

Budownictwo kubaturowe ze ścianami nośnymi – możliwości współczesnej prefabrykacji

Large panels buildings – the possibilities of modern precast industry

1. Wprowadzenie

We współczesnym budownictwie technologia prefabrykacji betonowej ponownie zaczyna odgrywać coraz większą rolę. Przyczynia się ona do przyspieszenia procesu budowlanego, poprawy jakości obiektu, optymalnego wykorzystania właściwości poszczególnych materiałów, a także lepiej spełnia ograniczenia związane z szeroko rozumianą ochroną środowiska. Choć w Polsce wciąż może ona generować większe koszty bezpośrednie w porównaniu do budownictwa tradycyjnego, związane na przykład z koniecznością stosowania dodatkowych akcesoriów czy większymi nakładami na logistykę, to skrócenie czasu wykonania inwestycji wpływa korzystnie na ostateczny bilans finansowy. Zmniejszenie pracochłonności na miejscu budowy jest również ważnym argumentem ze względu na zwiększające się niedobory wyspecjalizowanej siły roboczej, a przez to wzrost jej kosztów. Ponadto, wciąż jeszcze niedoceniane w naszym kraju ograniczenie kosztów społecznych dla lokalnej społeczności, wynikających z uciążliwości prowadzenia budowy, powinno stanowić atut tej technologii.

W niniejszym artykule przedstawiono informacje o możliwościach, jakie obecnie oferuje prefabrykacja dla obiektów kubaturowych, w których dominującymi elementami konstrukcyjnym są ściany nośne oraz stropy.

Wykorzystanie ściennych elementów prefabrykowanych w budownictwie mieszkaniowym nastąpiło w pierwszej połowie XX wieku. Technologia prefabrykacji zyskała popularność w całej Europie w latach pięćdziesiątych w związku z powojenną odbudową. Należy jednak podkreślić, że w niektórych krajach budynki wielkopłytowe cieszą się nieustającą popularnością - jako przykład można podać Finlandię, gdzie wznosi się coraz bardziej komfortowe i wyróżniające się pod względem estetycznym osiedla mieszkaniowe.

2. Elementy ścienne

Ściany to przegrody pionowe, których podstawową funkcją jest przenoszenie obciążeń pionowych i poziomych oraz oddzielenie środowiska zewnętrznego od wewnętrznego, lub podział przestrzeni wewnątrz budynku. Dodatkowo ściany mogą także pełnić

1. Introduction

Technology of concrete precast re-started playing an increasingly important role in contemporary construction. It contributes to acceleration of building process, improvement of building quality, optimal usage of the properties of particular materials, as well as it better fits into the constraints related to the broadly understood environmental protection. Although in Poland it still can generate higher direct costs compared to traditional construction, for example related with the necessity of the usage of additional accessories or greater expenditure for logistics, reducing execution time of construction project implementation has beneficial effect on the ultimate financial balance. Reducing labour intensity on construction site is also an important argument due to the increasing shortages in specialized labor force and thus the increase in labor costs. Moreover, reducing social costs for the local community resulting from the nuisance of construction implementation, still underestimated in our country, should be an asset of this technology.

This paper presents the information about the possibilities, which are currently offered by prefabrication for buildings, in which supporting walls and floors are the dominant structural elements.

The usage of precast wall elements for housing construction was initiated in the first half of the twentieth century. Prefabrication technology gained popularity throughout Europe in the 1950s due to postwar reconstruction. However, it should be underlined, that large panels buildings in some countries are constantly popular – Finland can be given as an example, where more and more comfortable and aesthetic housing estates are built.

2. Wall elements

Walls are vertical partitions, which basic function is transfer of vertical and horizontal loads as well as separation of external environment from interior or partition of space inside the building. Additionally, walls are also fire separation. Numerous requirements for building walls were included in Regulation of the Minister of Infrastructure concerning technical conditions, which must meet the buildings and their location (1).

rolę ochrony przeciwpożarowej. Liczne wymagania stawiane ścianom budynków zawarte zostały w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (1).

Z konstrukcyjnego punktu widzenia ścianami nazywa się te elementy budynku, w których grubość jest znacznie mniejsza od dwóch pozostałych wymiarów, a główne obciążenia pionowe działają w płaszczyźnie środkowej. Z uwagi na rolę jaką odgrywają możemy wyróżnić następujące trzy rodzaje ścian:

- nośne, przenoszące całość obciążeń z elementów powiązanych (głównie stropów i dachu) na fundamenty;
- samonośne, które z główną konstrukcją budynku połączone są za pomocą kotew, z reguły przejmują tylko ciężar własny i elementów zamontowanych powyżej;
- osłonowe, poza własnym ciężarem i parciem wiatru, nie przenoszą żadnych obciążeń, a wszelkie oddziaływania są przekazywane bezpośrednio na inne elementy nośne obiektu.

Z kolei biorąc pod uwagę przekrój poprzeczny ściany można wyróżnić ich następujące rodzaje:

- ściany jednowarstwowe – zazwyczaj ściany wewnętrzne, o stałym przekroju poprzecznym, o grubości od 80 mm do 240 mm;
- ściany podwójne – to zazwyczaj ściany jednowarstwowe o grubości od 180 mm do 400 mm, z tym że prefabrykat składa się z dwóch zewnętrznych płyt betonowych o małym stopniu zbrojenia, każda o grubości od 50 mm do 60 mm, połączonych ze sobą układem kratowniczek. Po ułożeniu płyt stropowych i zamontowaniu zbrojenia dodatkowego, wewnętrzna przestrzeń w prefabrykacie stanowiącym ścianę zostaje wypełniona betonem. Możliwe jest również wyposażenie tej ściany w warstwę termoizolacyjną, bądź na zewnętrznej powierzchni, bądź wewnątrz prefabrykatu.

Prefabrykowane ściany podwójne pozwalają na uzyskanie monolitycznej konstrukcji, dzięki możliwości zastosowania sztywnych połączeń pomiędzy ścianami [rysunek 1], lub między ścianami a stropami.

Elementy ścian podwójnych mają mały ciężar w porównaniu do ścian pełnych, co zmniejsza koszty transportu na plac budowy oraz umożliwia wykorzystanie żurawi o mniejszym

From the structural point of view, walls are building elements, in which thickness is much lower than the other two dimensions, and main vertical loads act in central board. Due to way of work, three wall types can be distinguished:

- load-bearing walls, transferring all loads from related elements [mainly floor and roof] on foundations;
- non load-bearing walls, which are connected with main building structure with anchors, usually support only their own weight of particular element and elements mounted above;
- curtain walls, except their own weight and wind pressure, they do not transfer any loads, and all burdens are transferred directly to other building load-bearing elements.

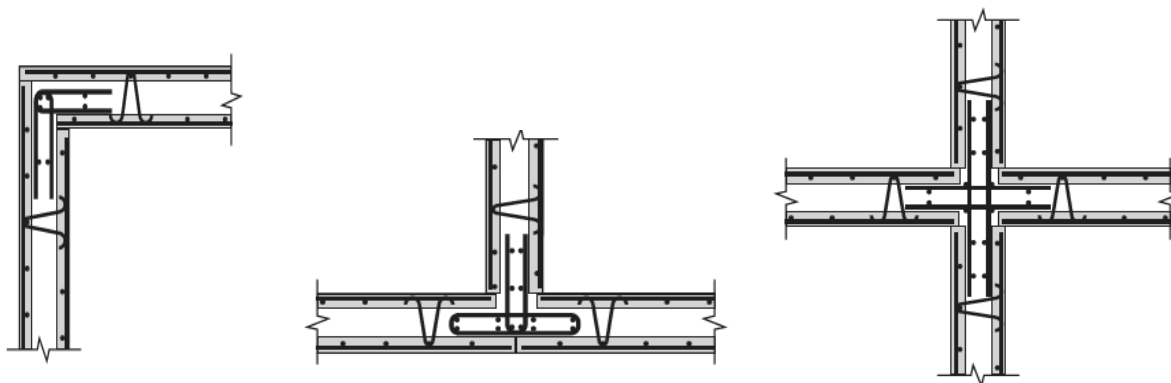
Due to wall cross-section, the following types of walls can be distinguished:

- one-layer walls – usually interior walls, with constant cross-section, with thickness from 80 mm to 240 mm;
- double walls – usually one-layer walls with thickness from 180 mm to 400 mm, but precast element consists of weakly reinforced two external concrete boards, each with thickness from 50 mm to 60 mm, interconnected with truss system. After laying the floor slabs and mounting the additional reinforcement, internal space in the precast wall is filled with concrete. It is also possible to install thermal insulation layer, outside or inside the precast wall.

Double precast walls allow full monolithization of built structure, by rigid joints between wall elements (Fig. 1) or between walls and floors.

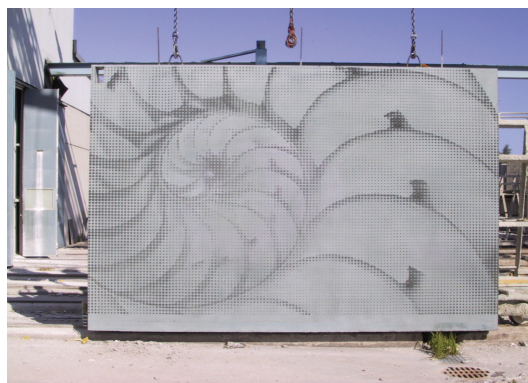
Double walls elements are characterized by low weight compared to full walls, which reduces the cost of transportation to the construction site and allows the usage of crane with lower lifting capacity.

- multi-layer walls - this is the most effective solution for external walls, which guarantees the fulfilment of all utility requirements with minimal work on construction site. Load-bearing layer from reinforced concrete has a thickness between 150 and 250 mm. This layer is not exposed to unfavorable weather conditions, therefore, the requirements resulting from the need to ensure durability are standard and comparable to typical concrete



Rys. 1. Przykłady połączeń między elementami ścian podwójnych

Fig. 1. Examples of connections between double wall elements



Rys. 2. Prefabrykaty ściennie z fotobetonu.

Fig. 2. Precast walls made of graphic concrete.

udźwigu. Ściany warstwowe to najefektywniejsze rozwiązanie dla ścian zewnętrznych, które zapewnia spełnienie wszystkich wymagań użytkowych, przy minimalnym nakładzie prac w miejscu ich wbudowania. Żelbetowa warstwa nośna ma grubość między 150 mm a 250 mm. Warstwa ta nie jest narażona na niekorzystny wpływ warunków atmosferycznych, dlatego wymagania wynikające z konieczności zapewnienia trwałości są standardowe i porównywalne do typowych elementów betonowych. Zgodnie z normą (2) ściany należy wykonywać z betonu klasy co najmniej C30/37, a stosunek wodno-cementowy nie powinien przekraczać 0,4, przy czym w betonie należy ograniczyć zawartość pyłów. Warstwa izolacyjna, o grubości nie przekraczającej 220 mm, powinna być wykonana z materiału, który spełnia nie tylko wymagania termoizolacyjne, ale także ma odpowiednio małą odkształcalność. Na przykład może to być wełna mineralna o gęstości minimalnej 100 kg/m³. Warstwa elewacyjna, połączona z warstwą nośną za pomocą specjalnych kotew i szpilek ze stali nierdzewnej, pełni funkcję ochronną, bowiem chroni pozostałe warstwy przed wpływami atmosferycznymi, chemicznymi oraz biologicznymi. Może być wykonana między innymi z płyt betonowych, blachy stalowej lub konglomeratów żywicznych. Coraz częściej projektanci oraz inwestorzy kładą duży nacisk na estetykę obiektów i niejednokrotnie skłaniają się ku rozwiązaniom z wykorzystaniem betonu architektonicznego lub foto-betonu [rysunek 2]. Dzięki nowoczesnej technologii prefabrykacji możemy uzyskać praktycznie dowolną fakturę przy zachowaniu jakości wykonania na odpowiednim poziomie. Powszechnie praktykowane jest wykonywanie faktur strukturalnych na matrycach na przykład boniowanie, faktury płukane na specjalnych kruszywach, tynkowanie, lub malowanie prefabrykatów w wytwórni. Dla poprawy warunków cieplno-wilgotnościowych przegrody można również stosować tak zwaną elewację wentylowaną, w której dodatkowo wprowadza się pustkę powietrzną pomiędzy warstwą izolacyjną a elewacyjną.

O geometrii prefabrykowanych elementów ścian decydują przede wszystkim możliwości dostawy – w przypadku typowych warunków transportu maksymalna wysokość prefabrykatów powinna wynosić około 4 m, długość około 13 m, a ciężar powinien być ograniczony do 24 ton. Istnieje możliwość produkcji elementów

elements. According to standard (2) walls should be built from concrete class at least C30/37, and water-cement ratio should not exceed 0.4, and dust particles should be limited to the minimum. Insulation layer, with thickness to 220 mm, should be made of material, which meets not only the thermal-insulation requirements, but also has a low deformability [for example mineral wool with minimum density of 100 kg/m³]. Facade layer, connected with load-bearing layer by special anchors and stainless steel pins, has protective function, because it protects other layers against atmospheric, physical, chemical and biological influences. It can be made of concrete slabs, steel sheets or conglomerates. Increasingly, designers and investors put great emphasis on the buildings aesthetics and often use architectonic or graphic concrete [Fig. 2]. Highly developed precast technology allows for whichever texture with maintaining the implementation quality at suitable level. It is commonly practiced to perform structural textures on matrixes such as rustication, exposed aggregate textures on special aggregates, plastering or painting precast elements in a factory. For the improvement of thermal-humidity conditions of the partition, the so-called ventilated facade, in which air gap is additionally introduced between insulation layer and facade layer, can be also used.

The geometry of precast wall elements is primarily determined by delivery options – maximum height of precast elements during standard transportation is about 4 m, length – about 13 m, and weight should be limited to 24 t. There is also possible to produce elements with atypical dimensions, for example tall and narrow walls – they are transported “aside” and rotated in the air on construction site. It is possible to produce the wall elements with large size windows and doors. However, there are restrictions on the minimum dimensions of columns, window lintels and distances from the edge to prevent the element damages during the stripping – minimum width of columns, window lintels and distances from the edge should not never be less than 20 cm.

From the point of view of building fire safety, separating walls have to meet the conditions of suitable fire insulation [I] and fire integrity [E]. Minimum thickness of internal walls, necessary to meet the individual conditions, included in (3), is presented in Table 1. If

Tablica 1 / Table 1

MINIMALNE GRUBOŚCI ŚCIAN Z UWAGI NA WARUNKI ODPORNOŚCI OGNIOWEJ (3)

MINIMUM WALL THICKNESS DUE TO FIRE RESISTANCE CONDITIONS (3)

Minimalne wymiary / Minimum dimensions	Wymagana klasa odporności ogniowej / Required class of fire resistance				
	EI 60	EI 90	EI 120	EI 180	EI 240
Grubość ściany / Wall thickness [mm]	80	100	120	150	175

o nietypowych wymiarach, na przykład wysokich, wąskich ścian, które transportuje się „na boku” i obraca dopiero na miejscu budowy. Możliwe jest wykonywanie elementów ściennych z otworami na okna i drzwi o znacznych rozmiarach. Są jednak ograniczenia co do minimalnych wymiarów filarków, nadproży okiennych i odległości od krawędzi tak, aby nie uszkodzić elementów podczas zdejmowania szalunków. Minimalna szerokość filarków, nadproży okiennych i odległości od krawędzi elementu nigdy nie powinna być mniejsza od 20 cm.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego budynku ściany oddzielające muszą spełniać warunki odpowiedniej izolacyjności ogniowej (I) oraz szczelności ogniowej (E). Minimalne grubości ścian wewnętrznych, konieczne do spełnienia tych warunków, zawarte w normie PN-EN 1992-1-2-2008 (3), przedstawiono w tablicy 1. Jeśli stosuje się beton na kruszywie wapiennym, wartości te mogą być zmniejszone o 10%. Aby uniknąć nadmiernego odkształcenia ściany w przypadku pożaru, a w jego następstwie uszkodzenia złącza między ścianą a płytą stropową, smukłość ściany nie powinna przekraczać wartości 40. W przypadku ścian warstwowych należy uwzględnić również zabezpieczenie warstwy izolacyjnej w przypadku, gdy jest ona wykonana z materiału nieodpornego na działanie ognia.

Warunki techniczne (1) precyzują wymagania dla ścian w zakresie współczynnika przenikania ciepła U_{max} - od początku 2021 r. wynosić on będzie 0,20 W/(m²·K). Dlatego opracowywane są coraz efektywniejsze materiały izolacyjne, na przykład pianka rezolowa, której współczynnik przewodzenia ciepła λ jest prawie dwukrotnie mniejszy niż w przypadku styropianu czy wełny mineralnej (4). Dzięki temu możliwe jest zmniejszenie grubości przegrody.

O sukcesie prefabrykowanych ścian zewnętrznych bardzo często decydują szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne - głównie złącza między elementami. Powstawanie mostków termicznych może doprowadzić do bardzo kosztownych usterek, między innymi nadmiernego zawilgocenia izolacji i utraty jej właściwości użytkowych lub kondensacji pary wodnej na powierzchni wewnętrznych elementów wykończeniowych.

Przy projektowaniu prefabrykatów ściennych nie można pominąć zagadnienia ich izolacyjności akustycznej, szczególnie w przypadku budownictwa mieszkaniowego, hoteli, szpitali czy szkół. Obecnie, wymagany poziom wskaźnika wypadkowej izolacyjności akustycznej wynosi 38 dB. Zatem dla zachowania komfortu potencjalnych użytkowników tych obiektów wymaga się maksymalnego zmniejszenia przepływu dźwięków przez przegrodę. Problem na-

concrete with limestone aggregate is used, these values can be reduced by 10%. In order to avoid excessive wall deformation during fire, and consequently the damage of joint between wall and floor panel, wall slenderness should not exceed 40.

In the case of multi-layer walls, protection of insulation layer when it is not made of fire resistant material, should be also taken into account.

Technical conditions (1) specify requirements for walls in the range of heat transfer coefficient U_{max} - from the beginning of 2021 it will be 0.20 W/(m²·K). Therefore more and more effective insulating materials are developed – for example resol foam, which heat transfer coefficient λ is almost twice lower than in the case of expanded polystyrene or mineral wool (4). This makes it possible to reduce the thickness of the partition.

The success of external precast walls is very often determined by detailed design solutions – primarily joints between elements. Thermal bridges formation can cause very expensive flaws, for example excessive dampness of insulation and loss of its properties or water condensation on internal finishing elements.

Acoustic insulation should be taken into account during precast walls designing, especially in the case of housing, hotels, hospitals or schools. Currently, the required index of the resultant acoustic isolation is 38 dB. Therefore, maximum reduction of sound passage through the partition is required to maintain comfort of the potential users of those buildings. The problem intensifies especially in cities, where loud outside noise persists even after dark. multi-layer walls are great sound barrier, effectively reducing both the low- and high-frequency sounds. In acoustics many values and correlations are based on research. In the case of multi-layer walls, it is possible to conduct precise measurements in laboratory conditions and design such a partition to achieve adequate insulation without additionally inner linings or complex solutions, which require the usage of expensive materials, for example dual-density stone wool slabs (5).

Modern precast walls are equipped with necessary channels and transitions for installation. Thus, there is no need to drill holes on construction site, wall surface is intact and smooth. An interesting example of automated production are ACO partition wall elements made in Finland. These are extruded, wall panels with channels made of lightweight concrete with a width of 600 mm and thickness of 68-120 mm, in which installation can be laid through the channels (6).

sila się w szczególności w miastach, w których nawet po zmroku poziom hałasu zewnętrznego utrzymuje się na wysokim poziomie. Ściany warstwowe świetnie sprawdzają się jako bariera dźwięku, skutecznie tłumiąc zarówno dźwięki o niskiej, jak i wysokiej częstotliwości. W akustyce wiele wartości i korelacji przyjmowanych jest na podstawie badań. W przypadku ścian warstwowych możliwe jest wykonanie precyzyjnych pomiarów w warunkach laboratoryjnych i zaprojektowanie przegrody w taki sposób, aby osiągnąć pożądaną izolacyjność, bez potrzeby stosowania dodatkowych okładzin wewnętrznych czy skomplikowanych rozwiązań wymagających drogich materiałów, na przykład płyt z wełny mineralnej o dwu gęstościach (5).

Nowoczesne ściany prefabrykowane wyposaża są we wszystkie niezbędne kanały oraz przejścia pod instalacje. Dzięki temu nie ma potrzeby wykonywania bruzd na budowie, powierzchnia ściany jest nienaruszona i odpowiednio gładka. Ciekawym przykładem zautomatyzowanej produkcji są elementy ścian działowych ACO, wykonywane w Finlandii. Są to ekstrudowane, kanałowe panele ściennie z betonu lekkiego o szerokości 600 mm i grubości 68 - 120 mm, w których kanały wykorzystywać można do prowadzenia instalacji (6).

3. Elementy stropowe

Prefabrykowane elementy stropowe, szczególnie wykonane w technologii strunobetonu, mają wiele zalet w porównaniu do żelbetonowych stropów monolitycznych. Zostało to docenione w krajach skandynawskich i w Kanadzie, gdzie stanowią one przeszło 70% wszystkich stropów (7).

Dzięki stosowaniu w zakładach produkcyjnych betonu o dużej wytrzymałości na ściskanie, wykonywanego z dobrego kruszywa, uzyskuje się moduł sprężystości o około 30% większy niż w konstrukcji monolitycznej. Ta właściwość, podobnie jak ograniczenie naprężenia rozciągającego w betonie na skutek sprężenia, sprawia, że stropy te są stosunkowo sztywne. Dzięki wprowadzeniu aktywnej siły do przekroju, nawet w przypadku chwilowego przeciążenia wywołującego zarysowanie, po odciążeniu elementu następuje zamknięcie się rys. Stanowi to niewątpliwą zaletę nie tylko w zakresie trwałości, ale również estetyki konstrukcji. Efekt sprężenia powoduje także wstępne wygięcie płyt, dzięki czemu nie występuje problem nadmiernych ugięć. Betonowe elementy stropowe wykonane w zakładach prefabrykacji nie wymagają dodatkowych zabezpieczeń przeciwpożarowych czy też okresowych zabiegów konserwacyjnych, jakim podlegają chociażby elementy stalowe, co czyni je tańszymi w eksploatacji. Stropy prefabrykowane umożliwiają znaczne skrócenie okresu wznoszenia obiektu, co również poprawia ekonomikę całej budowy. Znane są realizacje, w których ponad 2000 m² stropu układano w cyklu tygodniowym.

W budynkach mieszkalnych i biurowych pożądaną jest unikanie belek wysuniętych poniżej dolnej płaszczyzny płyty stropowej, ponieważ ograniczają one bardzo swobodę kształtowania przestrzeni użytkowej. Dlatego tworzone są rozwiązania konstrukcyjne, w któ-

3. Floor elements

Precast floor elements, particularly prestressed, have many advantages compared to monolithic reinforced concrete floors - it was appreciated in Scandinavian countries and Canada, where represent more than 70% of all realized floors (7).

The usage of concrete with high compressive strength in factories, made of high quality aggregate, causes, that elastic modulus of concrete is about 30% higher compared to monolithic structure. This fact, same as reduction of tensile stress in concrete due to pretensioning, causes, that these floors are relatively rigid. Introduction of active stress to the cross-section, even in the case of temporary overload causing cracking, when the element is unloaded, the cracks are closed. This is undoubted advantage not only in the context of durability, but also structure aesthetics. Effect of prestressing also causes preliminary slab deflection, so there is no problem of excessive flexions. Concrete floor elements produced in prefabrication plants not require additional fire protection or periodic maintenance, as in the case of steel elements, which make them cheaper in exploitation. Precast floors make it possible to significantly shorten the period of building, which also has a positive impact on construction costs. There are known projects where over 2000 m² of floor was laid in a weekly cycle.

In residential and office buildings it is desirable to avoid beams that extend below the lower plane of floor slab, because they significantly limit usable space shaping. Therefore, structural solutions are introduced, in which slab pillars are conjuncted beams of height close to floor (8), so that structural height of floor can be reduced by up to 300 mm – these are so-called SlimFloor structures. One such solution is steel-concrete beam Deltabeam with trapezoidal box cross-section (9). However, it should be noted, that drastic reduction of height of beams supporting floor slabs affect the bearing capacity and usability of the entire floor system (10). Therefore, such type of prestressed beams, which will increase the range of SlimFloor structure applicability are produced (11, 12).

In terms of cross-sectional geometry, precast floors can be subdivided into plate elements with a completely smooth bottom surface, beam-and-slab, and rib-and-slab floors. Characteristics of basic floor systems s given in Table 2, and most commonly used types of precast elements will be described below.

4. Prestressed concrete hollow core slabs

Hollow core slabs are still the most widely used in large-panel construction systems – their annual world production reaches 50 million m² (7). Together with the precast technology development the elements are produced almost exclusively as prestressed concrete elements, named Spiroll [SP] or Hollow Core [HC]. The typical precast elements are produced for nominal height of cross-section in the range from 160 to 500 mm and constant width of 1200 mm. Other additive widths are produced by longitudinal cutting of basic plates. Longitudinal hollow cores in important manner

Tablica 2 / Table 2

CHARAKTERYSTYKI PODSTAWOWE UKŁADÓW STROPOWYCH (4).

BASIC CHARACTERISTICS OF FLOOR SYSTEMS (4).

	Rodzaj stropu Type of floor	Rozpiętość maksymalna Maximum span [m]	Wysokość stropu Floor height [mm]	Szerokość prefabrykatu Width of precast element [mm]	Ciężar własny Dead-weight [kN/m ²]
stropy płaskie / flat floors	Żelbetowe płyty kanałowe Reinforced concrete hollow core slabs	7,8	150-300	1200	2,5-4,5
	Strop zespolony typu filigran, 2K Filgran composite slab, 2K	12,5 [sprężony / prestressed]	120-400	2400	1,8-5,0 [prefabrykat / precast element]
		7,2 [żelbetowy / reinforced concrete]			4,5-10,0 [strop / floor]
	Strop zespolony typu filigran z wypełnieniem styropianowym Filgran composite slab with styrofoam filling	12,5 [sprężony / prestressed] 7,2 [żelbetowy / reinforced concrete]	200-400	2400	2,0-5,0
	Strunobetonowe płyty pełne HM Prestressed concrete full slabs HM	10,0	200-300	1200	2,0-7,5
	Strunobetonowe płyty kanałowe / Prestressed concrete hollow core slabs	21,0	150-500	1200	2,5-6,5
Strunobetonowe płyty kanałowe + 50mm nadbetonu / Hollow pre-stressed concrete slabs + 50 mm of concrete overlay	21,0	220-550	1200	3,5-7,5	
stropy płytowo – żebrowe beam-and-slab floors	Strunobetonowe płyty żebrowe TT / Prestressed concrete beam-and-slab floors TT	24,0	300-1000	2400	2,0-6,5
	Strunobetonowe płyty żebrowe TT + 50mm nadbetonu Prestressed concrete beam-and-slab floors TT + 50 mm of concrete overlay	24,0	350-1050	2400	3,0-7,5
	Strunobetonowe płyty żebrowe STT Prestressed concrete beam-and-slab floors STT	30,0	700-800	2400	2,0-3,0
stropy gęstożebrowe rib-and-slab floors	Strunobetonowe stropy belkowo-pustakowe Prestressed concrete beam-and-block floors	10,0	140-300	600 [rozstaw belek / slab spacing]	ok. 1.5
	Żelbetowe stropy belkowo-pustakowe Reinforced concrete beam-and-block floors	7,2	200-340	300-600 [rozstaw belek / slab spacing]	ok. 1.5

rych podpory płyt stanowią zespolone belki o wysokości zbliżonej do wysokości stropu (8), dzięki czemu wysokość konstrukcyjna ustroju stropowego może być zmniejszona nawet o około 300 mm – są to tak zwane konstrukcje „SlimFloor”. Jednym z tego typu rozwiązań jest stalowo-betonowa belka Deltabeam, o trapezowym przekroju skrzynkowym (9). Należy jednak zwrócić uwagę, iż drastyczne zmniejszenie wysokości belek podpierających płyty stropowe nie pozostaje bez wpływu na nośność i użyteczność

decrease the weight of precast elements up to 60% in comparison with plates of the same height but with full section. Own weight reduction give the guarantee of the use of prestressing steel on the level of about 30%. Both possible technologies – slip forming and extrusion – give no possibility of cross reinforcement, thus the problem of shear bearing capacity has the key importance. The shear bearing capacity amelioration can be obtained due to opening and casting of selected hollow cores on the periphery

całego układu stropowego (10). Dlatego powstają rozwiązania sprężonych belek tego typu, co pozwoli na zwiększenie zakresu stosowalności konstrukcji „SlimFloor” (11, 12).

Pod względem geometrii przekroju poprzecznego stropy prefabrykowane można podzielić na elementy płytowe o całkowicie gładkiej dolnej powierzchni, płytowo-żebrowane, a także stropy gęsto żebrowane. Charakterystykę podstawowych ustrojów stropowych podano w tablicy 2, a najczęściej stosowane rodzaje prefabrykatów zostaną krótko omówione w punkcie 4.

4. Strunobetonowe płyty kanałowe

Najchętniej wykorzystywanymi w budownictwie kubaturowym stropami wielkopłytowymi wciąż pozostają płyty kanałowe; ich roczna światowa produkcja sięga 50 mln m² (7). Wraz z rozwojem technologii prefabrykacji elementy te wykonuje się niemal wyłącznie jako elementy strunobetonowe, występujące pod nazwą „Spiroll” (SP) lub „Hollow Core” (HC). Typowe prefabrykaty są produkowane w zakresie nominalnych wysokości przekroju od 160 mm do 500 mm i stałej szerokości 1200 mm. Inne szerokości uzupełniające otrzymuje się poprzez podłużne cięcie płyt podstawowych. Podłużne kanały w znacznym stopniu zmniejszają ciężar prefabrykatu, nawet o 60% w porównaniu z płytami tej samej wysokości, o pełnym przekroju, zmniejszając poziom zużycia betonu. Zmniejszenie ciężaru własnego daje oszczędność w zużyciu stali sprężającej o około 30%. Obie dostępne technologie produkcji, „slip forming” oraz ekstruzja, uniemożliwiają stosowanie zbrojenia poprzecznego, stąd zagadnienie zapewnienia nośności na ścinanie jest kluczowe. Poprawę nośności na ścinanie uzyskać można dzięki otwarciu i zabetonowaniu wybranych kanałów na skrajnych odcinkach, o długości około 1 m. Dla powiązania płyt z wieńcem otwarte kanały zbroi się trzonami uciągającymi.

5. Strunobetonowe płyty pełne

Coraz częściej producenci płyt kanałowych oferują także strunobetonowe płyty pełne o wysokościach nominalnych 200–300 mm i rozpiętości dochodzącej do 20 m. Wyeliminowanie kanałów stwarza warunki do produkcji płyt o dowolnej szerokości w zakresie od 600 mm do 1200 mm. Pełny przekrój poprzeczny tych sprężonych elementów daje większy ciężar własny, ale zapewnia także możliwość przenoszenia znacznie większych sił tnących, szczególnie obciążeń skupionych. Płyty takie montuje się zwykle w miejscach zwiększonych obciążeń, na przykład w miejscach montażu gotowych kabin sanitarnych.

6. Płyty żebrowe TT

Powszechnym rozwiązaniem wielkopłytowych stropów z żebrami są płyty TT, składające się z dwóch żeber głównych, sprężonych podłużnie i zbrojonych poprzecznie strzemionami oraz łączonych płytką żelbetową o niewielkiej grubości, w granicach 30-

section of about 1 m long. For linking the plates with wreath open hollow cores are reinforced with bending stens.

5. Prestressed full slabs

More and more frequently the producers of hollow plates offer also nominal height plates of 200–300 mm and span up to 20 m. Elimination of hollows give the conditions of plates production of the width in the range from 600 to 1200 mm. Full cross-section of prestressed elements is generating higher own weight, but also guarantee the possibility to transfer much more cutting forces, particularly focus loads. Such plates are locally mounted in the places with higher loads for example in the installation of ready sanitary cabins.

6. Prestressed beam-and-slab TT

Common solution of large-panel floors with ribs are TT slabs, which are composed from two main ribs, longitudinally prestressed and reinforced with cross stirrups as well as combined with reinforced concrete plate with low thickness [in the range 30-80 mm]. The height of TT slabs cross-section is always in the range of 300 to 900 mm or even more, giving simultaneously the possibility of elements production with span up to 24 m with high useable loads. Standard precast elements are produced with a width 2.4–3 m, which is caused by the requirements of transport conditions.

TT slabs are the important alternative for classic monolithic beam-and-slab and grate floors. The material consumption in the production of these elements, in comparison to other precast floor elements of high span is absolutely the lowest.

TT slabs can be produced also as flat roof elements, for which lighter elements with changeable cross-section can be used, which are forming the roof area with the slope of 1:40, which facilitated the rain water transport and lower ribs so-called STT slabs.

7. Lost formwork „Filigran” type

Apart from precast large-panels very popular are reinforcement concrete composite floors produced from reinforced plate with thickness from 50 to 70 mm – so-called lost formwork – and laid concrete overlay. The examples of these solutions are commonly applied, working in one direction, the reinforced concrete floors of Filigran type. In some European countries the prestressed concrete formwork plates are also produced, which permit for covering larger spans. The floors so-called 2K in Poland are the variety of structures produced from cross-reinforced lost formworks.

In the case of composite floors produced in so-called lost formworks, similarly as the traditional monolithic plates can be applied different construction solutions in order to diminish the own weight. In several countries the popular are the floors of the Bubble Deck type, which have the round polymer inserts. In the world, from

80 mm. Wysokość przekroju poprzecznego płyt TT zwykle mieści się w przedziale od 300 mm do 900 mm lub nawet więcej, dając tym samym możliwość wykonywania elementów o rozpiętości nawet do 24 m, przy dużych obciążeniach użytkowych. Standardowe prefabrykaty wykonuje się o szerokości 2,4–3 m, co wynika z ograniczeń związanych z transportem.

Płyty TT stanowią ważną alternatywę dla klasycznych monolitycznych stropów płytowo-żebrowych oraz rusztowych. Zużycie materiału do produkcji tych elementów, w porównaniu do innych prefabrykatów stropowych o dużych rozpiętościach, jest najmniejsze.

Płyty TT można produkować także, jako elementy stropodachów, w przypadku których stosuje się lżejsze elementy o zmiennym przekroju poprzecznym, kształtujące dwuspadową połą dachową w spadku 1:40, co ułatwia odprowadzanie wody opadowej i niższych żeberkach, tak zwane płyty STT.

7. Szalunki tracone typu „Filigran”

Obok prefabrykatów wielopłytowych dużą popularnością cieszą się także żelbetowe stropy zespolone tworzone z płytki żelbetowej o grubości od 50 mm do 70 mm, tak zwanego szalunku traconego oraz układanej na budowie warstwy „nad-betonu”. Przykładami takich rozwiązań są powszechnie stosowane, jednokierunkowo pracujące żelbetowe stropy „Filigran”. W niektórych krajach europejskich wykonuje się również strunobetonowe płyty szalunkowe, pozwalające na przekrywanie większych rozpiętości. Stropy noszące w Polsce nazwę „2K” są odmianą konstrukcji wykonywanych na krzyżowo zbrojonych szalunkach traconych.

W przypadku stropów zespolonych, wykonywanych w tak zwanych szalunkach traconych, podobnie jak w tradycyjnych płytach monolitycznych, stosować można różne rozwiązania konstrukcyjne w celu ograniczenia ich ciężaru własnego. W wielu krajach popularne są stropy typu „Bubble Deck”, posiadające kuliste wkładki, z tworzywa sztucznego. Na świecie od lat stosuje się również rozwiązania z wkładkami odciążającymi ze styropianu. W Polsce odmianą stropu typu „Filigran” z wkładkami ze styropianu jest strop PSKJ-S.

8. Stropy gęsto żebrowane

Technologia prefabrykacji stropów z elementów drobnowymiarowych znalazła zastosowanie w realizacji stropów dla niższych obiektów użyteczności publicznej lub budynków mieszkalnych. Obecnie w Polsce rozwinęły się stropy o gęstym żebrowaniu, belkowo-pustakowe, w których belki są żelbetowe lub sprężone.

Stropy o gęstym żebrowaniu z belek żelbetowych mogą osiągać rozpiętości do 7,2 m. W przypadku belek strunobetonowych rozpiętość może przekroczyć 10 m, co w połączeniu ze stosunkowo niską wysokością przekroju, stanowi ich główny atut. Technologia wykonywania belek strunobetonowych, uniemożliwia zazwyczaj umieszczenie w belkach zbrojenia poprzecznego, dlatego nośność na ścinanie podłużne między prefabrykowaną belką a „nad-beto-

several years the solutions from foam diminishing weight inserts are used efficiently – in Poland the variety of Filigran with styrofoam inserts is the PSKJ-S floor.

8. Rib-and-slab floors

Technology of precast floors from finely dimensioned elements is used in floors for lower public facilities or housing. Nowadays in Poland, beam-and-block floors systems have developed, with reinforced concrete or prestressed slabs.

Reinforced concrete beam-and-block floors can achieve spans up to 7,2 m. In the case of prestressed concrete slabs the span can exceed 10 m, which in combination with relatively low height of cross-section is the main advantage. The technology of prestressed concrete slabs, give no possibility to placing in this slabs the cross-reinforcement, which give longitudinal shear bearing capacity between the precast slab and concrete overlay is ensured by top surface of web in the form of sinusoidal wave or gains. The floor bearing capacity, apart of slabs, the reinforced concrete plates with thickness at least of 40 mm, placed on top edge of airbrick are assured. In the case of high loading floors or very high spans the two or three slabs are placed next to each other.

9. Possibilities of installation location in floor elements

Fully effective today's buildings construction from precast elements require wide cooperation between investor, designers of all branches, precast elements suppliers and general performer and others. Due to this cooperation, it is possible to choose of precast elements, which efficiently permit installation line location. Correctly designed and produced hollow core slabs can have locally lowered cross-section height, which permit to locate the installation hollows in the thickness of floor [Fig. 3]. Choose of installation road in the floor should be linked with static-strength analysis of the plates details of lower cross-section stiffness.

A new technology on European market is called Thermodeck, which applied the possibility of heat collection in hollow core plate, forming



Rys. 3. Strop z płyt kanałowych z instalacjami ułożonymi wewnątrz stropu

Fig. 3. HC slab with installations laid in the thickness of the slab

nem” jest zapewniona przez ukształtowanie powierzchni górnej środnika w postaci fali o przebiegu sinusoidalnym, lub wrębów. Konstrukcję nośną stropu, oprócz belek, stanowi żelbetowa płyta, o grubości co najmniej 40 mm, układana na górnej krawędzi pustaków. W przypadku dużych obciążeń stropu lub bardzo dużych rozpiętości stosuje się po dwie lub trzy belki, układane obok siebie.

9. Możliwości prowadzenia instalacji w elementach stropowych

W pełni efektywne tworzenie współczesnych budynków prefabrykowanych wymaga szerokiej współpracy pomiędzy inwestorem, projektantami wszystkich branż, dostawcami prefabrykatów oraz generalnym wykonawcą i podwykonawcami. Dzięki niej możliwe jest stosowanie prefabrykatów, w których bezkolizyjnie rozprowadzone są ciągi instalacyjne. Odpowiednio zaprojektowane i wykonane płyty kanałowe mogą mieć lokalnie zmniejszoną wysokość przekroju, dzięki czemu kanały instalacyjne mieszczą się w grubości stropu [rysunek 3]. Dobór przebiegu trasy instalacji na rzucie stropu musi wiązać się z analizą statyczno-wytrzymałościową pracy fragmentów płyt o zmniejszonej sztywności przekroju.

Nowym rozwiązaniem na rynku europejskim jest technologia „Thermodeck”, która wykorzystuje możliwość gromadzenia ciepła w płycie kanałowej, tworząc układ naturalnej klimatyzacji. Metoda ta jest z powodzeniem wykorzystywana zarówno w lecie, gdy zakumulowane w nocy chłodne powietrze jest oddawane w dzień, jak również w zimie poprzez włączenie kanałów w układ przepływu podgrzanego powietrza. Ten aktywny cieplnie strop zapewnia wygodną i cichą klimatyzację, dzięki której w pomieszczeniu panują komfortowe warunki temperaturowo-wilgotnościowe, a zmniejszenie kosztów energii sięga nawet 50%, w porównaniu do klasycznej klimatyzacji.

10. Inne prefabrykowane elementy konstrukcji budynków

Elementami uzupełniającymi ustrój nośny budynku są na przykład elementy służące komunikacji, czyli biegi i spoczniki schodowe, balkony, galerie.

Prefabrykacja klatek schodowych, z uwagi na skomplikowany kształt szalunków, a także zbrojenia oraz potrzebę akustycznego oddzielenia biegów i podestów od ścian, przyczynia się do znacznego przyspieszenia procesu budowlanego, przy jednoczesnej poprawie komfortu użytkowania i estetyki schodów. W przypadku konstruowania takich klatek schodowych istnieje kilka możliwych rozwiązań konstrukcyjnych:

- prefabrykowanie łącznie biegu schodowego wraz ze spocznikiem,
- oddzielnie wykonywanie biegów schodowych i spoczników,
- prefabrykacja samych biegów schodowych i opieranie ich na monolitycznych spocznikach.

the natural air conditioning system. This system can be useful also in winter and in summer, when the accumulated during the night fresh air is given during the day, as well as in winter through linking the hollows in the system of heated air. This thermal-active floor is assuring a good and silent air conditioning, due to which the comfort temperature and humidity conditions are reining, and energetic costs reduction is even up to 50% compared to classic air conditioning.

10. Others precast elements of buildings structure

The supplementary elements of load-bearing constructions in building are for example the elements assuring communication, thus staircases and staircase landing, balconies and galleries.

Precast of staircases, due to complicated shape of formworks and reinforcement as well as for the need of acoustic partition of staircases and platforms from the walls, is causing the drastic acceleration of building process with simultaneous amelioration of use and aesthetics value of stairs. In the case of staircases construction the following methods of its solution:

- connection of precast of staircase and staircase landing elements,
- separate production of staircase and staircase landing elements,
- precast of stairs alone, which should be supported on monolithic landing elements.

In order to assure the aesthetics requirements the production of precast elements of unusual shape for example arched or showing horizontal expansion [Fig. 4]. Top layers of communication areas can be freely finished for example covering during production with ceramic plates or brushing, stamp of figures and applying other roughing forms.



Rys. 4. Element stopni schodów rozszerzających się wzdłuż długości
Fig. 4. Staircase element extending horizontally

W celu spełnienia coraz większych wymogów estetycznych możliwe jest wykonywanie prefabrykatów o nietypowych kształtach, na przykład łukowych czy rozszerzających się wzdłuż długości [rysunek 4]. Warstwy wierzchnie stref komunikacyjnych można swobodnie wykańczać, na przykład stosować w wytwórni okładziny ceramiczne lub szcztokować, odciskać wzory czy stosować inne formy zwiększenia szorstkości.

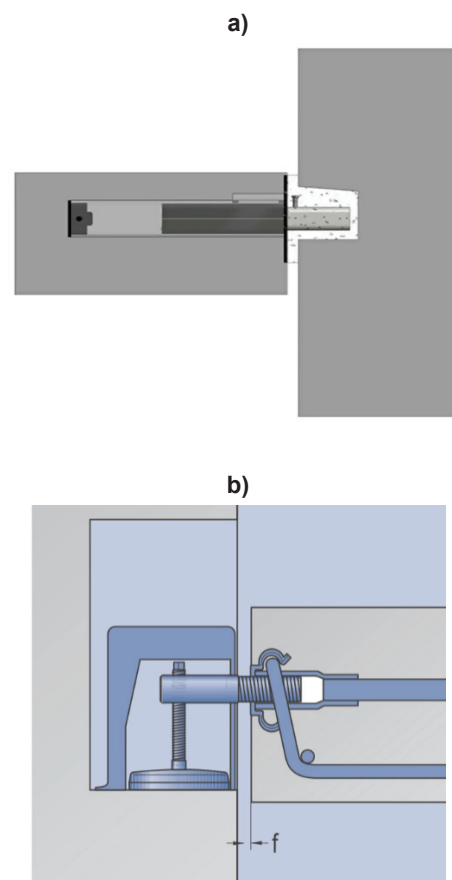
Wykonując prefabrykowane klatki schodowe nie można pominąć warunków akustycznych, często jeszcze niedocenianych w warunkach polskich. Coraz częściej stosowane są rozwiązania ze spocznikami liniowo lub punktowo podpartymi na podkładkach ograniczających rozchodzenie się dźwięków. Biegi powinny być oddzielone od ścian szczeliną o szerokości ok. 20 mm.

W przypadku ścian, wykonanie wsporników podpierających biegi lub podesty znacznie pogarsza estetykę, dlatego coraz większą popularnością cieszą się systemowe łączniki do oparcia biegów i podestów. Mogą to być łączniki z wysuwającym rygłem stalowym [rysunek 5a] lub też łączniki zapewniające bezpośrednie oparcie przy możliwej regulacji położenia biegu, zapewniające odpowiednie tłumienie odgłosów kroków, bez konieczności stosowania dodatkowych podkładek elastomerowych [rys. 5b] (4). W takich przypadkach wykonanie elementów ściennych jest znacznie ułatwione, należy jedynie przygotować odpowiednie wnęki, które po montażu schodów wypełniane są betonem o małym skurczu.

Coraz większą popularność zyskują w budownictwie mieszkaniowym balkony prefabrykowane. Współczesna architektura obiektów wymusza niejednokrotnie wykonywanie balkonów o dużych wysięgach, czy też urozmaiconych kształtach, a także fakturach warstw elewacyjnych. Prefabrykaty balkonowe mogą być od razu wykonane wraz z antypoślizgową powierzchnią górną, ułożoną z zachowaniem spadku zapewniającego odwodnienie, a także z poręczami. Mostki termiczne eliminowane są poprzez zastosowanie systemowych łączników termoizolacyjnych, liniowych bądź punktowych, które uniemożliwiają zwiększenie przepływu ciepła, w miejscu nieciągłości izolacji. Dzięki temu nie ma konieczności wykonywania warstwy izolacji cieplnej płyty balkonowej, przez co uzyskuje się lepszy efekt wizualny oraz przyspiesza się budowę.

11. Podsumowanie

Współczesne, wielkopłytowe budynki prefabrykowane, dzięki dużej dokładności wykonawstwa, stosowaniu nowoczesnych materiałów oraz najnowszych rozwiązań technologicznych w zakresie połączeń, pozwalają na kształtowanie obiektów bezpiecznych, funkcjonalnych i wyróżniających się pod względem estetycznym. Prefabrykacja skraca czas budowy obiektu, a także umożliwia jej realizację w trudnych warunkach. Należy podkreślić, że technologia ta sprzyja powstawaniu konstrukcji przyjaznych dla środowiska w ich całym cyklu życia, począwszy od zmniejszenia emisji CO₂ w procesie produkcyjnym, poprzez zmniejszenie hałasu i emisji pyłu na miejscu budowy, aż po możliwość łatwej rozbiórki obiektu i ponownego użycia części jego składników.



Rys. 5. Przykłady łączników systemowych dla schodów prefabrykowanych: a) z wysuwającym rygłem, b) z wibroizolacją

Fig. 5. Examples of system connectors for prefabricated stairs: with retractable bolt, b) with vibration isolation

Staircases forecast production cannot omit the acoustics conditions, which frequently is underestimated in Polish conditions. More and more frequently the solution with staircase landing with linear or points supported on pads limiting of sound dispersion. Staircases should be with dilatations from the walls with gaps of the width of about 20 mm.

In the case of walls, the supporters production for staircases and platforms lowers significantly the aesthetics of these elements, thus more frequent popularity have the system of joints for staircases and staircases landing supportings. It can be the joints with steel retractable bolt [Fig. 5a] or the joints ensuring the direct support with possibility of staircase placing regulation possibility and assuring the suppressive of steps noise without the necessity of additional elastomers pads [Fig. 5b] (4). In these cases the walls elements production is significantly easier – it should only prepare the correct recesses, which after stairs installation are filled with low shrinkage concrete.

Precast balconies are becoming increasingly popular in housing. Contemporary architecture of buildings often requires the construction of large balconies, or varied shapes and texture of the facade layers. Precast balconies can be produced with non-slip top surface, placed with enough slope ensuring drainage, and also with handrails. Thermal bridges are eliminated by the usage of

Rozwój betonowego budownictwa prefabrykowanego w najbliższych latach zapewne będzie powiązany z następującymi zmianami:

- działaniami zmierzającymi do poprawy jakości, przy czym pojęcie „jakości” rozumiane jest nie tylko jako odpowiadająca dużym wymaganiom jakość materiałów i wykonania, ale również jako komfort korzystania z budynku w całym okresie jego trwałości;
- rozwojem i wdrażaniem budownictwa o bardzo małym zużyciu energii, postępowaniem w zakresie ochrony akustycznej oraz przed drganiami;
- wdrażaniem technologii „BIM” ułatwiającej współpracę inwestora z projektantami wszystkich branż, dostawcami prefabrykatów, z generalnym wykonawcą, a także z podwykonawcami;
- odejściem od sztywnych modułów wymiarowych i ograniczeniem typizacji głównie do rozwiązań złączy czy granicznych gabarytów;
- wykorzystywaniem zróżnicowanych rodzajów warstw elewacyjnych;
- ograniczeniem ilości lub eliminacją widocznych złączy elementów prefabrykowanych;
- wprowadzaniem coraz większych rozpiętości stropów;
- budową coraz wyższych obiektów; najwyższy wielkopłytowy budynek w Europie, „Strijkijzer” wzniesiony w Hadze w 2007 r., ma 42 kondygnacje o łącznej wysokości 132 m.

Bez wątpienia, spośród wszystkich dziedzin budownictwa, właśnie obszar prefabrykacji jest jednym z najbardziej otwartych na tworzenie i wdrażanie innowacyjnych rozwiązań, zarówno w zakresie stosowanych materiałów i akcesoriów, doskonalenia urządzeń produkcyjnych, jak i nowych koncepcji projektowania i wznoszenia obiektów. W krajach rozwiniętych leży to u podstaw szerokiej kooperacji ośrodków naukowych z producentami technologii i materiałów z jednej strony, a z drugiej z inwestorami, projektantami i wykonawcami budynków. Rozwój prefabrykacji na rynku polskim, polegający na tworzeniu własnych, nowatorskich rozwiązań, a nie tylko implementacji rozwiązań obcych, wymaga właśnie takiej trwałej współpracy.

Literature / References

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015 r. poz. 1422).
2. PN-EN 1992-1-1:2008. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków. PKN.
3. PN-EN 1992-1-2:2008 Projektowanie konstrukcji betonowych. Część 1-2: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
4. W. Derkowski, A. Cholewicki, M. Nieszczyński, P. Skupień, Prefabrykacja - jakość, trwałość, różnorodność - Zeszyt 3 - Obiekty kubaturowe mieszkalne i inne, w których głównym układem konstrukcyjnym są ściany. Warszawa, Stowarzyszenie Producentów Betonów, 2017.

thermal insulation joints, linear or point – they prevent increased heat flow at the discontinuity of insulation. This eliminates the need for thermal insulation of the balcony slab, which results in a better visual effect and accelerated the implementation.

11. Summary

Contemporary precast large-panel buildings, due to their precise production, the usage of new generation materials and the latest technological solutions in the field of joints, allow on production of safe, functional and aesthetics buildings. Prefabrication shorten time of building implementation, as well as make it possible to build in difficult conditions. It should be underlined, that this technology promotes construction of environmentally friendly structures throughout their lifecycle – starting from reduction of CO₂ emission in production process, through the reduction of noise and dust emission on construction site, to the possibility of easy demolition and re-use parts of its components.

The development of concrete precast construction in next years will be probably related with:

- actions aimed at improving quality, where “quality” means not only materials and production quality but also as a comfort of the building usage during its sustainability;
- development and implementation of almost zero energy building, progress in the range of acoustics or vibrations protection;
- implementation of BIM technology facilitating the cooperation between investor, designers of all branches, precast elements suppliers and general performer and others;
- resignation of rigid dimensional modules and limitation of typification system mainly to solutions of joints or boundary dimensions;
- the usage of differentiated types of facade layers;
- limitation of the quantity or elimination of visible joints of precast elements;
- introduction of more and more higher spans of floors;
- construction of higher and higher buildings – the highest large-panel building in Europe, „Strijkijzer” built in Hague in 2007, has 42 floors with total height of 132 m.

Undoubtedly, from all construction fields, the prefabrication area is one of the most open to the creation and implementation of innovative solutions, both in the range of materials and accessories, which are used, and also in the improvement of production equipment, as well as in the new concepts concerning design and buildings construction. In developed countries, this fact is related with wide-scale collaboration of science centres with manufacturers of technology and materials on the one hand, and on the other hand - with investors, designers and building contractors. I am convinced, that the development of prefabrication on the Polish market, consisting in creating own, innovative solutions, and not only the implementation of foreign solutions, requires just such a lasting cooperation.

5. P. Skupień, M. Niesyczyński, W. Derkowski, Ściany warstwowe - efektywne rozwiązanie nowoczesnej prefabrykacji, *Materiały Budowlane* 2017/4, 30-32, DOI:10.15199/33.2017.04.06.
6. A. Suikka, Precast concrete in housing, *Prefabrication in Europe*, Krakow 2007, 71-76.
7. K. S. Elliott, C. Jolly, *Multi-Storey Precast Concrete Framed Structures*, Wiley-Blackwell, 2013.
8. D. L. Mullett, *Composite Floor Systems*, Blackwell Science, 1998.
9. A. Cholewicki, D. Zimny, Peikko Deltabeam floor beam - example of a modern element in the composite floor system, *Inżynier Budownictwa* 6 (2012) 96-97.
10. W. Derkowski, M. Surma, Shear Capacity of Prestressed Hollow Core Slabs on Flexible Supports, *Czasopismo Techniczne* 2-B/2013 3-12.
11. W. Derkowski, P. Skalski, New concept of Slimfloor with prestressed composite beams, *Procedia Engineering* 193 (2017), 176-183.
12. T. Friedrich, R. Klein-Holte, Flexurally Rigid Support of Prestressed Hollow Core Slabs with Post-tensioned Beams, *Proceedings of the fib Symposium 2017, Maastricht, The Netherlands*, 1137-1146.