

Rys. 1. Widok ogólny typowej jednostki mieszkalnej objętej projektem Prefab House z częścią garażową przylegającą do budynku



Wytwarzanie elementów dla innowacyjnego systemu energooszczędnego budownictwa prefabrykowanego w ramach projektu Plus Energy Prefab House

W 2012 roku w międzynarodowym konkursie Future Project Awards, organizowanym corocznie przez prestiżowe czasopismo angielskie „Architectural Review”, mgr inż. arch. Lech Wojtasik z Pracowni Architektonicznej w Pile zajął pierwsze miejsce w kategorii Sustainability Prize, przedstawiając projekt Plus Energy Prefab House. Jest to system budownictwa mieszkaniowego, realizowany fabryczną technologią betonowego budownictwa prefabrykowanego, oparty na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, energooszczędności, ekologii i ekonomii. Projekt wpisuje się w pakiet energetyczno-klimatyczny przyjęty na lata 2020–2030, zaproponowany najpierw przez przywódców krajów Unii w 2009 roku, a później przez Komisję Europejską w 2014 roku. Zdobyte międzynarodowej nagrody zaowocowało powołaniem nowego interdyscyplinarnego zespołu wdrożeniowego, w skład którego weszli projektanci konstrukcji, technolodzy prefabrykacji betonowej i inżynierowie z zakresu efektywnego zarządzania technikami grzewczymi i wymiany powietrza w budynku. Opracowano koncepcję rzeczywistego wolnostojącego domu jednorodzinnego o stromym dachu i właściwościach pasywnych i wykonano projekt budowlany. W 2016 roku zespół otrzymał grant od Narodowego Centrum Badań i Rozwoju na opracowanie technologii produkcji prefabrykatów i wybudowanie prototypowego budynku w ramach projektu NCBR pt. „Wytwarzanie elementów dla innowacyjnego systemu energooszczędnego budownictwa prefabrykowanego z wykorzystaniem nowoczesnych systemów grzewczych i klimatyzacyjnych”. Przyjęte rozwiązania są prezentowane w niniejszym artykule.

1. Wprowadzenie

Obserwując tendencje rozwojowe mieszkalnictwa w Europie XXI wieku, wyodrębnić można dwa kierunki działań inwestorskich: jeden związany z budową obiektów zbiorowego zamieszkiwania (zarówno ekskluzywnych, jak i typu komunalnego), drugi związany z coraz bardziej atrakcyjnym budownictwem indywidualnym, jednorodzinym. W obu przypadkach obowiązują reguły zrównoważonego rozwoju, jednakże budownictwo wielorodzinne jest z natury rzeczy realizowane technologiami uprzemysłowionymi, a budownictwo jednorodzinne raczej technologiami rzemieślniczymi. Szacuje się, że nakłady robocizny na wykonanie typowego domu jednorodzinnego wynoszą przeciętnie 2000 roboczogodzin, co przy stawce 50 euro obowiązującej w Unii daje kwotę około 100 000 euro, nie licząc materiałów i wyposażenia technologicznego. Tendencje takie obserwuje się od kilku lat w Europie Zachodniej, jednakże zaczynają one także przenikać do Europy Środkowo-Wschodniej.

Uznając, że tendencja ta jest nieodwracalna, autorzy niniejszego artykułu rozpoczęli prace projektowe i konstrukcyjne nad opracowaniem innowacyjnego budynku mieszkalnego z prefabrykatów betonowych o wysokim stopniu wykończenia, scalanych na budowie w całość poprzez specjalny system łączników, zastępujących tradycyjny sposób murowania. Przyjęcie takiego systemu produkcji prefabrykatów i ich montażu ograniczy pracochłonność wykonania domu do 260 roboczogodzin, a koszt fabrycznego wyprodukowania elementów i ich montażu nie przekroczy kosztów wykonania tych samych przegród metodami tradycyjnymi.

Zaprojektowany budynek bazowy, parterowy, z dachem stromym, pokazany na rysunkach 1 i 2, ma wymiary zewnętrzne 8,80 m x 12,20 m. Moduł ba-

zowy w systemie to jednokondygnacyjny prostopadłościowy o podstawie 8,80 m x 12,20 m z dachem stromym i powierzchni mieszkalnej 148 m² lub dwukondygnacyjny o takiej samej podstawie z dachem płaskim, o powierzchni 177 m². Moduł może być elementem domu jednorodzinnego lub odpowiednio zestawiony tworzyć budynki dwurodzinne i szeregowe oraz wielorodzinne. Dzięki specjalnym stropowym płytom betonowym o długości 11,6 m, z żebrami sprężonymi, można przekryć długość całego budynku, co daje możliwość dowolnego podziału wnętrza lekkimi ściankami działowymi. Elementy ściennie zewnętrzne o wysokości kondygnacji zaprojektowano jako elementy wielkowymiarowe, o grubości 0,41 m, posiadające od zewnątrz warstwę elewacyjną z płytek ceramicznych, izolację z poliuretanu (0,15 m) i styropianu (0,18 m), żelbetowy element konstrukcyjny o grubości 0,06 m i tynk wewnętrzny. Wejście do budynku stanowi niezależny przedsionek, z którego wchodzi się także do parterowych obiektów pomocniczych, obejmujących pomieszczenie gospodarcze (warsztaty) oraz garaż na dwa samochody osobowe. Najbliższe otoczenie stanowi taras i droga dojazdowa do garażu; pozostałą część działki zajmuje zieleni.

Minimalna szerokość działki przy zabudowie indywidualnej wynosi 25 m, przy zabudowie bliźniaczej 22 m, przy zabudowie szeregowej 18 m, zaś preferowana długość wynosi 25 m, co daje powierzchnie działek odpowiednio 625 m², 550 m² i 450 m².

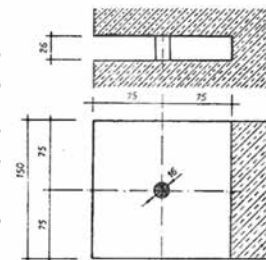
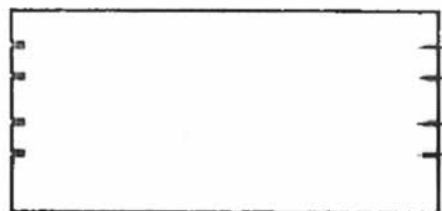
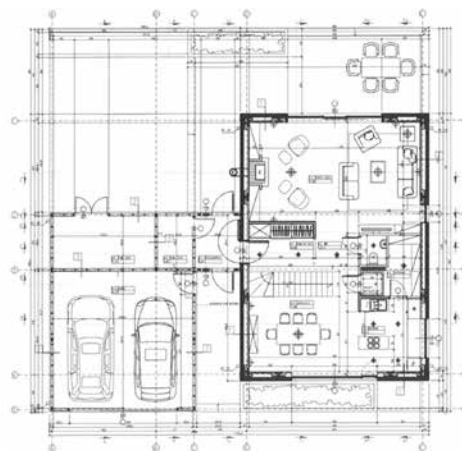
Budynek spełnia wymagania określone dla standardu energetycznego NF15 obliczone zgodnie z zasadami podanymi w normie PN EN ISO 52016-1:2017-09 [1] i innych ustaleniach oficjalnych [2, 3].

2. Idea fabrycznej prefabrykacji elementów i ich szybkiego montażu na placu budowy

W realizowanym projekcie założono fabryczną prefabrykację elementów budynku, począwszy od płyty fundamentowej, poprzez ściany zewnętrzne, strop nad parterem, szyb instalacyjny i ściany zewnętrzne w obrębie poddasza. Wszystkie prefabrykaty spełniają warunek wysokiej izolacyjności, pełnego wykończenia powierzchni, stateczności warstwowej konstrukcji żelbetowej i scalania poprzez system opatentowanych łączników stalowych. W procesie budowlanym nie przewiduje się żadnych procesów mokrych typu tynkowanie czy betonowanie. Przyjęty system montażu ma innowacyjny charakter i nie ma w historii stosowania systemów prefabrykowanych jednoznacznego i porównywalnego poziomu odniesienia, poza opatentowanym i wdrożonym w latach 1973-1978 systemem PRAS-BET w wersji płytowej i szkieletowej.

2.1. Prefabrykaty i łączniki w wersji PRAS-BET, ujęcie historyczne

W roku 1980 pracownicy naukowcy Politechniki Śląskiej w Gliwicach Jan Mikoś, Janusz Kajrunajtyś i Jan Kowal opublikowali w Zeszytach Naukowych z serii *Budownictwo* artykuł pt.: „System konstrukcyjno-montażowy PRAS-BET”, opisując doświadczenia z wdrożonej już technologii betonowego budownictwa wielkopłytowego w wersji płytowej i szkieletowej. Nową wówczas technolo-



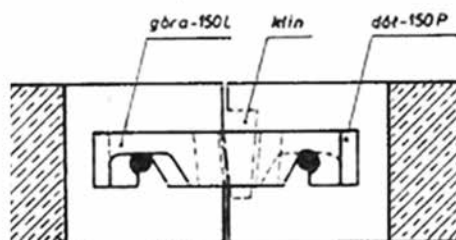
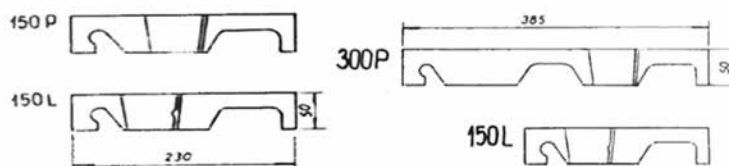
Rys. 3. Widok płyty ściennej wewnętrznej z 4 szczelinami na obrzeżach pionowych na wysokości ściany z prętem stalowym $\varnothing 16$ do łączenia kłami pokazanymi na rysunku 4

gię opisują następująco: „... rozwiązania systemu PRAS-BET w zakresie konstrukcji i montażu opierają się na współczesnych tendencjach budownictwa, zmierzających do tzw. suchego montażu elementów, natychmiastowego uzyskania stateczności montażowej wznoszonej konstrukcji oraz do zapewnienia warunków do wzrostu wydajności i jakości zarówno produkowanych elementów, jak i ich montażu. Tzw. suchy montaż polega na ograniczeniu, a nawet wyeliminowaniu betonowania złączy na budowie, których poprawne wykonanie jest uciążliwe i czasochłonne, a ich trudna do kontroli jakość uniemożliwia pełniejsze wykorzystanie nośności poszczególnych elementów, jak i całej konstrukcji.

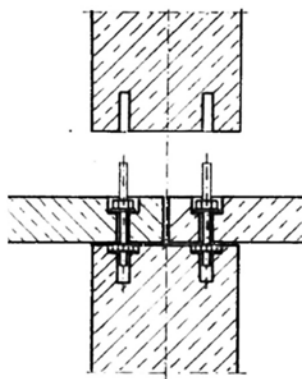
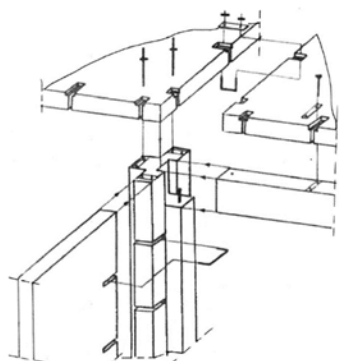
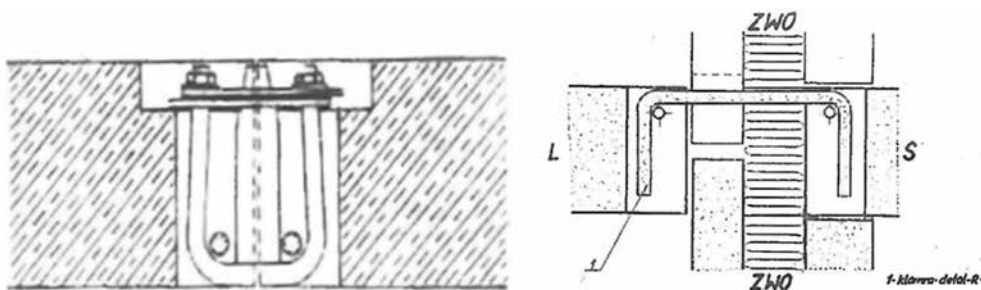
Tradycyjne złącza monolityczne zostały zastąpione w systemie PRAS-BET systemem kłamirowych łączników napinających MZK-73 (rys. 4) oraz klejącymi środkami spajającymi i uszczelniającymi. Projektowanie elementów prasowanych dla systemu PRAS-BET oparto na założeniach:

- płyty ściennie i stropowe są prostopadocienne
- otwory okienne i drzwiowe posiadają ościeża płaskie

Rys. 4. Kłamy z płaskownika z wycięciami umożliwiającymi scalanie dwóch ścian w jednej płaszczyźnie (kłamy 150 P i L) lub czterech ścian prostopadłych do siebie (kłama 300 P)



Rys. 5. Klamra typu U zamknięta płaskownikami dla łączenia płyt stropowych oraz typu U otwarta dla scalenia płyty stropowej, płyty loggii oraz ściany trójwarstwowej



Rys. 6. System szkieletowo-słupowy; klamry do scalania ścian i słupów, śruby wymuszonego montażu z funkcją scalania płyt stropowych i słupów/ścian

Rys. 7. Idea prefabrykacji pasmowej płyty fundamentowej; pokazano formę styropianową i zbrojenie oraz fragment scalonej płyty łącznikami „sinus”; na obrzeżu zaznaczono gniazda dla łączników „sinus” i „α”

- otwory konstrukcyjne, instalacyjne i wentylacyjne są prostopadłe do płyt
- dla połączenia płyt w złączach służą otwarte szczeliny usytuowane na obrzeżach elementu i przebiegający przez nie pręt zbrojeniowy (rys. 3)
- otwarte szczeliny z przenikającym je prętem zbrojeniowym służą także do zawieszania warstw izolacyjnych, zaczepiania haka zawiesia, wymuszonego montażu i zakładania urządzeń utrzymujących podczas montażu....”

W systemie założono siatkę projektową rzutu 5,40x5,40 m i podstawowy wymiar płyty stropowej 5,40x2,70 m, a także klamrowy sys-

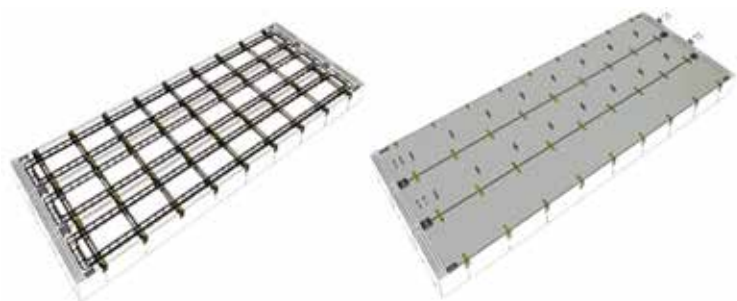
tem scalania dwóch płyt (rys. 5). Przyjęto także trójwarstwową ścianę zewnętrzną (betonowa warstwa elewacyjna, ocieplenie z wełny mineralnej, wewnętrzna betonowa warstwa konstrukcyjna) i klamrowe połączenie ściany, stropu i loggii (rys. 5).

W wersji słupowo-płytowej systemu PRAS-BET przyjęto także nacięcia-szczeliny na obrzeżach płyt, łączniki klamrowe oraz śruby wymuszonego montażu dla wznoszenia kolejnych kondygnacji. Ideę scalania pokazano na rysunku 6.

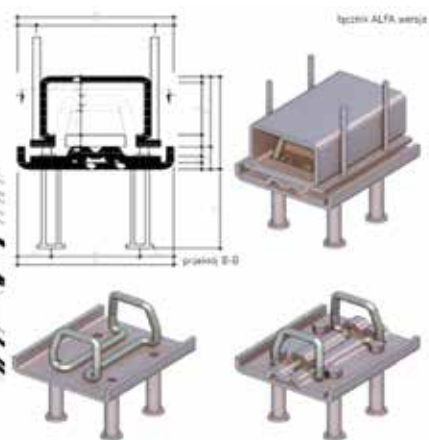
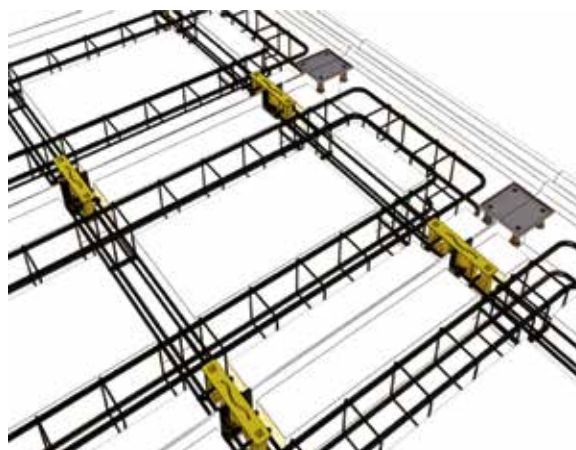
Podstawowym wyzwaniem dla producentów i wykonawców było zapewnienie tolerancji wymiarowych o rząd niższych od powszechnie wówczas obowiązujących – zamiast centymetrowych – milimetrowe. Udało się to uzyskać poprzez sztywne formy i zagęszczanie betonu technikami wibroprasowania. Efekty wdrożeniowe były w pełni pozytywne – jedną z fabryk domów systemu W-70 w Bytomiu dostosowano do potrzeb technologii PRAS-BET, co pozwoliło na skuteczną realizację wielu obiektów wielorodzinnych 5- i 11-kondygnacyjnych w Bytomiu i Tarnowskich Górach. Budynek spełniają swoje funkcje użytkowe do dnia dzisiejszego.

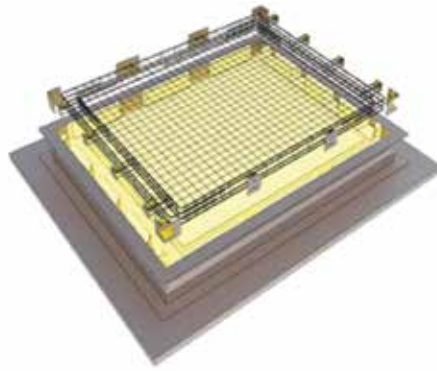
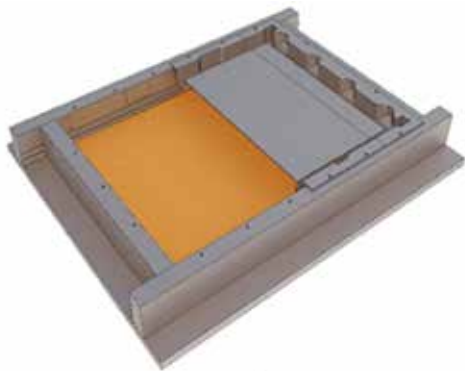
2.2. Prefabrykaty i łączniki w projektowanym systemie PREFAB HOUSE

Współcześni architekci, kierując się aktualnymi potrzebami rynku budowlanego, zaprojektowali budynek z prefabrykatów głównie betonowych, wielkogabarytowych, spełniający nie tylko kryteria konstrukcyjne, ale przede wszystkim obecne i przyszłościowe kryteria ciepłno-wilgotnościowe. Z tego powodu prefabrykaty posiadają zintegrowane z konstrukcją betonową warstwy izolacyjne, których uzyskanie nierozdzielnie związane jest z fabrycznym procesem prefabrykacji. Opracowano także specjalistyczne uniwersalne łączniki scalają-



Rys. 8. Zbrojenie i łączniki segmentowej płyty fundamentowej; łączniki „α” pokazane z prawej strony są dwuczęściowe, podstawa zamocowana w płycie fundamentowej; obudowa klina w płycie ściennej





Rys. 9. Etapowe wykonywanie ściany zewnętrznej: elewacja z płytek ceramicznych, warstwa poliuretanu, warstwa styropianu, płyta żelbetowa z belką obwodową; na krawędziach pionowych elementu umieszczone zostały gniazda łączników „sinus”, na krawędziach poziomych gniazda „alpha” dla osadzenia prefabrykatu dołem w fundamencie, a górą dla zamocowania płyt stropowych

ce prefabrykaty w płaszczyźnie ściany lub stropu oraz inne, do tworzenia układów pionowych typu płyta-ściana. Niekonwencjonalnie podchodzi się do samych form, wykorzystując powszechnie tracone profilowane kształtki styropianowe, co dobrze obrazuje tworzenie płyty fundamentowej z ociepleniem od strony gruntu.

Pasmowa płyta fundamentowa składa się zatem ze styropianowej formy, w której w zakładzie prefabrykacji wykonuje się żelbetowy element płytowo-żebrowy. Przed zabetonowaniem płyty mocuje się do zbrojenia stalowe elementy łącznikowe typu „sinus” (scalanie elementów w płaszczyźnie) i typu „alpha” (łączenie ścian z fundamentem). Pozostawiona po produkcji tracona forma styropianowa stanowi docelowe ocieplenie od strony gruntu płyty fundamentowej. Formę i scaloną płytę pokazano na rysunku 7, a zbrojenie płyty z gniazdami do mocowania łączników „sinus” i „alpha” na rysunku 8.

Wielowarstwowe ściany zewnętrzne scalane między sobą łącznikami „sinus” i kotwione w płycie fundamentowej za pomocą łączników „alpha” wykonuje się w trzech etapach. Na dnie formy, na styropianowych szablonach układa się warstwę elewacyjną z płytek ceramicznych, na której, poprzez wtrysnięcie poliuretanu, kształtuje się warstwę izolacyjną, blokowaną od góry stalową płytą dociskową. Do poliuretanu klei się warstwę styropianu z wyprofilowanymi wgłębieniami pod ruszt płyty żelbetowej.

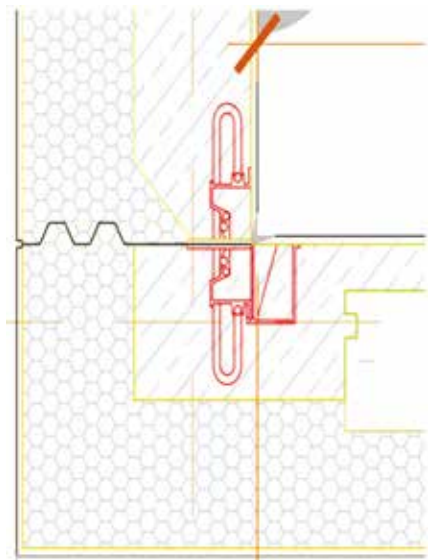
Na tak przygotowanym podłożu wykonuje się z betonu SCC żelbetową płytę ścienną o grubości 6 cm z obrzeżem belkowym o wymiarach 18x18

cm (rysunki 9 i 11 d). Na obrzeżach belki żelbetowej mocuje się do zbrojenia elementy łącznikowe „sinus” i „alpha”. Zasadę prefabrykacji ścian z gotową elewacją pokazano na rysunku 11a.

Pasmowe elementy stropowe wykonuje się podobnie jak elementy płyty fundamentowej, z tą różnicą, że element płytowo-żebrowy przy pozostawionej płycie o grubości 6 cm posiada sprężone żebra, co umożliwia przekrycie stropu o rozpiętości 8,20 m do 11,60 m. Elementy ścienne poddasza, także z gotową elewacją, wykonuje się według zasad formowania ścian zewnętrznych. W obu przypadkach korzysta się z wcześniej opisanych łączników. Połączenie ścian zewnętrznych między sobą oraz wygląd łącznika „sinus” pokazano na rysunku 10. Przygotowane w zakładzie prefabrykacji betonowej komplety elementów na konkretny budynek są albo konteneryzowane (transport daleki: kontener morski typu 40’HCDC o wymiarach 2,40x2,90x12,2 m) albo przesyłane w pozycji pionowej na naczipach dostosowanych do samochodowego transportu drogowego na odległość do 1000 km. Przewiduje się tzw. montaż z kół bez dodatkowego składowania elementów na placu budowy.

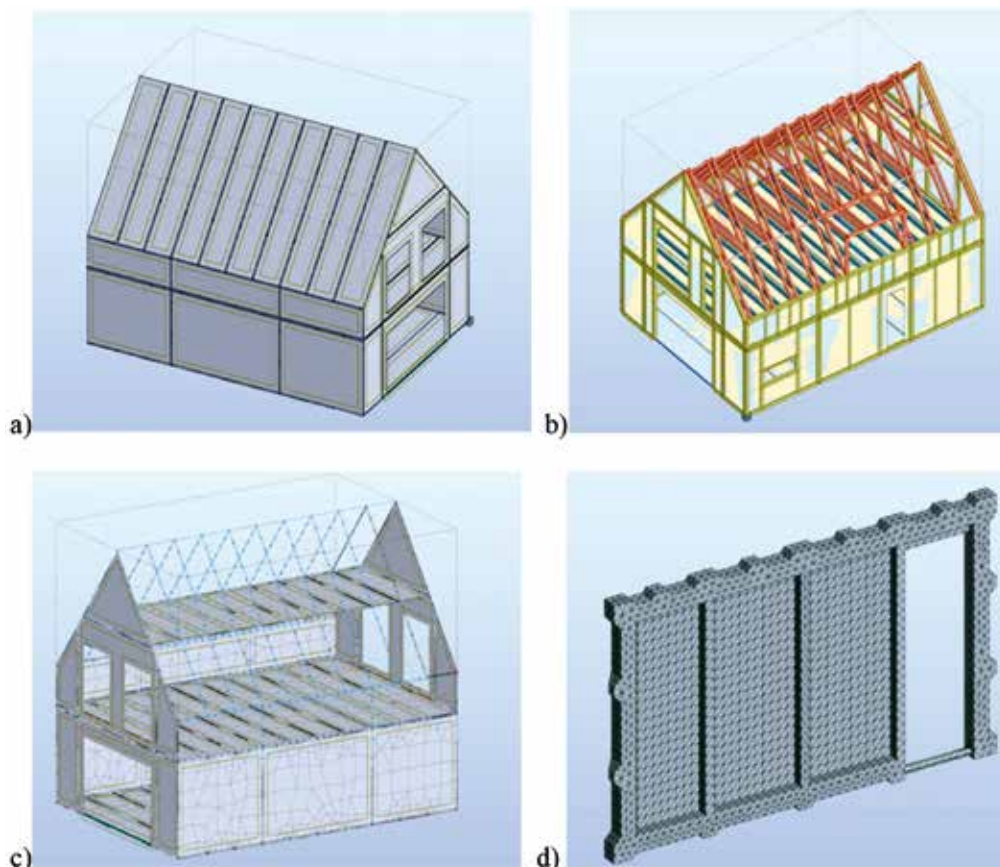
3. Modele obliczeniowe budynku bazowego i ich doświadczalna weryfikacja

Scalone elementy prefabrykowane tworzą przestrzenny układ wieloprzegubowy i z tego powodu opracowano dwa modele obliczeniowe dla ustalenia rzeczywistej nośności elementów. Model obliczeniowy budynku wykonano w programie Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Obliczenia



Rys. 10. Zasada scalania ścian w ich płaszczyźnie; pokazano łącznik składający się z gniazda wykonanego z twardego HDPP i stalowego klina typu „sinus” dociskającego elementy między sobą; gniazda mocuje się do zbrojenia sąsiednich prefabrykatów, a połączenie następuje poprzez wbicie klina stalowego

Rys. 11. Dane wyjściowe do modelowania:
 a) elementy budynku bazowego,
 b, c) przyjęte schematy do modelu prętowego i prętowo-powłokowego,
 d) dla modelu objętościowego



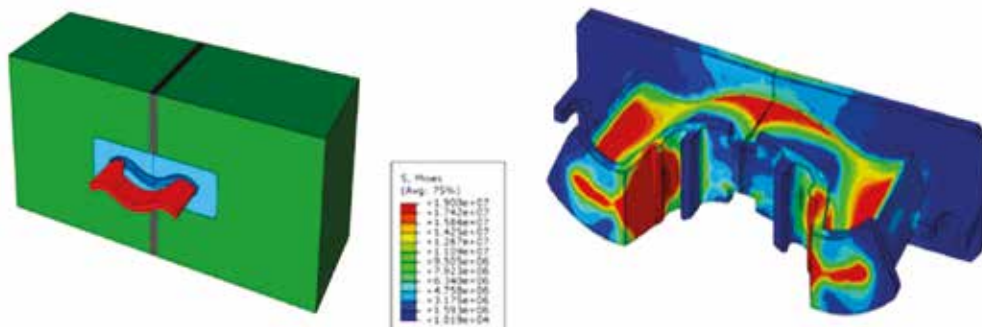
przeprowadzono na dwóch poziomach: ogólnym, na którym wykorzystano modele prętowe i prętowo-powłokowe oraz szczegółowym, na którym zastosowano modele objętościowe. W modelu ogólnym poszczególne części (elementy budynku) połączone ze sobą punktowo podatnymi łącznikami o wstępnie obliczonej sztywności. Celem tej analizy było wyznaczenie sił wewnętrznych w łącznikach. Wyznaczone siły w łącznikach posłużyły do analizy naprężeń w elementach budynku oraz do przeprowadzenia niezbędnych obliczeń wytrzymałościowych. Na kolejnych rysunkach 11 a-d pokazano zestaw prefabrykowanych elementów budynku, dane wyjściowe do modelowania elementów prętowych oraz elementów w ujęciu objętościowym.

Przedmiotem analiz były też same łączniki, które poddano symulacji numerycznej w środowisku systemu obliczeniowego metody elementów skończonych Abaqus. Głównym celem analizy było określenie stanu naprężeń w elementach łącznika oraz sąsiadującym materiale osadzenia (beton), od obciążeń montażowych oraz eksploatacyjnych. Ze względu na to, że część łączników („sinus” oraz „a”) osiąga

swoją nośność po wprowadzeniu wstępnego stanu naprężeń na skutek wbicia stalowego złącza („sinus”) lub stalowego klina („a”), konieczne było przeprowadzenie symulacji komputerowej procesu scalania łącznika. Określono w ten sposób stan naprężeń wstępnych w łączniku i sąsiadującym betonem, celem wykrycia ewentualnych uszkodzeń. W związku z tym zastosowano złożone modele materiałowe betonu, stali oraz tworzywa sztucznego uwzględniające cały zakres pracy materiału: od jego początkowej odpowiadzi liniowo-sprężystej, poprzez uplastycznienie, aż do całkowitego zniszczenia. Pozwoliło to na dobór geometrii łączników dla uzyskania pożądanego stanu naprężeń w łączniku po jego montażu.

Następnie łączniki poddano obciążeniu statycznemu, odpowiadającemu spodziewanej pracy danego łącznika w konstrukcji budynku. Obciążenia aplikowano w cyklu rosnącego obciążenia – odciążenia, w celu określenia poziomu obciążenia, przy którym wystąpią trwałe odkształcenia łącznika. Proces kontynuowano aż do całkowitego zniszczenia łącznika, rozumianego jako nagła zmiana jego geometrii bądź utrata zdolności przenoszenia obciążeń.

Rys.12. Przyjęty model obliczeniowy łącznika „sinus” i mapy naprężeń zastępczych w gnieździe



Zastosowano przestrzenny model dyskretny z użyciem brylowych elementów skończonych, co wiązało się ze znaczną liczbą elementów modelu. Proces montażu łącznika (wciskanie złącza w gniazdo) wymodelowano jako nadanie wymuszonego przemieszczenia, wraz z opisem kontaktu gniazdo-złącze. Przykład uzyskanych wyników (próba rozciągania łącznika „sinus”) wraz z zastosowanym modelem obliczeniowym pokazano na rysunku 12.

W celu weryfikacji obliczeń numerycznych zdecydowano się na wykonanie testu laboratoryjnego próby rozciągania łącznika „sinus”. Model gniazda łącznika z tworzywa sztucznego wykonany został z tworzywa sztucznego, z wykorzystaniem druku 3D. Próba rozciągania przeprowadzona została na stanowisku badawczym zamocowanym w maszynie wytrzymałościowej. Stanowisko badawcze oraz wykres wartości przemieszczeń w zależności od działającej siły pokazano na rysunku 13.

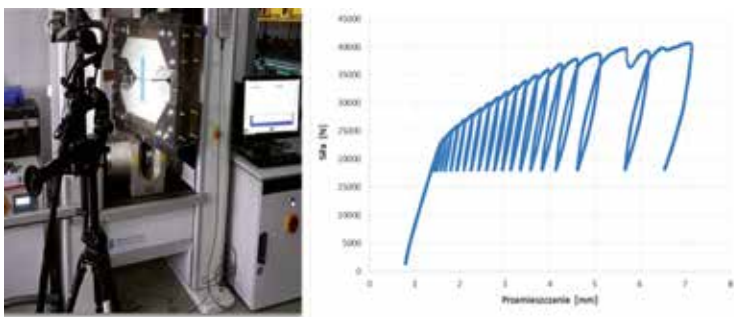
Porównanie wyników symulacji numerycznych oraz rezultatów testów doświadczalnych wykazało ich zbieżność, zwłaszcza dla wartości obciążenia do ok. 40 kN. Zniszczenie złącza „sinus” polega na wychodzeniu stalowego złącza z plastikowego gniazda. Nie stwierdzono uszkodzeń betonu sąsiadującego z łącznikiem, jak też samego gniazda (za wyjątkiem śladów poślizgu stalowego złącza po powierzchni wewnętrznej szczeliny w gnieździe). Potwierdziło to słuszność przyjętej konfiguracji łącznika oraz technologii jego montażu.

4. Budynek inteligentny

– zblokowane wyposażenie instalacyjne

W centralnej części budynku zaprojektowano szyb instalacyjny (rysunek 14), w którym umieszczono urządzenia oraz instalacje: wentylacji mechanicznej, wodociągowe (woda zimna, ciepła i cyrkulacja mediów), pion kanalizacji sanitarnej, elektryczne, fotowoltaiki oraz automatyki i systemu zintegrowanej struktury multimedialnej. Z urządzeń w szachcie zamontowana będzie: centrala wentylacyjna, powietrzna pompa ciepła, rozdzielnice elektryczne, falownik systemu PV oraz szafa dystrybucyjna, szafa LAN i centrala alarmowa jako wyposażenie systemu inteligentnego budynku.

Budynek będzie ogrzewany za pomocą powietrza wentylacyjnego, podgrzanego w kanałowej



nagrzewnicy elektrycznej. Zaprojektowano także instalację wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Zastosowano układ wentylacyjny pracujący na 100% powietrza świeżego. Powietrze zewnętrzne będzie podlegać filtracji oraz w zależności od potrzeb ogrzewaniu lub chłodzeniu. Powietrze zewnętrzne ogrzewane będzie za pomocą nagrzewnicy elektrycznej w centrali i kanałowej nagrzewnicy elektrycznej.

Wymiana powietrza wymuszana będzie centralą wentylacyjną nawiewno-wywiewną z wymiennikiem obrotowym o wydajności 410 m³/h typu DOMEKT REGO 450VE-B-EC-C4 firmy Komfovent. Centrala wentylacyjna posiada certyfikat Passive House Institute.

Świeże powietrze pobierane będzie poprzez czerpnię ścianą, a powietrze zużyte wyprowadzane będzie wyrzutnią ścianą. Instalację wentylacji zaprojektowano z kanałów z blachy stalowej ocynkowanej typu Spiro, łączonych na uszczelkę. Kanały wentylacyjne będą rozprowadzone na poddaszu nieużytkowym oraz w szybie instalacyjnym i sprowadzone do pomieszczeń. Nawiew i wywiew powietrza realizowany będzie za pomocą zaworów powietrznych.

W okresie zimowym obróbka powietrza ogranicza się jedynie do jego podgrzania do temperatury +39°C, niwelując w ten sposób składową stratę energii w bilansie zapotrzebowania na ciepło wentylowanych pomieszczeń oraz strat ciepła powstałych wskutek jego przenikania przez przegrody budowlane.

Elementem odpowiedzialnym za sterowanie centralą będzie sterownik typu C6.1 firmy Komfovent, który będzie utrzymywał temperaturę nawiewu w funkcji temperatury wywiewu o nastawie

Rys.13. Laboratoryjna weryfikacja złącza „sinus” w procesie rozciągania; nośność złącza umożliwiająca jego bezpieczną pracę w elemencie – 40kN, przy zakładanej wstępnie 20kN



Rys. 14. Szyb instalacyjny w środkowej części budynku; pokazano rozmieszczenie wyposażenia technicznego na przekroju budynku oraz wykonanym modelem przestrzennym

+20°C, mierzonej czujnikiem kanałowym przed centralą wentylacyjną.

Źródłem ciepłej wody dla projektowanej instalacji jest powietrzna pompa ciepła typu BASIC firmy Galmet, posiadająca zintegrowany podgrzewacz ciepłej wody użytkowej o pojemności 200 l. Pompa ciepła zostanie włączona do instalacji wentylacji mechanicznej. Centrala wentylacyjna będzie wystarczającym źródłem powietrza dla pompy ciepła. W okresie zimowym pompa ciepła będzie czerpać ciepło z kanału wyrzucającego zużyte powietrze. W okresie letnim pompa ciepła, jeżeli ogrzewa wodę, dodatkowo schładza powietrze o około 5÷10°C w stosunku do powietrza wlotowego.

Dzięki zastosowaniu centrali Home Center użytkownik otrzymuje możliwość regulacji z tabletu bądź telefonu intensywności ogrzewania, wentylacji, sterowania dodatkowymi urządzeniami, jak TV, amplituner, Blue Ray. Dodatkowo dzięki zastosowaniu odpowiednich czujników system będzie informował o zalaniu pomieszczeń szczególnie narażonych na niekontrolowane oddziaływanie wody, takich jak łazienki, kuchnia czy pralnia oraz wykryciu tlenu węgla lub pożaru w kuchni czy na poddaszu. Przewiduje się także dodatkowo zdalne otwarcie drzwi i bramy, sterowanie roletami, oświetleniem LED, sterowanie włącz/wyłącz poszczególnych urządzeń wpiętych za pomocą odpowiednich adapterów do źródeł zasilania, a także inteligentny i wielofunkcyjny videodomofon, umożliwiający połączenie z właścicielem oraz podgląd na budynek z dowolnego miejsca na świecie.

5. Zakończenie

Dzięki finansowemu wsparciu NCBR realizowana jest wizja budynku jednorodzinne wychodząca naprzeciw obecnym i przyszłościowym wymaganiom ograniczenia lub wyeliminowania tradycyjnych nośników energetycznych. Autorzy artykułu, przewidując także coraz większe trudności z pozyskiwaniem fachowej budowlanej siły roboczej, stawiają na pełną fabryczną prefabrykację elementów o wysokiej izolacyjności i wysokim stopniu wykończenia, przy spełnieniu wszystkich przyszłościowych wymagań odnośnie komfortu użytkowego. Z założenia budynek ma spełniać energetyczny standard pasywny NF15 przy wysokim standardzie wyposażenia technologicznego spełniającego także kryteria obiektu inteligentnego, także konkurencyjnego ekonomicznie w stosunku do obiektów wykonywanych technologiami tradycyjnymi.

Po zrealizowaniu budynku prototypowego i praktycznej weryfikacji przyjętych rozwiązań będzie można rozszerzyć tę technologię na budynki wielorodzinne, 2- i 3-kondygnacyjne, przyjmując jako podstawową zasadę montażu scalanie elementów za pomocą specjalnych łączników, z wyeliminowaniem procesów mokrych. O tym, że nie są to rozwiązania teoretyczne, świadczą polskie doświadczenia z lat 1973-1978, kiedy to tradycyjny montaż prefabrykatów betonowych w budynkach wielorodzinnych z betonowymi łącznikami zastąpiono stalowymi płytkami z nacięciami, wbijanymi w szczeliny na obrzeżach płyt, przez które przechodziły stalowe pręty zbrojeniowe o średnicy dopasowanej do wgłębień w płytkach stalowych. Doświadczenia te opisano w pracach [4, 5, 6, 7].

Łączniki „sinus” i „α” dla projektowanego obecnie systemu Prefab House są oczywiście znacznie bardziej zaawansowane technicznie niż te z 1978 roku, niemniej jednak korzystne jest znalezienie poziomu odniesienia dla innowacyjnych rozwiązań. Dokonana w ostatnich latach ocena budynków mieszkalnych z prefabrykatów betonowych po 40 latach ich eksploatacji potwierdziła trwałość połączeń i słuszność przyjmowanych wówczas rozwiązań [10].

prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak

Politechnika Poznańska

mgr René-Xavier Gérard

GERARD Sp. z o.o., Poznań

mgr inż. arch. Lech Wojtasik

Pracownia Architektoniczna, Piła

mgr inż. Paweł Bryszak

Pracownia Architektoniczna, Piła

dr hab. inż. Krzysztof Cichocki, prof. PK

Politechnika Koszalińska

dr inż. Jarosław Kołodziej, PWSZ Piła

Opracowanie w ramach projektu nr POIR.01.01.01-00-0133/16 finansowanego ze środków NCBR

Literatura

- 1 PN-EN ISO 52003-1:2017-09, *Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Wskaźniki, wymagania, ocena i certyfikacja – Część 1: Ogólne aspekty i zastosowania do całkowitych energetycznych właściwości użytkowych.*
- 2 *Określenie podstawowych wymogów, niezbędnych do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych dla budynków mieszkaniowych. ETAP I – Wytyczne do weryfikacji projektów budynków mieszkalnych, zgodnych ze standardem NFOŚiGW. Warszawa, 23 sierpnia 2012. Krajowa Agencja Poszanowania Energii SA*
- 3 *DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona)*
- 4 Mikołaj J., *Wybrane zagadnienia technologii prefabrykacji.* Warszawa 1987.
- 5 Mikołaj J., Kajrunajtys J., Kowal J., *System konstrukcyjno-montażowy PRAS-BET. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Budownictwo, Z51, 1980, s.91-106.*
- 6 Mikołaj J., Zarębski W., Kajrunajtys J.: *Technologiczne założenia systemu płytowo-słupowego PRAS-BET. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Budownictwo, Z45, 1978, s. 71-81.*
- 7 *Patent PRI-79209: z dnia 8.06.1973. Prefabrykowany element budowlany, zwłaszcza z obrzeżami płaskimi, sposób montażu prefabrykowanych elementów budowlanych oraz łącznik do łączenia prefabrykowanych elementów budowlanych.*
- 8 Jasiczak J., René-Xavier G., Wojtasik L., Przychocki B., Bednarek J., Cichocki K., Kołodziej J.: *Production of Elements for an Innovative Energy-Saving Prefabricated Construction under the Project Plus Energy Prefab House. Proceedings WMCAUS 2018, Praga.*
- 9 Jasiczak J., Girus K., *Maintenance and Durability of the Concrete External Layer of Curtain Walls in Prefabricated Technological Poznan Large Panel System, WMCAUS 2017, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 245, doi: 10.1088/1757-899X/245/3/032015*
- 10 Witkowski J.: *Prefabrykacja nie jest celem, jest środkiem do celu. Informator katowickiego oddziału PZITB. Nr 1 (72) 2011.*