach obniżonych temperatur stosuje się specjalne ostony i/lub stosuje się system grzewczy, umieszczany przy formach (formy bateryjne).</p> <p>Proces dojrzewania trwa 8-16 godzin dla osiągnięcia gwarantowanej wytrzymałości betonu</p>
7. Wyglądanie elementów	Zasadniczy	Proces polega na wygładzeniu górnej powierzchni formowanego elementu za pomocą jednej z metod: <ul style="list-style-type: none"> <li>zawibrowanie mieszanki betonowej i wygładzenie listwą górnej powierzchni</li> <li>wygładzanie przy pomocy sprzętu zw. zacieraczką, wyposażoną w łopatki do zacierania powierzchni, przemieszczającą się po torze wzdłuż linii produkcyjnej</li> </ul>
8. Rozformowanie elementów	Zasadniczy	Rozformowywanie elementów następuję po osiągnięciu przez beton ok. 50% wytrzymałości końcowej $f_{cm28}$ . <p>Na proces ten składa się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zdemontowanie deskowania</li> <li>założenie odpowiednich uchwytów transportowych</li> <li>podnoszenie ze szczególną ostrożnością elementu z wykorzystaniem odpowiedniej ilości suwnic</li> <li>odstawienie elementu na wcześniej przygotowane miejsce</li> <li>oczyszczenie krawędzi bocznych i wyczyszczeniu formy stalowej</li> </ul>
9. Wykończenie prefabrykatów	Zasadniczy	Proces polega na wykonaniu zabiegów wykończeniowych tj. zabezpieczeniu elementu warstwą impregncyjną, wyptukaniu dezaktywatora (ściany fakturowe, płukane), pomalowaniu marek farbą nierdzewną, wykonaniu obróbki krawędzi płyt/ścian i odpowiednim oznakowaniu elementów (etykieta). <p>Przy zastosowaniu betonu SCC niewymagane jest zacieranie powierzchni elementów</p>
10. Kontrola prefabrykatów	Zasadniczy	Kontrola wg planu badań wytwórni
11. Składowanie prefabrykatów		Proces składa się z: <ul style="list-style-type: none"> <li>wywiezienia elementu na plac składowy przy pomocy odpowiedniego środka transportu</li> <li>ułożenia elementu na równym, utwardzonym placu przy zastosowaniu odpowiednich podpór</li> <li>zabezpieczenia przed niekorzystnymi wpływami zewnętrznymi (uszkodzenia mechaniczne, wys. temperatura)</li> </ul>
12. Transport na budowę	Pomocniczy	Transport odbywa się po drogach publicznych samochodami ciężarowymi, gdzie załadunek mieści się w obowiązujących skrajniach, tj. nie przekracza ładowności pojazdu, nie odstaje poza jego krawędzie. Szczególną uwagę przywiązuje się do sposobu zabezpieczenia czy zamocowania elementów prefabrykowanych, wykluczającego przemieszczanie i ewentualne uszkodzenia przewożonych prefabrykatów





Fot. 4. Proces betonowania ścian, źródło: Elematic

sprężającą przed szkodliwym wpływem agresywnych substancji.

### STATYKA

Ścianę zaliczamy do płaskich elementów konstrukcyjnych, stanowiących barierę odgradzającą od środowiska lub jego części. Jednocześnie jest ona częścią konstrukcji – stężeniem; poddana działaniu sił zewnętrznych i wewnętrznych od obciążeń pozostałej części konstrukcji stropów i elementów dachu (mowa o ścianie nośnej). Sztywność konstrukcji zostaje zapewniona poprzez system połączeń. Sam sposób połączenia uzależniony jest od lokalizacji łączy (ściana-ściana, ściana-strop), od funkcji (łączenie sztywne) i działania sił. Na rysunkach 3a i 3b przedstawiono przykładowe, stosowane w budynkach mieszkalnych połączenia elementów konstrukcji ze ścianami.

### PRZEBIEG PROCESU PRODUKCYJNEGO

Wytwarzanie prefabrykatu powinno odbywać się w oparciu o podejście systemowe procesów, bo to pozwala na zapewnienie optymalnej wydajności produkcyjnej, w określonym czasie, przy użyciu określonego sprzętu i przeszkolonej kadry pracowniczej. Nowoczesne, znane autorowi, zakłady prefabrykacji uzyskują dobre przeroby produkcyjne dzięki uruchomieniu częściowo lub w pełni zautomatyzowanych (zdalnie sterowanych) linii technologicznych do produkcji elementów płytowych, w tym ściennych. Wyróżniamy następujące systemy produkcji wielkogabarytowych elementów ściennych:

- a) system stołów uchylnych
  - b) system obiegu blatów
  - c) system pionowych form bateryjnych
- krótko scharakteryzowane w tabeli 1. Proces produkcji ścian w każdym systemie jest zbliżony i przedstawić go można tak, jak w tabeli 2.

### PODSUMOWANIE

Można się zastanawiać, kiedy opłacalne staje się zastosowanie prefabrykowanych elementów ściennych. Na pewno gdy czas postawienia obiektu jest krótki, kiedy betonowanie w chłodnym klimacie nie sprzyja, kiedy liczy się trwałość, i wreszcie – kiedy wymaga się dobrego i sprawdzonego ich wykonania. Także w sytuacjach, kie-



Fot. 5. Linia produkcyjna elementów płytowych/ściennych

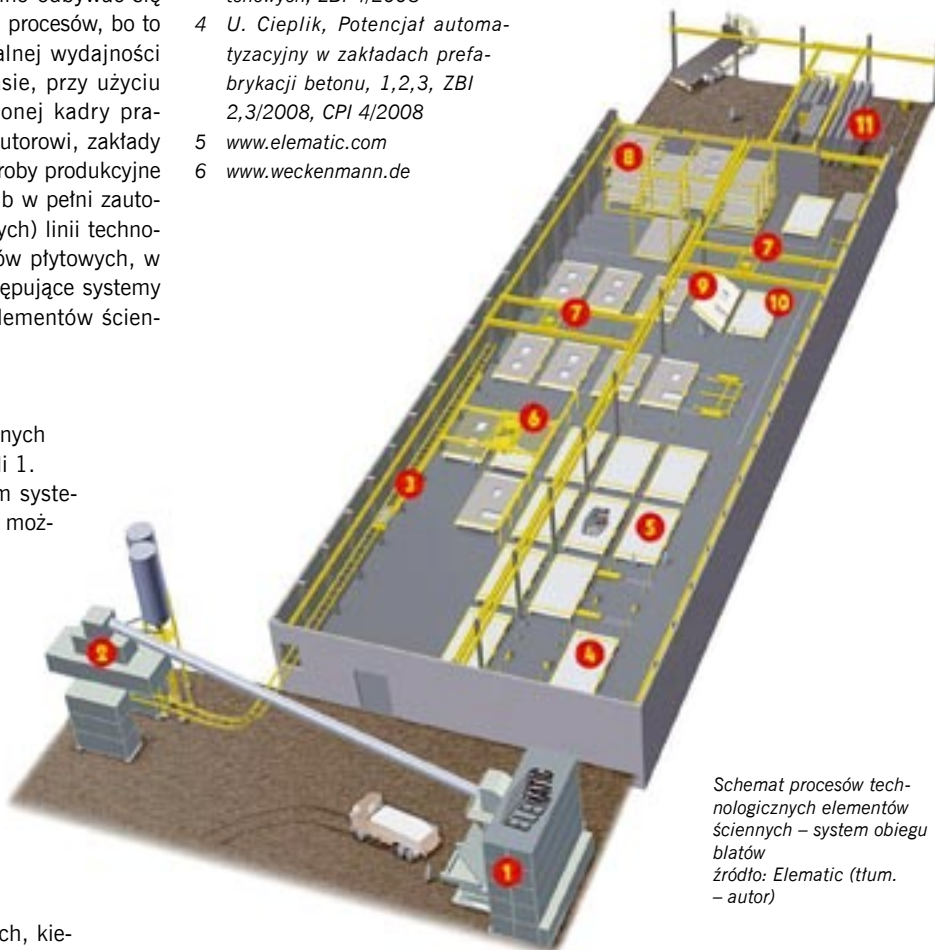
dy chcemy, aby element stanowił nie tylko część konstrukcji, ale i architektury. To dla potencjalnego odbiorcy elementu prefabrykowanego. A dla producenta? W produkcji ważna jest technologiczność, rozumiana jako optymalizacja produkcji. W tym celu wiele zakładów prefabrykacji w Europie i na świecie uruchamia lub modernizuje już istniejące linie produkcyjne do standardów, jakie opisano w artykule.

**mgr inż. Katarzyna Chęcińska**

### Literatura

- 1 Elematic general brochure: Precast Concrete Application, Finland 2008/2009
- 2 Planning and design handbook on precast building structures, PCE Engineering, Wyd. SETO Ltd., Finland 1998.
- 3 M. Bjors, A. Hellstrom, Konstrukcje ścian zewnętrznych z elementami betonowych, ZBI 4/2008
- 4 U. Cieplik, Potencjał automatyzacyjnej w zakładach prefabrykacji betonu, 1,2,3, ZBI 2,3/2008, CPI 4/2008
- 5 www.elematic.com
- 6 www.weckenmann.de

- 1 Składowisko kruszyw
- 2 Proces mieszania
- 3 Transport mieszanki betonowej
- 4 Blat z formą
- 5 Przygotowanie form (deskowania)
- 6 Betonowanie
- 7 Podnoszenie i przenoszenie elementów
- 8 Dojrzewianie elementów
- 9 Demontowanie deskowania
- 10 Czyszczenie form
- 11 Składowanie elementów



Schemat procesów technologicznych elementów ściennych – system obiegu blatów  
źródło: Elematic (tłum. – autor)