

dr inż. Grzegorz Adamczewski<sup>1)\*</sup>  
dr hab. inż. Piotr Woyciechowski, prof. PW<sup>1)</sup>

# Prefabrykaty betonowe w budownictwie przemysłowym

## *Precast concrete in industrial structures*

DOI: 10.15199/33.2015.02.10

**Streszczenie.** W artykule scharakteryzowano współczesne budownictwo przemysłowe z betonu prefabrykowanego. Przedstawiono asortyment wyrobów prefabrykowanych stosowanych w tej gałęzi budownictwa, na przykładzie krajowych realizacji.

**Słowa kluczowe:** prefabrykacja betonowa, budownictwo przemysłowe.

**Abstract.** In the paper the modern precast concrete industrial structures were characterized. The variety of precast elements available in this branch of industry was presented and described, on the basis of domestic realizations.

**Keywords:** precast concrete, industrial structures.

**P**refabrykowane elementy betonowe znajdują zastosowanie w wielu gałęziach budownictwa [2, 3], m.in. publicznym, infrastrukturalnym oraz przemysłowym (rysunek 1). Zastosowanie prefabrykacji pozwala na osiągnięcie wielu korzyści, takich jak: zwiększenie efektywności wykonywania elementów powtarzalnych w konstrukcji, dzięki uniezależnieniu prac betonarskich od warunków atmosferycznych; wyeliminowanie wykonywania deskowań oraz zbrojenia elementów w warunkach budowy, a także przerw technologicznych związanych z osiągnięciem przez młody beton wymaganej wytrzymałości. Użytkuje się również wyższą jakość ele-

mentów ze względu na stosowanie zakładowej kontroli produkcji w wytwórni prefabrykatów.

### Budownictwo przemysłowe

Do obiektów przemysłowych można zaliczyć przede wszystkim wszelkiego rodzaju budowle przemysłowe produkcyjne, energetyczne, budynki i hale magazynowe, centra logistyczne, budynki produkcyjne przeznaczone dla rolnictwa, zbiorniki, kontenery, obiekty infrastruktury transportowej (dworce, zajezdnie, garaże, stacje obsługi), handlowo-usługowe, stacje benzynowe i inne.

Konstrukcje prefabrykowane mogą być betonowe, stalowe lub, zdecydowanie rzadziej, drewniane. Wymienione typy budowli z reguły stanowią obiekty o nośnym szkieletcie złożonym ze słupów, belek i dźwigarów, a także płyt stropowych. Elementy ściennie pełnią funkcję osłonową, spotykane są także systemy oparte na nośnych ścianach zewnętrznych. Wielkopowierzchniowy, ale nie skomplikowany charakter wnętrza takich obiektów, związany z ich funkcją użytkową, sprawia, że często przyjmują one w projektach postać hal o regularnej geometrii i modularnym układzie ustrojów nośnych. Z tego względu idealnym sposobem wznoszenia takich obiektów jest zastosowanie klasycznych rozwiązań prefabrykacji przemysłowej, w postaci systemów złożonych z ograniczonej liczby powtarzalnych elementów konstrukcyjnych i bogatego asortymentu elementów osłonowych o różnym wykończeniu powierzchni licowej.

### Asortyment wyrobów

W budownictwie przemysłowym elementy prefabrykowane znajdują zastosowanie najczęściej do wykonywania

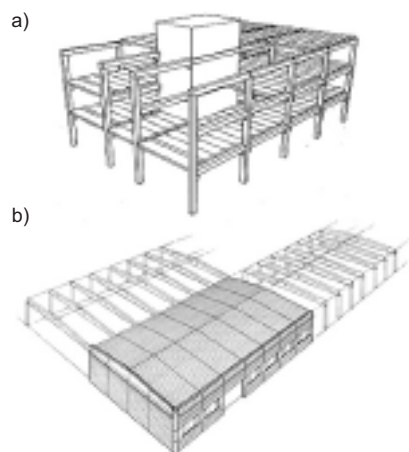
konstrukcji hal fabrycznych i magazynowych (tabela 1). Konstrukcja nośna składa się z układu prefabrykowanych słupów, belek oraz dźwigarów (rysunek 2). Są również rozwiązania, w których ściany zewnętrzne hal wykonuje się z prefabrykatów betonowych z powierzchnią z betonu architektonicznego. Belki podwalinowe pod ściany osłonowe hal, a także stopy fundamentowe pod słupy konstrukcji nośnej hali również mogą być prefabrykowane.

Typowy obiekt halowy jest jednobądź wielonawowy, jednokondygnacyjny.

**Tabela 1. Zastosowania elementów prefabrykowanych w budownictwie przemysłowym**

*Table 1. Precast concrete elements applications in industrial structures*

Przeznaczenie obiektu	Przykładowe elementy prefabrykowane w konstrukcji
Hale fabryczne i magazynowe	wielootworowe sprężone płyty kanałowe, płyty TT, belki, słupy, ściany warstwowe, ściany żelbetowe, rury, podwaliny, stopy kielichowe
Zbiorniki	kręgi, elementy przestrzenne, płyty
Kontenery wielofunkcyjne	elementy przestrzenne, płyty, ściany oporowe „L” i „T”



**Rys. 1. Obiekt przemysłowy w technologii prefabrykowanej. Schemt: a) szkieletowy; b) portalowy [1, 4]**

*Fig. 1. Precast industrial building. Diagram: a) skeletal structure; b) portal construction [1, 4]*



**Rys. 2. Elementy prefabrykowane w budownictwie przemysłowym**

*Fig. 2. Precast concrete elements in industrial structures*

<sup>1)</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej

<sup>\*</sup> Autor do korespondencji:

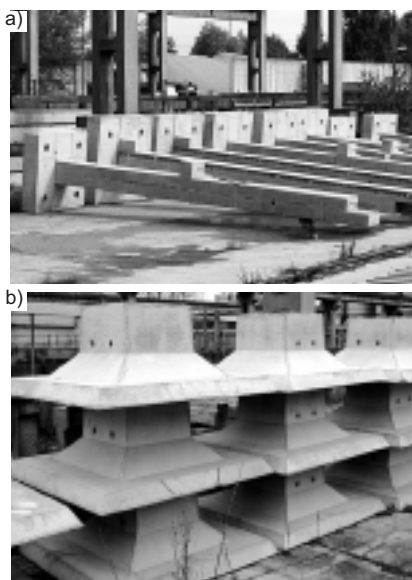
e-mail: g.adamczewski@il.pw.edu.pl

cyjny, często ze stropem pośrednim w części rzutu (antresola) bądź na całości. Obudowa jest najczęściej lekka panelowa, ale z podwalinami żelbetowymi, opcjonalnie z prefabrykowanymi ścianami żelbetowymi na całej wysokości, lub do poziomu 2 – 4 m od posadzki, w strefie zagrożonej uszkodzeniami transportowymi.

W obiektach prefabrykowanych zalecane są **słupy** wysokości obiektu, o przekroju prostokątnym lub kwadratowym, jednolitym bądź zmiennym na długości. W przypadku słupów dużej długości lub dużej smukłości stosuje się symetryczne sprężenie przekroju, wspomagające pracę słupa w położeniu produkcyjno-transportowym, oraz na oddziaływanie sił poziomych na zamontowany słup. Słupy ścian zewnętrznych projektuje się najczęściej w rozstawie 4,5 – 9 m, wynikającym ze sztywności ścian osłonowych. Rozstaw słupów wewnętrznych podyktowany jest wymaganym rozwiązaniem przestrzeni użytkowej i determinuje rozpiętość dźwigarów przekrycia oraz rozwiązania konstrukcji dachu. Wysokość słupów może przekraczać nawet 30 m. Słupy wykonuje się zazwyczaj z betonu klas od C25/30 do C50/60 i mogą być wyposażane w konsole lub inne akcesoria do montażu belek dachowych, stropowych oraz ścian.

Połączenie słupa ze **stopą fundamentową** może być wykonywane w postaci kielicha, za pomocą łączników systemowych lub jako stoposłupy (fotografia 1a). **Stoposłupy** zaleca się w przypadku konieczności szybkiego montażu i warunków niesprzyjających robotom monolitycznym (zima). Przyspieszać realizację mogą również prefabrykowane stopy fundamentowe (fotografia 1b), eliminujące znaczną część uciążliwych robót monolitycznych.

Podstawowym elementem **konstrukcji przekrycia** hal przemysłowych są dźwigary dachowe (fotografia 2). Sprężone (strunobetonowe) dźwigary mogą mieć rozpiętość powyżej 30 m, przy czym, z uwagi na uwarunkowania ekonomiczne, najbardziej popularne mają 18 ÷ 25 m. Asortyment produkowanych dźwigarów obejmuje elementy dwuspadowe i bezspadowe o przekroju prostokątnym lub teowym. Długość prefabrykowanych dźwigarów z betonu klas np. C40/50 i C50/60 może przekraczać nawet 50 m. Transport



Fot. 1. Stoposłupy (a) i stopy (b) [1, 4]

Photo. 1. Precast concrete foundations pier and footing (a) and a spread footings (b) [1, 4]



Fot. 2. Konstrukcja dachu [1, 4]

Photo. 2. Roof construction [1, 4]

dźwigarów o znacznych wymiarach (max. do 200 t, długość 50 m), wykraczających poza standardowe wymiary transportowe, organizowany jest przez wyspecjalizowane firmy.

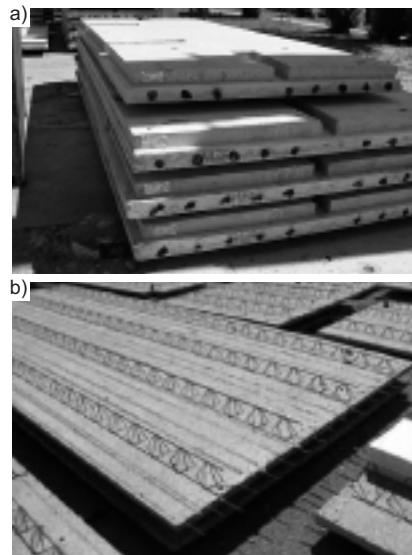
Konstrukcja dachu oparta na strunobetonowych dźwigarach i płatwiach pozwala na łatwe uzyskanie wymaganej odporności ogniowej oraz długiej żywotności bez konieczności konserwacji. W przypadku wymagań dotyczących odporności ogniowej dachu, gładkości powierzchni (zakłady spożywcze) lub zwiększonych obciążeń użytkowych pokrycie może być wykonane np. ze sprężonych płyt kanałowych grubości 150 lub 200 mm, ewentualnie tzw. płyt panwiowych.

W **stropach pośrednich** obiektów przemysłowo-handlowych na ogół mamy do czynienia z dużymi obciążeniami użytkowymi, wymaganiami dotyczącymi odporności ogniowej i dużą rozpiętością międzypodporową. Podstawowy schemat statyczny to jednokierunkowo zbrojone prefabrykowane płyty stropowe, oparte na belkach żelbe-

towych bądź strunobetonowych, podpartych przegubowo-nieprzesuwnie na wspornikach lub głowicach prefabrykowanych słupów żelbetowych.

Płyty stropowe mogą być zaprojektowane na pełną grubość stropu lub częściej jako zespolone z nadbetonem monolitycznym. W przypadku konstrukcji zespolonej istnieje możliwość zmiany schematu statycznego stropu z jednona wieloprzęsłowy.

**Płyty pełne** (fotografia 3a), ze względu na małą rozpiętość, są rzadko stosowane w obiektach handlowych i przemysłowych. Płyty typu **filigran** (fotografia 3b) mają szerokość do 3 m i są zbrojone kratownicą. Stosowane są jako płyty jednoosiowe tradycyjne lub sprężone, przy czym zbrojenie rozciągane w prefabrykowanych płytach układane jest fabrycznie. Płyty te są szczególnie zalecane w przypadku skomplikowanego rzutu stropu.



Fot. 3. Sprężona płyta stropowa: pełna (a) oraz „filigran” (b) [1, 4]

Photo. 3. Prestressed precast slab: full slab (a) and „Filigran” type slab (b) [1, 4]

**Sprężone płyty kanałowe** (fotografia 4) mają wysokość od 150 do 500 mm i szerokość do 1,2 m. Strunobetonowe płyty kanałowe umożliwiają osiągnięcie rozpiętości do 20 m. Ich cechą charakterystyczną są otwory wzdłużne (kanały) zapewniające optymalną nośność przekroju przy niewielkiej masie elementu. Krawędzie boczne są ukształtowane w zamki dyblowe zapewniające współpracę sąsiednich płyt przy nierównomiernym obciążeniu. W celu uzyskania sztywnej tarczy konieczne jest wykonanie monolitycznego wieńca i spoin



Fot. 4. Płyty kanałowe [1, 4]

Photo. 4. Hollow core (HC) slabs [1, 4]

między elementami. Nie są wymagane szalunki oraz podpory montażowe. Nadbeton wykonywany jest jako warstwa wyrównawcza i wspomagająca współpracę płyt przy przenoszeniu obciążeń punktowych i liniowych równoległych do zbrojenia oraz w przypadku konieczności uzyskania wyższej nośności przy ograniczonej grubości stropu.

W halach o dużej rozpiętości oraz znacznie obciążonych stropach bardzo często wbudowywane są **płyty TT** (fotografia 5) z żebrami w rozstawie typowym 1,2 m lub innym, uzależnionym od potrzeb projektu. Wysokość żeber wynosi 40 – 90 cm, a ich zastosowanie umożliwia redukcję liczby słupów pośrednich w obiekcie. W przypadku stropu wysokości 900 mm rozpiętość może wynosić nawet powyżej 20 m. W związku z tym, że płyty TT przenoszą obciążenia użytkowe powyżej 25 kN/m<sup>2</sup>, są szczególnie polecane w budownictwie przemysłowym (parkingach wielopoziomowych), gdzie strop żebrowy nie jest przeszkodą architektoniczną. Stropy z płyt TT wykonuje się najczęściej z nadbetonem na cienkiej (5 ÷ 7 cm) płycie z wypuszczonym zbrojeniem zespalającym i ewentualnie dźwigarkami typu filigran.

W zależności od sposobu oparcia płyt stropowych, **belki** mają przekrój prostokątny, odwróconego „T” lub „L” (belki krawędziowe). Najkorzystniejszy statycznie przekrój prostokątny (fotogra-



Fot. 5. Płyty TT, nazywane płytami  $\pi$  [1, 4]

Photo. 5. TT slabs, known also as  $\pi$  slabs [1, 4]

fia 6), z oparciem płyt stropowych na górnej powierzchni belki, daje stosunkowo dużą wysokość stropu, dlatego też najczęściej stosowane są przekroje „T” lub „L”, gdzie strop opiera się na wsporniku liniowym w dolnej części belki. Belki w halach przemysłowych stanowią podparcie torów suwnic transportowych.

W obiektach o konstrukcji szkieletowej mają zastosowanie ściany żelbetowe (fotografia 7), jako podwaliny, samonośne lub zawieszane na słupach ściany osłonowe, najczęściej warstwowe, oraz jako ściany oddzielenia pożarowego (samonośne – jednowarstwowe). Powszechnie stosuje się ściany podwalinowe prefabrykowane z uwagi na odporność żelbetu na uderzenia i warunki środowiskowe – najczęściej jako belko-ściany oparte na stopach słupów konstrukcji szkieletowej. Podwaliny, w zależności od potrzeb, mogą być jedno-, dwu- lub trzywarstwowe.



Fot. 6. Belki stropowe [1, 4]

Photo. 6. Ceiling beams [1, 4]



Fot. 7. Elementy ścienne hali [1, 4]

Photo. 7. Hall wall elements [1, 4]

Ściany kondygnacji nadziemnych, w zależności od pełnionej funkcji, wykonuje się jako jedno- lub trójwarstwowe. Szczególnym rodzajem są ściany oddzielenia pożarowego, o odporności ogniowej powyżej 120 min, odpowiedniej grubości, złączach i mocowaniach do słupów o identycznej odporności, sprawdzonych na rozszczelnienie i stateczność w warunkach pożarowych. Często stosowanym rozwiązaniem są słupy o przekroju „H” oraz dyle ściennne wbetonowane we wręby słupów i powiązane ze sobą zamkiem dybło-

wym. Podstawowym elementem konstrukcyjnym części hal są prefabrykowane ściany typu sandwich, wyposażone w otwory okienne, drzwiowe lub bez nich. Dzięki warstwie ocieplenia elementy te wyróżniają się dobrą izolacyjnością cieplną i walorami architektonicznymi (fotografia 8).



Fot. 8. Elementy ścienne w technologii betonu architektonicznego [1, 4]

Photo. 8. Wall elements produced in fair-face concrete technology [1, 4]

## Podsumowanie

Klasyczna prefabrykacja betonowa jest szeroko stosowana w budownictwie przemysłowym, w postaci systemów złożonych z ograniczonej liczby powtarzalnych elementów konstrukcyjnych, jak również w postaci zestawów elementów zindywidualizowanych pod wymagania konkretnego projektu – tak zwanych elementów sztytch na miarę. Pozwala to sprostać wysokim oczekiwaniom funkcjonalnym i estetycznym, jakie związane są z lokalizacją obiektów w aglomeracjach miejskich. Na tle konstrukcji stalowych lub drewnianych, betonowe konstrukcje prefabrykowane wypadają szczególnie korzystnie. Zalety prefabrykacji betonowej są nie tylko związane z bezpieczeństwem użytkowania (beton jest materiałem niepalnym), ale również ekonomią ze względu na brak konieczności częstego odnawiania powłok antykorozyjnych oraz, co istotne, zdecydowanie niższe składki ubezpieczeniowe (bezpieczeństwo pożarowe).

## Literatura

- [1] Adamczewski G., Woyciechowski P.: Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność, Stowarzyszenie Producentów Betonu 2014, 64 s.
- [2] Adamczewski G., Realizacja wielokondygnacyjnego parkingu prefabrykowanego, Materiały Budowlane, 10/2012, 15 – 17.
- [3] Adamczewski G., Nicał A., Wielkomyiarowe prefabrykowane elementy z betonu, Inżynier Budownictwa, 3/2012, s. 46 – 53.
- [4] Materiały z archiwum Stowarzyszenia Producentów Betonów.
- [5] Materiały ze strony [www.consolis.pl](http://www.consolis.pl) [stan na 2.02.2015].