

Ireneusz STACHURA

Schöck Sp. z o.o.

SPOSOBY LIKWIDACJI MOSTKÓW CIEPLNYCH

W artykule omówione zostały zagadnienia występowania i likwidacji mostków cieplnych w połączeniach: beton-beton, stal-beton i stal-stal. Porównane zostały różne rozwiązania w balkonach i attykach pod względem oszczędności energii oraz ryzyka pojawienia się grzybów pleśniowych na wewnętrznych powierzchniach konstrukcji budowlanych. Zostały przedstawione krótko właściwości produktów firmy Schöck służących do likwidacji mostków cieplnych.

Słowa kluczowe: mostki cieplne, izolacje, nośny element termoizolacyjny

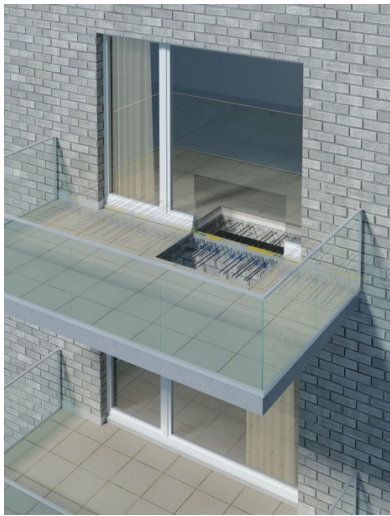
WPROWADZENIE

Planując budowę obiektu mieszkalnego, użyteczności publicznej czy też komercyjnego, coraz większą uwagę zwraca się na prawidłowe zaprojektowanie przegród zewnętrznych budynku, mając na uwadze straty ciepła. Wiemy doskonale, jak ważne są współczynniki U dla ścian, stropodachów, dachów, okien. W najbliższych latach wymagania dotyczące tych parametrów będą coraz wyższe. Nie wolno nam jednak zapomnieć o bardzo ważnej rzeczy przy projektowaniu - unikaniu względnie minimalizowaniu mostków cieplnych, czyli obszarów o zmniejszonej wartości oporu cieplnego. Bardzo dobrym rozwiązaniem dla tego typu miejsc są łączniki termoizolacyjne.

1. BUDOWA ŁĄCZNIKA SCHÖCK ISOKORB®

Łącznik termoizolacyjny jest produktem, którego rolą jest skuteczne izolowanie i jednocześnie przeniesienie obciążenia z konstrukcji będącej na zewnątrz budynku (np. balkon, daszek) na konstrukcję będącą wewnątrz budynku. W zależności od rodzaju tych konstrukcji wyróżnia się 4 typy połączeń:

- 1) połączenie żelbet-żelbet (rys. 1)
- 2) połączenie stal-żelbet (rys. 2)
- 3) połączenie drewno-żelbet (rys. 3)
- 4) połączenie stal-stal (rys. 4)



Rys. 1. Połączenie żelbet-żelbet
z SCHÖCK ISOKORB®



Rys. 2. Połączenie stal-żelbet
z SCHÖCK ISOKORB®



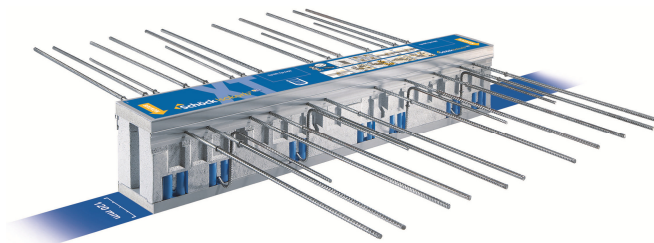
Rys. 3. Połączenie drewno-żelbet z SCHÖCK ISOKORB®



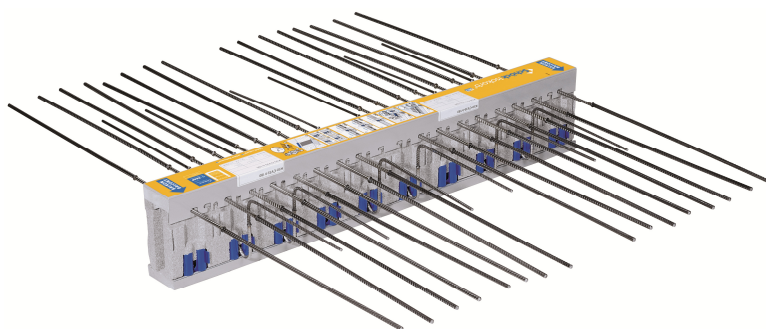
Rys. 4. Połączenie stal-stal z SCHÖCK ISOKORB®

Konstrukcja łączników termoizolacyjnych (rys. 5-10) składa się z elementów nośnych w postaci prętów rozciąganych ze stali nierdzewnej o podwyższonej wytrzymałości oraz oporowych łożysk (HTE Modul) wykonanych z wysokiej klasy

betonu o niskiej przewodności cieplnej ($\lambda_{eq} = 0,80 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) lub stali nierdzewnej. Materiałem izolującym jest Neopor[®] o grubości 80 lub 120 mm, w którym poprzez dodanie do spienionego polistyrenu (EPS) grafitu uzyskano współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.



Rys. 5. Łącznik termoizolacyjny SCHÖCK ISOKORB[®] Typu KXT
- połączenia żelbet-żelbet



Rys. 6. Łącznik termoizolacyjny SCHÖCK ISOKORB[®] Typu K
- połączenia żelbet-żelbet



Fot. 7. Łącznik termoizolacyjny
SCHÖCK ISOKORB[®]
Typu AXT - połączenia żelbet-żelbet (attyki)



Rys. 8. Łącznik termoizolacyjny
SCHÖCK ISOKORB[®]
Typu KST - połączenia stal-stal



Rys. 9. Łącznik termoizolacyjny
SCHÖCK ISOKORB®
Typu KSH - połączenia drewno-żelbet



Rys. 10. Łącznik termoizolacyjny
SCHÖCK ISOKORB®
Typu KS - połączenia stal-żelbet

2. PARAMETRY IZOLACYJNE ŁĄCZNIKÓW SCHÖCK ISOKORB®

Parametrem charakteryzującym izolacyjność łącznika jest λ_{eq} , czyli ekwiwalentny współczynnik przewodzenia ciepła. Wartość tego współczynnika zależy od ilości i rodzaju elementów nośnych tworzących łącznik termoizolacyjny. Im wartość λ_{eq} jest niższa, tym łącznik jest skuteczniejszy w izolowaniu. Zaleca się, aby wartość λ_{eq} nie była wyższa od $0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Dlatego też bardzo istotne są parametry elementów nośnych łączników (wysoka klasa betonu łożysk oporowych, ich niska przewodność cieplna). Wartość λ_{eq} ma bezpośredni wpływ na liniowy współczynnik przenikania ciepła dla liniowego mostka cieplnego $\Psi_e [\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$, który określa wielkość strat ciepła przez płytę balkonu.

W przypadku łączników termoizolacyjnych SCHÖCK ISOKORB® Typu K (gr. izolacji 8 cm) uzyskuje się wartość Ψ_e na poziomie $0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, natomiast w przypadku łączników Typu KXT (gr. izolacji 12 cm) wartości Ψ_e poniżej $0,10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Łączniki Typu KXT uzyskały certyfikat wydany przez Instytut Domów Pasywnych w Darmstadt dla produktów spełniających bardzo surowe kryteria dotyczące izolacyjności cieplnej.

3. PROBLEM MOSTKÓW CIEPLNYCH W BUDYNKACH

W budynku jest wiele takich miejsc, w których mogą pojawić się mostki cieplne - zarówno liniowe, jak i punktowe. Są to m.in. połączenia płyty balkonowej z budynkiem, połączenia okna lub drzwi ze ścianą, narożniki zewnętrzne ścian, czy połączenia ścianki attykowej ze stropodachem. Błędne zaprojektowanie detalu takiego połączenia skutkuje dodatkowymi stratami ciepła (często niemałymi) i obniżeniem temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody. Istotne znaczenie dla wartości strat ciepła z budynku przez tego typu elementy ma tu pokaźna wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła $\Psi_e [\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$. Zgodnie z normą PN-EN ISO 14683 [4], straty ciepła przez przenikanie przez obudowę budynku zależą od bezpośred-

niego współczynnika przenoszenia ciepła H_D [W/K], który to współczynnik obliczany jest ze wzoru:

$$H_D = \sum U \cdot A + \sum \Psi \cdot l + \sum \chi$$

Drugim bardzo istotnym aspektem, który powinien być zawsze brany pod uwagę, jest ocena ryzyka pojawienia się kondensacji pary wodnej na wewnętrznej powierzchni przegrody. Tym miejscem najczęściej może być narożnik ściany i sufitu w obrębie występowania mostka cieplnego. Ocenę zagrożenia pojawieniem się pleśni należy rozpatrywać w oparciu o wymagania normy PN EN ISO 13788 [5], w której określona została procedura obliczenia temperatury powierzchni wewnętrznej umożliwiającej uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni. Parametrem określającym jakość cieplną węzła jest czynnik temperaturowy f_{Rsi} wyznaczany ze wzoru:

$$f_{Rsi} = \left(\frac{1}{U} - R_{si} \right) U$$

Projektując przegrodę, należy dążyć do takich rozwiązań, aby współczynnik f_{Rsi} dla przegrody był wyższy od $f_{Rsi,min}$, obliczonego wg PN EN ISO 13788 [5]:

$$f_{Rsi,min} = \frac{\Theta_{si,min} - \Theta_e}{\Theta_i - \Theta_e}$$

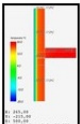
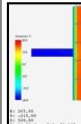
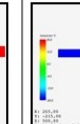
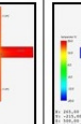
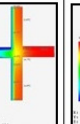
4. BALKON JAKO MODELOWY PRZYKŁAD, GDZIE WPŁYW MOSTKA JEST NAJWIĘKSZY

Przy dużej ilości balkonów (wpływ długości podparcia balkonu 1 m) i wysokiej wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e [W/(m·K)] może w tych miejscach dojść do bardzo dużych dodatkowych strat ciepła. Dzieje się tak z bardzo prostego powodu - otóż niezaizolowana względnie źle zaizolowana płyta balkonu działa jak radiator, czyli urządzenie do odprowadzania ciepła. Aby to zilustrować, porównamy różne rozwiązania w balkonach (wyniki na podstawie obliczeń przeprowadzonych przez Instytut Techniki Budowlanej) - Raport Nr 1808/11/Z00NF z 11.2011 [2] - wyniki w odniesieniu do ściany bez balkonu (tabela 1 - schemat 1):

1. Ściana bez balkonu
2. Balkon izolowany łącznikiem termoizolacyjnym SCHÖCK ISOKORB® Typu KXT50-cv30-h200 - grubość izolacji łącznika 12 cm, $\lambda_{eq} = 0,119$ W/(m·K)
3. Balkon izolowany łącznikiem termoizolacyjnym SCHÖCK ISOKORB® Typu K50cv30-h200 - grubość izolacji łącznika 8 cm, $\lambda_{eq} = 0,115$ W/(m·K)
4. Balkon izolowany powierzchniowo od góry i od dołu płyty styropianem gr. 5 cm
5. Balkon bez izolacji cieplnej

Założenia do obliczeń: powierzchnia zewn. ściany $A = 3,2 \text{ m}^2$; współczynnik dla ściany $U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; długość połączenia balkon-strop $l = 1 \text{ m}$; temperatura zewn. $\theta_e = -20^\circ\text{C}$; temperatura wewn. $\theta_i = 20^\circ\text{C}$; $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Zestawienie wyników przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie strat ciepła i temperatur na wewnętrznej powierzchni przegrody przy różnych rozwiązaniach w balkonach

Schemat	1	2	3	4	5
Rozkład temperatur					
$H_D = \sum U \cdot A + \sum \psi \cdot l$ [W/K]	0,966	1,061	1,122	1,384	1,868
Ściana $\sum U \cdot A$ [W/K]	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
Balkon $\sum \psi \cdot l$ [W/K]	0,00	0,095	0,156	0,418	0,902
ψ_e [W/m ² ·K]	0,00	0,095	0,156	0,418	0,902
Ściana b. balkonu=100%	100%	110%	116%	143%	194%
temperatura θ_{si} [°C]	17,4	16,6	16,2	14,3	10,9
czynnik temp. f_{Rsi}	0,93	0,92	0,91	0,86	0,77
Klasa mostka		C1	C2	C3	C4

Porównując rozwiązania z balkonami (tabela 1 - schematy 2 do 5), najlepszy efekt energetyczny uzyskano dla schematu 2 (przy zastosowaniu łącznika KXT50 uzyskano wartość współczynnika $\psi_e = 0,095 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, co zwiększyło straty ciepła w stosunku do ściany bez balkonu (tabela 1 - schemat 1) tylko o 10%). Gdyby zastosować izolację powierzchniową płyty balkonu od dołu i góry styropianem gr. 5 cm (tabela 1 - schemat 4), wartość współczynnika ψ_e wzrosłaby do $0,418 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, a udział balkonu w stratach ciepła wzrósłby o 43% w stosunku do ściany bez balkonu - efekt radiatora jest bardzo wyraźny. Fatalny wpływ mostka cieplnego obrazuje schemat 5 - przez płytę balkonu odpływa prawie drugie tyle (94% wzrost) ciepła co przez ścianę - to wpływ wysokiego współczynnika $\psi_e = 0,902 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Z powyższego porównania widać, że współczynnik ψ_e jest parametrem wskazującym na wielkość strat ciepła przez połączenia liniowe. W oparciu o klasyfikację wpływu mostków cieplnych (wg [1]) rozwiązania z łącznikami termoizolacyjnymi znalazły się w klasie C1 - wpływ pomijalny (tabela 1 - schemat 2) i C2 - wpływ mały (tabela 1 - schemat 3). Pozostałe dwa rozwiązania zostały zakwalifikowane do klasy C3 - duży wpływ (tabela 1 - schemat 4) i C4 - bardzo duży wpływ mostka (tabela 1 - schemat 5).

Porównując temperaturę w narożu dla ściany bez balkonu (tabela 1 - schemat 1) $\theta_{si} = 17,4^\circ\text{C}$ i dla ściany z balkonem, w którym zastosowano łącznik termoizolacyj-

ny, widać bardzo niewielkie obniżenie temperatury w narożniku (o $0,8^{\circ}\text{C}$ w przypadku zastosowania łącznika KXT50-cv30-h200 (tabela 1 - schemat 2) i o $1,2^{\circ}\text{C}$ przy zastosowaniu łącznika Typu K50-cv30-h200). Już zdecydowanie niższa jest minimalna temperatura w narożniku w sytuacji, kiedy płyta balkonu zostanie powierzchniowo zaizolowana (tabela 1 - schemat 4), w tym przypadku mamy obniżenie temperatury o $3,1^{\circ}\text{C}$, co może skutkować kondensacją pary wodnej w tym miejscu, kiedy wilgotność względna w pomieszczeniu jest podwyższona. Bardzo duże zagrożenie wykopleniem się pary wodnej jest w balkonie z mostkiem cieplnym (tabela 1 - schemat 5) - mostek ten powoduje obniżenie temperatury w narożu aż o $6,5^{\circ}\text{C}$.

5. ATTYKA PRZYKŁADEM, GDZIE GEOMETRIA ZŁĄCZA WPŁYWA NA JEGO PARAMETRY

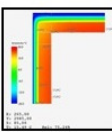
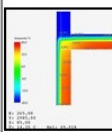
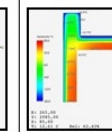
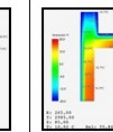
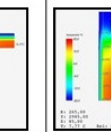
Attyki są częstym elementem konstrukcji budynku, kiedy występują dachy płaskie. Pozwalają one na właściwe wyprofilowanie warstw stropodachu. Projektowanie detalu attyki powinno uwzględniać właściwe jej oparcie na konstrukcji nośnej stropodachu w taki sposób, aby nie powstał w tym miejscu dodatkowy materiałowy mostek cieplny, bowiem w tym miejscu już występuje geometryczny mostek (naroże ściana-stropodach). Przy nieprawidłowo zaprojektowanych attykach efekt wysokich strat ciepła może być podobny co w przypadku mostków cieplnych w balkonach, a dodatkowo może zwiększyć się ryzyko pojawienia się grzybów pleśniowych z uwagi na obniżoną temperaturę na powierzchni wewnętrznej w narożu ściany i sufitu.

Podobnie jak w przypadku balkonów zostały przeprowadzone porównawcze obliczenia dla różnych rozwiązań w attykach. Wyniki w odniesieniu do połączenia ściany ze stropodachem bez ścianki attykowej (tabela 2 - schemat 1):

- 1) Połączenie ściany ze stropodachem bez ścianki attykowej.
- 2) Attyka izolowana łącznikiem termoizolacyjnym SCHÖCK ISOKORB[®] Typu AXT - grubość izolacji łącznika 12 cm, $\lambda_{eq} = 0,105 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.
- 3) Attyka izolowana obustronnie powierzchniowo styropianem gr. 12 cm i od góry styropianem gr. 5 cm.
- 4) Attyka izolowana obustronnie powierzchniowo styropianem gr. 12 cm, bez izolacji od góry.
- 5) Attyka izolowana tylko od zewnętrznej strony powierzchniowo styropianem gr. 12 cm, bez izolacji od góry i od wewnętrznej strony

Założenia do obliczeń: powierzchnia zewn. ściany $A = 1,9 \text{ m}^2$; współczynnik dla ściany $U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; powierzchnia zewn. stropodachu $A = 1,505 \text{ m}^2$; współczynnik dla stropodachu $U = 0,248 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; współczynnik liniowego przenikania mostka cieplnego dla narożnika zewn. $\Psi_e = -0,091 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$; długość połączenia balkon-strop $l = 1 \text{ m}$; temperatura zewn. $\Theta_e = -20^{\circ}\text{C}$; temperatura wewn. $\Theta_i = 20^{\circ}\text{C}$; $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Zestawienie wyników przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Porównanie strat ciepła i temperatur na wewnętrznej powierzchni przegrody przy różnych rozwiązaniach w attykach

Schemat	1	2	3	4	5
Rozkład temperatur					
$H_D = \sum U \cdot A + \sum \psi \cdot l$ [W/K]	0,856	0,952	1,100	1,249	1,537
Ściana $\sum U \cdot A$ [W/K]	0,528	0,528	0,528	0,528	0,528
Stropodach $\sum U \cdot A$ [W/K]	0,327	0,327	0,327	0,327	0,327
Attyka $\sum \psi \cdot l$ [W/K]	0,0	0,096	0,244	0,394	0,682
ψ_{Attyka} [W/m·K]		0,096	0,244	0,394	0,682
Naroże b. attyki = 100%	100,0%	111,3%	128,5%	146,0%	179,6%
temperatura θ_{si} [°C]	15,5	14,4	12,6	10,9	7,8
czynnik temp. f_{Rsi}	0,89	0,86	0,82	0,77	0,69
Klasa mostka		C1	C2	C3	C4

Poddając analizie różne rozwiązania z attykami (tabela 2 - schematy 2 do 5) najlepszy efekt energetyczny uzyskano dla schematu 2 (przy zastosowaniu łącznika AXT uzyskano wartość współczynnika $\psi_e = 0,096$ W/(m·K), co zwiększyło straty ciepła w stosunku do ściany bez attyki (tabela 2 - schemat 1) tylko o 11%). Gdyby zastosować izolację powierzchniową płyty attyki obustronnie z boku i od góry (tabela 2 - schemat 3), wartość współczynnika ψ_e wzrosłaby ponad dwukrotnie do wartości 0,244 W/(m·K), a udział attyki w stratach ciepła wzrósłby o 29% w stosunku do ściany bez attyki.

Najgorzej sytuacja się przedstawia, kiedy projektant względnie wykonawca nie zaizoluje ścianki attykowej od wewnętrznej strony (tabela 2 - schemat 5) - wówczas dodatkowe straty ciepła wyniosą prawie 80% w stosunku do strat, kiedy w narożniku ścianka attykowa nie występuje (tabela 2 - schemat 1) - to efekt bardzo wysokiej wartości współczynnika $\psi_e = 0,682$ W/(m·K).

Węzeł łączący ściankę attykową ze ścianą zewnętrzną i stropodachem jest bardziej wrażliwy na obniżoną temperaturę z uwagi na dodatkową obecność geometrycznego mostka cieplnego (narożnik zewnętrzny). W narożniku ściany z sufitem temperatura jest prawie 2°C niższa z tego powodu. Tutaj zastosowanie łącznika AXT jest szczególnie wskazane, kiedy pojawia się ścianka attykowa (tabela 2 - schemat 2) - temperatura $\theta_{si} = 14,4$ °C jest jeszcze dosyć wysoka. Izolowanie powierzchniowe ścianki attykowej znacznie obniża temperaturę na powierzchni wewnętrznej, tj. o prawie 2°C - kiedy attyka jest zaizolowana po bokach i od góry (tabela 2 - schemat 3) - temperatura $\theta_{si} = 12,6$ °C. Temperatura spadnie o prawie kolejne 2°C, kiedy ścianka attykowa jest zaizolowana tylko po bokach (tabela 2 - schemat 4) - temperatura $\theta_{si} = 10,9$ °C. W sytuacji kiedy attyka nie zostanie z boku zaizolowana (np. błąd

wykonawczy), na wewnętrznej powierzchni pojawi się tak niska temperatura ($\Theta_{si} = 7,8^{\circ}\text{C}$), że nie zostaną spełnione wymagania dotyczące minimalnej wartości czynnika temperaturowego określonego w Warunkach Technicznych [6].

6. LINIOWY WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA Ψ - PARAMETR CHARAKTERYZUJĄCY JAKOŚĆ ZŁĄCZA

Z zaprezentowanych porównań rozwiązań w balkonach i attykach wynika, że w każdym z tych rozwiązań liniowe połączenie generuje dodatkowe straty ciepła, których wielkość charakteryzuje wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]. Straty te można minimalizować, stosując łączniki termoizolacyjne, które odcinają drogę przepływu ciepła do płyty balkonowej bądź ścianki attykowej. Każde inne rozwiązanie polegające na izolacji powierzchniowej wystających elementów żelbetowych generuje zdecydowanie większe straty ciepła (efekt „radiatora”). Aby właściwie ocenić wpływ liniowego mostka cieplnego, można posłużyć się klasyfikacją zaproponowaną w Poradniku Nr 402/2004 P. Wouters, J. Schietecata, P. Standaert - Ciepłno-wilgotnościowa ocena mostków; Instrukcje, wytyczne, poradniki Nr 402/2004 - ITB [1], w którym przedstawiono 4 klasy wpływu mostka cieplnego w zależności od wartości współczynnika Ψ (tab. 3).

Tabela 3. Klasyfikacja wpływu mostków cieplnych oparta na ocenie współczynnika Ψ [1]

Klasa wpływu mostka	Wartość Ψ [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]	Określenie wpływu
C1	$0 < \Psi < 0,1$	pomijalny
C2	$0,1 \leq \Psi < 0,25$	mały
C3	$0,25 \leq \Psi < 0,50$	duży
C4	$\Psi \geq 0,50$	b. duży

7. PUNKTOWE MOSTKI CIEPLNE

7.1. Połączenie stal-żelbet

Stalowe elementy mocowane do zewnętrznej konstrukcji budynku to widok wcale nierzadki w rozwiązaniach architektonicznych. To są np. różnego rodzaju zadaszania, czasami balkony lub minibalkony, konstrukcje nośne dla elewacji budynku. Na pytanie, czy kształtowniki stalowe, będące elementami tych konstrukcji można bezpośrednio zamocować do konstrukcji nośnej budynku odpowiedź brzmi z pewnością nie, bowiem tego typu zamocowanie wygeneruje bardzo duży punktowy mostek cieplny. Dla zilustrowania wpływu połączeń stalowej konstrukcji zewnętrznej z żelbetową konstrukcją budynku porównamy 2 rozwiązania połączenia belki stalowej HEB200 (wyniki na podstawie obliczeń przeprowadzo-

nych przez Instytut Techniki Budowlanej) - Raport Nr 1808/11/Z00NF z 11.2011 [2] - wyniki w odniesieniu do ściany bez stalowej belki (tabela 4 - schemat 1):

1. Ściana bez belki stalowej HEB200
2. Belka stalowa HEB200 mocowana do konstrukcji budynku łącznikiem termoizolacyjnym SCHÖCK ISOKORB[®] typu KS20-h200 - grubość izolacji łącznika 8 cm
3. Belka stalowa HEB200 mocowana bezpośrednio do konstrukcji budynku (brak izolacji termicznej)

Założenia do obliczeń: powierzchnia zewn. ściany $A = 3,2 \text{ m}^2$; współczynnik dla ściany $U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ - blacha czołowa 180x220 mm; temperatura zewn. $\theta_e = -20^\circ\text{C}$; temperatura wewn. $\theta_i = 20^\circ\text{C}$; $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Zestawienie wyników przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Porównanie strat ciepła i temperatur na wewnętrznej powierzchni przegrody przy różnych rozwiązaniach w połączeniach stal-żelbet

Schemat	1	2	3
Rozkład temperatur			
$H_D = \sum U \cdot A + \sum \chi$ [W/K]	0,966	1,09	1,548
Ściana $\sum U \cdot A$ [W/K]	0,966	0,966	0,966
Belka stalowa $\sum \chi$ [W/m]	0,0	0,124	0,582
Mostek punktowy χ [W/K]		0,124	0,582
Ściana b. belki stal. = 100%	100,0%	112,8%	160,2%
temperatura θ_{si} [°C]	17,4	15,8	11,3
czynnik temp. f_{Rsi}	0,934	0,895	0,783

Wyniki porównania wskazują, że pozostawienie połączenia stal-żelbet bez izolacji termicznej może być poważnym błędem projektowym - w miejscu takiego zamocowania „wyprowadzane” jest z budynku dodatkowe ponad 60% energii cieplnej (współczynnik $\chi = 0,582 \text{ W}/\text{K}$). Wprowadzenie pomiędzy belkę stalową z żelbetową konstrukcją stropu łącznika termoizolacyjnego KS20 (gr. izolacji 8 cm) potrafi zredukować te straty ciepła do ok. 13% (współczynnik $\chi = 0,124 \text{ W}/\text{K}$).

Porównując temperatury na wewnętrznej powierzchni pomiędzy rozwiązaniem z łącznikiem KS20 (tabela 4 - schemat 2) i połączenia z punktowym mostkiem (tabela 4 - schemat 3), różnica ta wynosi $4,5^\circ\text{C}$. Widać, że taki mostek punktowy jest także miejscem, gdzie ryzyko kondensacji pary wodnej na powierzchni jest

duże. Ryzyko to może być jeszcze większe, kiedy takich mostków sąsiadujących ze sobą pojawi się kilka (np. stalowy daszek z belkami o niewielkim rozstawie) - nastąpić wtedy może nałożenie się na siebie punktowych mostków, które stworzą duży mostek liniowy.

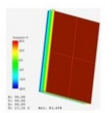
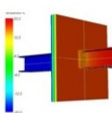
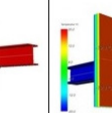

7.2. Połączenie stal-stal

Stalowe konstrukcje budynków to często spotykane rozwiązanie w obiektach sportowych, obiektach handlowych (np. salony samochodowe), komunikacyjnych (np. dworce kolejowe, porty lotnicze). Czasami się zdarza, że fragment takiej konstrukcji przechodzi na stronę zewnętrzną. W miejscu takiego przejścia następuje „przecięcie” izolacji budynku. Rodzi się w związku z tym pytanie, w jaki sposób skutecznie wyeliminować w tym miejscu punktowy mostek cieplny.

W celu określenia parametrów zostały poddane porównaniu 3 schematy połączenia belki stalowej HEB220. Wyniki porównano w odniesieniu do ściany bez stalowej belki (tabela 5 - schemat 1):

1. Ściana bez belki stalowej HEB220
2. Belka stalowa HEB220 mocowana do belki stalowej wewnątrz budynku HEB220 łącznikiem termoizolacyjnym SCHÖCK ISOKORB® Typu KST16 - grubość izolacji łącznika 8 cm
3. Belka stalowa HEB220 mocowana do belki stalowej wewnątrz budynku HEB220 łącznikiem termoizolacyjnym SCHÖCK ISOKORB® Typu KST22 - grubość izolacji łącznika 8 cm
4. Belka stalowa HEB220 przechodzi przez obudowę zewnętrzną do środka budynku (mostek cieplny)

Tabela 5. Porównanie strat ciepła i temperatur na wewnętrznej powierzchni przegrody przy różnych rozwiązaniach w połączeniach stal-stal

Schemat	1	2	3	4
Rozkład temperatur				
$H_D = \sum U \cdot A + \sum \chi \cdot l$ [W/K]	0,294	0,510	0,682	1,305
Ściana $\sum U \cdot A$ [W/K]	0,294	0,294	0,294	0,294
Belka stalowa $\sum \chi$ [W/m]	0,00	0,216	0,388	1,011
Mostek punkt. χ [W/K]	0,00	0,216	0,388	1,011
Ściana b. balkonu=100%	100%	173%	232%	444%
temperatura θ_{si} [°C]	17,2	14,6	11,2	-2,6
czynnik temp. f_{Rsi}	0,93	0,87	0,78	0,43

Założenia do obliczeń: powierzchnia zewn. ściany $A = 1,0 \text{ m}^2$; współczynnik dla ściany $U = 0,294 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; KST 16; KST 22; temperatura zewn. $\Theta_e = -20^\circ\text{C}$; temperatura wewn. $\Theta_i = 20^\circ\text{C}$; $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Zestawienie wyników przedstawiono w tabeli 5. Porównanie pokazuje, że projektując konstrukcje stalowe, należy szczególnie zwrócić uwagę na unikanie mostków cieplnych, gdyż w tych złączach ryzyko pojawienia się niskiej temperatury na powierzchni wewnętrznej jest największe (wpływ wysokiej wartości λ dla stali). W rozpatrywanym przypadku mogą być to nawet temperatury ujemne - kondensacja pary wodnej na powierzchni stali jest tu nieunikniona. Stosując łączniki termoizolacyjne KST, można tę temperaturę znacznie podnieść. Należy się też w tego typu połączeniach liczyć ze zwiększonymi dodatkowymi stratami ciepła z uwagi na punktowe połączenie (wpływ współczynnika χ). Optymalne w tego typu połączeniach jest wykorzystanie łączników KST16 (tabela 5 - schemat 2) (wartość $\chi = 0,216 \text{ W}/\text{K}$).

LITERATURA

- [1] Wouters P., Schietecata J., Standaert P., Ciepłno-wilgotnościowa ocena mostków; Instrukcje, wytyczne, poradniki Nr 402/2004 - ITB.
- [2] Raport ITB Nr 1808/11/Z00NF z 11.2011.
- [3] Informacja Techniczna - SCHÖCK ISOKORB®.
- [4] PN-EN ISO 14683:2008 - Mostki cieplne w budynkach - Liniowy współczynnik przenikania ciepła - Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- [5] PN-EN ISO 13788:2003 - Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku - Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa - Metody obliczania.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.

ELIMINATION OF THERMAL BRIDGING

In this article occurrence and elimination of thermal bridging is discussed in the following combinations: concrete-concrete, steel-concrete and steel-steel. Various solutions applied in balconies and parapets are compared in terms of energy saving and possible mildew occurrence on inner surfaces of building structures. Characteristics of Schöck company products used for eliminating thermal bridging are briefly presented.

Keywords: thermal bridges, insulations, thermal insulating load-bearing element