

Ciepłochronna konstrukcja zewnętrznej komunikacji w pionie

– obiekty wszelkiego przeznaczenia

Mgr inż. Piotr Bieranowski, Wydział Nauk Technicznych,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

1. Wstęp

Zewnętrzna konstrukcja komunikacji w pionie wymaga w wielu przypadkach oparcia płyty spocznika na wewnętrznej ścianie nośnej. Ma to miejsce np. w sytuacji, gdy architekt zaprojektuje bezpośrednio pod schodami wejściowymi, w poziomie stropu nad piwnicą, okna lub różnice w poziomie projektowym gruntu są znaczne w stosunku do poziomu +/- 0.00 budynku i nieopłacalne jest posadowienie konstrukcji zewnętrznej komunikacji w pionie – bezpośrednio na gruncie.

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano rozwiązanie ustroju konstrukcji schodów wejściowych do budynku, które w sposób najbardziej prawidłowy rozwiązuje te newralgiczne miejsca przy budynku, ponieważ całkowicie likwiduje straty energii cieplnej przez przenikanie.

Do komunikacji w pionie [1] mającej na celu transport ludzi oraz przedmiotów różnego przeznaczenia stosuje się w budynkach następujące ustroje i urządzenia:

- a) schody stałe (zewnętrzne i wewnętrzne);
- b) schody ruchome;
- c) pochylnie;
- d) dźwigi.

Podział schodów następuje ze względu na ich miejscowe położenie w globalnym układzie budynku. Ze względu na cel użytkowania można wyróżnić schody: główne, piwniczne, strychowe, ewakuacyjne, itp. Stosowany do wykonywania omawianych ustrojów konstrukcyjnych materiał to: kamień, cegła, drewno, beton, żelbet oraz stal. Ze względu na ciągły rozwój ustrojów konstrukcji budowlanych można w tym miejscu wyróżnić również model o rozwiązaniu zespolonym – np. stal i beton [2].

Szerokość i wysokość stopni schodowych musi być dostosowana do przeciętnej długości kroku ludzkiego. Dzięki temu użytkowanie ich staje się mniej uciążliwe. Wszelkie dane techniczne dotyczące tej części wywołu można znaleźć w [3].

Głównym problemem przy projektowaniu konstrukcyjnym budynków w aspekcie pomostowej straty energii

termicznej (mostków termicznych) jest zakłócenie struktury układu komponentów wbudowanych w kompozyt, jakim jest konstrukcyjna ściana zewnętrzna budynku. Jednym z takich przykładów jest ingerencja konstrukcji – poprzez oparcie – na dostawianej do omawianej ściany, konstrukcji schodów zewnętrznych. Jest to zaburzenie wymiany energii cieplnej w kontekście jej przewodzenia.

2. Elementy wymiany energii – pole temperatury

Wymiana ciepła w danym układzie termokinetycznym [5] występuje pod wpływem różnicy temperatury. Ze względu na to konieczna jest znajomość pola temperatury, które stanowi ilustrację stanu energetycznego badanego układu.

Zakłócenie pola temperatury w ścianie konstrukcyjnej budynku jest właśnie wynikiem zmiany (poprzez ingerencję) jednorodnej struktury komponentu w kompozycie, przez przykładowo oparcie konstrukcji (płyty, belki) na omawianej ścianie. Tak powstają pomosty energetyczne. Zadaniem konstruktora budowli w tym wypadku jest stawienie tam energetycznych (rozwiązywanie konstrukcji przyściennych, tak by w ogóle nie ingerowały w kompozyt – ścianę warstwową) lub wprowadzanie ograniczeń pomostowej straty energii termicznej – poprzez niwelację utraty ciepła w maksymalnie możliwy sposób.

Pole temperatury [5] jest zbiorem wartości temperatury we wszystkich punktach analizowanego ciała w funkcji czasu (tj. danej chwili czasowej) – zależność funkcyjna temperatury od współrzędnych przestrzennych i czasu τ .

Poniżej przedstawiono podział podstawowy pól temperatur, jakie mogą występować w cieplnej obudowie budynków.

Nieustalona wymiana ciepła przez przegrody budowlane:

- $t = f(x, y, z, \tau)$ trójwymiarowe nieustalone pole temperatury;

- $t = f(x, y, \tau)$ dwuwymiarowe niustalone pole temperatury;
- $t = f(x, \tau)$ jednowymiarowe niustalone pole temperatury.

Ustalona wymiana ciepła przez przegrody budowlane (wyeliminowano z zapisu matematycznego czasu τ):

- $t = f(x, y, z)$ trójwymiarowe niustalone pole temperatury;
- $t = f(x, y)$ dwuwymiarowe niustalone pole temperatury;
- $t = f(x)$ jednowymiarowe niustalone pole temperatury.

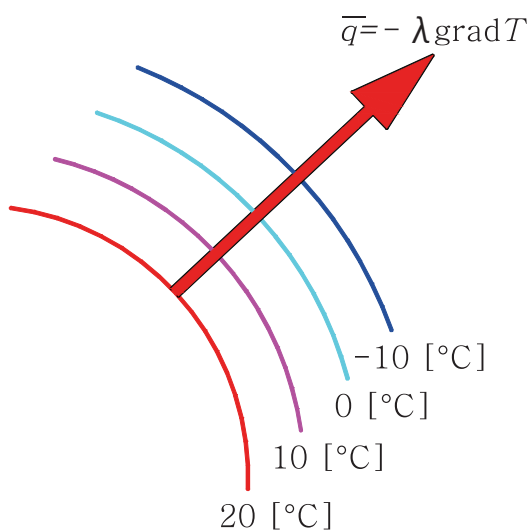
Bazując na warunku ostatnim dla stanu ustalonego (jednokierunkowy przepływ ciepła) wyprowadzono wzory na obliczanie wartości współczynnika przenikania ciepła U przegród budowlanych i rozkładu temperatury w obudowie budynku – w zakresie stanu ustalonego. Badania współczynnika przenikania ciepła w stanie niestacjonarnym szeroko zostały zinterpretowane w publikacjach autora niniejszego opracowania [6], [7]. Występowanie pola temperatury jest ściśle związane z takimi pojęciami jak: ilość ciepła (ciepło), strumień cieplny i gęstość strumienia cieplnego.

Ilość ciepła Q [J] jest to porcja energii transportowanej (przeniesionej) bez wykonywania jakiegokolwiek pracy mechanicznej. Strumień ciepła jest to ilość ciepła dQ wymieniana w ciągu jednej sekundy [J/s=W]:

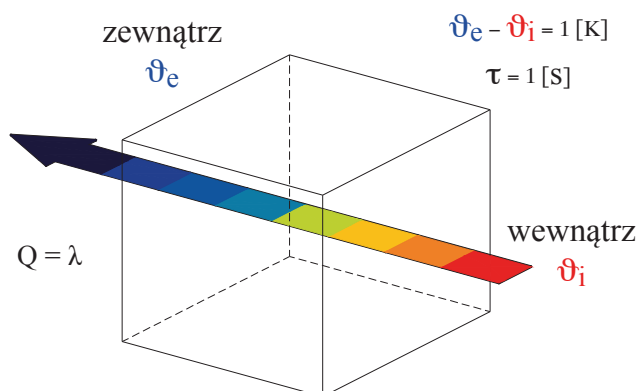
$$\Phi = dQ/d\tau \quad (1)$$

Temperatura w obudowie zmienia się jedynie w kierunkach przecinających powierzchnie izotermiczne. Maksymalna zmiana temperatury następuje na kierunkach normalnych do izoterm. Zmienność ta jest opisana gradientem temperatury, a kierunek gradientu jest prostopadły do powierzchni izotermicznej (rys. 1).

Strumień ciepła przewodzonego jest proporcjonalny



Rys. 1. Ilustracja graficzna gradientu temperatury (opracowanie wg [5])



Rys. 2. Graficzna definicja współczynnika przewodzenia ciepła (opracowanie wg [5])

do różnicy temperatury oraz do pola powierzchni, przez którą jest transportowany, a odwrotnie proporcjonalny do grubości komponentu. Strumień przewodzonego ciepła jest zależny również od właściwości fizycznych ciała, głównie od λ – współczynnika przewodzenia ciepła, którego definicję w postaci graficznej zilustrowano na rysunku 2.

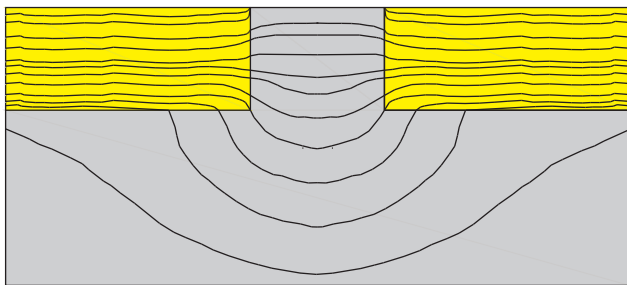
Gęstość strumienia cieplnego q [W/(m²·K)] wyraża się za pomocą stosunku strumienia cieplnego Φ [W] do pola powierzchni A [m²], przez którą przepływa:

$$q = d\Phi/dA \quad (2)$$

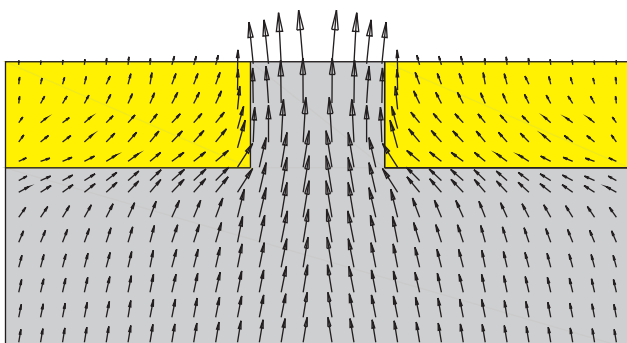
Wektory gęstości strumienia ciepła plasują się na powierzchniach prostopadłych do powierzchni kształtowanych przez izotermie (rys. 3), a ich zwrot jest zgodny ze spadkiem temperatury – rysunek 4. Powierzchnie te nazywa się adiabatycznymi ze względu na to, że w kierunku do nich prostopadłym (tj. stycznym do rozkładu izoterm) wartość gęstości strumienia ciepła wynosi zero. Na zewnętrznej powierzchni obudowy budynków najczęściej mierzy się składowe gęstości strumienia ciepła na kierunku normalnym do płaszczyzny ściany konstrukcyjnej [6], [7]. Należy w tym miejscu uzupełnić, że płaszczyzna lub oś symetrii pola temperatury jest płaszczyzną lub linią adiabatyczną – zależność ta jest wykorzystywana w numerycznej analizie pomostów energetycznych (mostków cieplnych) – w zakresie wprowadzania geometrii mostków termicznych i formułowaniu warunków brzegowych badanej wymiany ciepła.

3. Elementy wymiany energii – niustalone przewodzenie ciepła w ciałach stałych

Model matematyczny [4], [5] transportu ciepła w aspekcie przewodzenia w ciałach stałych obejmuje matematyczne sformułowanie prawa przewodzenia ciepła, równania różniczkowego bilansu energii wraz z podaniem warunków jednoznaczności rozwiązania opisywanego modelu.



Rys. 3. Charakterystyczny rozkład izoterm w liniowym mostku cieplnym (przerwanie ciągłości termoizolacji w układzie przykładowej przegrody) (opracowanie wg [5])



Rys. 4. Charakterystyczny rozkład wektorów gęstości strumienia ciepła (adiabat) w liniowym mostku cieplnym (przerwanie ciągłości termoizolacji w układzie przykładowej przegrody) (opracowanie wg [5])

Przewodzenie fali cieplnej w nieprzeziernych ciałach stałych opisane jest prawem Fouriera, które ma następujące brzmienie – gęstość strumienia ciepła jest wprost proporcjonalna do gradientu temperatury mierzonego wzdłuż kierunku transportu ciepła i wyznacza się ze wzoru:

$$q = -\lambda \text{grad}T = -\lambda \nabla T \quad (3)$$

gdzie:

λ – współczynnik przewodzenia ciepła, [W/(m·K)],

T – temperatura, [K],

∇ – operator Hamiltona (nabla).

Jednowymiarową postać skalarną, mając na względzie wzór (3), można zapisać w postaci:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad (4)$$

Znak ujemny we wzorach (3), (4) wynika z faktu, że fala energii cieplnej migruje zgodnie z „ujemnym przyrostem” temperatury, tj. ze spadkiem temperatury. Odcinkowi dx wzdłuż drogi transportu ciepła odpowiada ujemna wartość ujemna przyrostu temperatury – dT . Prawo Fouriera jest pomocne przy wyznaczaniu wartości gęstości strumienia ciepła, jak również przy określaniu strumieni cieplnych w stanie stacjonarnym (ustalonym, niezmiennym w czasie).

Za podstawę tworzącą model niestacjonarnej wymiany ciepła przegród budowlanych z zewnętrznym ośrodkiem

termodynamicznym, przyjmuje się równanie różniczkowe nieustalonego przewodzenia ciepła w ciałach stałych, tj. równanie Fouriera, uzupełnione o równania przejmowania ciepła poprzez konwekcję i radiację. Zapis matematyczny opracowany przez Fouriera, przy założeniu stałej, tj. niezależnej od temperatury, wartości współczynnika przewodzenia ciepła ($\lambda = f(T) = \text{const}$) przy braku wewnętrznych źródeł ciepła, wyrażony jest postacią:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{\rho c_p} \nabla^2 T = a \nabla^2 T \quad (5)$$

Gdzie a jest współczynnikiem wyrównania temperatury, zaś człon kolejny jest laplasjanem temperatury, który w układzie współrzędnych prostokątnych ma postać:

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (6)$$

Ustalona forma stanu przepływu ciepła (5) w interpretacji matematycznej zostaje uproszczona, ze względu na to, że temperatura nie ulega zmianie w czasie ($T = T(x, y, z) = \text{const}$), stąd:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = 0 \quad (7)$$

Rozwiązanie równania przewodnictwa cieplnego pozwala określić pole temperatury w dowolnym punkcie analizowanego obszaru nieprzeziernego (przegrody budowlanej – obudowy budynku). Warto tu nadmienić, że założenie nieprzezroczystości (przegroda nieprzezierna) badanego układu jest bardzo ważne, ponieważ w innym przypadku ciepło wymieniane byłoby przez promieniowanie, co jednoznacznie zmienia mapę rozkładu temperatury.

Jednokierunkowy transport ciepła w aspekcie przewodzenia, np. przez konstrukcyjną ścianę zewnętrzną budynku, przedstawiany jest w postaci:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{\rho c_p} \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2} \quad (8)$$

gdzie:

τ – czas, [s],

x – współrzędna (w układzie kartezjańskim) normalna względem powierzchni przegrody, określająca położenie punktu, [m],

$T(x, \tau)$ – zależność funkcyjna temperatury od położenia punktu i czasu,

λ, ρ, c_p – odpowiednio współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m·K)], gęstość pozorna [kg/m³] i ciepło właściwe [kJ/(kg·K)].

Niezmiennosc współczynników λ, ρ, c_p jest bezpośrednio związana z przyjęciem założenia o stałości w czasie wspomnianych wielkości w zakresie temperatury w obszarach termodynamicznych w budownictwie, wraz z założeniem jednorodności i izotropowym charakterze materiałów

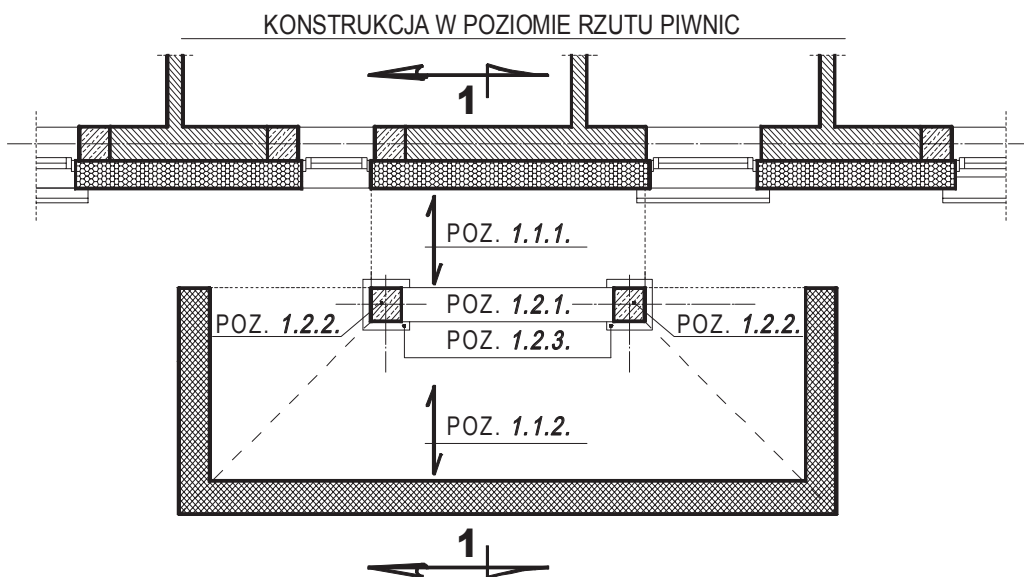
w konstrukcji ściany. Przyjęcie jednowymiarowego pola temperatury jest wystarczające do opisu podstawowych problemów w zakresie fizyki budowli, lecz przestaje ono wystarczać w miejscach pomostów energetycznych (mostków termicznych – miejsc osobliwych).

4. Rozwiązanie konstrukcji komunikacji w pionie – schody wejściowe do budynku

W artykule poruszono temat stale świeży. Jest nim rozwiązywanie ustrojów konstrukcyjnych, uplasowanych w miejscach niewralgicznych połączeń z konstrukcyjną ścianą zewnętrzną (schody, balkony, loggie, daszki), w sposób nieingerujący (lub ze zredukowaną ingerencją) w obudowę budynku, w szczególności jej izolację termiczną. Zjawiska tego typu tworzą pomosty energetyczne, nazywane też mostkami cieplnymi (termicznymi).

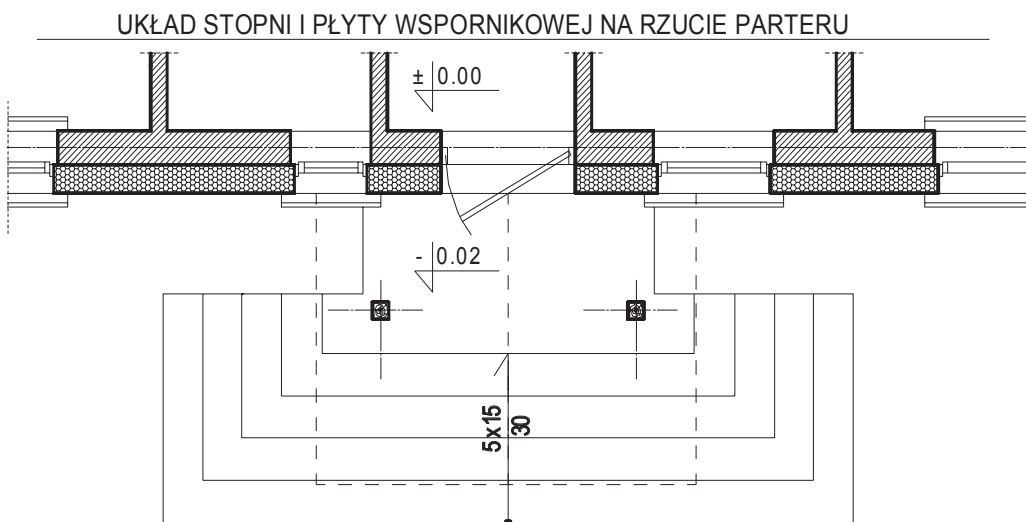
Prezentowany problem konstrukcyjny – stricte powiązany z fizyką budowli – omówiono na przykładzie domu mieszkalnego jednorodzinnego. Autor nie widzi problemu w zastosowaniu analizowanego ustroju budowlanego jako wszechstronnego rozwiązania dla budynków różnorodnego przeznaczenia. Wystarczy między innymi założyć obliczeniowy schemat statyczny dla większych rozpiętości konstrukcyjnych, jak również mając na względzie budownictwo wielorodzinne, szkoły, etc., doprojektować podjazd dla osób z dysfunkcją ruchu – integralnie połączony z konstrukcją schodów (zgodnie z wytycznymi zawartymi w warunkach technicznych [3]).

Na rysunku 5 zilustrowano model ustroju konstrukcyjnego w układzie graficznym rzutu piwnic. Poz. 1.1.1 to żelbetowa płyta wspornikowa monolitycznie połączona z belką podporową poz. 1.2.1 obu płyt (biegowej 1.1.2 i podestowej 1.1.1). Układ taki pozwala na całkowite wykluczenie liniowego pomostu energetycznego,



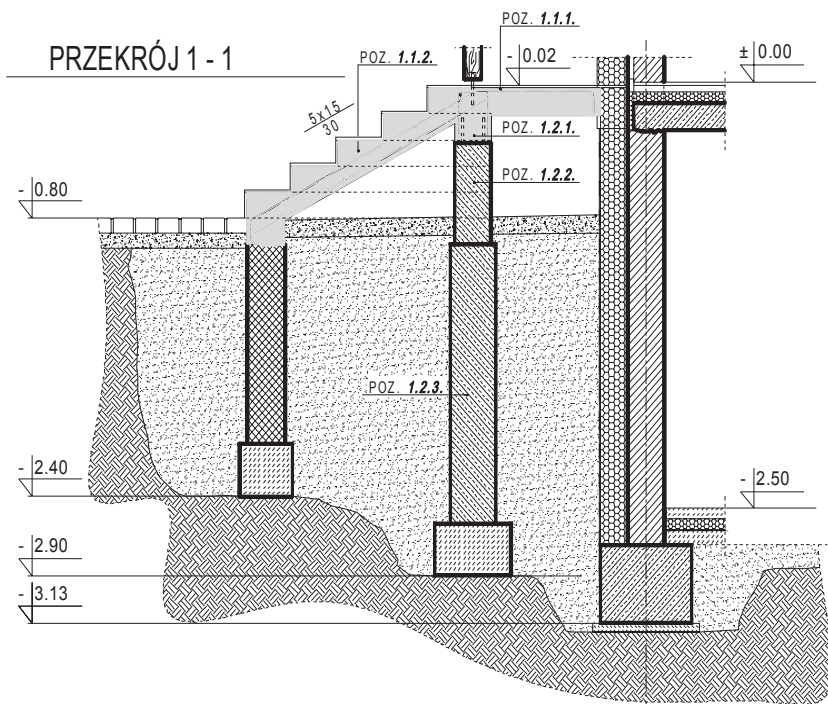
Rys. 5.

Układ konstrukcji zewnętrznej komunikacji w pionie wykluczający liniowy pomost energetyczny – płaszczyzna rzutu piwnic (rys. archiwum autora)



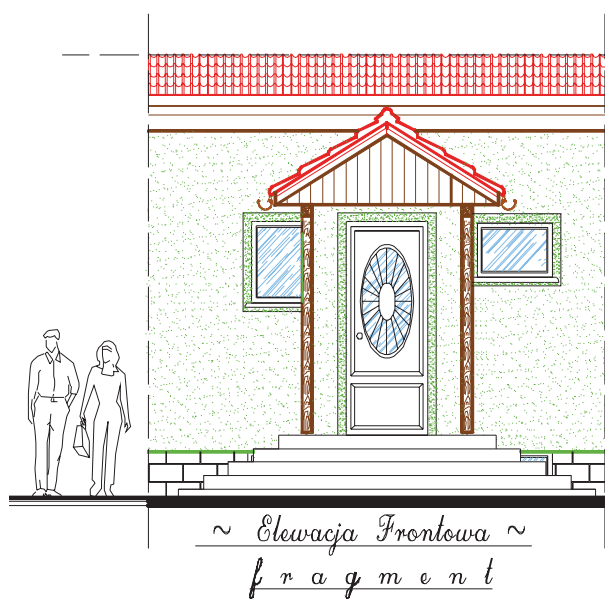
Rys. 6.

Zagadnienie rozpatrywane w kontekście rzutu parteru (rys. archiwum autora)

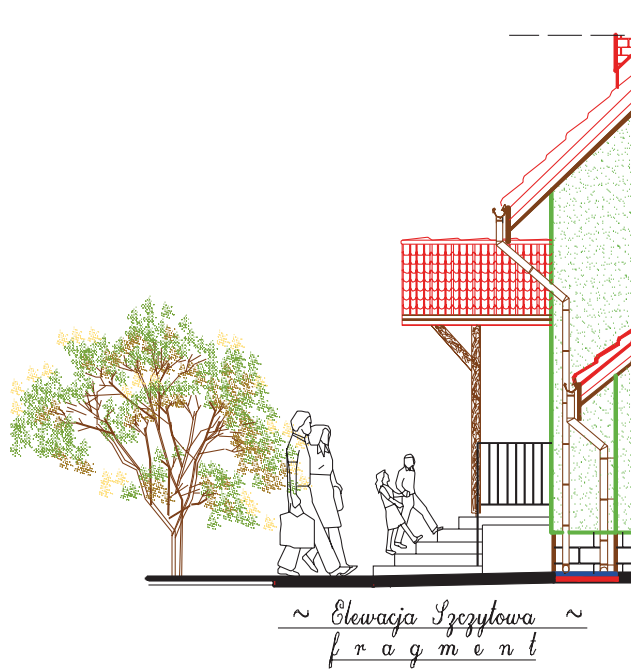


Rys. 7. Widoczny brak ingerencji konstrukcji w obudowę budynku (żelbetowa płyta wspornikowa podestu) świadczy o niezakończonym pomostem energetycznym pola temperatury w ścianie konstrukcyjnej (rys. archiwum autora)

który by powstał, przy oparciu konstrukcji płyty podestu – bezpośrednio na ścianie konstrukcyjnej budynku. Całość układu konstrukcji składa się z betonowych ław, murowej podpory okalającej, żelbetowych słupów oraz płyt biegowej i podestowej. Ustrój wykonuje się metodą wylewania betonu na mokro, bezpośrednio w miejscu wbudowania. Beton i stal w obliczeniach statycznych dobiera się na zasadzie analizy wytrzymałości, spowodowanych rozpiętościami elementów konstrukcyjnych.



Rys. 8. Fragment elewacji frontowej – walor estetyczny opracowania (rys. archiwum autora)



Rys. 9. Elewacja szczytowa. Widoczna możliwość doświetlenia piwnic za pośrednictwem okien piwnicznych (możliwość ich sytuowania). Również możliwość wykorzystania geometrii ustroju konstrukcji jako składzik podręczny (rys. archiwum autora)

Przy małych rozpiętościach elementów konstrukcji można projektować ustrój na tzw. zbrojenie minimalne. Rysunek 6 prezentuje widok układu stopni, widziany z góry w kontekście rzutu parteru modelowanego ustroju budowlanego. Na rysunku 7 graficznie rozpatrzono cały układ ustroju konstrukcyjnego. Czytelnik na tym rysunku winien zwrócić szczególną uwagę na brak oparcia płyty podestowej schodów na konstrukcji ściany zewnętrznej budynku. W tym miejscu pracy, bezpośrednio uzyskuje się odpowiedź na problem zawarty w tytule niniejszego opracowania. Rysunki 8 i 9 to modelowe fragmenty elewacji załączone do publikacji jako graficzny sposób całości w aspekcie estetycznym.

5. Podsumowanie

Rozpatrywanie problemów konstrukcji budowlanych w świetle wymagań fizyki budowli jest tematem stale świeżym. Utylitarny aspekt niniejszej pracy ma w zamyśle pomoc w kształtowaniu ograniczenia start energii potrzebnej do ogrzania kubatury budynków w sezonie chłodnym i zimowym. Wykluczenie liniowego mostka

termicznego – w każdym układzie konstrukcyjnym – jest wyzwaniem dla każdego konstruktora projektanta. Na dzisiejszym rynku budowlanym nie ma już miejsca na buble projektowe oraz spalanie hańd węgla w bezmyślny sposób. Wymogi światowe, wymogi unijne dotyczące poszanowania energii oraz ochrony środowiska są bardzo logiczne i to im należy bezpośrednio wychodzić naprzeciw. Niedbałość o czystość rozwiązań konstrukcyjnych oraz cel przedsięwzięć jedynie zarobkowy jest w obecnej dobie światłości umysłów czymś podyktowanym zupełnym brakiem logiki, wręcz całkowicie błędnym. W ostatnim zdaniu podsumowania należy podkreślić, że funkcja projektanta jest stanowiskiem, które to podlega odpowiedzialności publicznej (społecznej) i jest objęta również prawem, a prawo wymaga. Rozwiązanie zawarte w opracowaniu nie jest chronione żadnym zastrzeżeniem prawnym i może być dowolnie wykorzystywane. Zawarty w tym jest aspekt logicznej popularyzacji dobrej konstrukcji w dobie poszanowania energii.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sieczkowski J., Nejman T. Ustroje budowlane. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002 r.
- [2] Bieranowski P., Alternatywne rozwiązanie konstrukcji komunikacji w pionie w budynkach remontowanych i modernizowanych. Stalowo-betonowa konstrukcja ustroju. Przegląd Budowlany, 4/2014, Warszawa.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Przepisy budowlane po zmianach. Stan prawny na 1 stycznia 2014 r.
- [4] Ślusarek J., Wilk-Słomka B., Procesy termiczne w przegrodach budowlanych o złożonej strukturze. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010 r.
- [5] Nowak H. Zastosowania badań termowizyjnych w budownictwie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2012 r.
- [6] Bieranowski P. Współczynnik przenikania ciepła w świetle nowego Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej. Badanie współczynnika przenikania ciepła w warunkach in situ, Część 1 – Wprowadzenie. Przegląd Budowlany 2/2014, s. 16-21. Warszawa
- [7] Bieranowski P., Współczynnik przenikania ciepła w świetle nowego Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej. Badanie współczynnika przenikania ciepła w warunkach in situ, Część 2 – Badania. Przegląd Budowlany 3/2014, s. 25-30. Warszawa

Architekci doceniają wsparcie techniczne FAKRO



Badanie zostało przeprowadzone techniką wywiadu telefonicznego wspomaganego komputerowo wśród 400 architektów projektujących budynki mieszkalne i niemieszkalne. Architekci odpowiadali na pytania związane z obsługą i oferowanymi do pracy materiałami przez firmy producenckie. Na pytanie, która firma oferuje najlepsze wsparcie techniczne, architekci spontanicznie wskazywali firmy i najlepszy wynik uzyskała firma FAKRO, producent okien dachowych i schodów strychowych.

Architekci docenili FAKRO za sprawną obsługę techniczną, informacje o nowościach, aktualne katalogi, dobrą organizację plików CAD oraz za organizowane szkolenia.

Firma FAKRO bardzo ceni współpracę z profesjonalistami i cały czas przygotowywane są nowe pomoce wspierające pracę. Dla architektów oferowane są różne materiały, typu Przewodnik dla architekta, biblioteki CAD produktów FAKRO oraz dedykowana zakładka na stronie internetowej zawierająca: przykładowe realizacje z produktami FAKRO, konkursy dla architektów oraz certyfikaty produktów. Warto zaznaczyć, że w firmie FAKRO pracuje zespół projektantów, oferujący specjalistyczne wsparcie w postaci rozwiązywania niestandardowego zastosowania produktów. Dla architektów stworzono również dedykowaną infolinię. Na terenie całego kraju swoją pomoc oferują doradcy techniczni FAKRO, z którymi można spotkać się w biurze lub na budowie.

Firma FAKRO jest także organizatorem specjalistycznych szkoleń branżowych. Uczestniczący w nich architekci mają możliwość poznania nowości produktowych FAKRO, przekonania się o jakości wyrobów oraz poznania firmy od kulis: działu badań i rozwoju, działu kontroli jakości i zakładu produkcyjnego.