

Zastosowanie lekkich konstrukcji stalowych w przebudowach dachów

Pod pojęciem „przebudowa dachu” kryją się dwa różne zadania inwestycyjne: zmiana kształtu dachu i nadbudowa istniejących obiektów.

W ostatnich latach można zaobserwować wiele remontów starych, płaskich, krytych papą dachów, w czasie których zmieniono całkowicie pokrycie, a przy okazji i kształt dachu. Z kolei nadbudowy są ekonomicznie najkorzystniejszym sposobem pozyskania dodatkowej powierzchni użytkowej w istniejącej zabudowie. Dają również szansę przeprowadzenia bardzo skutecznej i trwałej modernizacji budynków [1]. Przy okazji nadbudowy niejednokrotnie dokonuje się modernizacji infrastruktury budynku (instalacje sanitarne i elektryczne, urządzenia techniczne) oraz renowacji elewacji.

Materiałem budowlanym, który świetnie się sprawdza przy wszystkich przebudowach, są lekkie blachy i kształtowniki stalowe profilowane na zimno, charakteryzujące się małą masą w porównaniu z konstrukcjami wykonanymi z kształtowników walcowanych na gorąco. Na rys. 1 przedstawiono porównanie masy kształtowników walcowanych na gorąco i giętych na zimno o tych samych wartościach wskaźników wytrzymałości [7]. W przypadku zastosowania kształtowników giętych na zimno

o przekroju zamkniętym, zamiast walcowanych, oszczędności na masie materiału sięgają 5–30%.

Kolejną zaletą, wynikającą z małej masy elementów konstrukcyjnych, jest **znaczne skrócenie czasu montażu**, które może dochodzić do 30% [7]. Ponadto stosując kształtowniki lub blachy profilowane na zimno, otrzymuje się produkt końcowy zabezpieczony przed korozją, niewymagający żadnych dodatkowych zabiegów w tym zakresie.

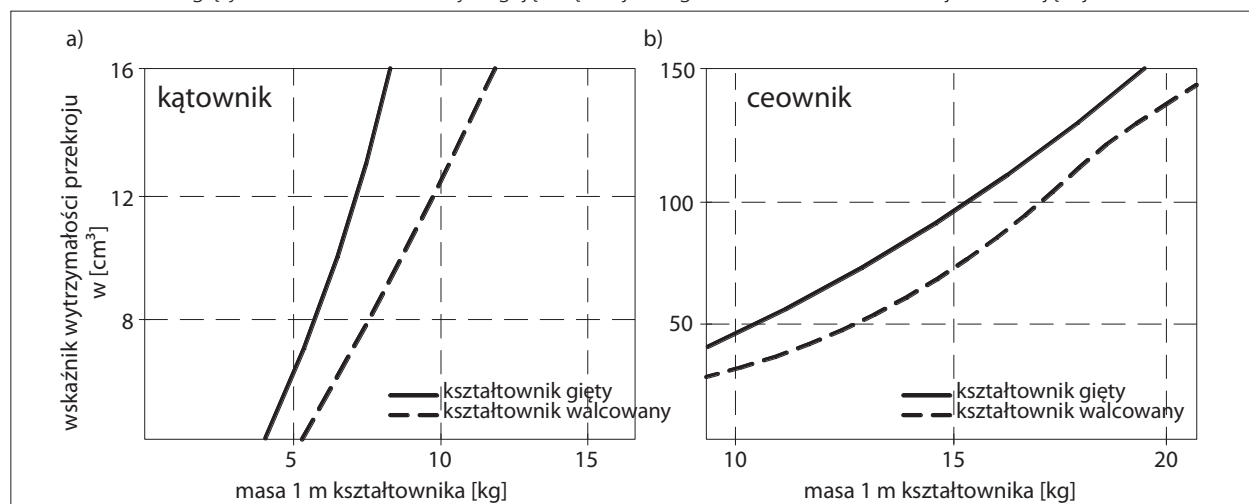
Konstrukcje wykonane z lekkich kształtowników profilowanych na zimno obok licznych zalet mają również istotną wadę, jaką jest **stosunkowo wysoka cena kształtowników giętych**. Wynika ona z wyższego kosztu wytworzenia kształtowników, w który wliczony jest również koszt antykorozyjnych powłok ochronnych. Ostateczne obniżenie kosztów całej budowy nie jest tak znaczne, jak by to wynikało z oszczędności materiałowych. Może wynosić od 5% do 25%. Również transport, przeładunek i montaż wyrobów giętych oraz elementów z nich wykonanych wymagają większej uwagi i staranności

ze względu na możliwość lokalnego uszkodzenia cienkiej blachy, z której wykonane są kształtowniki. Wadą lekkich konstrukcji są bardzo pracochłonne procedury projektowe. Jednak producenci kształtowników giętych na zimno, wychodząc naprzeciw potrzebom projektantów, opracowują specjalne tablice do projektowania, ułatwiające dobór kształtowników, jak również programy komputerowe wspomagające projektowanie lekkich konstrukcji stalowych.

Zmiana kształtu dachu

Płaskie dachy kryte papą po wielu latach eksploatacji ulegają stopniowej degradacji na skutek działania czynników atmosferycznych. Z powodu wielokrotnego dokładania kolejnych warstw powłoki bitumicznej dachy te najczęściej wymagają generalnego remontu polegającego na zerwaniu całego pokrycia z papy i położeniu nowego.

Najbardziej efektywną metodą przebudowy dachu jest ustawienie bezpośrednio na istniejącym pokryciu dachu płaskiego nowej, lekkiej konstrukcji stalowej, zmieniającej kształt dachu.



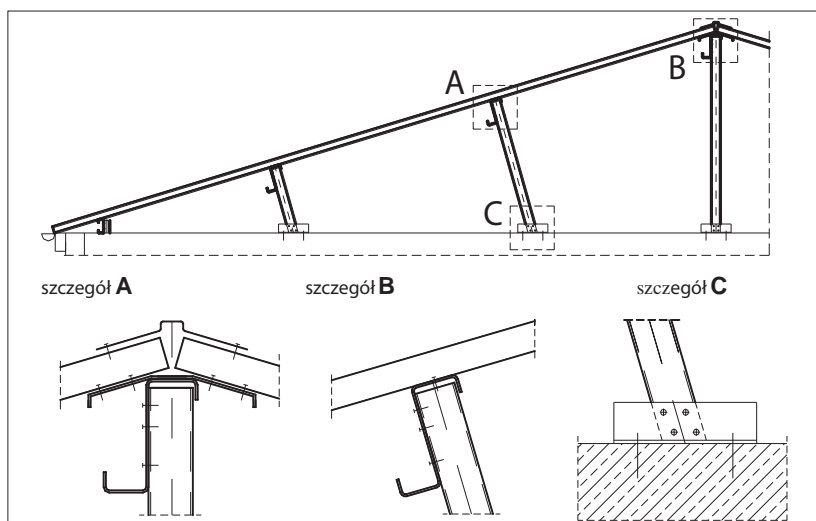
Rys. 1 | Porównanie wskaźników wytrzymałości kształtowników giętych na zimno i walcowanych na gorąco o tej samej masie: a) kątowników, b) ceowników [7]

Metoda ta znajduje zastosowanie w przypadku wielokondygnacyjnych budynków wykonanych zarówno w technologii tradycyjnej, jak i wielkiej płyty. Można ją również stosować w przebudowach wolno stojących domów jednorodzinnych oraz domów szeregowych z płaskimi dachami. Zaletą powyższej metody jest **możliwość poprawy walorów architektonicznych i termicznych istniejących budynków przy okazji przeprowadzania remontu dachu.**

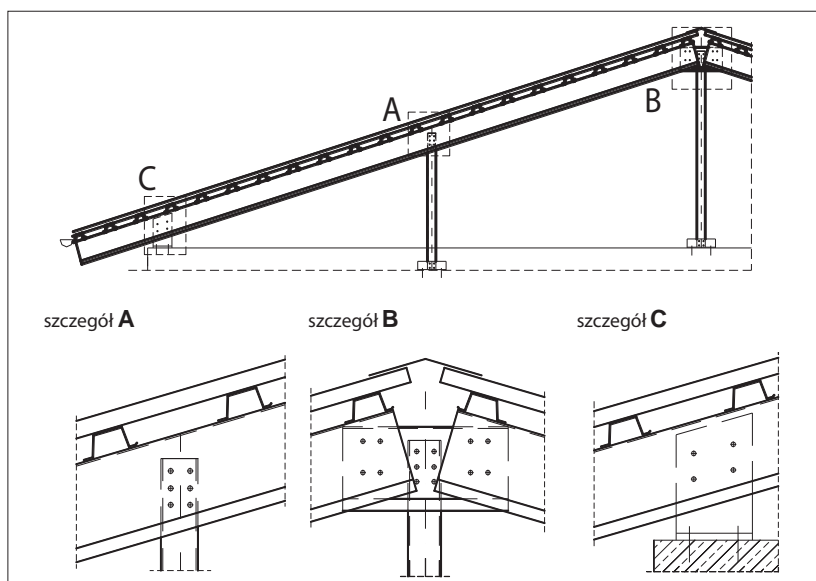
Można wyróżnić dwa sposoby kształtowania konstrukcji nośnej nowego dachu, różniące się między sobą sposobem ustawienia elementów nośnych konstrukcji wsporczej połaci dachowej. Pierwszy sposób polega na ułożeniu nośnego pokrycia z blachy trapezowej na płatwiach (rys. 2), a drugi – na ułożeniu blachodachówki na konstrukcji złożonej z krokwi i łąt (rys. 3). W obu przypadkach konstrukcja połaci dachowej podparta jest na elementach wsporczych, które przekazują obciążenia na istniejący dach. Lokalizacja słupków podporowych powinna być określona na podstawie identyfikacji istniejących nośnych elementów konstrukcji dachu lub obiektu. Wszystkie elementy konstrukcyjne nowego dachu mogą być wykonane ze stalowych kształtowników giętych na zimno. Przykładowe rozwiązania głównych węzłów przedstawiono na rys. 2 i 3. Elementy nowej konstrukcji dachu należy zwymiarować zgodnie z obowiązującymi wymaganiami. Ponadto należy zapewnić stateczność prętowego układu nośnego poprzez zastosowanie układu stężeń połaciowych i pionowych, zgodnie z zasadami kształtowania przestrzennych konstrukcji metalowych.

Zalety zmiany kształtu dachu

- Uzyskanie większego pochylenia połaci dachowej pozwala na większą kontrolę spływającej wody deszczowej niż przy dachu płaskim.
- Ciężar własny konstrukcji nowego, lekkiego dachu jest tak mały, że nie ma potrzeby wzmocnienia konstrukcji budynku.



Rys. 2 | System przebudowy w oparciu o układ płatwiowy [3]



Rys. 3 | System przebudowy w oparciu o układ krokwiowy [3]

- Istniejący dach spełnia funkcję dachu tymczasowego chroniącego przed czynnikami atmosferycznymi w trakcie trwania remontu dachu.
- Przebudowa jest tania i łatwa, gdyż koszty usunięcia starego dachu są ograniczone do minimum, a nowa konstrukcja nie wymaga specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych.
- Lekkie elementy konstrukcji stalowej mogą być wciągane bezpośrednio na płaski dach, niepotrzebny jest plac składowy wokół remontowanego budynku.
- Montaż nowego dachu jest bardzo szybki dzięki prefabrykacji elementów składowych.
- Konstrukcja nowego dachu jest tania ze względu na stosunkowo małą liczbę elementów.
- Koszty utrzymania i inspekcji nowego dachu są minimalne.

Nadbudowy obiektów

Przez nadbudowę obiektu rozumiemy modernizację budynku polegającą na zwiększeniu powierzchni użytkowej w wyniku nadbudowania jednej lub dwóch kondygnacji.

Pod koniec lat 70. zaczął w Polsce narastać kryzys mieszkaniowy [2]. Brak mieszkań oraz brak uzbrojonych terenów zaowocowały pomysłem nadbudowywania starych obiektów z lat międzywojennych oraz z lat 50. i 60. Pomysł ten nie został jednak wdrożony na szerszą skalę. Pomijając ówczesne metody działania i przepisy prawne, które nie chroniły lokatorów istniejących obiektów przed niedogodnościami niepoprawnie zrealizowanej inwestycji, okazało się, że wykonywanie nadbudowy w tej samej technologii, w jakiej wzniesiony został budynek, jest mało ekonomiczne i często architektonicznie nieciekawe. Jedyłą korzyścią było wykorzystanie uzbrojonego terenu. W rezultacie pomysł powszechnego wykonywania nadbudów się nie przyjął.

Obecnie obowiązujące przepisy Prawa budowlanego lepiej chronią interesy zarówno osób użytkujących nadbudowywany obiekt, jak i mieszkańców okolicznych budynków. Ponadto istniejące nowe, lekkie technologie pozwalają na szybkie wykonanie nadbudowy. Połączenie realizacji nadbudowy z remontami kapitalnymi starych budynków oraz korzyści finansowe wynikające ze zwiększenia liczby użytkowników danego obiektu powodują, że właściciele starych budynków coraz częściej dopytują się o możliwości realizacji najbardziej efektywnej nadbudowy. Dowodem na to jest znaczna liczba przetargów na nadbudowy istniejącej infrastruktury użytkowej ogłaszanych m.in. przez jednostki publiczne. Konstrukcja nośna nadbudowy zaprojektowana i wykonana w lekkiej technologii stalowej (z kształtowników giętych na zimno) charakteryzuje się wieloma zaletami:

- mały ciężar własny przy wysokich parametrach wytrzymałościowych pozwala uniknąć problemów związanych ze wzmocnianiem konstrukcji istniejącego obiektu;
- wysoki stopień prefabrykacji oraz niska masa elementów montażowych pozwalają na bardzo szybki montaż konstrukcji nadbudowy, a przez to

przyczyniają się do redukcji kosztów (wyeliminowanie ciężkich urządzeń dźwigowych);

- możliwość stosowania różnych materiałów osłonowych (cegła, kamień, drewno, szkło, stal, aluminium) na ścianach zewnętrznych zwiększa atrakcyjność technologii pod względem architektonicznym.

Decyzja o nadbudowie musi być poprzedzona oceną istniejącej substancji budowlanej pod kątem planowanej nadbudowy oraz wieloma czynnościami przygotowawczymi, uwzględniającymi podstawowe wymagania określone ustawami [4, 9, 10] odnośnie do doświetlenia budynków sąsiednich, zapewnienia właściwych warunków dojść i dojazdów, odpowiedniej powierzchni czynnych terenów zielonych oraz nie pogarszania warunków akustycznych.

Wstępna koncepcja nadbudowy

W pierwszym etapie inwestor powinien przyjąć koncepcję nadbudowy. Opracowanie takiej koncepcji wymaga:

- przyjęcia przez inwestora założeń funkcjonalno-użytkowych oraz określenie funkcji nowo planowanych pomieszczeń w nadbudowywanej części budynku – czy będą to mieszkania, apartamenty do wynajmowania, czy też biura lub pracownie, czy planowane są balkony lub antresole;
- określenia sposobu zagospodarowania nowej powierzchni: jak duże będą poszczególne mieszkania lub biura, czy mieszkania mają być jedno- lub dwupoziomowe, czy np. biura będą jednopiętrowe czy podzielone ścianami.

Kolejnym krokiem jest wstępna ocena obiektu przeznaczonego do modernizacji pod kątem planowanej nadbudowy. Na tym etapie planowania inwestycji pomocna może być ekspertyza techniczna, sporządzona na podstawie posiadanych planów obiektu oraz wizji lokalnej budynku. Na etapie wstępnej oceny należy również zapoznać się otoczeniem budynku w celu ustalenia okoliczności mogących mieć wpływ na planowaną nadbudowę. W przypadku braku

planów budynku trzeba przeprowadzić inwentaryzację obiektu. W ocenie należy przedstawić układ konstrukcyjny budynku, możliwości lokalizacji słupów nośnych i ścian, szerokości traktów oraz rozpiętości konstrukcyjne. Istotne jest określenie sposobów doświetlenia wnętrza w stosunku do stron świata, a także otaczających obiektów.

Na tym etapie należy również ocenić możliwości lokalizacji elementów transportu pionowego, tzn. klatek schodowych i dźwigów. Szczególnie istotna jest decyzja dotycząca urządzeń transportu pionowego. Zgodnie z § 193 [4] każdy budynek o wysokości ponad 12 m, niezależnie od przeznaczenia, lub budynek mieszkalny o liczbie kondygnacji większej niż cztery musi być wyposażony w urządzenia dźwigowe. Wysokość budynku lub też liczba kondygnacji, w wyniku nadbudowy, może przekraczać podane wyżej wartości, a wtedy konieczne jest zaprojektowanie dźwigu.

Do wstępnych kroków należy również zapoznanie się z planem zagospodarowania przestrzennego oraz otaczającą architekturą. Wiedza ta będzie pomocna przy podejmowaniu decyzji dotyczącej kształtu przyszłej bryły budynku, tak aby architektura nadbudowywanego obiektu harmonizowała z otoczeniem. Opracowanie wstępnej koncepcji nadbudowy budynku stanowi podstawę do podjęcia dalszych czynności przygotowawczych związanych z planowaniem inwestycji.

Przygotowanie inwestycji nadbudowy budynku

Zaprojektowanie nadbudowy wymaga wykonania oceny technicznej, która określi zakres i warunki techniczne nadbudowy. Opracowana wcześniej koncepcja pozwala ocenić możliwości realizacji nadbudowy. Wykonana ocena techniczna (ekspertyza) odnosi się do konkretnych założeń funkcjonalnych, weryfikując je pod względem technicznym. W ocenie powinny być określone dopuszczalne obciążenia istniejącej konstrukcji, możliwość wykonywania

przebić stropów i ścian, warunki wykonania dźwigów wewnętrznych i lokalizacji urządzeń technicznych. Powinny być również określone możliwości ewentualnego wzmocnienia istniejącego obiektu oraz możliwości prowadzenia instalacji. Ocena techniczna może być wykonana dwuetapowo: etap pierwszy to wstępna ocena warunków nadbudowy (do ustalenia możliwości realizacji przyjętej koncepcji), a etap drugi – pełna ocena opracowana w czasie wykonywania projektu budowlanego.

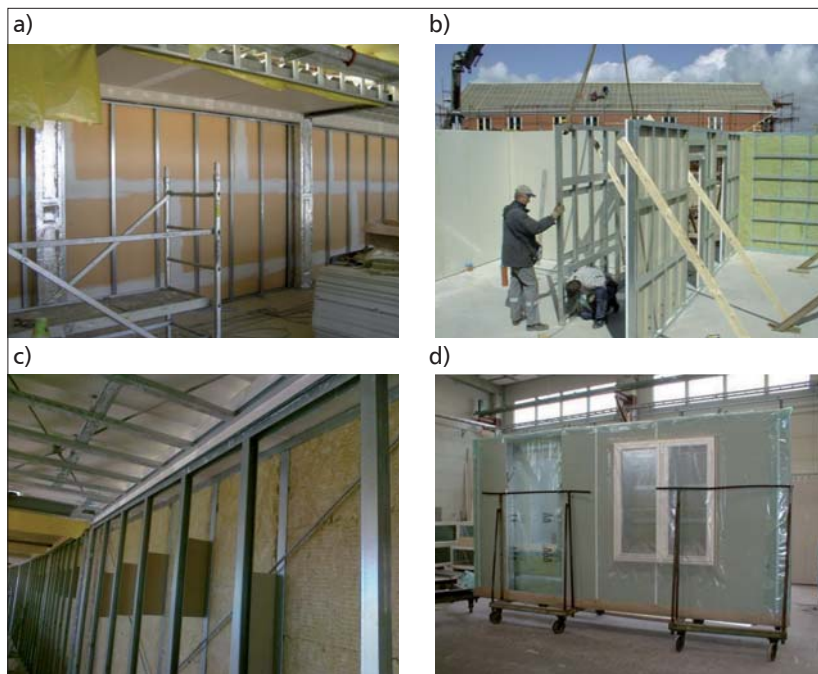
Program funkcjonalno-użytkowy

Na podstawie wstępnej koncepcji nadbudowy obiektu, opinii technicznej, istniejących archiwalnych planów budynku i ewentualnej inwentaryzacji istniejącego budynku należy opracować program funkcjonalno-użytkowy nadbudowy. Program ten powinien zawierać wstępny bilans zapotrzebowania na media: wodę, centralne ogrzewanie, gaz, odprowadzanie ścieków, energię elektryczną itp. oraz uzgodnienia z dostawcami tych mediów [5]. Wskazane jest, aby w programie wybrane zagadnienia opracowywane były wariantowo, co ułatwia uzyskanie optymalnych rozwiązań.

Powinno także być opisany wpływ nadbudowy na istniejącą część budynku oraz na budynki sąsiednie, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień akustyki, wpływu nowej inwestycji na nasłonecznienie i przewietrzanie otaczającej zabudowy oraz na istniejące zadrzewienie. Powinno być przedstawione rozwiązania dotyczące zwiększonego zapotrzebowania na miejsca na parkingach.

Analiza ekonomiczna

Analiza ekonomiczna planowanej nadbudowy, opracowana na podstawie koncepcji architektonicznej, opinii technicznej i programu funkcjonalno-użytkowego, stanowi końcowy etap podejmowania przez inwestora decyzji o realizacji inwestycji. Analiza ekonomiczna powinna określić opłacalność wykonywania nadbudowy oraz okres amortyzacji zainwestowanych środków,



Fot. | Różne poziomy prefabrykacji: a) montaż z pojedynczych elementów – pierwsza warstwa nośna szkieletu wraz z poszyciem zewnętrznym, b) montaż gotowego szkieletu ściany [8], c) montaż wewnętrznego szkieletu nośnego, d) prefabrykacja panelu ściennego [8]

z uwzględnieniem ewentualnego kosztu kredytowania inwestycji. Istotne jest skoordynowanie wykonywania nadbudowy z planowanymi remontami pozostałej części budynku, co powinno zwiększyć opłacalność całego przedsięwzięcia.

Metody montażu konstrukcji nadbudowy

Można wyróżnić trzy metody wykonywania nadbudów istniejących obiektów w lekkiej technologii stalowej. Metody te różnią się między sobą stopniem prefabrykacji (fot.). Są to metody wykonywania nadbudowy z:

- 1) pojedynczych elementów stalowych (fot. a), które po skończonym montażu są obudowywane elementami okładzinowymi i wypełniającymi (fot. c);
- 2) częściowo lub całkowicie prefabrykowanych w lekkiej technologii płyt (paneli) ściennych i stropowych (fot. b, d);
- 3) prefabrykacja przestrzennych segmentów montażowych (fot. b).

Pierwsza metoda polega na montowaniu stalowego szkieletu nadbudowy z pojedynczych elementów w miejscu

ostatecznego przeznaczenia. Z kształtowników stalowych o odpowiedniej długości montowane są szkielety poszczególnych ścian jak na fot. a. Słupki góra i dół łączą się odpowiednio z elementem oczepowym i podwalinowym (fot. a). Na słupki ścian najczęściej stosuje się kształtowniki o przekroju ceowym z usztywnionymi krawędziami, a na elementy poziome kształtowniki typu U (fot. b). Wysokość przekroju kształtownika wynika z warunku wytrzymałościowego, z potrzebnej grubości warstwy izolacji termicznej umieszczonej wewnątrz ściany oraz wymagań akustycznych.

Elementy belkowe wykorzystywane są również do wykonstruowania otworów okiennych i drzwiowych. Szkielet każdej ze ścian wymaga wprowadzenia stężeń, zapewniających niezmienność kształtu ściany w jej płaszczyźnie. Stężenia w ścianach najlepiej jest projektować z cienkich taśm stalowych, które nie kolidują z elementami obudowy, co ma miejsce, gdy zastosujemy pręty okrągłe lub liny. Stalowe pręty konstrukcji łączone są między sobą przeważnie za pośrednictwem wkrętów

Fot. a) i b) – E. Urbaniśka-Galewska

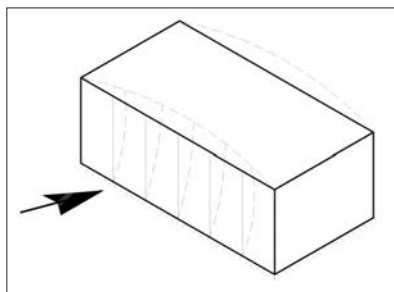
samogwintujących. Konstrukcję dachu stanowią dźwigary kratowe wykonane z giętych na zimno kształtowników lub warstwowe płyty stropowe. Zazwyczaj są one podparte w środku rozpiętości lub w kilku punktach wynikających z układu ścian poprzecznych.

Druga metoda wykonywania nadbudów różni się od poprzedniej głównie stopniem prefabrykacji konstrukcji. W wytwórni produkowane są panele ściennie lub stropowe jak na fot. d. Panel ścienny jest wysokości jednej kondygnacji i długości 4–8 m. Na fot. a przedstawiono montaż pojedynczego panelu osłonowego, a na fot. b – całego segmentu przestrzennego budynku.

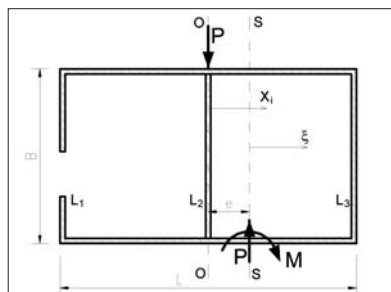
Przy projektowaniu ścian należy wziąć pod uwagę możliwości procesów produkcyjnych, aby w jak największym stopniu wykorzystać zalety prefabrykacji. Maksymalne uprzemysłowienie procesów produkcyjnych oznacza przesunięcie niektórych prac z placu budowy do wytwórni, gdzie wykonywane są w warunkach wysokiego oprzyrządowania oraz braku wpływu warunków atmosferycznych, co sprzyja uzyskaniu wyższej jakości przy niższych kosztach. Najbardziej znane systemy prefabrykacji płyt ściennych i stropowych są przedstawione w pracach [3, 6].

Zasady kształtowania konstrukcji nadbudowy

Konstrukcję nadbudowy można kształtować na dwa sposoby. Pierwszy sposób to tradycyjny układ szkieletowy, przenoszący wszystkie obciążenia, wypełniony płytami osłonowymi przenoszącymi parcie wiatru i ciężar



Rys. 4 | Schemat tarczowego charakteru pracy stropu



Rys. 5 | Wpływ sztywności ścian poprzecznych na pracę przestrzenną konstrukcji [8]

własny. W drugim sposobie schematem statycznym konstrukcji nadbudowy jest przestrzenny układ tarczowy, którego schemat ideowy przedstawiono na rys. 4. Połowa obciążeń wywołanych parciem wiatru na ścianę boczną jest przenoszona przez poziomą płytę stropu na ściany szczytowe, które są ścinane, a następnie na fundamenty. W przypadku konstrukcji z przegrodami wewnętrznymi (rys. 5) w przenoszeniu obciążeń poziomych biorą udział wszystkie przegrody. Wartość obciążenia poziomego przypadająca na poszczególne ściany poprzeczne zależy od sztywności ścian.

Przy projektowaniu ścian należy wziąć pod uwagę możliwości procesów produkcyjnych, aby w jak największym stopniu wykorzystać zalety prefabrykacji. Maksymalne uprzemysłowienie procesów produkcyjnych oznacza przesunięcie niektórych prac z placu budowy do wytwórni, gdzie wykonywane są w warunkach wysokiego oprzyrządowania oraz braku wpływu warunków atmosferycznych, co sprzyja uzyskaniu wyższej jakości przy niższych kosztach.

Szczegółowe informacje dotyczące projektowania konstrukcji nadbudowy, wymagań cieplno-wilgotnościowych, akustycznych oraz odporności ogniowej znajdują się w referacie prezentowanym na XXIII Konferencji „Warsztat pracy projektanta konstrukcji” [11], który stanowił podstawę niniejszego artykułu.

dr inż. **Dariusz Kowalski**
dr hab. inż. **Elżbieta**
Urbańska-Galewska prof. PG
Wydział Inżynierii Łądowej
i Środowiska Politechniki Gdańskiej

Bibliografia

1. W. Baranowski, M. Cyran, T. Iwaszkiewicz, A. Kubalski, E. Liwski, J. Romanowski, J. Zieliński, *Modernizacja i nadbudowa budynków, Poradnik*, Wacetob, Warszawa 2001.
2. E. Frączek, R. Kazimierzczak, Z. Łosicki, E. Urbańska-Galewska, *Budownictwo mieszkaniowe – potrzeby społeczne a realia*, „Inżynieria i Budownictwo” nr 12/1988, s. 437–439.
3. Lindab, Roof – Wall catalogue 2000 – Lindab roof and Wall system manual.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – ostatnia zmiana (Dz.U. z 2004 r. Nr 109, poz. 1156).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz.U. z 2004 r. Nr 202, poz. 2072).
6. Ruukki Konstruktion Polska, Ruukki more with metals – Biblioteka elektroniczna, 2006.
7. Stalprodukt, Poradnik projektanta, Bochnia 2006.
8. Systemy suchych konstrukcji stalowych w budownictwie, materiały seminarium DryConDis, Warszawa 2006.
9. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 1994 r. Nr 89, poz. 414 z późn. zm.).
10. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. z 2003 r. Nr 80, poz. 717).
11. E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, *Zastosowanie lekkich konstrukcji stalowych do renowacji, rozbudowy i remontów obiektów budowlanych*, XXIII Ogólnopolska Konferencja „Warsztat pracy projektanta konstrukcji”, Szczyrk 2008.