

BUILDER
FOR THE
FUTUREBUILDER
FOR THE
YOUNG
ENGINEERS

W ramach realizowanego przez miesięcznik „Builder” programu „Wspieramy młodych inżynierów budownictwa” dajemy możliwość pierwszych publikacji naukowych młodym doktorantom.

FASADY METALOWO- SZKLANE

Część 1.

analiza wybranych błędów projektowych i wykonawczych

**Katarzyna Kosieradzka, Ewa Kozicka,
Jan Stępniewski, Izabela Dmowska**
Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Warszawska

OPIEKUN NAUKOWY
dr inż. Maciej Cwyl
Instytut Inżynierii Budowlanej,
Politechnika Warszawska

Najczęściej występujące błędy w konstrukcjach fasad wynikają z podstawowych niedopatrzeń montażowych. Wiele z nich da się wyeliminować podczas nadzorów budowlanych.

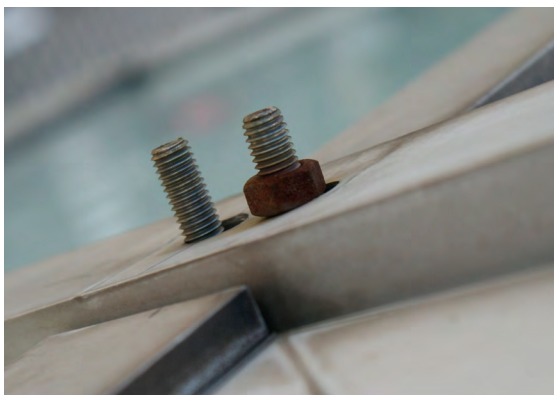
Fasadowe konstrukcje metalowo-szklane we współczesnym budownictwie są najpopularniejszym rozwiązaniem ścian osłonowych, wykorzystywanym w budynkach biurowych i obiektach użyteczności publicznej. Zaletą systemów z materiałów stopowych jest dostęp do dużej ilości światła przy jednoczesnym zabezpieczeniu wnętrza przed niekorzystnym oddziaływaniem czynników atmosferycznych, takich jak woda, wiatr oraz zbyt intensywne nasłonecznienie. Jednak dopiero wprowadzenie na rynek polski w 2005 r. normy PN-EN 13830:2005, zawierającej wytyczne do projektowania przegród, pozwoliło stosować dane rozwiązania na większą skalę w sposób usystematyzowany. Postanowieniami zawartymi w [1] objęte zostały ściany osłonowe, których konstrukcja składa się z pionowych i z poziomych elementów, połączonych ze sobą w spo-



Rys. 1. Mocowanie listwy maskującej do elementów fasady, brak nakrętki na jednym z łączników



Rys. 2. Nieodpowiednio, krzywo przymocowany element stalowego okucia węzłowego, źle dobrana długość śrub, brak przekładek zapobiegających powstawaniu ognisk korozji



Rys. 3. Brak nakrętki na łączniku. Skorodowana nakrętka na drugim łączniku

Konstrukcję fasady należy poddawać rutynowym przeglądom, podczas których sprawdzeniu podlegają podstawowe elementy struktury elewacji. Dzięki rocznym kontrolom możliwa jest ocena prawidłowości pracy łączników i węzłów konstrukcyjnych, rektyfikacja połączeń oraz wymiana uszczelnień lub pakietów szybowych.

sób trwałe oraz zakotwionych do konstrukcji nośnej budynku. W myśl przywołanej normy struktura powinna tworzyć lekkie i ciągle pokrycie zamykające przestrzeń obiektu. Obudowa metalowo-szklana elewacji ma spełniać wszystkie funkcje ściany zewnętrznej, jednak nie może przejmować żadnych obciążeń z konstrukcji budynku.

Podstawowe kryteria, które należy sprawdzić podczas analizy elewacji, to sposób wykonania połączeń, zarówno pod kątem założeń projektowych jak i poprawności montażu. Sprawdzeniu ulega również sposób przekazywania ciężaru ściany osłonowej na konstrukcję obiektu. Maksymalne ugięcie elementu poziomego szkieletu utrzymującego tafle szklane (od obciążeń pionowych – ciężar własny elewacji) nie powinno przekraczać $L/500$ lub 3 mm. Odporność na obciążenie wiatrem wyrażona jest ograniczeniem maksymalnego ugięcia głównych składowych konstrukcji ściany, które wynosi $L/200$ lub 15 mm. Wyznaczona wartość oddziaływania wiatru powinna uwzględniać współczynnik ciśnienia zewnętrznego C_{pe} [2] zależny od wymiarów paneli szklanych, ponieważ powszechnym błędem w projektowaniu fasad jest dobór wartości jak dla analizy ustroju konstrukcyjnego budynku.

Ściana kurtynowa

Podstawową konstrukcją ściany osłonowej stanowią: metalowe słupki, rygle i panele szklane. W zależności od sposobu montażu wyróżnić możemy tutaj dwa rodzaje konstrukcji. Pierwszą jest fasada słupowo-ryglowa scalana na budowie, drugą nato-

REKLAMA

MOBILNE
laboratorium
www.badaniaokien.pl

BADANIA STOLARKI OTWOROWEJ ORAZ ŚCIAN OSŁONOWYCH W OBIEKTACH BUDOWLANYCH

Testy i badania wykonywane na budowie przeprowadzane w celu potwierdzenia wymaganych lub deklarowanych właściwości użytkowych.

Kontrola przeprowadzana przez ekspertów umożliwia:

- wczesne wykrycie ewentualnych błędów i usunięcie ich bez ponoszenia dodatkowych kosztów
- faktyczną kontrolę jakości wykonanych prac
- otrzymanie dokładnej dokumentacji dotyczącej jakości
- zwiększenie bezpieczeństwa konstrukcji
- skorzystanie z najnowocześniejszych metod inspekcji

Zakres badań:

- przepuszczalność powietrza okien, drzwi, fasad, szczeliny montażowej (wg metody laboratoryjnej)
- wodoszczelność z zastosowaniem komory ciśnieniowej (wg metody laboratoryjnej)
- wodoszczelność bez zastosowania komory ciśnieniowej (wg metody poligonowej)
- BlowerDoor Test - test szczelności powietrznej powłoki budynku
- pomiary termowizyjne
- pomiary izolacyjności akustycznej
- bezinwazyjny pomiar grubości wzmocnień stalowych
- pomiar współczynnika **Ug szyb zespolonych** za pomocą mobilnego urządzenia UGLass



Rys. 4. Wygięta listwa dociskowa

Wykonanie połączenia niezapewniającego kompensacji przemieszczeń prowadzi do powstania w elemencie dużych sił osiowych, co w konsekwencji skutkuje wypaczeniem i utratą stateczności ogólnej.



Rys. 5. Niezabezpieczone otwory, swobodny dostęp powietrza może powodować lokalną kondensację pary wodnej i zawilgocenie elementów

miast fasada elementowa. Prefabrykowane panele dostarczone na budowę pozbawione są wad (charakterystycznych dla ustrojów słupowo-ryglowych) wynikających z niedokładności „placu budowy”, gdzie odbywa się kompletowanie i montaż detali ściany. W artykule omó-

wiono najczęściej występujące błędy w konstrukcjach metalowo-szklanych scalanych na placu budowy.

Konstrukcja metalowa

Podstawowym problemem występującym w konstrukcjach fasad są nieprawidłowości powstałe podczas montażu elementów metalowych. Wynikiem niewłaściwie i niedokładnie wykonanych połączeń ustroju konstrukcyjnego może być ogniskowa korozja oraz przekroczenie nośności obliczeniowej elementu, prowadzące do szybszego zniszczenia systemu. Na zdjęciu (rys. 2.) przedstawiono przykład błędnie wykonanego połączenia. Widoczny węzeł został wykonany niedokładnie, rygiel nieprawidłowo owiercono, co doprowadziło do krzywego przymocowania elementu. Dodatkowo można zauważyć, że użyto śrub o zbyt dużej długości zaciskowej, co starano się skompensować użyciem większej ilości podkładek. Nie zastosowano również przekładek zapobiegających powstawaniu ognisk korozji. W przypadku połączenia elementów stalowych z aluminium jest to konieczne, ponieważ w takiej sytuacji korozja postępuje kilka razy szybciej. Przyczyną tego zjawiska jest zetknięcie się materiałów o różnym potencjale elektrycznym – co skutkuje rozwojem przyspieszonej korozji miejscowej. W takich wypadkach konieczne jest zastosowanie podkładek z metalu o potencjale pośrednim, np. miedzianych (przy połączeniach konstrukcyjnych) lub z tworzyw sztucznych (dla elementów uszczelniających).

Konstrukcję fasady należy poddawać rutynowym przeglądom, podczas których sprawdzeniu podlegają podstawowe elementy struktury elewacji. Dzięki rokrocznym kontrolom możliwa jest ocena prawidłowości pracy łączników i węzłów konstrukcyjnych, rektyfikacja połączeń oraz wymiana uszczeliek lub pakietów szybowych. Na zdjęciu (rys. 1.) widoczny jest brak nakrętki na jednej ze śrub. Prawdopodobnie spowodowane jest to długotrwałym wystawieniem połączenia na działanie wiatru. Tego rodzaju ustroje konstrukcyjne są szczególnie podatne na drgania wysokocyklowe i rezonansowe, związane z dynamiczną charakterystyką oddziaływań wiatru. Już poprzednie pakiety norm obciążeniowych wyróżniały odmienny względem charakterystyki dla budynku współczynnik, dobierany przy niezależnych obliczeniach elementów konstrukcji elewacji. W obecnym podejściu projektowym parametry analizy dynamicznej konstrukcji fasad powinny być wyznaczane niezależnie względem konstrukcji podstawowej projektowanego budynku. Skutkiem oddziaływań dynamicznych jest luzowanie się łączników śrubowych (rys. 1. i 3.), kruche pękanie spoin i pakietów szybowych.

Na zdjęciu (rys. 3.) widać kolejny przykład połączenia z wcześniej omówionymi błędami. Jedna ze śrub nie posiada nakrętki, natomiast na drugim łączniku uległa ona korozji po kilku-

Skutkiem oddziaływań dynamicznych jest luzowanie się łączników śrubowych, kruche pękanie spoin i pakietów szybowych.

nastoletnim czasie użytkowania fasady. Spowodowane jest to brakiem przekładki między elementem stalowym i aluminium.

Wykonanie połączenia niezapewniającego kompensacji przemieszczeń prowadzi do powstania w elemencie dużych sił osiowych, co w konsekwencji skutkuje wypaczeniem i utratą stateczności ogólnej. Wpływ na zmniejszenie efektów tego zjawiska mają przerwy dylatacyjne, które należy projektować w sposób umożliwiający swobodę odkształceń całego systemu. Przykładem takiej nieprawidłowości jest wygięta listwa maskująca (rys. 4.). Wyboczenie spowodowane jest brakiem możliwości kompensacji odkształceń związanych z nagrzewaniem się materiału i ruchami termicznymi struktury elewacji. Zastosowanie połączeń widocznych na rys. 2. i rys. 3. dodatkowo ograniczało swobodę odkształceń elementów. Wypaczenie słupa spowodowało zmianę sposobu podparcia krawędziowego szyb, nieprawidłowe przyleganie uszczeliek oraz rozszczelnienie okuć pakietów szybowych.

Przykład innego błędu montażowego widoczny jest na rys. 5. Słup fasady posiada niezabezpieczone otwory, przez które następuje swobodny przepływ powietrza do środka elementu. Skutkiem takiego zjawiska jest spływanie wody po wewnętrznych ściankach słupów, co w konsekwencji może doprowadzić do ich korozji.

Bibliografia

- [1] PN-EN 13830:2005 Ściany osłonowe. Norma wyrobu.
- [2] PN-EN 1991-1-4:2008 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- [3] PN-EN 1993-1-8:2006 Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-8: Projektowanie węzłów.
- [4] Piekarczyk A.: Elementy konstrukcyjne ze szkła budowlanego, Warszawa, ITB, 2013.

Abstract. FAULTS OF DESIGNING AND USING METAL-GLASS STRUCTURES.

The aim of the article is taking a closer look at the problems concerning technical condition assessment with regard to correctness of project goals of structures metal-glass facade. Made is reference to the manner of their execution and proper functioning. The issue of accordance to good engineering practice of adapting changes in the system and adjusting the fitted solutions as recommended by the producers. Above mentioned issues were dealt with given an example of high-rise building with applied curtain wall and a residential building where a filling structure is mounted.

Keywords: curtain walling, glass, aluminium, mullion, transom