



Prefabrykacja

- jakość, trwałość, różnorodność

- Zeszyt 2 - Część 2 -

**Konstrukcje szkieletowe
realizowane z elementów prętowych**

skierowany do:

inwestorów, projektantów, wykonawców
inżynierów, studentów budownictwa
uczniów techników budowlanych

Autorzy:

dr inż. Grzegorz Adamczewski

prof. nzw. dr hab. inż. Piotr Woyciechowski

*W opracowaniu uczestniczyli przedstawiciele przedsiębiorstw - Członków Stowarzyszenia Producentów Betonów.***Współpraca:**

Bronisław Deskur

Bartosz Stasieńko

Mariusz Bangrowski

Piotr Święconek

Marta Koziół

Hubert Pytlos

Jan Makuszczyński

Arkadiusz Gacki

Konsultacje:

Marcin Landmann

Marek Roicki

Marzena Nowaczyk

Grzegorz Marzec

Michał Skrzypczyński

Piotr Szymanowski

Tomasz Wrona

Marcin Łuczak

Artur Kisiół

Recenzent:

Prof. dr hab. inż.

Andrzej Cholewicki

Wydawca
Stowarzyszenie Producentów Betonów
Warszawa, październik 2015Copyright © by Stowarzyszenie Producentów Betonów
Warszawa 2015

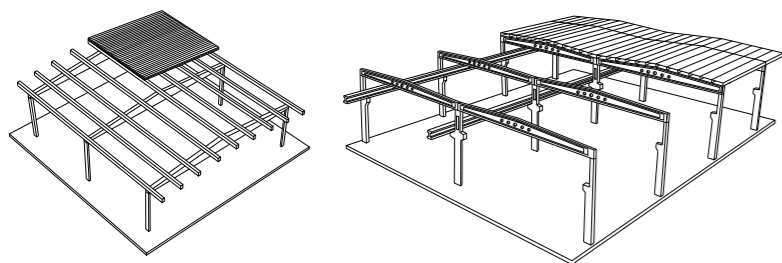
Spis treści – część 2	2
5. Projektowanie prefabrykowanych obiektów przemysłowych	4
5.1. Problemy i rozwiązania projektowe	4
5.2. Podstawy projektowania: wstępny dobór geometrii obiektu, schematy statyczne	5
5.3. Wymiarowanie elementów, metody obliczeń i doboru elementów	6
5.3.1. Schemat wymiarowania belki sprężonej	6
5.3.2. Schemat wymiarowania stupa żelbetowego	7
5.3.3. Tolerancje produkcyjne	8
5.3.3.1. Płyty wielootworowe SP (HC)	8
5.3.3.2. Stupy	9
5.3.3.3. Belki o przekroju prostokątnym (R- RR)	10
5.3.3.4. Belki dwuteowe (I – IV)	11
5.4. Docelowe schematy statyczne oraz schematy chwilowe w trakcie realizacji	12
5.5. Rozwiązania konstrukcyjne połączeń i węzłów	16
5.5.1. Mocowanie pokryć dachowych i ściennych z blachy trapezowej	16
5.5.2. Oparcie płatwi na dźwigarze	16
5.5.3. Oparcie dźwigara na stupie lub belce	17
5.5.4. Oparcie belki na stupie	18
5.5.5. Połączenie płyta stropowa – podpora, belka równoległa	20
5.5.6. Połączenia płyta ścienna – podpora, ściana – ściana	23
5.5.7. Styki stupów	23
5.5.8. Połączenia stupa, stupa – fundament	25
5.5.9. Połączenia płyt stropowych	26
5.5.10. Uciąglenia i zespolenia	27
5.5.11. Połączenia prefabrykatów z innymi materiałami	28
5.5.12. Mocowanie urządzeń technologicznych, elementów podwieszonych oraz konstrukcji stalowych	30
5.6. Tok postępowania w projektowaniu	31
6. Technologia robót montażowych	32
6.1. Akcesoria transportowo - montażowe	32
6.2. Transport i składowanie prefabrykatów	33
6.3. Technologia montażu prefabrykatów	38
6.3.1. Projekt technologii i organizacji montażu	38
6.3.2. Przygotowanie budowy i obiektu do prowadzenia robót montażowych	39
6.3.3. Brygada montażowa	39
6.3.4. Montaż elementów	40
6.3.4.1. Elementy kładzone	40
6.3.4.2. Elementy stawiane	42
6.3.4.3. Wykonanie złączy oraz dokładność montażu	44
6.3.4.4. Kontrola jakości montażu - odbiory konstrukcyjne	44
6.3.4.5. Roboty montażowe w okresie obniżonych temperatur	46
6.3.4.6. Przygotowanie budowy i montaż konstrukcji w warunkach zimowych	46
6.3.5. Ogólne zasady bhp przy robotach montażowych	46
7. Przykłady realizacji prefabrykowanych obiektów przemysłowych	48
8. Wykaz norm	62



PROJEKTOWANIE PREFABRYKOWANYCH OBIEKTÓW PRZEMYSŁOWYCH

5.1. Problemy i rozwiązania projektowe

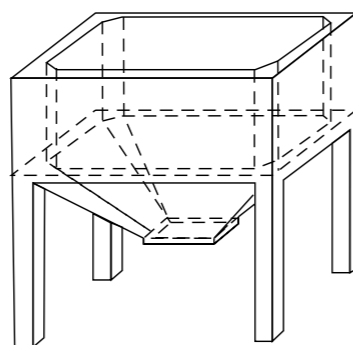
Obiekty przemysłowe stanowią niezwykle obszerną i różnorodną grupę obiektów budowlanych. Mogą to być typowe hale produkcyjne i magazynowe, ale także wielkie obiekty energetyczne, cementownie, czy też oczyszczalnie ścieków. Zazwyczaj są to duże parki przemysłowe, które składają się z różnego rodzaju obiektów połączone funkcjonalnie i technologicznie. Zaliczają się do nich:



- hale przemysłowe i magazynowe bez suwnic lub z suwnicami



- konstrukcje wsporcze linii przesyłowych

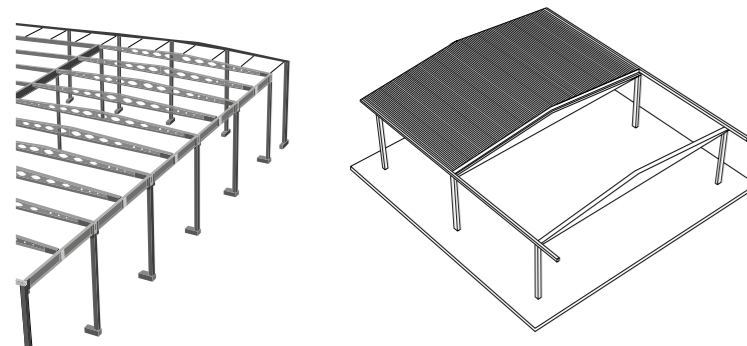


- konstrukcje wsporcze silosów

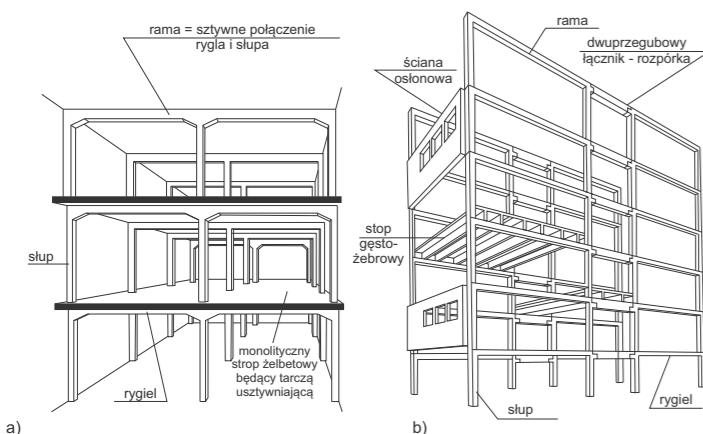
Najczęściej spotykane w praktyce są jednokondygnacyjne hale przemysłowe i magazynowe. Typowa wysokość hali produkcyjnej lub magazynowej to od 5 m do 20 m. Typowa rozpiętość nawy hali to od 12 do 30 m, przy czym największe realizowane w Polsce szerokości naw sięgają ponad 40 m.

Obiekty przemysłowe generują w projektowaniu szereg indywidualnych problemów, związanych z przeznaczeniem obiektu, w tym specyfiką branży przemysłowej. Typowe problemy z jakimi w tym wypadku musi sobie poradzić projektant to:

- znaczne obciążenia, także jeśli chodzi o konstrukcję dachu;
- zapewnienie stateczności konstrukcji w czasie transportu, montażu i w sytuacji docelowej;
- przebieg transportu i realizacja montażu;
- podwyższone wymagania w zakresie odporności ogniowej;
- złożone i ostre oddziaływania agresywne środowiska, w tym wykraczające poza standardowy zakres klas ekspozycji betonu;
- narażenie na działanie temperatury (w tym wysokiej, niskiej, szokowo zmiennej);
- konieczność łączenia różnych technologii wznoszenia obiektu (szybkość i płynność montażu);
- realizacja dużych obiektów z wieloma podwykonawcami i technologiami, uwzględnienie robót branżowych.



- hale z przekryciem płatwiowym lub bezpłatwiowym



- budynki szkieletowe wielokondygnacyjne

Wykorzystanie rozwiązań oferowanych przez prefabrykację betonową pozwala w wielu przypadkach optymalnie rozwiązać wskazane problemy, zarówno w aspekcie ekonomicznym jak i funkcjonalnym, pod warunkiem, że wykorzystanie prefabrykacji będzie uwzględnione już w fazie koncepcyjnej projektowania obiektu, a projektowanie będzie miało charakter kompleksowy, z wykorzystaniem wiedzy i wsparcia merytorycznego producentów prefabrykatów.

W kolejnych rozdziałach przedstawiony zostanie tok postępowania projektowego, z przykładami wykorzystania tablic i nomogramów, pomocnych w projektowaniu, a dostępnych w bazach danych producentów prefabrykatów.

5.2. Podstawy projektowania: wstępny dobór geometrii obiektu, schematy statyczne

Geometria obiektu uwarunkowana jest wieloma kwestiami użytkowymi, technicznymi oraz ekonomicznymi. Wstępny dobór geometrii obiektu zależy od:

- przeznaczenia obiektu i wytycznych funkcjonalno-technologicznych oraz estetycznych;
- planowanej ilości kondygnacji;
- przewidywanej modernizacji i dalszej rozbudowy;
- przewidywanych obciążeń stałych lub zmiennych; w tym sytuacji wyjątkowych;
- lokalizacji i warunków gruntowo-wodnych;
- kształtu i wielkości działki;
- występowania szkód górniczych;
- możliwości produkcyjnych, transportowych i montażowych;
- czasu (długość realizacji) i okresu realizacji;
- przewidywanej długości życia obiektu;
- możliwości adaptacji pod potrzeby najemców.

Funkcje techniczne obiektu oraz oczekiwania estetyczne decydują o liczbie kondygnacji i ich rozwiązaniu przestrzennym, uwzględniającym rozmieszczenie siatki słupów. W obiektach przemysłowych (halach) zalecane są następujące siatki słupów: 12x12, 12x15, 12x18, 12x21, 12x24 i 6x6, 6x9, 6x12, 6x15, 6x18, 6x21, 6x24 metry. Zwykle z powodów funkcjonalnych pożądane są jak największe rozstawy słupów, ale należy się liczyć z tym, że pociąga to za sobą wzrost kosztów konstrukcji ze względu na zastosowanie większych gabarytowo elementów (m.in. koszty przygotowania produkcji, koszty materiałowe, koszty transportu).

Wysokości poszczególnych części obiektu (naw hali) związane są przede wszystkim z zamaszynowaniem obiektu (w tym środki transportu: suwnice, wózki szynowe na estakadzie) i innymi elementami jego użytkowego wyposażenia. Niekiedy geometria realizowanego obiektu jest także projektowana z uwzględnieniem możliwości przyszłej rozbudowy.

Istotnym elementem wstępnego projektowania obiektu jest analiza obciążeń. Obciążenia stałe wynikają z ciężaru własnego elementów konstrukcyjnych i stałego wyposażenia. Obciążenia zmienne szczególnie istotnie wpływają na dobór geometrii obiektu. Obej-

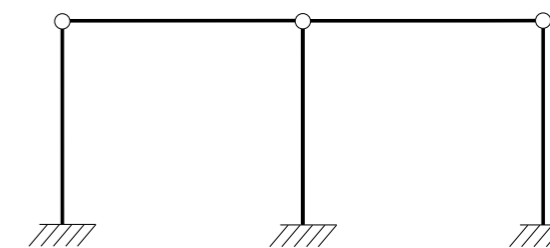
mują one obciążenia użytkowe – w przypadku obiektów przemysłowych często dynamiczne, obciążenia śniegiem i wiatrem (związane ze strefą klimatyczną, niepomijalne w obiektach przemysłowych w odróżnieniu od mieszkalnych) oraz z innymi oddziaływaniami, takimi jak temperatura czy agresja chemiczna (ciecze, opary, gazy). Warto zwrócić uwagę, że intensywne zapalenie związane z przebiegiem działań technologicznych w obiekcie może powodować wzrost obciążeń elementów, na skutek osiadania pyłów na konstrukcji (np. obiekty elektrociepłowni, w których odbywa się pręmiat węgla).

Istotne znaczenie mogą mieć także przewidywane obciążenia wyjątkowe, takie jak np.:

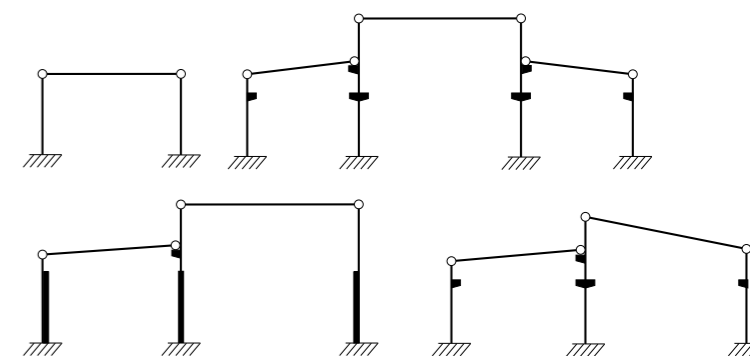
- wybuch składowanych materiałów (gazy, pyły),
- pożary,
- podmycia fundamentów,
- awarie w procesie technologicznym,
- uderzenia pojazdów (np. wózków widłowych) w elementy konstrukcyjne obiektu.

W sytuacjach ekstremalnych może to także dotyczyć zjawisk sejsmicznych, huraganów, powodzi itp. Zagadnienie obciążeń wyjątkowych omówiono szerzej w rozdz. 2.2.4.

Istotne znaczenie mają także warunki gruntowo-wodne, które w pewnym stopniu decydują o wyborze schematu statycznego. Dobre warunki gruntowo-wod-

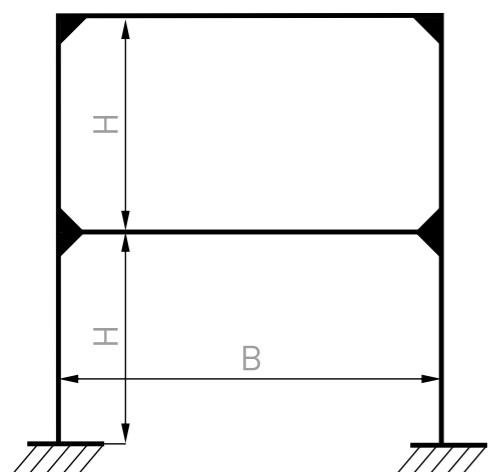


Rys. 1.
Hala wolnostojąca, bez suwnic



Rys. 2.
Hala z suwnicami, wciągnikami

ne sprzyjają układom sztywnym, nawet w przypadku obiektów dość wysokich. W przypadku przewidywanych nierównomiernych osiadań podłoża korzystniejsze są układy statycznie wyznaczalne, w których przemieszczenie jednej podpory nie powoduje stanu awaryjnego a jedynie deformację ustroju. Szczególne uwarunkowania występują w obszarach szkód górniczych, w których zaleca się stosowanie układów trójprzegubowych. Typowe schematy statyczne obejmują: hale wolnostojące, bez suwnic, hale z suwnicami lub wciągnikami, obiekty wielokondygnacyjne (rys. 1-3)



Rys. 3. Obiekt wielokondygnacyjny

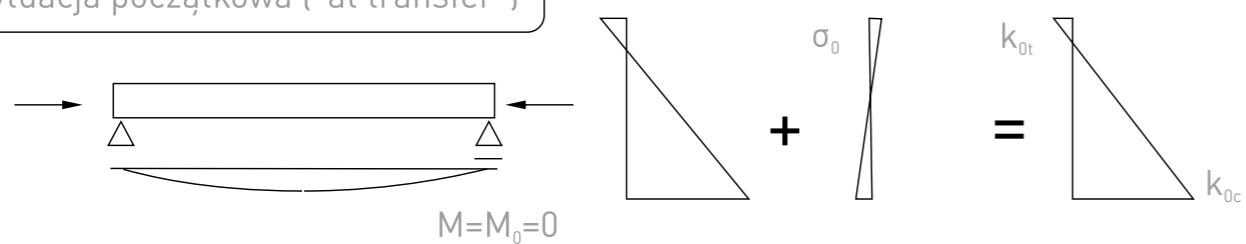
5.3. Wymiarowanie elementów, metody obliczeń, metody doboru elementów

Wymiarowanie elementów prefabrykowanych, wykonywane jest zgodnie z zasadami obliczeń dla konstrukcji żelbetowych i sprężonych, według EC2. Specyfika wymiarowania związana jest z możliwymi zmianami schematu statycznego elementu na etapie produkcji, transportu, montażu i eksploatacji. Poniżej przedstawiono tok postępowania przy wymiarowaniu betonowej belki sprężonej oraz stupa żelbetowego jako typowych elementów w asortymencie elementów prętowych. Kolejną istotną kwestią, różniącą projektowanie prefabrykatów od konstrukcji monolitycznych, są tolerancje montażowe wymagane do prawidłowego montażu konstrukcji prefabrykowanej. Zagadnienie to zostało przedstawione na przykładach wymagań produkcyjnych dla płyt kanałowych, stópów oraz belek.

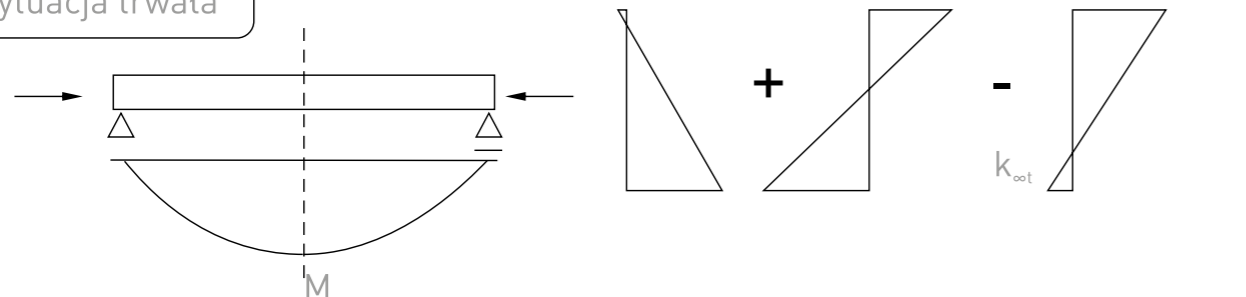
5.3.1. Schemat wymiarowania belki sprężonej

Wymiarowanie belek sprężonych: Zróżnicowanie rodzaju i wielkości obciążenia oddziałującego na element sprężony prowadzi do różnic w sposobach analizy, dlatego rozróżnia się następujące sytuacje: trwałą i początkową (rys. 4.). W sytuacji początkowej uwzględniane są obciążenia zewnętrzne, działające w chwili sprężenia (np. ciężar własny elementu). Sprężenie także traktowane jest jako obciążenie zewnętrzne. W sytuacji trwałej uwzględnia się wszystkie obciążenia stałe, technologiczne i klimatyczne.

Sytuacja początkowa ("at transfer")



Sytuacja trwała

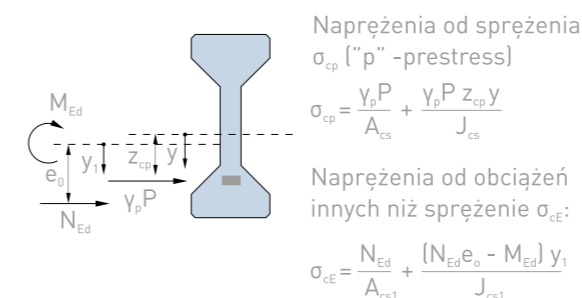


Rys. 4. Zasada pracy belki sprężonej w sytuacji początkowej i trwałej

Zasady obliczania naprężenia normalnego w betonie w dowolnym punkcie przekroju wywołane siłą sprężającą i momentem zginającym można określić w następujący sposób:

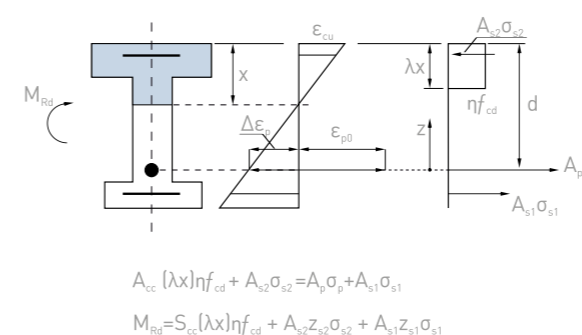
Naprężenia normalne w betonie

$$\sigma_c = \sigma_{cE} + \sigma_{cp}$$



Określenie nośności granicznej na zginanie w sytuacji trwałej polega na sporządzeniu bilansu sił przekrojowych oraz wyznaczeniu maksymalnego momentu statycznego M_{Rd} przyjmując, że ciągnia sprężające mogą być reprezentowane przez ich wypadkową:

Nośność graniczna na zginanie w sytuacji trwałej



A_{cc} i S_{cc} oznaczają odpowiednio pole strefy ściskanej i jej moment statyczny względem wypadkowej siły sprężającej, a z_{s1} i z_{s2} współrzędne grup zbrojenia A_{s1} i A_{s2} (początek układu współrzędnych na osi wypadkowej siły sprężającej).

5.3.2. Wymiarowanie stópów żelbetowych

W trakcie wymiarowania stupa żelbetowego poddanego mimośrodowemu ściskaniu (rys. 5.) sprawdzane są niezależnie trzy przekroje na wysokości stupa: górny, dolny oraz położony w części środkowej. Dokładne położenie tego przekroju jest określone najczęściej poprzez moment środkowy według wytycznych normowych.

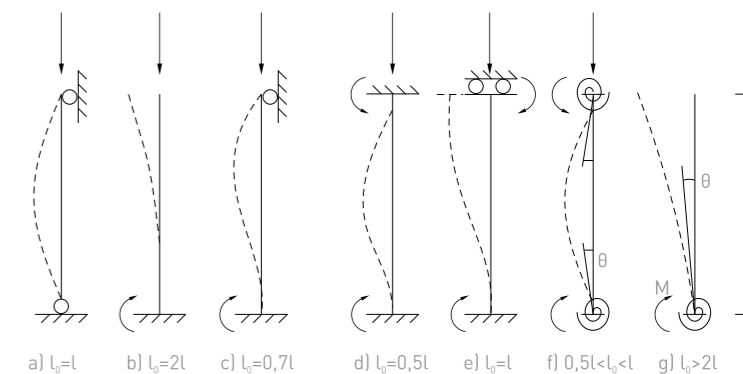
W zależności od położenia przekroju środkowego oraz tego, czy stupa jest zamocowany w sposób przesuwny, czy nieprzesuwny, wnioskujemy, czy w danym przekroju

uwzględniony zostanie wpływ efektów drugiego rzędu (oczywiście, jeśli smukłość stupa przekracza normową wartość graniczną).

Metody obliczeń według EC2 obejmują metodę ogólną, opartą na nieliniowej analizie drugiego rzędu oraz dwie metody uproszczone: metodę opartą na nominalnej sztywności oraz na nominalnej krzywiźnie.

Najczęściej przyjętym schematem w większości norm żelbetowych jest:

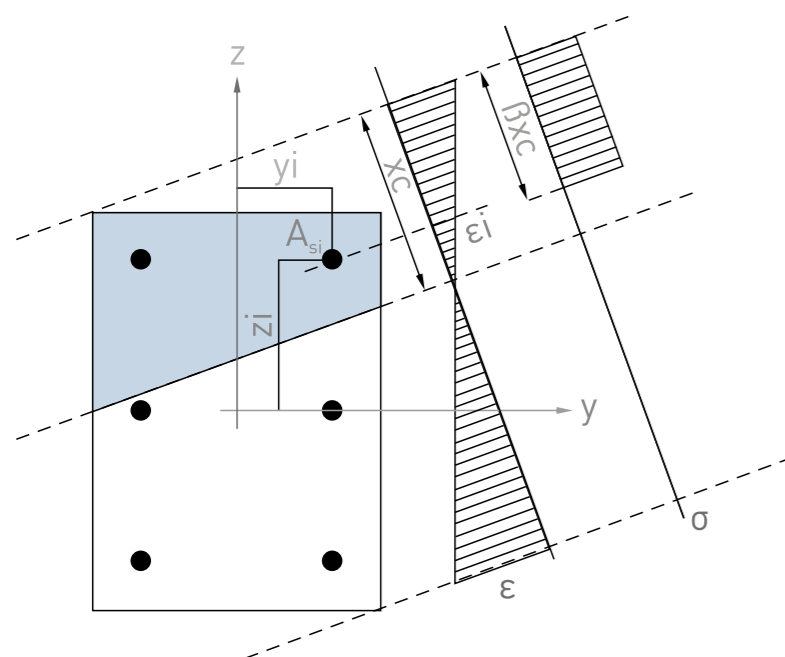
- dla konstrukcji o węzłach nieprzesuwnych — wpływ smukłości można uwzględniać w środkowym przekroju stupa; dla przekrojów na końcach stupa nie uwzględnia się wpływu smukłości
- dla konstrukcji o węzłach przesuwnych — wpływ smukłości uwzględnia się jednakowo dla każdego przekroju stupa.



Rys. 5. Elementy wydzielone – przykłady różnych postaci wybočenja i odpowiadających im efektywnych długości

Dla tak rozumianych trzech przekrojów przeprowadzane jest wymiarowanie. Obliczone zbrojenie musi zapewnić spełnienie nośności we wszystkich trzech przekrojach stupa dla każdej z kombinacji obciążeń.

Kombinacja wymiarująca rozumiana jest jako zestaw kombinacji obciążeń wraz z położeniem przekroju, dla której to pary występuje największe wyężenie. Trzem wymiarowanym przekrojom odpowiadają trzy zestawy sił (tj. siły osiowe, momenty i ewentualnie siły poprzeczne) dla każdej kombinacji w tabeli definicji obciążeń. Obliczanie nośności stupa w przypadku dwukierunkowego zginania przebiega zgodnie z ogólnym schematem przedstawionym na rysunku poniżej obrazującym równowagę sił normalnych oraz momentów w obu kierunkach:



Rys. 6.
Prostokątny wykres naprężeń: w szczególnych przypadkach możliwe jest także zastosowanie wykresu paraboliczno-prostokątnego.

$$\sigma_{si} = E \cdot \epsilon_i$$

$$N = \sum_{i=1}^m \sigma_{si} \cdot A_{si} + \int_{Acc} \sigma_c dA$$

$$M_y = \sum_{i=1}^m \sigma_{si} \cdot A_i \cdot z_i + \int_{Acc} (\sigma_c \cdot z) dA$$

$$M_z = \sum_{i=1}^m \sigma_{si} \cdot A_i \cdot y_i + \int_{Acc} (\sigma_c \cdot y) dA$$

5.3.3. Tolerancje produkcyjne

Tolerancje produkcyjne wyrobów prefabrykowanych stanowią kluczową kwestię w technologii montażu elementów w obiekcie. Wartości tolerancji są bardzo rygorystyczne i zbliżone do tych obowiązujących w odniesieniu do konstrukcji stalowych.

Z uwagi na fakt, że obowiązujące normy i przepisy nie zawierają pełnych informacji na temat odchyłek i tolerancji w zakresie produkcji i montażu elementów prefabrykowanych, przedstawiamy w kolejnych punktach owe odchyłki i tolerancje zebrane na bazie obowiązujących przepisów i norm oraz uzupełnione o zakładane warunki wykonania elementów prefabrykowanych czotowych zakładów prefabrykacji w Polsce. Odchyłki te jednakże należy stosować po wcześniejszym uzgodnieniu ze wszystkimi uczestnikami danej inwestycji.

Rygorystyczne wartości odchyłek w przypadku elementów z betonu są w zasadzie możliwe do uzyskania tylko w warunkach produkcji fabrycznej w zakładzie prefabrykacji, gdzie stosowane są precyzyjne formy, powtarzalny proces produkcji prowadzonej przez wykwalifikowanych pracowników.

5.3.3.1. Płyty wielootworowe SP (HC)

Na rysunku 7 przedstawiono tolerowane wymiary płyt SP (HC).

PRODUKCJA

Dopuszczalne odchylenie w wymiarach

Prostokąt opisany projektowany

I. Odchylenie na długości: $L \pm 25$ mm

II. Odchylenie na grubości płyty:

$B \leq 150$ mm: -5 mm, +10 mm;

$B \geq 250$ mm: ± 15 mm

150 mm < B < 250 mm:

można stosować interpolację liniową

III. Strzałka

Odchylenie dla wartości obliczeniowej: dla $L > 10$ m: $\pm L/1000$
dla $L < 10$ m: ± 10 mm

IV. Odchyłka od krawędzi bocznej: 20 mm

Odchylenie w szerokości: ± 5

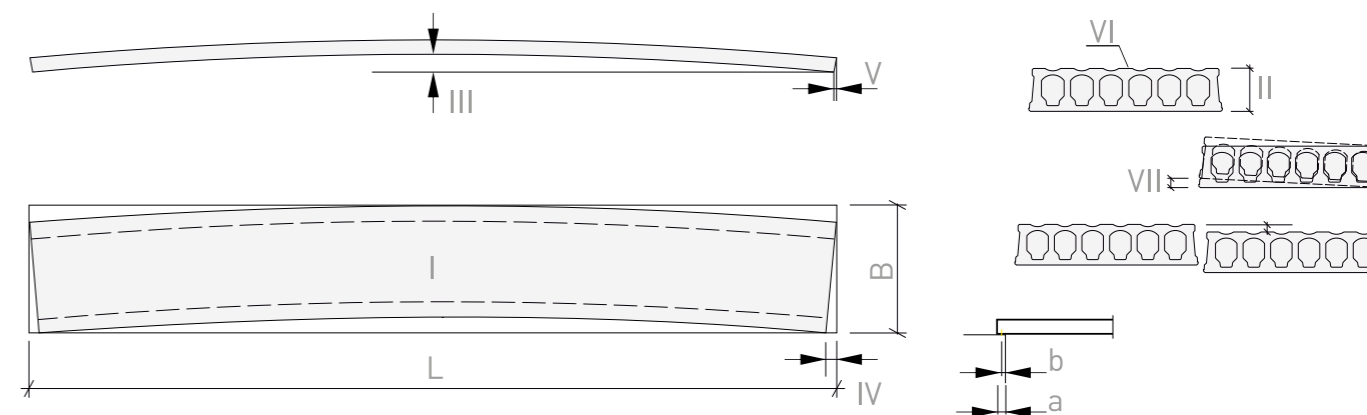
V. Odchylenie w pionowości: ± 15 mm

VI. Odchylenie w płaskości: 10 mm

VII. Wyboczenie: 15 mm

Komentarz

III. Jeżeli w projekcie nie postanowiono inaczej, strzałka osiąga wartość obliczeniową w wieku 3 miesięcy po sprężeniu.
IV. Odchyłka od krawędzi bocznej pomiędzy powierzchnią płyty i prostą listwą o długości 500 mm umieszczoną na płycie.



Rys. 7.
Tolerowane wymiary płyt SP (HC)

Dopuszczalne odchylenia w detalach.

Umieszczenie otworów i cięć:

- wykonanych w świeżym betonie: ± 30 mm

- wykonanych w starym betonie: ± 20 mm

Wykończenie

Górna powierzchnia płyty jest wyrównywana przez maszynę. Dolna powierzchnia jest gładka dzięki formom, uszkodzenia powstałe przy docinaniu elementów, nie wychodzące poza podporę i mniejsze niż 20% szerokości elementu, nie są naprawiane w fabryce, lecz zalewane na miejscu w budownictwie betonem tężeniowym.

5.3.3.2. Stupy

Na rysunku 8 przedstawiono tolerowane wymiary stóp prefabrykowanych.

PRODUKCJA

Dopuszczalne odchylenie w wymiarach

I. Odchylenie boczne A:

Uwaga: A-wspornika

$A \leq 150$ mm: +10 mm, -5 mm

II. Odchylenie boczne B:

Odchylenie na wspornikach pomiędzy 2 piętrami: ± 15 mm

$B \leq 150$ mm: +10 mm, -5 mm

$B = 400$ mm: ± 15 mm

$B \geq 2500$ mm: ± 30 mm

III. Odchylenie na długości $\pm[(10+L \text{ mm}/1000)] \leq 40$ mm

IV. Strzałka ugięcia:

Elementy zbrojone: $L/700$

Elementy sprężone: $L/467$

V. Odchylenie w płaskości głowicy stupa: $A/100 \leq 5$ mm

VI. Odchylenie w płaskości wspornika: $A/100 \leq 5$ mm

VII. Odchylenie w umiejscowieniu wspornika:

± 10 mm - $A = 400$ mm: ± 15 mm

VIII. Poziomy wspornika: $A \geq 2500$ mm: ± 30 mm

Odchylenie na wspornikach tego samego piętra: ± 10 mm

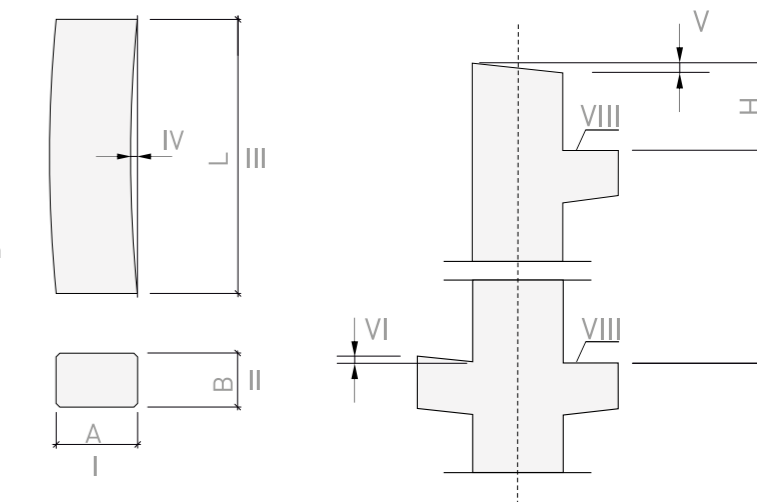
Dopuszczalne odchylenia w detalach

Detale dla elementów tężeniowych stabilności w miejscu podparcia

Odchylenie: ± 10 mm

Inne detale takie jak tuleje gwintowane, rowki itd.

Odchylenie: ± 20 mm



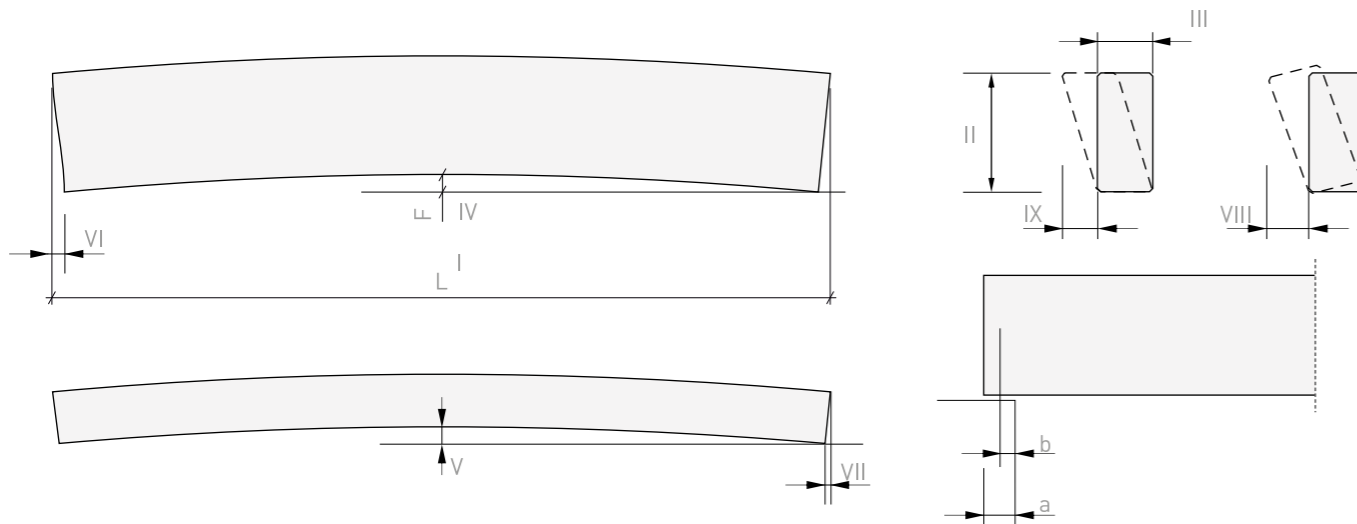
Rys. 8.
Tolerowane wymiary stóp prefabrykowanych

Wykończenie

Górna powierzchnia jest wyrównywana i zacierana. Inne powierzchnie są gładkie od form zachodzące na siebie, fazowanie jest szlifowane. Nierówności powierzchni na łączeniu form poniżej 1,5 mm nie są szlifowane ani szpachlowane.

5.3.3.3. Belki prostokątne (R-RR)

Na rysunku 9 przedstawiono tolerowane wymiary słupów belek prostokątnych (R-RR).



Rys. 9.
Tolerowane wymiary słupów belek prostokątnych (R-RR).

PRODUKCJADopuszczalne odchylenia w wymiarach

I. Odchylenie na długości: $\pm[10+L \text{ mm}/1000] \leq 40 \text{ mm}$

II. Odchylenie w wysokości:

II $\leq 150 \text{ mm}$: +10 mm, -5 mm

II = 400 mm: $\pm 15 \text{ mm}$

II $\geq 2500 \text{ mm}$: $\pm 30 \text{ mm}$

III. Odchylenie w szerokości:

III $\leq 150 \text{ mm}$: +10 mm, -5 mm

III = 400 mm: $\pm 15 \text{ mm}$

III $\geq 2500 \text{ mm}$: $\pm 30 \text{ mm}$

IV. Strzałka ugięcia:

Elementy zbrojone: L/700

Elementy sprężone: L/467

V. Odchylenie w pionie końców: $h/100 \leq 5 \text{ mm}$

VI. Strzałka boczna: Lmm/500

VII. Odchylenie od krawędzi bocznej końca: $\leq 1,5 \text{ mm}$

VIII. Odchylenie w wyboczeniu: $\leq 1,5\%$

IX. Odchylenie w pionie: $\leq 0,75\%$

Uwaga: wyboczenie + pionowość $\leq 2\%$

Komentarz

I. L: długość całkowita projektowana

VII. Mierzone prostopadłe do powierzchni dolnej

VIII. Mierzone prostopadłe do powierzchni bocznej.

Odchylenia w detalach

Detale łączenia pomiędzy elementami, umiejscowienie tulei gwintowanych, rowków itp.

Odchylenie w stosunku do długości: $\pm 20 \text{ mm}$

Odchylenie w stosunku do szerokości: $\pm 10 \text{ mm}$

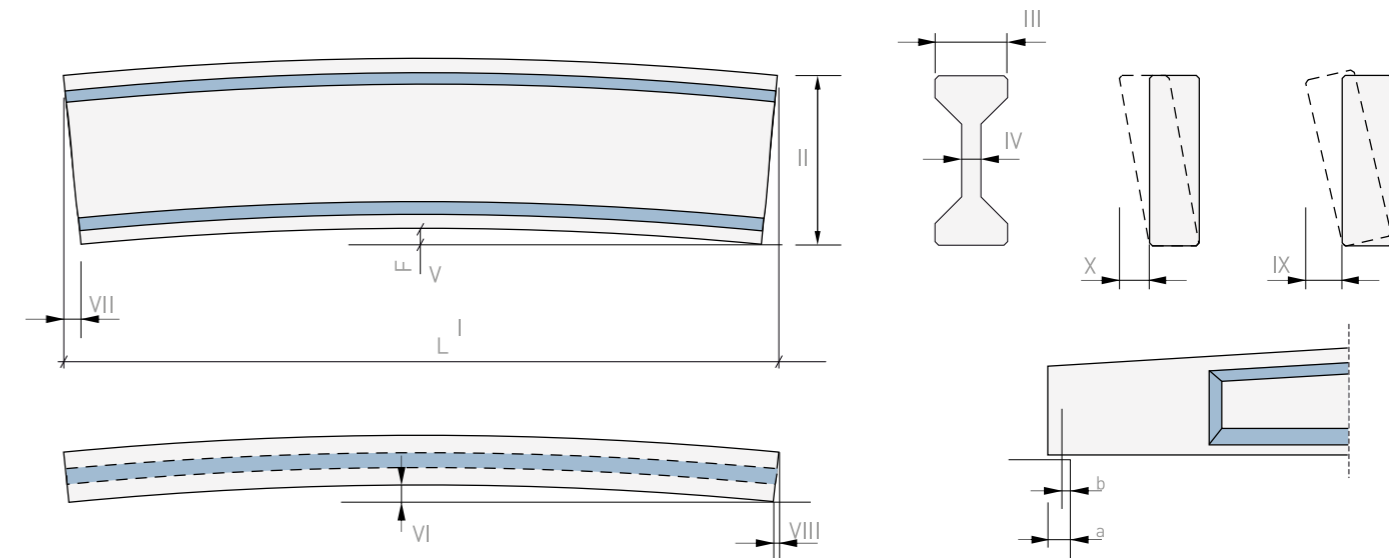
Umiejscowienie akcesoriów zgrupowanych na odcinku $\leq 300 \text{ mm}$: $\pm 5 \text{ mm}$ pomiędzy nimi

Wykończenie

Górna powierzchnia belki jest wyrównywana i zacierana. Inne powierzchnie są gładkie od form. Nie są ani szpachlowane (bez wypełniania pęcherzy powietrza), ani powlekane mleczkiem cementowym, ani naprawiane w ten czy inny sposób. Nierówności powierzchni w miejscu łączenia form mniejsze niż 1,5 mm nie są szlifowane. Dotyczy to również fazowania. Jeśli koniec belki jest otulony, ciągną się przycinane palnikami, ale nie są szlifowane. Jeśli koniec nie jest otulony, ciągną się szlifowane i pokrywane farbą cynkową i farbą zabezpieczającą.

5.3.3.4. Belki dwuteowe (I-IV)

Na rysunku 10 przedstawiono tolerowane wymiary słupów belek dwuteowych (I-IV).



Rys. 10.
Tolerowane wymiary słupów
belek dwuteowych (I-IV)

PRODUKCJADopuszczalne odchylenia w wymiarach

I. Odchylenie na długości: $\pm[10+L \text{ mm}/1000] \leq 40 \text{ mm}$

II. Odchylenie w wysokości:

II $\leq 150 \text{ mm}$: +10 mm, -5 mm

II = 400 mm: $\pm 15 \text{ mm}$

II $\geq 2500 \text{ mm}$: $\pm 30 \text{ mm}$

III. Odchylenie w szerokości:

III $\leq 150 \text{ mm}$: +10 mm, -5 mm

III = 400 mm: $\pm 15 \text{ mm}$

III $\geq 2500 \text{ mm}$: $\pm 30 \text{ mm}$

IV. Odchylenie w grubości: $\pm 5 \text{ mm}$

V. Strzałka ugięcia:

Elementy zbrojone: L/700

Elementy sprężone: L/467

VI. Strzałka boczna: Lmm/500

VII. Odchylenie w pionie końców: $h/100 \leq 5 \text{ mm}$

VIII. Odchylenie od krawędzi bocznej końca: $\leq 1,5 \text{ mm}$

IX. Odchylenie w wyboczeniu: $\leq 1,5\%$

X. Odchylenie w pionie: $\leq 0,75\%$

Uwaga: wyboczenie + pionowość $\leq 2\%$

Komentarz

I. L: długość całkowita projektowana

VII. Mierzone prostopadłe do powierzchni dolnej

VIII. Mierzone prostopadłe do powierzchni bocznej.

Odchylenia w detalach

Detale łączenia pomiędzy elementami, umiejscowienie tulei gwintowanych, rowków itp.

Odchylenie w stosunku do długości: $\pm 20 \text{ mm}$

Odchylenie w stosunku do szerokości: $\pm 10 \text{ mm}$

Umiejscowienie akcesoriów zgrupowanych na odcinku $\leq 300 \text{ mm}$: $\pm 5 \text{ mm}$ pomiędzy nimi

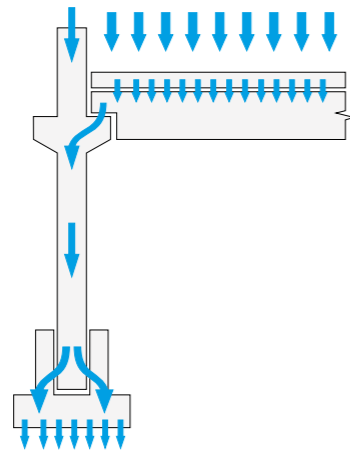
Wykończenie

Górna powierzchnia belki jest wyrównywana i zacierana. Inne powierzchnie są gładkie od form. Nie są ani szpachlowane (bez wypełniania pęcherzy powietrza), ani powlekane mleczkiem cementowym, ani naprawiane w ten czy inny sposób. Nierówności powierzchni w miejscu łączenia form mniejsze niż 1,5 mm nie są szlifowane. Dotyczy to również fazowania. Jeśli koniec belki jest otulony, ciągną się przycinane palnikami, ale nie są szlifowane. Jeśli koniec nie jest otulony, ciągną się szlifowane i pokrywane farbą cynkową i farbą zabezpieczającą.

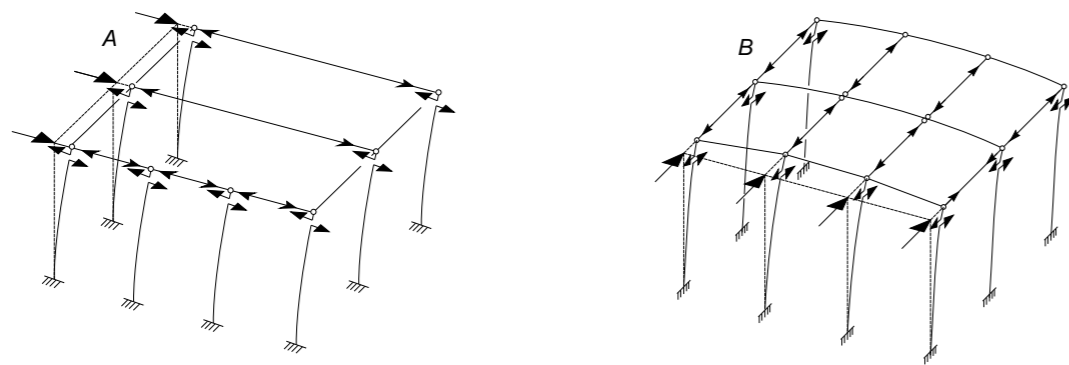
5.4. Docelowe schematy statyczne oraz schematy chwilowe w trakcie realizacji

Przy projektowaniu obiektów o prefabrykowanej konstrukcji szkieletowej szczególne znaczenie ma uwzględnianie faz przejściowych powstawania obiektu. Należy mieć na uwadze, aby zakładany schemat statyczny w fazie montażu i eksploatacji znajdował odzwierciedlenie w rzeczywistości. Odpowiednio ukształtowane węzły muszą zapewnić bezpieczeństwo i stabilność całego ustroju, jak i poszczególnych elementów składowych, na każdym etapie powstawania budynku. Dla bardziej skomplikowanych obiektów niezbędne jest opracowanie projektu technologii i organizacji montażu, który szczegółowo określa m.in. kolejność wbudowania elementów i sposoby stężenia montażowego.

Specyfika konstrukcji z elementów prefabrykowanych wymaga wykonania połączeń pomiędzy poszczególnymi elementami obiektu. W odróżnieniu do konstrukcji monolitycznych, w których kształt ustroju formowany jest przez deskowanie, a węzły po osiągnięciu przez beton zakładanej wytrzymałości, można traktować jako sztywne, w przypadku konstrukcji szkieletowych z prefabrykatów mamy do czynienia z połączeniami przegubowymi (przenoszącymi siły w jednym lub wielu kierunkach, rys. 11.).



Rys. 11. Rozkład sił pionowych (a) oraz poziomych (b)

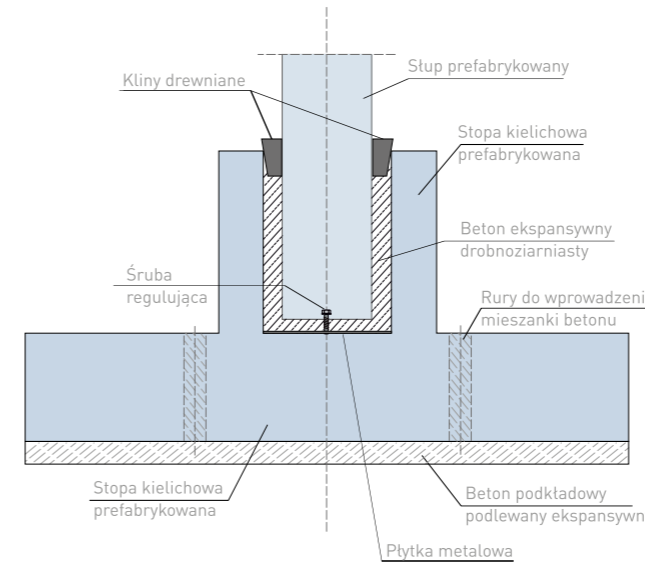


Rys. 12. Usztywnienie w kierunku poprzecznym (a) i w kierunku podłużnym (b)

Sztywne węzły konstrukcji monolitycznych mogą z jednej strony służyć do zapewnienia stateczności ustroju, ale mogą powodować także powstawanie dodatkowych, niepożądanych sił wewnętrznych w elementach konstrukcji w przypadku jej pracy (np. zwiększone momenty zginające w ryglach powstałe na skutek obrotu fundamentów od sił poziomych). Dla połączeń przegubowych ram prefabrykowanych wpływ niezamierzonych oddziaływań (osiadania, termika) na wyężenie elementów będzie mniejszy, lecz zachodzi konieczność uzyskania sztywności konstrukcji całego układu (rys. 12.). Można zrealizować to poprzez wykorzystanie sztywnych trzonów lub tarcz (stropy, wieńce wylewane „na mokro”), a w przypadku ich braku poprzez zamocowanie stóp w fundamentach (najczęstsze rozwiązanie dla prefabrykowanych obiektów przemysłowych).

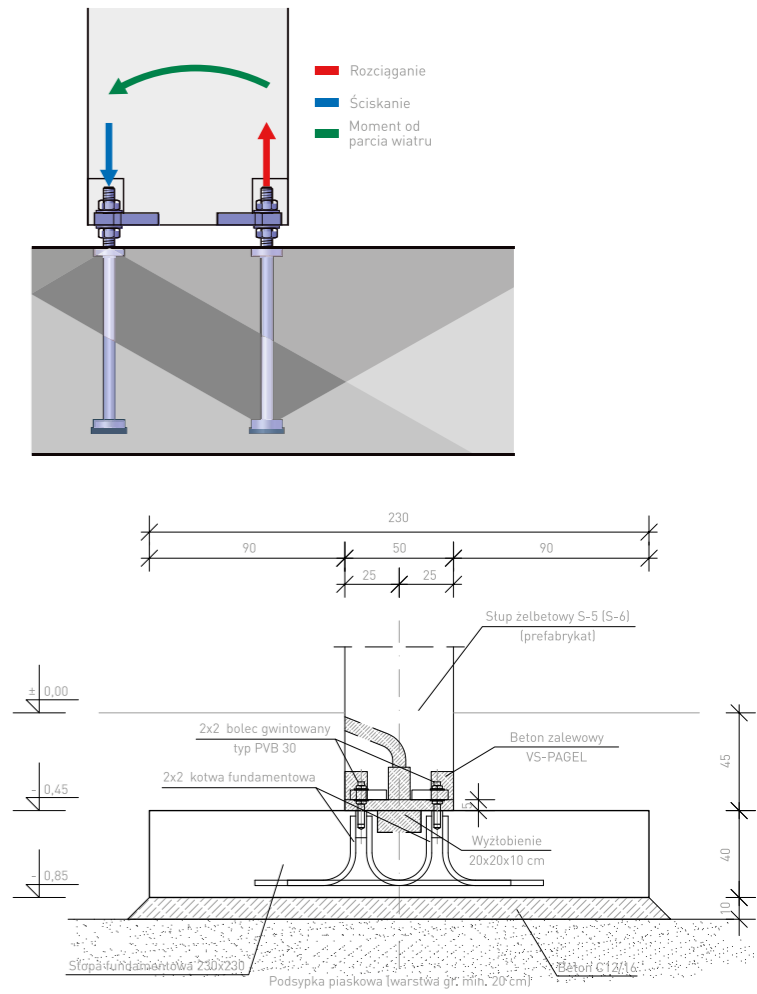
Dla typowych ram, z racji przyjętych schematów statycznych połączenia między elementami powinny przenosić siły wynikające z przyjętego charakteru pracy konstrukcji.

Dla większości prefabrykowanych ustrojów prętowych, które są podstawą konstrukcji hal, stopy są utwierdzone w fundamencie. W zależności od sposobu połączenia (szczegółowo przedstawione w rozdziale 5.5.) sztywne zamocowanie można zrealizować na różne sposoby. Dla połączenia z wykorzystaniem stopy kielichowej utwierdzenie realizuje się poprzez odpowiednie zagłębienie stupa w kielichu (rys. 13). Moment zginający przekazywany jest poprzez dociski na styku stupa i ścianki kielicha w dolnej i górnej części. Lepszą współpracę między elementami (przekazywanie sił styčných) uzyskuje się poprzez ukształtowanie powierzchni w postaci małych dybli.



Rys. 13. Utwierdzenie stupa zrealizowane w fundamencie kielichowym

Przy połączeniu stupa ze stopą za pośrednictwem łączników stupowych (rys. 14.) do przeniesienia momentu wykorzystuje się sztywną stalową blachę podstawy łącznika, która wraz z przykręconymi nakrętkami i bolcem gwintowanym umożliwia połączenie zabetonowanego w stupie łącznika z kotwą fundamentową i przeniesienie sił rozciągających. Ściskanie zapewnione jest przez docisk na styku stopy i stupa za pośrednictwem wysoko-wytrzymałej zaprawy pęczniwej. W przypadku występowania dużych sił poziomych złącze dodatkowo zabezpiecza się trzpieniem stalowym lub betonowym.

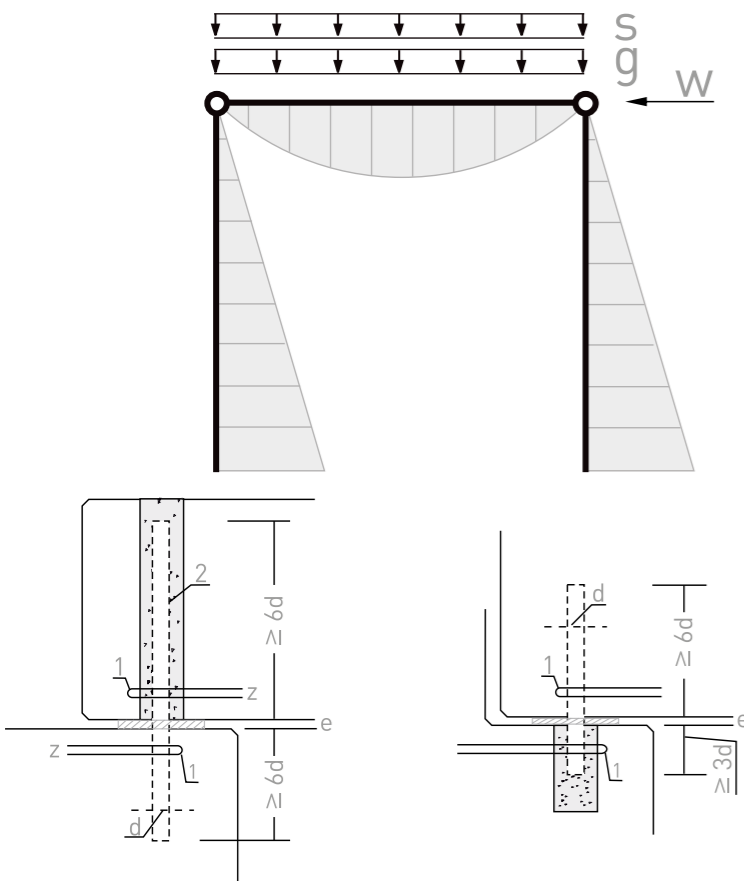


Rys. 14. Utwierdzenie stupa zrealizowane poprzez łączniki stupowe

Dla stopostupa sztywny węzeł uzyskuje się niejako w zakładzie prefabrykacji, a aby przenieść go na plac budowy, trzeba zapewnić odpowiednio grubą i wytrzymałą podbudowę i warstwę rektyfikującą, która szczelnie wypełni styk między podłożem a spodem stopy.

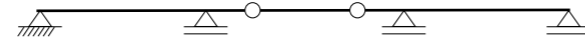
Dla każdego z wymienionych typów połączenia stupa ze stopą należy mieć na uwadze fazę montażową, uwzględniając w obliczeniach obciążenie wiatrem czy przypadkowym uderzeniem, a na placu budowy odpowiednio zabezpieczając stopy przed przewróceniem (podpory ukośne dla stóp na „wytyki”, klipy dla stóp w kielichach, etc.). Montaż kolejnych elementów (dźwigarów, rygli, podciągów) jest możliwy po osiągnięciu odpowiedniej wytrzymałości podlewki lub betonu rektyfikującego dla złącza.

Przykład realizacji połączeń przegubowych (rys. 15.) spotyka się przy wszelkiego rodzaju oparciach elementów poziomych na pionowych (oparciu dźwigara, podciągu na stupie) lub poziomych między sobą (np. dźwigar-płatew). Szczegóły możliwych rozwiązań tego typu połączeń zostały przedstawione w rozdziale 5.5. Najczęstszym sposobem jest oparcie elementu na konsoli lub w specjalnie ukształtowanym wybraniu za pośrednictwem podatnej podkładki elastomerowej umożliwiającej obrót elementu. Z elementów podporowych wyprowadza się trzpień, na które nasadzane są elementy poziome z otworami przelotowymi. Trzpień uniemożliwia przesunięcie belki podczas montażu, a po zalaniu otworów zaprawą i jej związaniu tworzą połączenie przegubowe o ograniczonym przesuwie. Podobny efekt uzyskuje się umieszczając gniazdo rurowe w elemencie podporowym. Wtedy trzpień wkręca się w zabetonowaną, gwintowaną tuleję (łatwienie produkcji elementu).



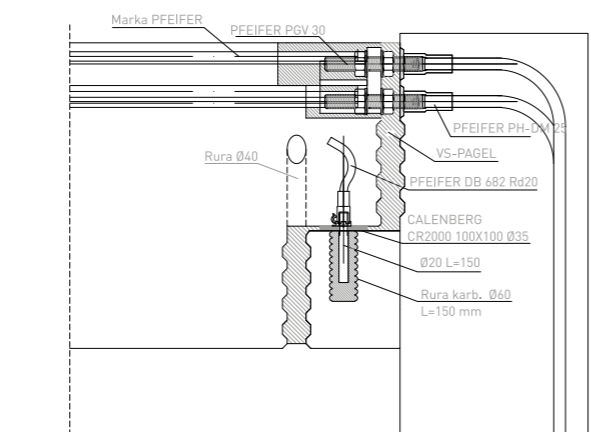
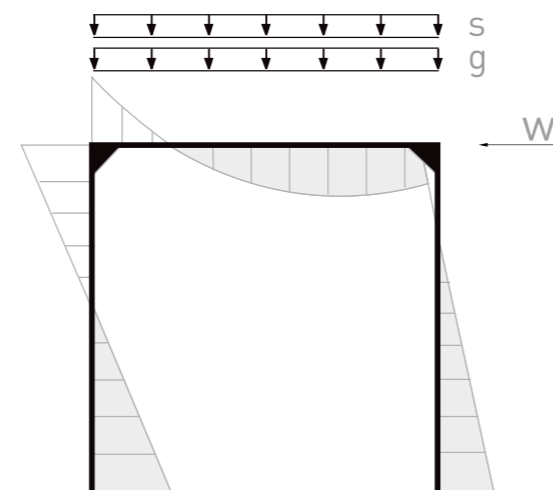
Rys. 15.
Schemat statyczny ramy z przegubowym oparciem dźwigara na słupach; Trzpień ścinany - zasady konstruowania (1-zakotwienie trzpienia pętla, 2-zaprawa wysokowytrzymała)

Ten typ połączenia może być także wykorzystywany np. przy kształtowaniu belek typu Gerbera na styku belka-belka (rys. 16.).



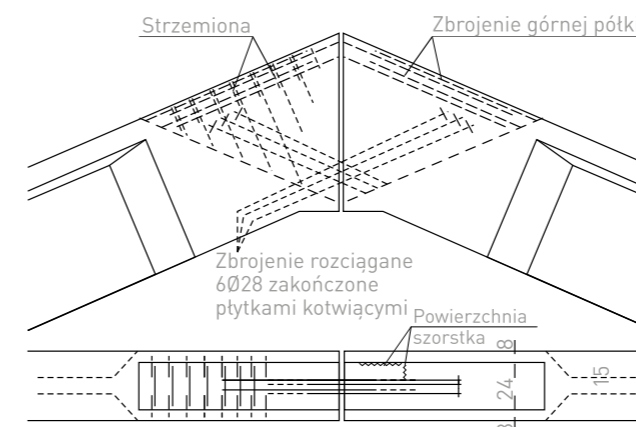
Rys. 16.
Schemat statyczny belki typu Gerbera

Przy konstruowaniu połączeń elementów prefabrykowanych można również zakładać węzły sztywne (rys. 17.). Ich realizacja następuje najczęściej poprzez monolityzację styku elementów-dolanie betonu do „niepełnych” prefabrykatów z wystającym zbrojeniem o odpowiedniej długości. Można też wykorzystać system łączników zbrojeniowych zmniejszając powierzchnie deskowania i ilość betonu (zaprawy) do niezbędnego minimum.



Rys. 17.
Schemat statyczny ramy ze sztywnym połączeniem dźwigara ze słupami; Przekrój przykładowej hali z wykorzystaniem ramy o sztywnych węzłach; realizacja sztywnego połączenia dźwigara ze słupem

Dla przykładowego rozwiązania funkcję przenoszenia momentu zginającego w przekroju spełniają elementy gwarantujące przeniesienie pary sił rozciągających (system łączników gwintowanych) i ściskających (zadyblowanie + zaprawa) oraz występujących w węzle sił tnących (konsola). Samo złącze po skręceniu jest przygotowane na obciążenia montażowe, natomiast po jego wypetnieniu zaprawami o wysokiej wytrzymałości (wyższej niż klasa betonu elementów łączonych) oraz niekurczliwymi uzyskuje sprawność eksploatacyjną. Niekiedy monolityzacja węzłów elementów prefabrykowanych wynika z ograniczeń transportowych, które nie pozwalają na przewiezienie elementu o zadanej geometrii na plac budowy. Zachodzi wtedy konieczność scalenia prefabrykatów w jedną całość (rys. 18.).

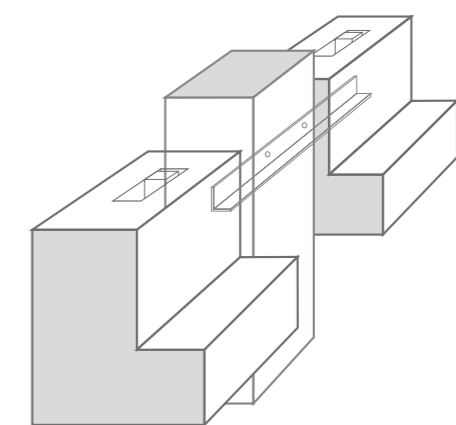
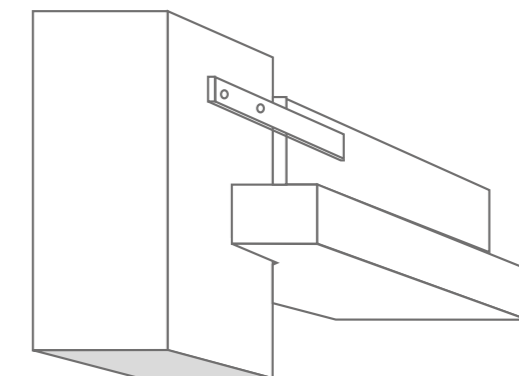
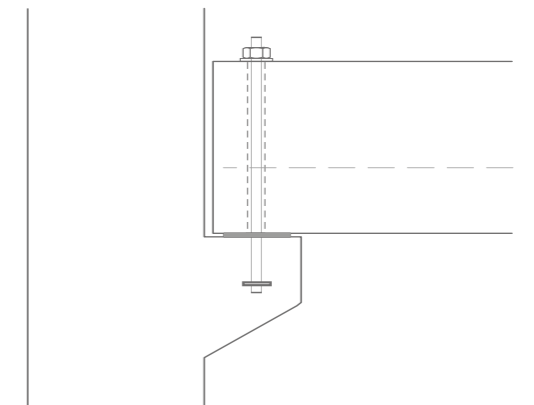


Rys. 18.
Dźwigar dachowy scalany na placu budowy

Schematy chwilowe w trakcie realizacji powinny uwzględniać małą sztywność układu konstrukcyjnego jako całości, a także możliwości przemieszczeń poszczególnych elementów składowych. Przy projektowaniu należy przewidzieć i zamodelować zachowanie ustroju w fazie montażu i w razie konieczności zastosować środki zapobiegające powstawaniu awarii. Do czasu osiągnięcia pełnej nośności złączy zalewanych czy związaniu betonu stropów lub wieńców sztywność

ustroju można uzyskać przez stosowanie podpór montażowych, zastrzałów, złączy skręcanych lub spawanych (rys. 19.).

Faza montażu jest również newralgiczna z punktu widzenia pojedynczych elementów, dlatego trzeba mieć na uwadze charakter ich pracy oraz przyjęte schematy statyczne w każdej fazie przejściowej powstawania budynku.



Rys. 19.
Przykłady różnych sposobów zabezpieczenia belki przed skręcaniem

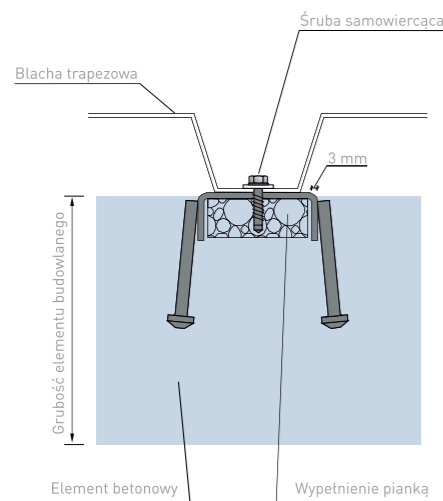
5.5. Rozwiązania konstrukcyjne połączeń węzłów

Stateczność i bezpieczeństwo konstrukcji z zastosowaniem prefabrykatów wymaga wykorzystania szeregu różnych rozwiązań połączeń systemowych między elementami, akcesoriami oraz innymi rodzajami materiałów i konstrukcji.

Szczególnie ważne jest zagadnienie połączeń w takich miejscach jak oparcia płatwi na dźwigarze, mocowania pokryć dachowych i ściennych z blachy trapezowej do płatwi, połączenia dźwigarów i stópów, oparcia dźwigara na stupie lub belce, oparcia belki na stupie, oparcia płyt stropowych, połączenia płyta ścienna-podpora, połączenia ściana-ściana, styki stópów, połączenia płyt, uciąglenia, zespolenia a także połączenia prefabrykatów z innymi materiałami, mocowanie urządzeń technologicznych, elementów podwieszonych, konstrukcji stalowych.

5.5.1. Mocowanie pokryć dachowych i ściennych z blachy trapezowej

Mocowanie pokryć dachowych i ściennych z blachy trapezowej (rys. 20.) wykonuje się do płatwi, dźwigarów lub stópów za pomocą szyn mocujących. Są to ocynkowane elementy (z wypełnieniem pianką) w zależności od obciążenia o grubości 3 mm lub 6 mm, zaopatrzone w kotwy. Szyny montowane są w dźwigarze lub stupie na etapie produkcji elementu i umożliwiają późniejsze przykręcenie blach trapezowych pokrycia dachowego lub płyt osłonowych ściennych (np. kaset) za pomocą wkrętów samowiercących.

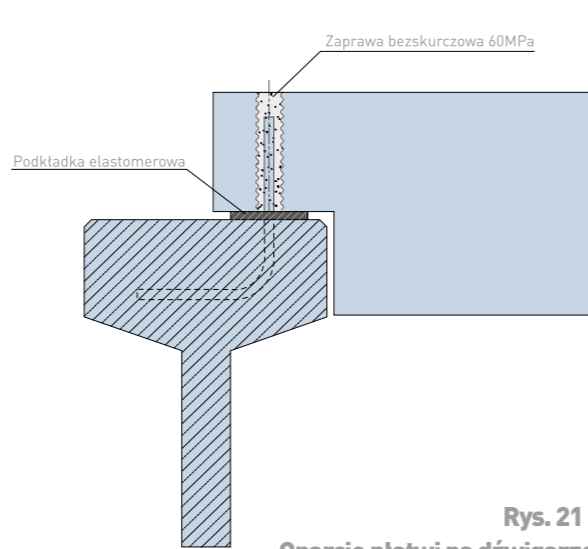


Rys. 20.
Szyňa do mocowania blach trapezowych

5.5.2. Oparcie płatwi na dźwigarze

Oparcie płatwi na dźwigarze (rys. 21.) wykonywane jest jako połączenie przegubowo-nieprzesuwne, za pośrednictwem podkładki elastomerowej. W dźwigarze osadzony jest trzpień z pręta $\varnothing 20$, a w płatwi znajduje się otwór pionowy szalowany rurą prostokątną gładką lub karbowaną, przeznaczony do zalania

zaprawą niskokurczliwą. Pozostawia to identyczne „luzy” między dźwigarem a podcięciem płatwi – 20 mm oraz między płatwiami 40 mm, przy oparciu na wieńcu ściany lub stupie ściany szczytowej.

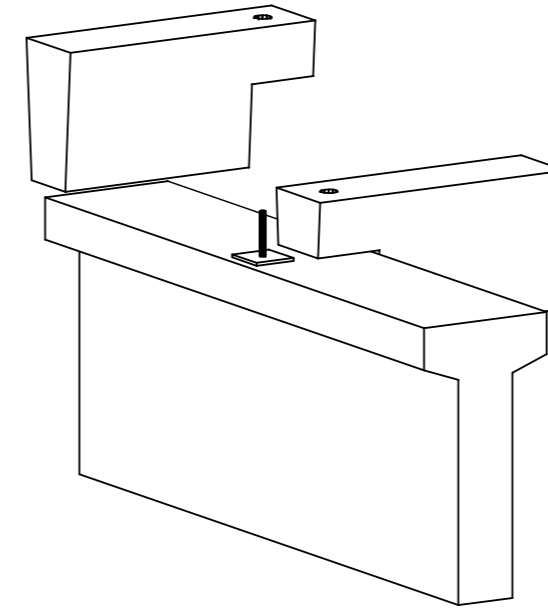


Rys. 21.
Oparcie płatwi na dźwigarze

Najczęściej stosowane jest oparcie płatwi (żelbetowych i sprężonych) za pośrednictwem podęcia. Taki sposób zapewnia podczas montażu stabilne oparcie oraz zmniejsza wysokość konstrukcji dachu.

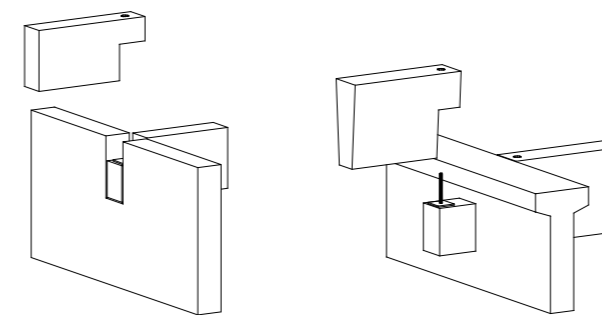


Wysokość wspornika płatwi mieści się w przedziale $0,3 \div 0,7$ wysokości płatwi. Oparcie płatwi sprężonej o przekroju dwuteowym można wykonać przez wspornik w górnym pasie płatwi (rys. 22.).



Rys. 22.
Oparcie płatwi z podcięciem na dźwigarze

Płatwie mogą być również oparte w sposób, który umożliwia zlicowanie górnej płaszczyzny dźwigara i płatwi. Uzyskuje się dzięki temu najniższą wysokość konstrukcji dachu - a w związku z tym również całej hali. Takie rozwiązanie wymaga jednak wykonania kłopotliwych w produkcji konsol (rys. 23.). Podobny efekt, o ile wysokość dźwigara na to pozwala, można uzyskać w łatwiejszy sposób - przez uformowanie gniazd, w których opierają się płatwie (rys. 24.).

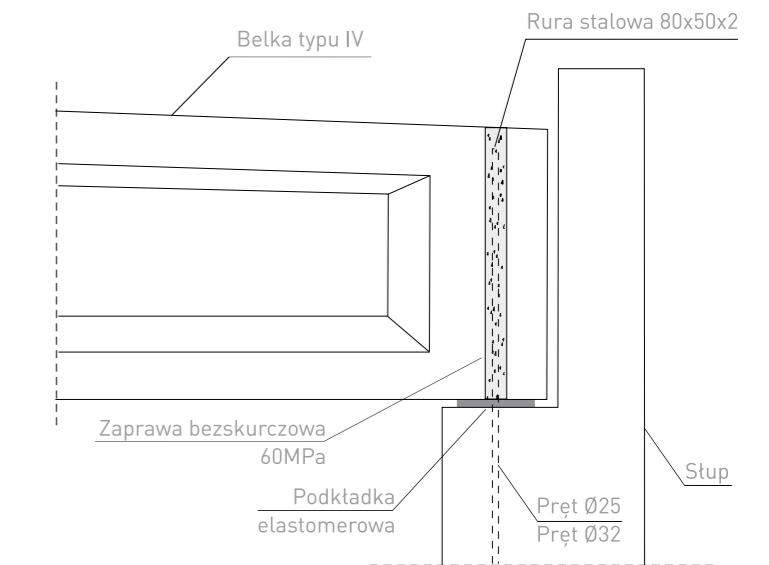


Rys. 23.
Oparcie płatwi na dźwigarze z konsolami (a),
Oparcie płatwi na dźwigarze w „gnieździe” (b)

5.5.3. Oparcie dźwigara na stupie lub belce

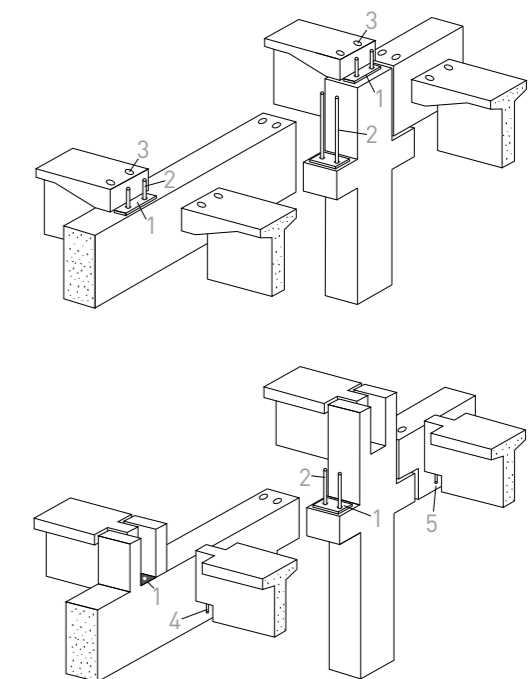
Podstawowym sposobem oparcia dźwigara na stupie (rys. 24.) lub belce jest oparcie przegubowo-nieprzesuwne, w postaci podparcia na podkładzie elastomerowym. Połączenie takie zabezpieczone jest przed przesuwem i obrotem dwoma trzpieniami zabetonowanymi w przelotowych otworach z rury karbowanej

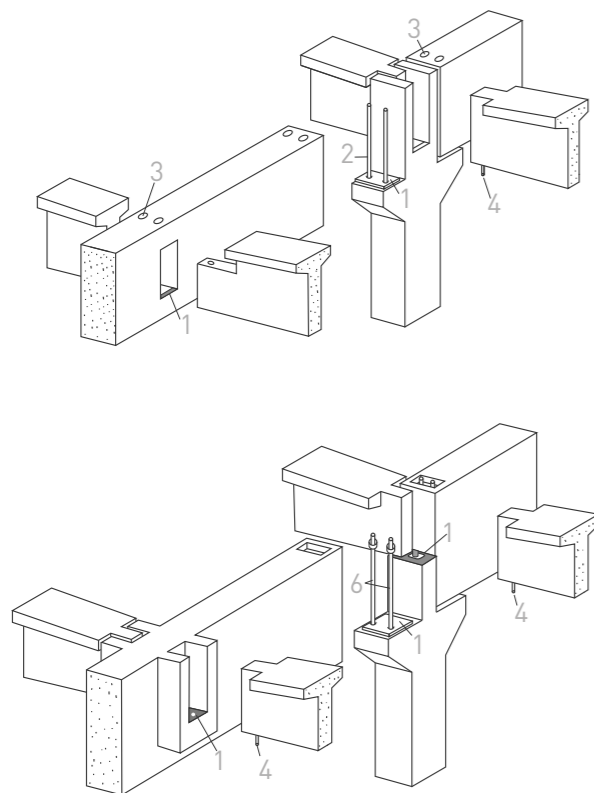
„robusta”, lub rury prostokątnej. W przypadku występującego na skutek niesymetrycznego obciążenia momentu obrotowego (np. w belkach szczytowych czy krawędziowych) dodatkowe zabezpieczenie wykonuje się przez zastąpienie pręta żebrowanego prętem gwintowanym z podkładką i nakrętką na górze belki.



Rys. 24.
Oparcie dźwigara na stupie

Alternatywnym sposobem zabezpieczenia dźwigara przed obrotem jest umieszczenie go w gnieździe tzw. „widtach” (rys. 25.). To rozwiązanie spotyka się także w przypadku oparcia dźwigara na podciągu, gdy w celu poprawienia funkcjonalności hali rezygnuje się z części stópów wewnętrznych.

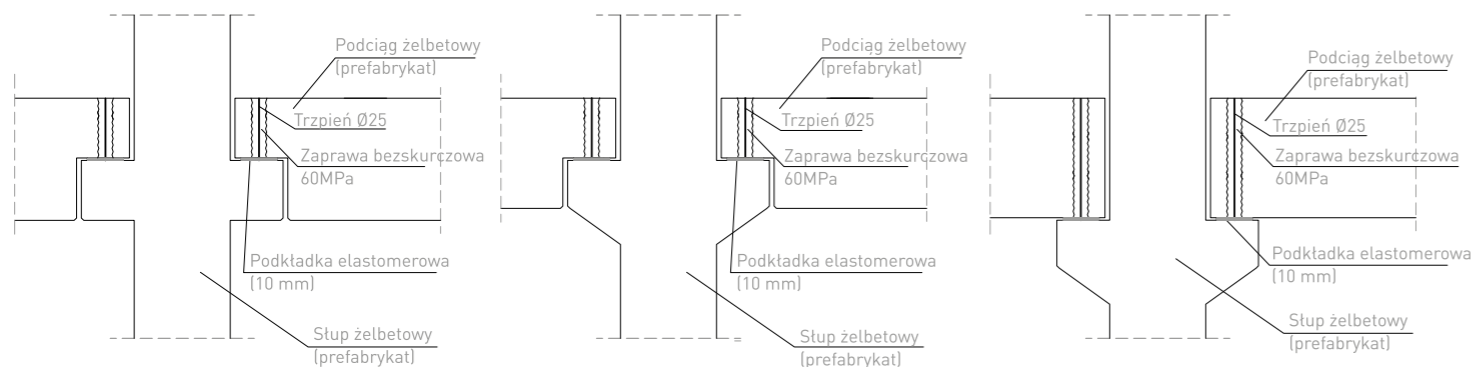




Rys. 25.
Oparcie dźwigarów na słupie i podciągu:
a) Oparcie z podcięciem dźwigara, b) Oparcie w „widłach”, c) Oparcie w gnieździe belki, d) Oparcie na konsoli w belce - 1. Podkładka elastomerowa, 2. Pręt żebrowany, 3. Rura karbowana, 4. Pręt wkręcany, 5. Podcięcie w dźwigarze, 6. Pręty nagwintowane z podkładką i nakrętką

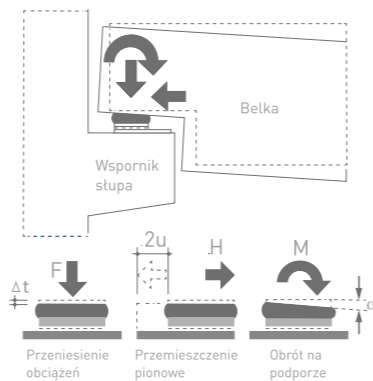
5.5.4. Oparcie belki na słupie

Najbardziej powszechnym sposobem oparcia belki na słupie jest wykorzystanie jako podparcia krótkiego wspornika (rys. 26.). W słupie może on przybierać formę prostą lub z ukosem. Belkę wykonuje się z podcięciem, kiedy dolna krawędź może licować ze spodem wspornika słupa lub bez podęcia.



Rys. 26.
Różne kształty oparcia belki na wsporniku słupa

Przy oparciu elementów prefabrykowanych standardowo wykorzystuje się podkładki elastomerowe. Ich parametry materiałowe zapewniają konstrukcji projektowane stopnie swobody oraz przekazanie obciążeń pomiędzy łączonymi elementami w ściśle określonym punkcie. Zastosowanie podkładek umożliwia w szczególności prawidłowy rozkład naprężeń oraz możliwość obrotu elementów na podporze, co zapobiega uszkodzeniu betonu na krawędzi oparcia (rys.27.). Wymiary i typ podkładki są dobierane po uwzględnieniu reakcji na podporze, planowanych przemieszczeń i kąta obrotu oraz odległości krawędziowych.



Rys. 27.

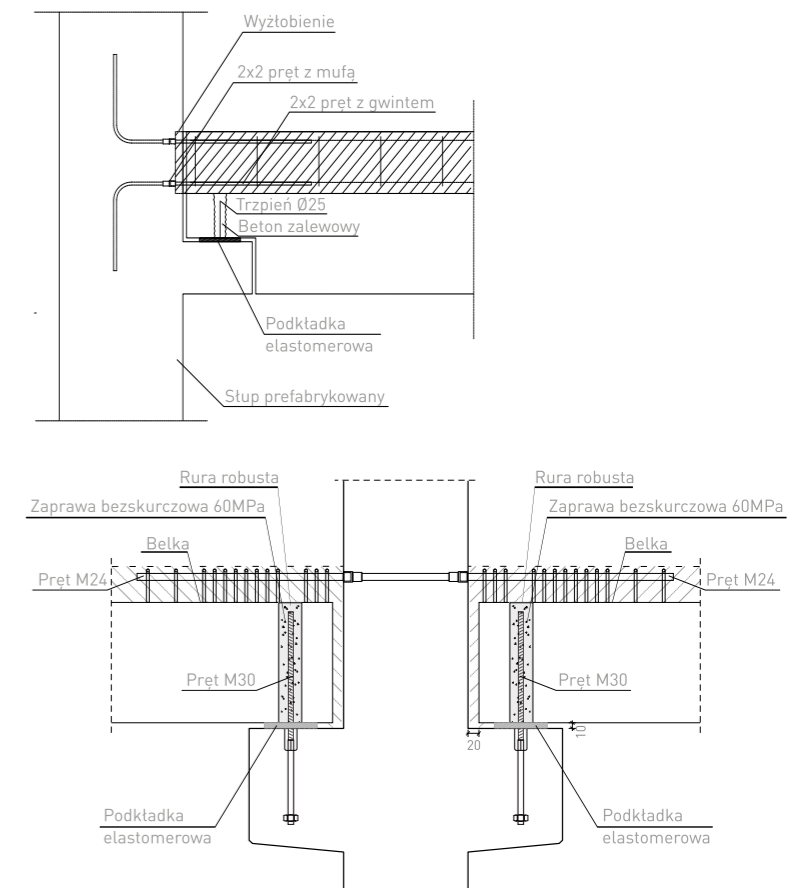
Schemat pracy połączenia belki opartej na podkładce elastomerowej, ze wspornikiem słupa

Wykorzystanie systemowych rozwiązań połączeniowych umożliwia również wykonanie uciąglenia belki wieloprętowej poprzez prefabrykowany słup. Uciąglenie zbrojenia górnego wykonywane jest z wykorzystaniem gwintowanych łączników zbrojeniowych oraz z zastosowaniem uszorstnienia powierzchni betonu lub dyblowania. Dla takiego połączenia wymagany jest rozstaw prętów zbrojenia głównego słupa umożliwiający przeprowadzenie zbrojenia uciągającego (z uwzględnieniem zewnętrznej średnicy mufy łączącej zbrojenie). Na kompletny system łączników zbrojeniowych składają się pręty zaopatrzone w nagwintowaną mufę (umieszczane w elemencie prefabrykowanym) oraz pręty z gwintem wkręcane na budowie w poziomie nadbetonu, belki lub specjalnego podęcia w prefabrykacie (fot. 1.).



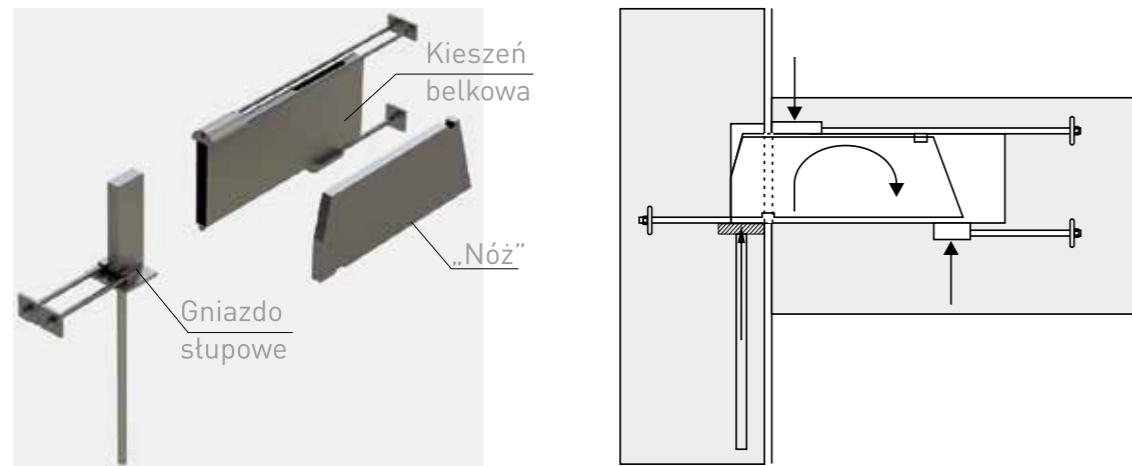
Fot. 1.
System łączników zbrojeniowych (a), połączenie słupa prefabrykowanego z podciągiem (b)

System łączników zbrojeniowych może być zastąpiony zastosowaniem prętów gwintowanych i na łączach długich nakrętek (rys. 28.).



Rys. 28.
Połączenie zmonolityzowane słupa i belki z użyciem prętów gwintowanych

Alternatywnym rozwiązaniem w stosunku do standardowego połączenia słupa-belka są zintegrowane łączniki słupowo-belkowe (rys.29.). System taki składa się z gniazda słupowego oraz łącznika belkowego z wysuwającym „nożem”. W tym systemie dzięki przesunięciu punktu oparcia w kierunku osi słupa znacznie zredukowany zostaje mimośród działania siły pionowej z belki.



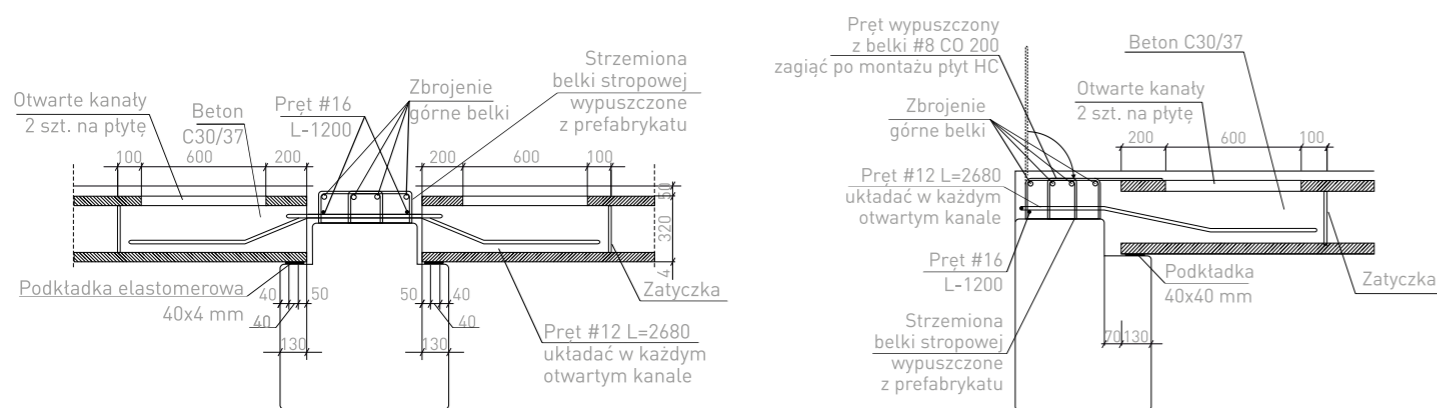
Rys. 29.
Elementy składowe systemu połączenia stupa z belką z użyciem łączników belkowo-stupowych: „nóż”, kieszeń belkowa, gniazdo stupowe (a), przegubowe połączenie stupa z belką (b)

5.5.5. Połączenie płyty stropowa – podpora, belka równoległa

W budownictwie szkieletowym stropy z prefabrykatów wykonywane są najczęściej z płyt kanałowych (*hollow core* – HC), płyt typu „TT” (nazywane również „Π”) oraz płyt pełnych lub płyt typu „filigran”.

Płyty kanałowe HC – opierane są na prefabrykacie (rys. 30) z zastosowaniem elastomerowej podkładki liniowej pełnej o grubości minimum 4 mm, lub bi-trapezowej o grubości 5 mm, w odległości minimum 40 mm od krawędzi podpory. W przypadku wymagań

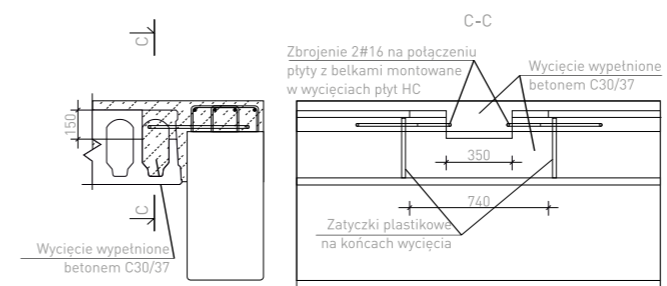
w zakresie odporności ogniowej konieczne jest wypełnienie szczeliny od strony dostępu ognia wełną ognioodporną na działanie ognia. Oparcie płyty na betonie monolitycznym (wieńcu) wykonywane jest na zaprawie o grubości minimum 10 mm. Zespolecie płyt z wieńcem lub belką prefabrykowaną wykonuje się przez łączniki zabetonowane w „otwartych kanałach” lub spoinach między płytami. W przypadku płyt z nadbetonem konstrukcyjnym dodatkowo wykonuje się zespolenie z belkami krawędziowymi za pomocą prętów zaginanych wyprowadzonych z belki prefabrykowanej.



Rys. 30.
Detal oparcia płyt kanałowych na belce krawędziowej (b) oraz detal oparcia płyt kanałowych na belce środkowej (a)

Istnieje możliwość wykonania dylatacji stropu na belce. W tym przypadku płyty układają się na pasmowych podkładkach przesuwnych, w których punktowe podkładki przesuwne są równomiernie rozmieszczone w taśmie z materiału wypełniającego. Grubość minimalna podkładki przesuwnej wynosi 10 mm. Na zespoleniu krawędziowe stropu trzeba przewidzieć minimum 10 cm, w przestrzeni tej należy pozostawić miejsce na wieńiec.

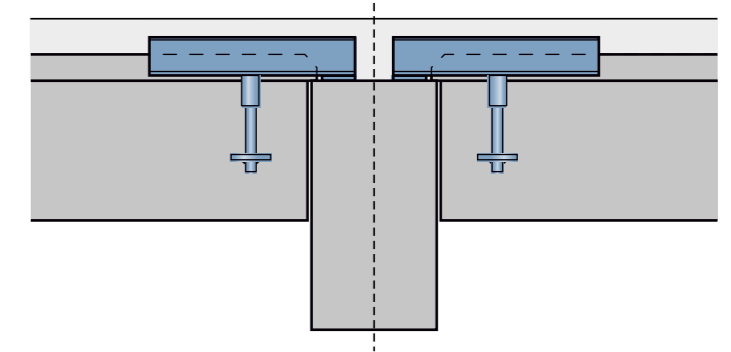
Dla zespolenia stropu z płytami kanałowymi z belkami równoległymi (rys. 31.) stosuje się łączniki prętowe wypuszczone z belki i zabetonowane w krawędziowych wycięciach płyty kanałowej. Wycięcia (wybrania) wykonuje się w wytwórni w trakcie produkcji płyt.



Rys. 31.
Detal połączenia płyt kanałowych z belkami równoległymi

Płyty TT – rozwiązanie oparcia płyt TT zależy od wyboru sposobu konstrukcji węzła podporowego, które można zrealizować stosując podkład stalowy lub opierając płytę na wsporniku belki o kształcie odwróconego „T”.

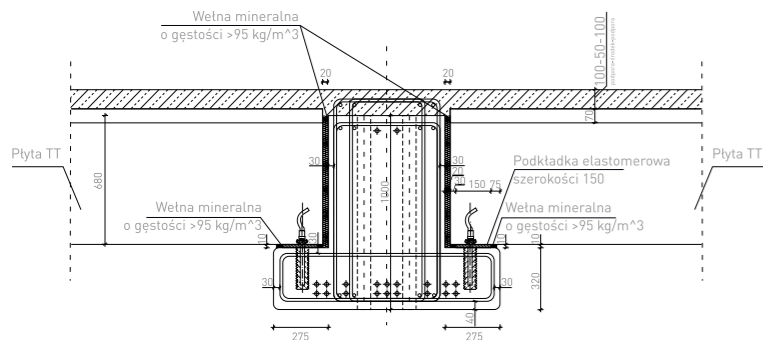
Zastosowanie podkładów stalowych skutkuje uproszczeniem zbrojenia strefy podporowej, a także poprawą warunków oparcia (redukcja skręcania belki). Wykorzystywane są one głównie w przypadku oparcia płyt TT (rys. 32.). Zaprojektowane są na łączną reakcję w fazie montażu, która wynika z ciężaru własnego części gotowej, nadbetonu jak i z ciężaru obciążeń występujących przy betonowaniu. W fazie eksploatacji podkładki stalowe współpracują z krótkim wspornikiem żelbetonowym w celu przejścia pełnych obciążeń użytkowych.



Rys. 32.
Redukcja skręcania belki (a), podkład stalowy przed zabetonowaniem elementu (b), płyta TT z podkładem stalowym przygotowana do montażu (c)

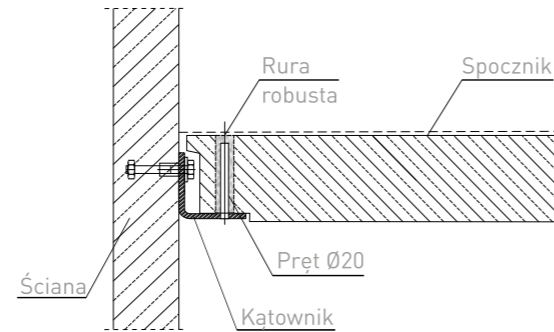
Oparcie na wsporniku belki o kształcie odwróconego „T” (rys. 33.) powoduje, że żebra płyty TT opierają się na półce belki typu T (alternatywnie L). Koniec żebra może mieć pełną wysokość, wtedy w żebrze osadza się kotwę mufową, do której wkręca się trzpień potężniejszy, a w półce belki przy użyciu rury karbowanej konstruuje się gniazdo, podczas montażu wypełniane zaprawą zalewową. Oparcie płyty wykonuje się na podkładce elastomerowej. W przypadku żeber z podcięciem korzystniejsze jest rozwiązanie jak dla płatwi (trzpień we wsporniku belki i otwór pionowy w żebrze płyty TT).

W sprzyjających warunkach (zapas wysokości) istnieje możliwość oparcia płyty z żebrami zakończonymi podcięciem, na górnej powierzchni belki prostokątnej.



Rys. 33.
Detal oparcia bezpośredniego płyty TT na belce T

Płyty pełne - opierane są na belkach lub ścianach w podobny sposób jak płyty kanałowe, na liniowych podkładkach elastomerowych lub zaprawie. Zakotwienie może być zrealizowane poprzez wypuszczenie z krawędzi podporowej płyty prętów bądź pętli kotwiących w wieńcu albo, w przypadku oparcia na wspornikach ścian (podesty klatek schodowych), podobnie do belek, poprzez zabetonowanie wsporników trzpień w otworach w płycie stropowej. Zamiast liniowego wspornika betonowego może być użyty przykręcany do ściany wspornik z kątownika (rys.34.).



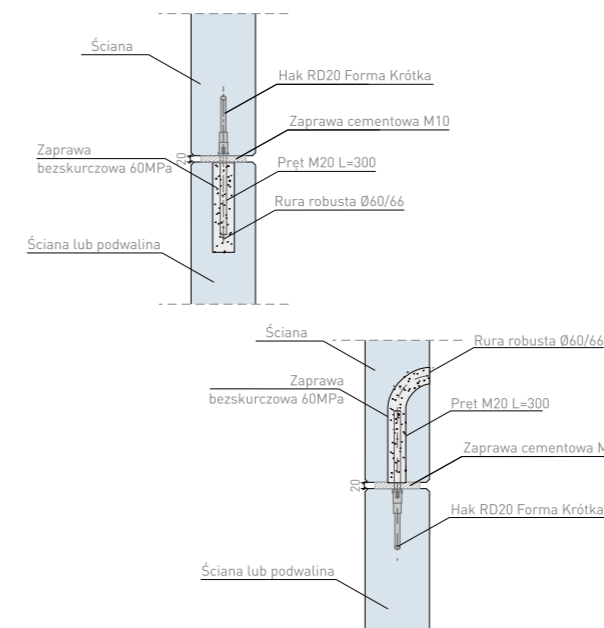
Rys. 34.
Oparcie płyty spocznikowej na wsporniku stalowym (a), Płyta stropowa - widoczne otwory na pręty kotwiące (b), Płyta stropowa-pętla krawędziowe do zakotwienia w wieńcu (c)

Płyty „filigran” - z reguły projektuje się płyty w taki sposób, aby minimalnie przekroczyć rozstaw ścian lub belek. Nie wystarcza to jednak do ich podparcia, ponieważ i tak płyta wymaga podparcia stemplami i dźwigarkami. Prefabrykacja może w takim przypadku zaoferować osadzenie w ścianie bądź belce dybli montażowych umożliwiających przykręcenie montażowego elementu podporowego bez koniecz-

ności stemplowania. W przypadku płyt samonośnych, zasady oparcia są identyczne jak dla płyt pełnych lub kanałowych.

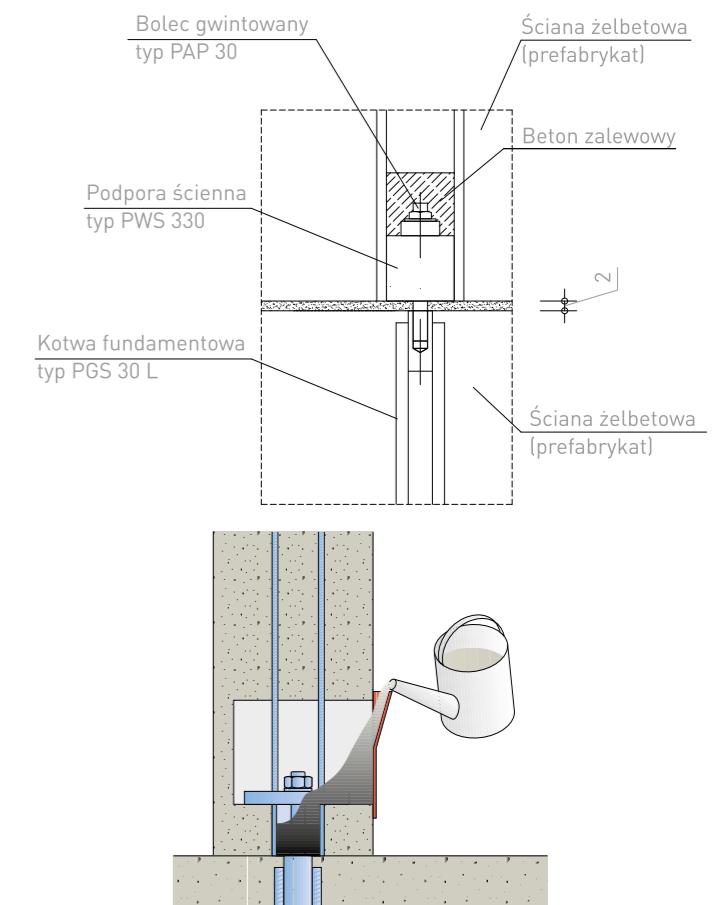
5.5.6. Połączenie ściana-podpora, ściana-ściana

Ściany podwalinowe opierają się na ławach lub stopach słupów. Ustawiane są na zaprawie cementowej, z zabezpieczeniem trzpieniami przed poziomym przesuwem. W dolnej krawędzi ściany trzpień wkręcane (wbijane) w osadzone mufy (rurki PVC), zabetonowane w gniazdach z rur karbowanych w fundamencie lub w górnej krawędzi ściany niższej kondygnacji (rys.35.). Możliwy jest również wariant odwrotny - trzpień z dolnej kondygnacji zalewane są w gniazdach z rur karbowanych znajdujących się na dolnej krawędzi elementu górnej kondygnacji. To rozwiązanie jest korzystne w przypadku, gdy między ścianami jest strop, a wystające z dolnej ściany pręty służą również do powiązania ścian ze stropem.



Rys. 35.
Połączenie ściana-ściana - wariant trzpieniem w dół (a) oraz trzpieniem w górę (b)

Powyższe rozwiązania zabezpieczają przed przesuwem. Jeżeli konieczne jest powiązanie ścian na siły rozciągające w pionie (obciążenia wyjątkowe, ściana wielokondygnacyjna zaprojektowana jako stężenie na siły poziome), zamiast krótkich trzpień i kotew stosuje się pręty zbrojeniowe wpuszczone obustronnie w rury karbowane na głębokość większą od długości zakładu zbrojenia. W praktyce, przy standardowych wysokościach ścian stosuje się rury przelotowe na całą wysokość ściany. Możliwe jest również zastosowanie systemowych łączników ściennych. Połączenie następuje poprzez skręcenie ścian za pośrednictwem nagwintowanego bolca i grubej podkładki. Złącze zalewane jest zaprawą ekspansywną (rys.36.).



Rys. 36.
Połączenie ścian z użyciem łączników ściennych

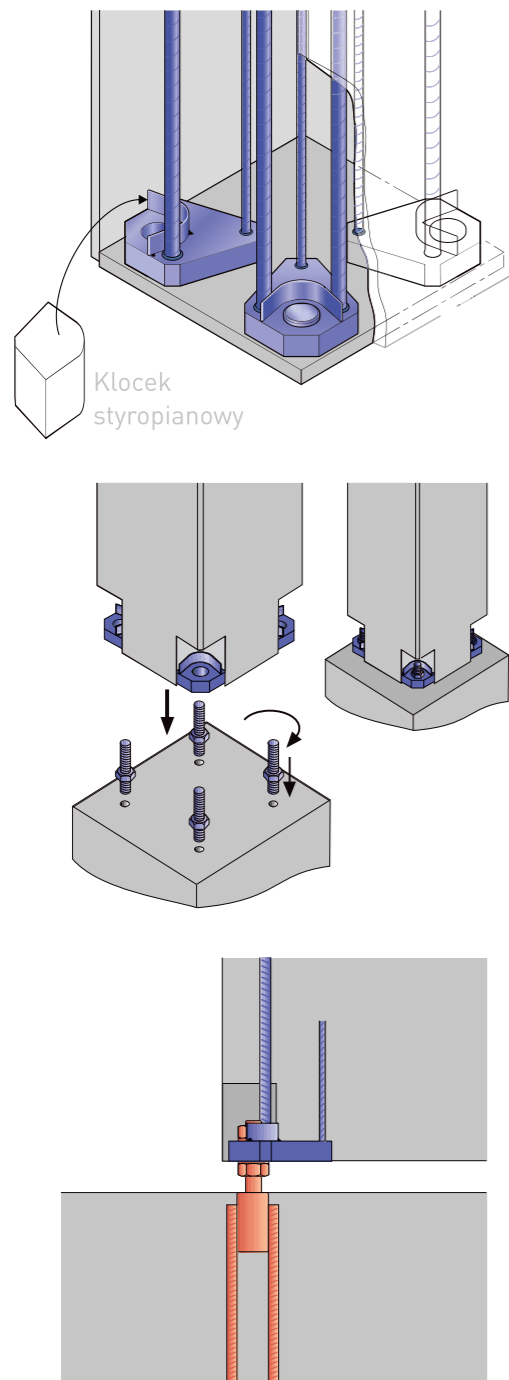
5.5.7. Styki słupów

Styki słupów pojawiają się w miejscach kontaktu słupa z fundamentem lub stopą fundamentową. Połączenie takie może być zrealizowane na kilka sposobów: jako kielichowe, z wykorzystaniem łączników słupowych lub na wytyki.

Połączenia kielichowe - stosowane są w stopie monolitycznej lub prefabrykowanej z kielichem. Powierzchnia słupa do wysokości kielicha może być uszorstniona, w celu zmonolityzowania ze stopą lub przystosowana do połączenia dyblami - szczególnie przydatna przy zbyt małej nośności stopy na przebicie - w tym przypadku również wewnętrzna powierzchnia kielicha musi być podobnie przygotowana.

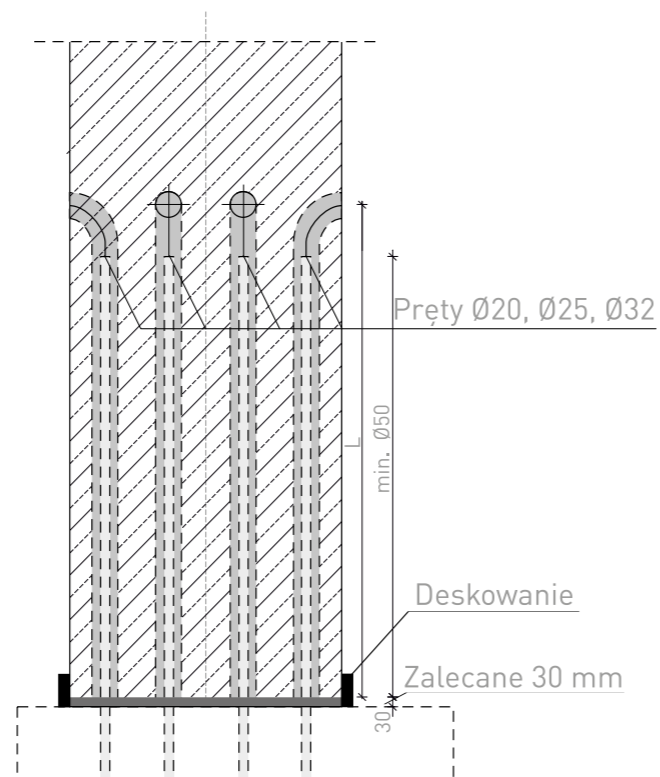
Łączniki słupowe - stosowane są w komplecie z kotwą fundamentową i nagwintowanym bolcem, umożliwiają sztywne połączenie słupa ze stopą fundamentową (rys.37.). Takie rozwiązanie umożliwia rektyfikację podczas montażu, bez podpór montażowych. Możliwe jest także wykorzystanie łączników do połączenia słup-słup lub wykonania sztywnego węzła ramy łączącego słup z belką. Zaletami stosowania łączników słupowych są szybki i precyzyjny montaż, ograniczenie lub wyeliminowanie użycia rozpór montażowych,

zdolność przeniesienia znacznych momentów przez połączenie (utwierdzenie w stopie) oraz prosty kształt stopy fundamentowej. Wady stanowi konieczność osadzenia kotew w fundamencie z wysoką precyzją (do 2 mm), wrażliwość gwintów na uszkodzenia mechaniczne oraz brak możliwości naprawy uszkodzeń czy błędów lokalizacji.



Rys. 37.
Łączniki słupowe w prefabrykacji
(a), Schemat montażu słupa
z użyciem łączników (b)

Połączenie na wytyki – realizowane jest w dolnej części słupa, który posiada pionowe kanały w postaci rury karbowanej wyprowadzone na wysokość zakotwienia starterów (rys.38.). Przy montażu słup „nadziewany” jest na wytyki (startery) wypuszczone ze stopy fundamentowej lub słupa niższej kondygnacji. Po rektyfikacji słupa gniazda zalewa się zaprawą niskokurczliwą. Do zalet tego rozwiązania należy bardzo nieskomplikowane wykonanie stóp fundamentowych oraz słupa, co skutkuje relatywnie niskim kosztem wykonania. Wadami są natomiast konieczność utrzymywania słupa na rozporach do czasu związania masy zalewowej oraz brak miejsca w słupach o wysokim stopniu zbrojenia i małym przekroju. Niższa jest również zdolność połączenia do przenoszenia momentów z uwagi na cofnięcie na minimum 90 mm osi wytyków od lica. Z uwagi na brak bezpośredniego styku wytyków z prętami głównymi słupa należy stosować dłuższe zakłady niż wymagane normowo, zwłaszcza, gdy występują w przekroju naprężenia rozciągające.



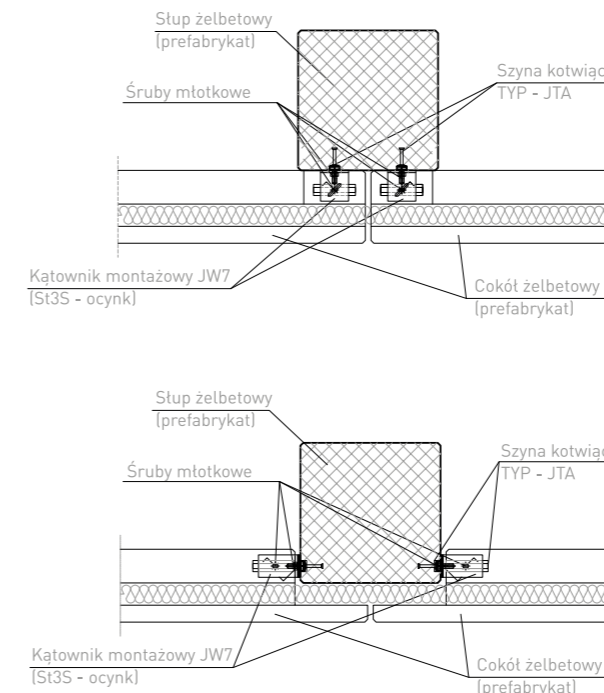
Rys. 38.
Połączenie słupa na wytyki – widoczne kanały przeznaczone do wprowadzenia starterów (wytyków)

Możliwa jest również kombinacja obu systemów połączeniowych, tj. połączenie na łączniki słupowe w ilości zapewniającej rektyfikację i stateczność montażową połączenia wraz z wytykami wymaganymi w celu przeniesienia obciążeń eksploatacyjnych.

5.5.8. Połączenia słup – ściana, słup-fundament

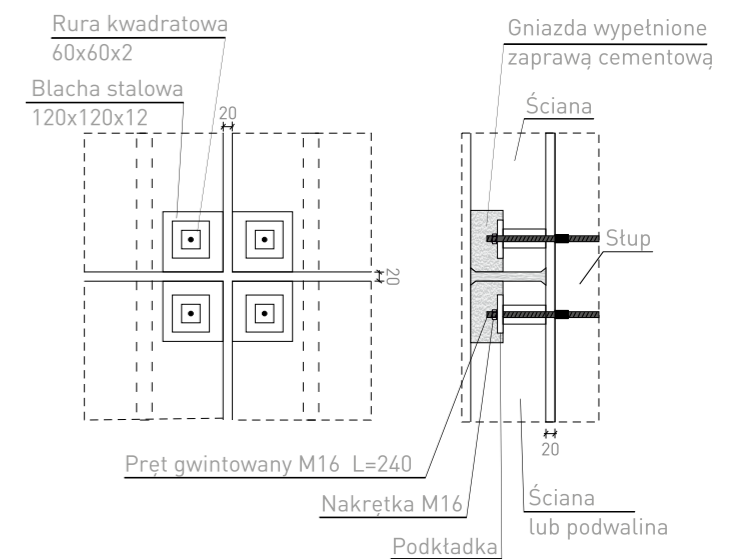
Sposób połączenia słupów ze ścianami zależny jest od tego czy ściana ma charakter ostonowy (ściana zawieszana lub samonośna), czy pełni funkcje usztywniające.

W przypadku ścian nie pełniących funkcji usztywniających najczęściej projektuje się połączenia skręcane, z użyciem kątowników montażowych przykręcanych śrubami młotkowymi do szyn kotwiących osadzonych w prefabrykacie (rys.39.). W zależności od wymogów (przeciwpożarowych, estetycznych, związanych z wymogami sanitarnymi) mogą to być połączenia widoczne bądź kryte.



Rys. 39.
Połączenie podwalina-słup

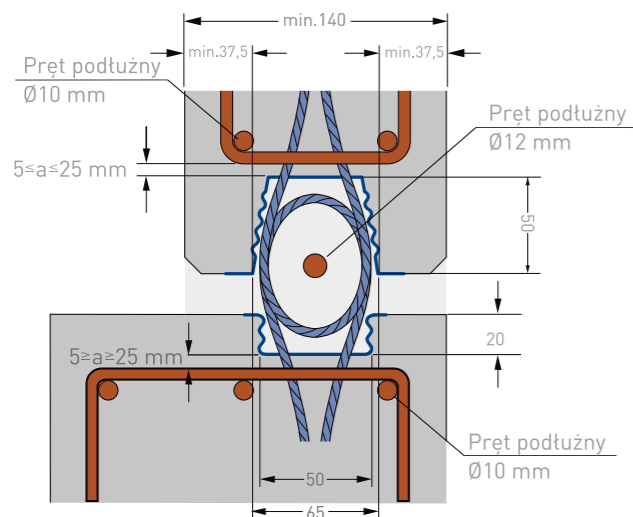
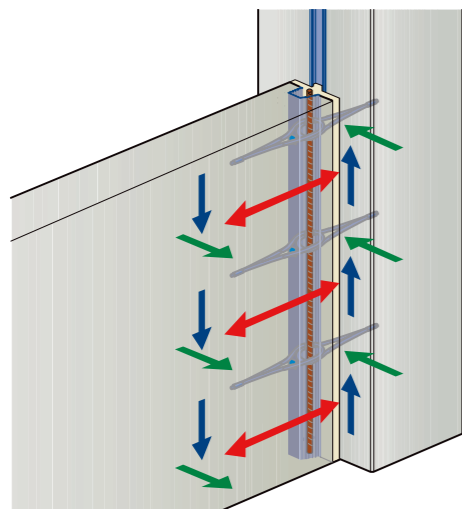
Dla ścian stanowiących przegrodę pożarową możliwe jest również połączenie skręcane ze słupem, czyli osadzone w słupie kotwy z mufami a następnie przykręcenie ściany prętami gwintowanymi i zabetonowanie wnek w ścianach w celu uzyskania otuliny o wymaganej odporności (rys.40.).



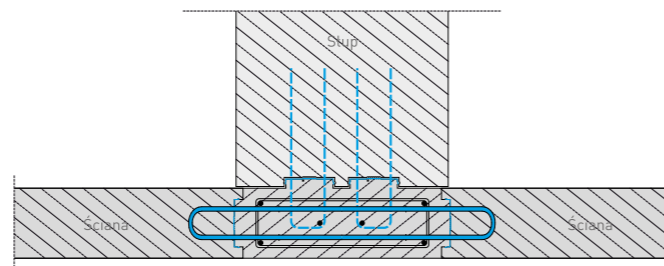
Rys. 40.
Złącze skręcane ściana słup dla przegród oddzielenia pożarowego

W przypadku podwalin, nawet jeżeli nie są elementem usztywnienia, z uwagi na oddziałujące siły poziome częściej wykonuje się monolityczne połączenia ze słupem. Połączenia konstrukcyjne słupów ze ścianami prefabrykowanymi wykonuje się stosując pętle linowe lub pręty odgięte.

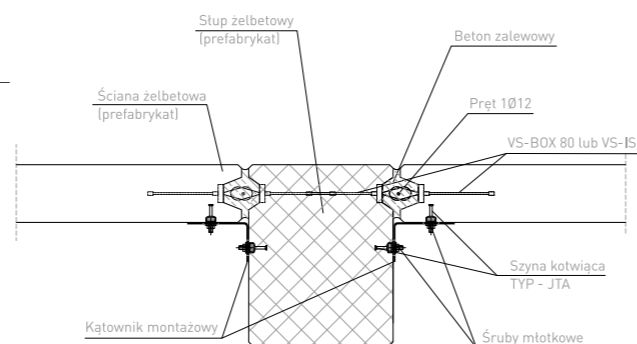
Połączenia na pętle linowe są często spotykane w prefabrykowanych ścianach (ogniowych, ostonowych, nośnych) łączonych ze słupami lub ścianami łączonych między sobą. Zasada działania złącza opiera się na przejmowaniu naprężeń rozciągających przez zachodzące na siebie pętle linowe oraz pręt poprzeczny umieszczony w złączu (rys.41.). Naprężenia ściskające przenoszone są przez wysokowytrzymałą zaprawę ekspansywną, która szczelnie wypełnia powstały „zamek” dyblowy. W przypadku gdy połączenie na pętle ma niewystarczającą nośność istnieje możliwość wykorzystania do monolityzacji **zbrojenia odginanego**, jest to jednak rozwiązanie, które rzadko pojawia się w praktyce (rys.42.). W przypadku połączeń konstrukcyjnych, na czas montażu i dojrzwania betonu w złączu należy przewidzieć połączenie montażowe skręcane, które przeznaczone jest do późniejszego demontażu (rys.43.).



Rys. 41.
Możliwe kierunki przenoszenia sił przez system pętli linowych (a), złącze stupa i ściany w systemie VS-ISI (b), połączenie ściany i stupa z widocznym przewodem ciśnieniowym uszczelniającym złącze (c)



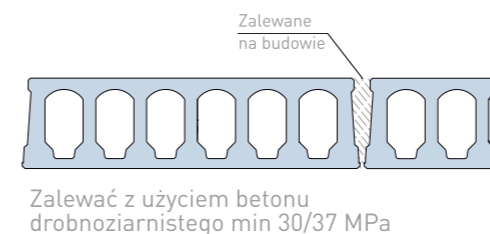
Rys. 42.
Połączenie monolityczne z udziałem zbrojenia odginanego



Rys. 43.
Tymczasowe połączenie montażowe

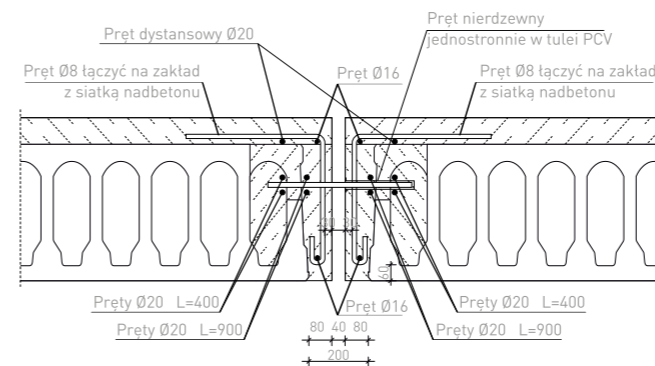
5.5.9. Połączenia płyt stropowych

Stropy z płyt prefabrykowanych po montażu wymagają scalenia, tak aby sąsiadujące ze sobą prefabrykaty współpracowały w przenoszeniu obciążeń, zwłaszcza skupionych. W płytach pełnych i kanałowych współpraca realizowana jest poprzez zabetonowanie przestrzeni między krawędziami płyt, specjalnie ukształtowanych w celu przenoszenia ścinania – tzw. „zamek” (rys.44.). Miejsce łączenia bywa wykorzystywana również do dozbrojenia prętami łączącymi z wieńcem podporowym. W trakcie zespalania istnieje również możliwość korekty różnic ugięć pomiędzy sąsiadującymi płytami stropowymi. Otwarte końce płyt kanałowych powinny być zaślepienie.



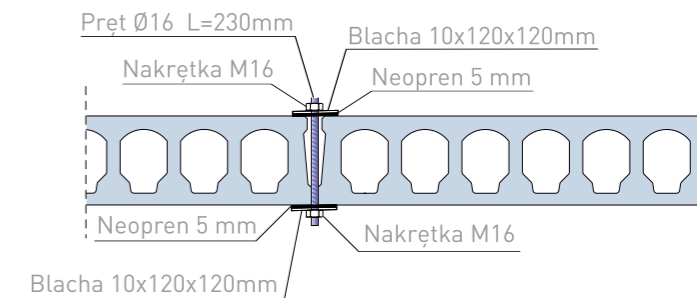
Rys. 44.
Połączenie między płytami kanałowymi HC (a) oraz sposób korygowania różnic w ułożeniu płyt stropowych (b)

Dylatacje stropu z płyt kanałowych (rys.45.) ze swobodą przemieszczeń poziomych i przenoszeniem ścinania można wykonać wbetonowując trzpienie (ze stali nierdzewnej), które są utwierdzone po jednej stronie i umieszczone przesuwnie w utwierdzonej tulei z drugiej strony dylatacji. Wycięcia w płytach kanałowych wykonane są w zakładzie produkcyjnym, zbrojenie i betonowane na budowie, łącznie z nadbetonem konstrukcyjnym.

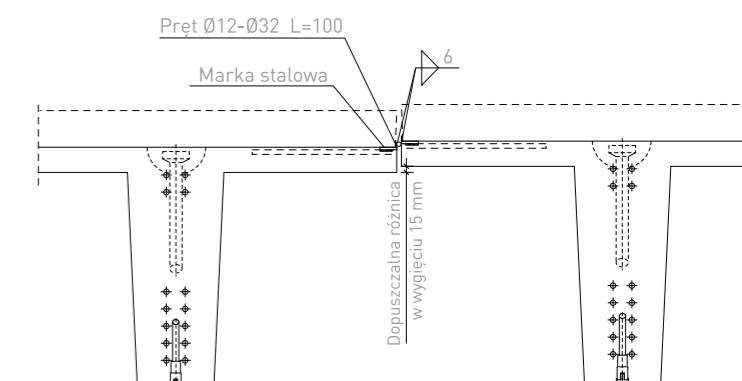


Rys. 45.
Dylatacja stropu z płyt kanałowych

W prefabrykacjach TT z płytą typu „filigran” o grubości 50 – 70 mm, w celu połączenia na krawędziach na etapie produkcji elementu umieszczone są marki stalowe umożliwiające wykonanie połączenia spawanego sąsiadujących płyt, zazwyczaj w 2-3 miejscach na długości styku (rys.46.).



Uwaga:
Zastosować 2 na połączenie
Usunąć po wypełnieniu pachwin i osiągnięciu przez beton wypełniający 75% wytrzymałości

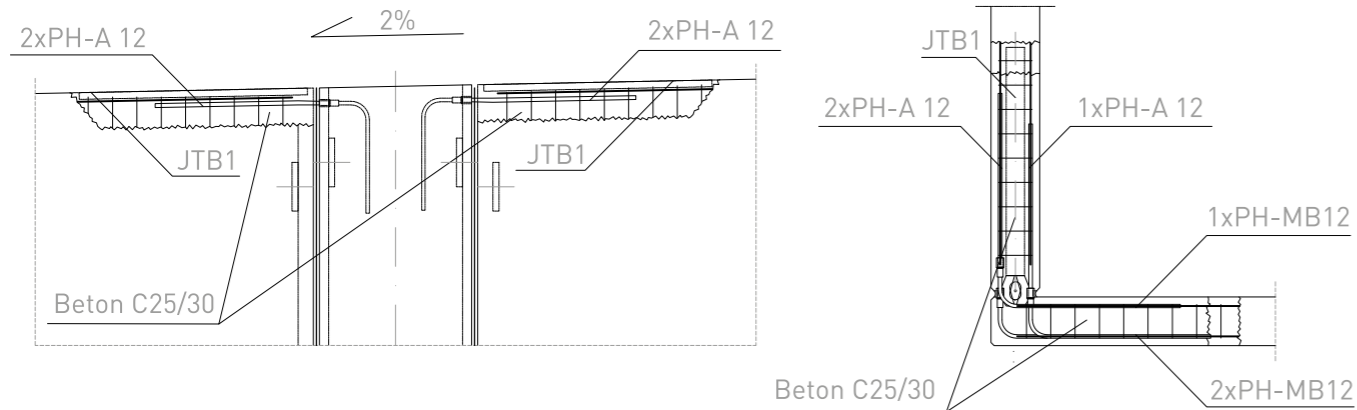


Rys. 46.
Połączenie krawędzi płyt TT na marki stalowe

Połączenie spawane między sąsiednimi płytami TT ma charakter połączenia wstępnego. Docelowe scalenie następuje przez utożsaczenie zbrojenia w postaci drabinki bezpośrednio na prefabrykacie, oraz poprzez górne zbrojenie siatką i zalanie nadbetonem. W płytach o grubości powyżej 100 mm krawędź elementu można wyposażyć w zamek przenoszący ścinanie, co upodabnia połączenie do rozwiązania stosowanego w przypadku płyt pełnych lub kanałowych.

5.5.10. Uciąglenia i zespolenia

W konstrukcjach hal, w przypadku braku występowania sztywnej płyty stropu, (przy lekkim pokryciu dachowym z blachy trapezowej) zachodzi niekiedy potrzeba uciąglenia wieńca górnego „spinającego” cały obiekt. Można to zrealizować przez połączenie w węzłach konstrukcji górnego zbrojenia prefabrykowanych elementów. Często wykorzystuje się w takiej sytuacji pręty mufowe, które w połączeniu z prętami nagwintowanymi oraz zakładami z prętami prefabrykatów zapewniają ciągłość zbrojenia.



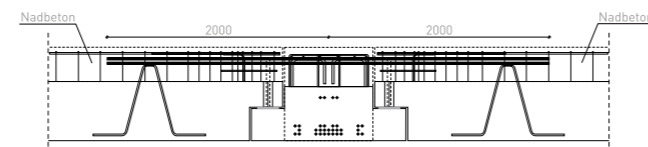
Rys. 47.
Uciąglenie zbrojenia na połączeniu stupa ze ścianami (a), uciąglenie zbrojenia na połączeniu ścian (b)

Połączenia zbrojenia przy użyciu systemu łączników zbrojeniowych i prętów gwintowanych wykorzystuje się również do uciągania (fot. 2.) przy tworzeniu sztywnych ram konstrukcyjnych w oparciu o elementy prefabrykowane. Z uwagi na spory koszt i konieczność bardzo wysokiej dokładności w wykonaniu tego typu połączeń, zaleca się ograniczenie stosowania uciągleń głównych elementów konstrukcyjnych wyłącznie do przypadków, gdzie nie ma możliwości osiągnięcia zamierzonego efektu przy użyciu połączeń przegubowych.



Fot. 2.
Belki przewidziane do uciąglenia – widoczne zbrojenie do połączeń gwintowanych, uszorstniona powierzchnia czołowa do zespolenia z monolitem i odstąpienie części zbrojenia w celu dotożenia części prętów uciągających.

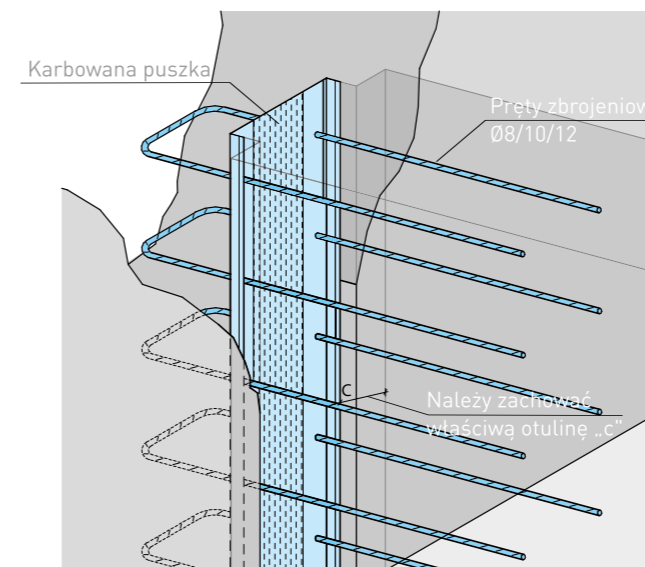
W odróżnieniu od uciągania połączeń ramowych (stupa-belka), uciągania belek stropowych stosuje się często. Najkorzystniejszym wariantem jest zastosowanie belek prefabrykowanych betonowanych do wysokości wystarczającej do zapewnienia nośności na obciążenia ciężarem własnym konstrukcji, z wypuszczonym zbrojeniem do nadbetonu na grubość stropu (rys.48.). Umożliwia to wykonanie przekroju zespolonego oraz wykonanie w przestrzeni nadbetonu połączeń zespalających i uciągających, również w postaci prętów dokładanych w połączeniach na zakład lub spawanych do zbrojenia prefabrykatu.



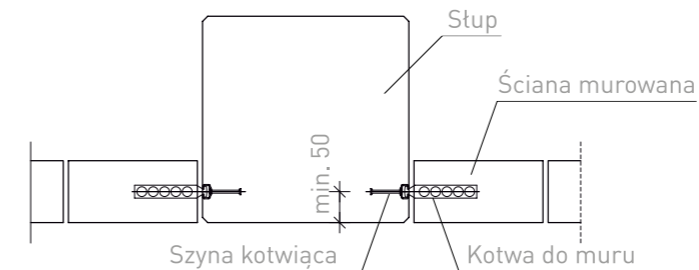
Rys. 48.
Uciąglenie w warstwie nadbetonu przekroju zespolonego

5.5.11. Połączenia prefabrykatów z innymi materiałami

Połączenie ze ścianą monolityczną stóp i ścian prefabrykowanych (rys.49., 50.) realizowane jest za pomocą zbrojenia odginanego w postaci karbowanej puszkii zabetonowanej w prefabrykacie na etapie produkcji, ze „schowanymi” prętami ($\varnothing 8 \div 12$), których odgięcie następuje przed zabetonowaniem monolitycznego elementu konstrukcji.

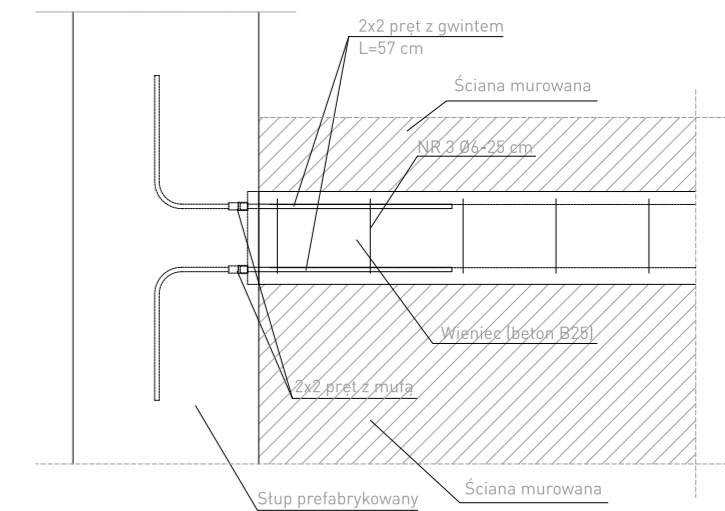
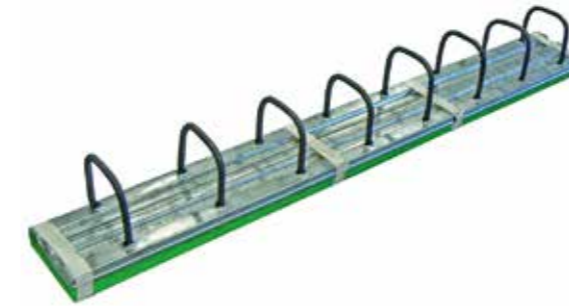


Rys. 49.
Szyna ze zbrojeniem odginanym (a), schemat prętów przed betonowaniem części monolitycznej (b)

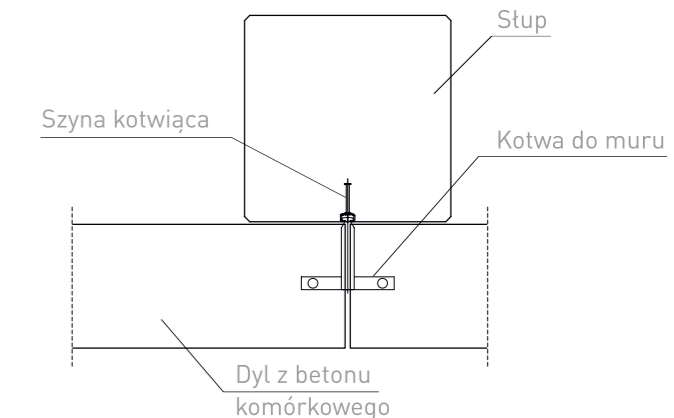


Rys. 50.
Połączenie stupa z ścianą murowaną (dylem)

Połączenie ze ścianami murowanymi uzyskuje się poprzez zatopienie w stępie szyn kotwiących do współpracy z łącznikami wmurowanymi w spoiny ściany murowanej (rys.51.). Dobór wielkości szyny zależy od obciążeń, jakie połączenie ma przenosić. Analogiczne rozwiązanie, ale z zastosowaniem specjalnych łączników stosuje się do ścian przegród pożarowych z wielkowymiarowych dyli gazobetonowych. Połączenie z wieńcem monolitycznym w ścianie murowanej – w zależności od wymogów – wykonuje się przy użyciu łączników zbrojeniowych z mufami gwintowanymi, wkręcanych od strony monolitu prętów z gwintem lub otworów przelotowych do przetożenia zbrojenia wieńców przez stupa.



Rys. 51.
Połączenie stupa z wieńcem ściany murowanej



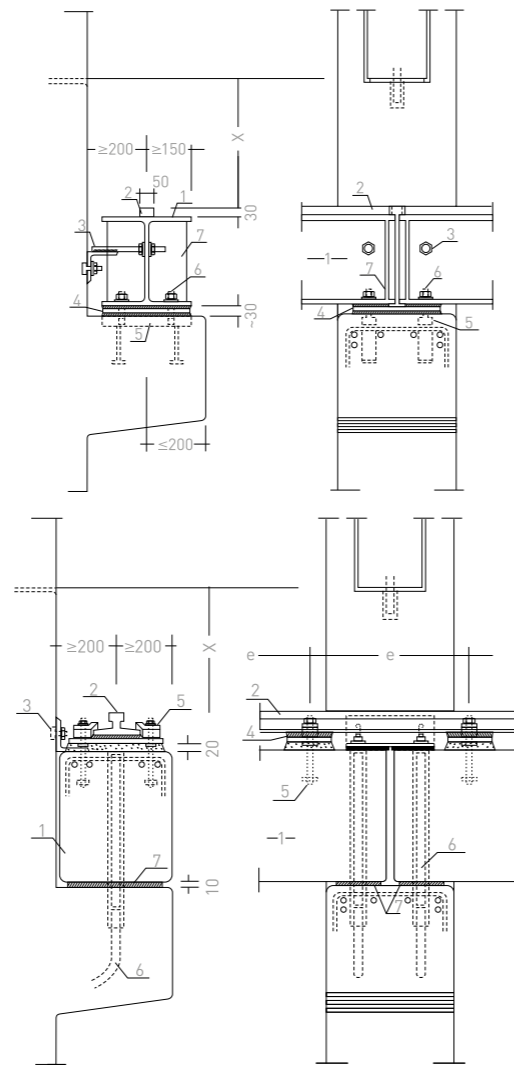
5.5.12. Mocowanie urządzeń technologicznych, elementów podwieszonych oraz konstrukcji stalowych

Mocowanie urządzeń technologicznych, elementów podwieszonych oraz konstrukcji stalowych powszechnie wykonuje się za pomocą szyn kotwiących (fot.3.). Szyny kotwiące (ocynkowane lub ze stali nierdzewnej w zależności od wymagań) będące w komplecie ze śrubą młotkową stanowią coraz bardziej powszechną alternatywę dla tradycyjnych rozwiązań mocowania elementów. Zapewniają bezpieczne i szybkie zamocowanie bez ryzyka uszkodzenia betonu i zbrojenia elementu, co ma szczególne znaczenie dla elementów sprężonych.



Fot. 3. Szyna kotwiąca ze śrubą młotkową (a), mocowanie ściany cokółowej do stupa z wykorzystaniem szyny kotwiącej i kątownika (b), montaż instalacji do szyn kotwiących (c)

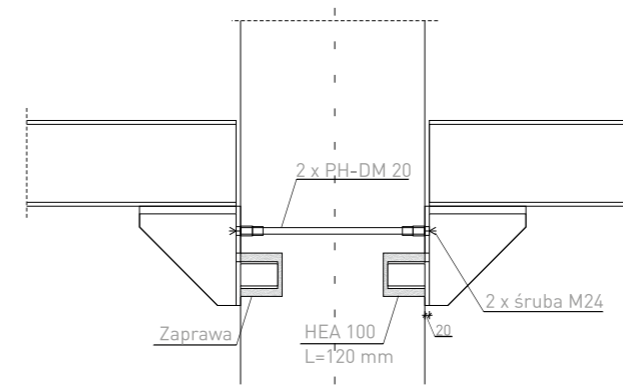
Szeroki asortyment wyrobów (np. szyny: zimnogięte, gorącowałcowane, zębate) pozwala na rozwiązanie nawet skomplikowanego systemu zamocowania np. dla obciążeń dynamicznych czy z możliwością regulacji w trzech kierunkach (rys.52.). Szyny kotwiące znalazły zastosowanie m.in. w halach z suwnicami przy mocowaniu belek podsuwnicowych oraz szyn jezdnych.



Rys. 52.

Szyny kotwiące do mocowania belek podsuwnicowych
a) Żelbetowa belka podsuwnicowa: 1. Żelbetowa belka podsuwnicowa- prefabrykat 2. Szyna jezdna 3. Mocowanie boczne (M16, L100x8, JTA 40/22) 4. Elastomer 8mm, płyta stalowa 15mm, zaprawa wysokowytrzymała 5. Śruba kotwiąca lub szyna JTA W-53/34 z płytką dociskową 6. Pręt mufowy $\varnothing 25$ PH (MU+A) 7. Podkładka elastomerowa 10 mm
b) Stalowa belka podsuwnicowa: 1. Stalowa belka podsuwnicowa (HEB,HEA) 2. Szyna jezdna 3. Mocowanie boczne (M16, L100x8, JTA 40/22) 4. Elastomer 5mm, płyta stalowa 10mm, zaprawa wysokowytrzymała 5. Szyna JTA W-53/34 6. Śruba młotkowa M20 z podkł. Sprężystą 7. Żebro usztywniające

W przypadku projektowania wsporników stalowych na stupie żelbetowym (rys.53.), na stupie żelbetowym korzystnym rozwiązaniem przeniesienia sił pionowych jest zastosowanie trzpienia zabetonowywanego we wnęce w stupie. Rozwiązanie takie umożliwia wy poziomowanie wspornika z dużą precyzją po montażu stupów.



Rys. 53. Wspornik stalowy do stupa prefabrykowanego

5.6. Tok postępowania w projektowaniu

Poniższy rozdział zawiera tok postępowania w projektowaniu konstrukcji szkieletowych z elementów prefabrykowanych oraz wskazówki dotyczące podejścia do projektowania elementów według nomogramów i informacji zawartych w katalogach producentów prefabrykatów. Wskazane są dostępne dla projektantów ułatwienia w projektowaniu takie jak przykłady wykorzystania nomogramów oraz tablic do uproszczonego wymiarowania.

Uproszczony tok postępowania oraz wskazówki w projektowaniu konstrukcji szkieletowej z prefabrykatów betonowych można zapisać w następujących punktach:

1. **Zbierz obciążenia** pamiętając o rozróżnieniu obciążeń na stałe i zmienne ponieważ są dla nich różne współczynniki bezpieczeństwa
2. **Określ wymaganą ognioodporność elementów**
3. **Ustal klasy środowiska dla poszczególnych elementów**
4. **Oblicz ekstremalne momenty zginające** od obciążeń charakterystycznych oraz od obciążeń obliczeniowych. **Znając siły przekrojowe, o których tutaj mowa, na podstawie dostępnych tablic oraz nomogramów jesteś w stanie dobrać wymiary przekroju poprzecznego elementu prefabrykowanego oraz jego typ.**
5. **Stupy główne wymiaruj uwzględniając, że stanowią one wraz z dźwigarami element podstawowego układu statycznego** i najczęściej są projektowane jako utwierdzone dotem w stopie fundamentowej i przegubowo nieprzesuwne obciążone oddziaływaniem dźwigara dachowego.

Utwierdzenia połączenia stupa w ramę z dźwigarem są rzadziej stosowane. Stupy w zależności od stopnia skomplikowania obiektu mogą przejmować obciążenie od suwnic, stropów pośrednich i urządzeń technologicznych. Mogą mieć zmienny przekrój, a dla przejścia ww obciążeń są wyposażone w wsporniki, zatopione marki i inne systemowe akcesoria.

6. Wymiarując stupy elewacyjne weź pod uwagę, że głównym ich obciążeniem jest ściana zewnętrzna i oddziałujący na nią wiatr. Przekrój stupa pracuje głównie na zginanie. Stupy takie występują w ścianach szczytowych i ścianach podłużnych w układach z dachami płaskimi, jako dogęszenie pod elewacją pomiędzy słupami głównymi. Stupy o wysokości hali (z reguły ponad 10 m) nie wymagają dużego przekroju, ale problemem jest obciążenie wiatrem. W przypadku zaprojektowania stupa jako wolnostojącego, wielkości stóp są porównywalne z słupami głównymi. Stąd najczęściej stupy projektuje się jako wolnostojące w fazie montażowej i przegubowo-przesuwne w pionie, mocowane górną (do dźwigara – w schematach bezpłatniowych, do belki krawędziowej opartej na słupach głównych – na ścianach podłużnych) lub połączone górną krótkimi belkami krawędziowymi w płaszczyźnie ściany i płatwiami w kierunku prostopadłym. Oznacza to konieczność wstrzymania się z wykonaniem obudowy ścianowej do momentu stężenia potaci dachowej w schemat zdolny do przeniesienia obciążeń wiatrowych. W tej kategorii stóp, ze względu na smukłość, dla uniknięcia konieczności dozbrajania na fazę transportowo-montażową optymalne może być zastosowanie zbrojenia sprężającego, w miejsce lub jako uzupełnienie zbrojenia pasywnego.

7. Elementy poziome jak belki, płyty stropowe oblicz jako wolno podparte na maksymalne siły przekrojowe. Na podstawie wyznaczonych sił przekrojowych korzystając z tablic oraz nomogramów dobierzesz wymiary przekroju poprzecznego elementu oraz jego typ.

8. Weź pod uwagę, że podczas montażu elementów prefabrykowanych występują znaczne momenty skręcające od mimośrodowego jednostronnego obciążenia, co wymaga zastosowania zabezpieczenia na obrót w podparciu belki, zdolnego przenieść momenty skręcające od obciążeń montażowych. W fazie użytkowej zagadnienie to nie ma znaczenia, pod warunkiem zmonolityzowania belek z prefabrykowanym, bądź monolitycznym stropem. W tym celu utwierdza się połączenie, poprzez trzpienie lub wypuszczone zbrojenie łączące belkę z stropem w dolnej części stropu i połączenie wypuszczone górną zbrojenie z belki z zbrojeniem nadbetonu na płytach stropowych. Rozwiązanie to pozwala na uwzględnienie współpracy nadbetonu w nośności belki na obciążenia docelowe.

9. Przy doborze i rozkładzie płyt na stropie pamiętaj o ewentualnym otworowaniu ponieważ np. w stropie z płyt kanatowych nie można wykonywać otworów w dowolnych miejscach po zalaniu - rozmieszczenie otworów musi być przemyślane i ułożone według

dokładnych przeliczeń zwłaszcza gdy otwory kolidują z przebiegiem cięgien sprężających.

10. Wykorzystaj fakt, że strop jest traktowany jako tarcza usztywniająca układ konstrukcyjny.

11. Pamiętaj o zapewnieniu stateczności konstrukcji w trzech fazach: w czasie transportu, montażu i w sytuacji docelowej – schematy pracy poszczególnych elementów i całej konstrukcji dla poszczególnych faz są różne.

Na stronach internetowych Firm specjalizujących się w projektowaniu, wytwarzaniu, dostawie oraz montażu żelbetonowych oraz strunobetonowych elementów prefabrykowanych uzyskasz dostęp do tablic, nomogramów, wskazówek, informacji, które pozwolą Ci postępując według wyżej opisanego schematu z dużą swobodą dobrać wymiary przekroju poprzecznego interesujących Cię elementów prefabrykowanych.

TECHNOLOGIA ROBÓT

6.1. Akcesoria transportowo-montażowe

Ważnym elementem każdego prefabrykatu są wbudowane akcesoria (rys.54.). Pełnią one szereg funkcji, z których na plan pierwszy wysuwa się bezpieczeństwo transportu i montażu prefabrykatów (system haków transportowych). Ponadto są one przydatne w kształtowaniu złączy między elementami (w sposób trwały i estetyczny) oraz ułatwiają proces produkcji dzięki uproszczeniu form np. przy kształtowaniu wsporników.

Zastosowanie akcesoriów w przemyślny sposób, uwidacznia zalety prefabrykacji. Sprawia, że wyeliminowane zostają kłopotliwe prace na budowie jak np. wiercenie czy spawanie, przez co znacznie przyspieszony jest montaż prefabrykatów. Także późniejsze

prace (montaż pokrycia, obudowy, podwieszenie instalacji) zostają skrócone do minimum.

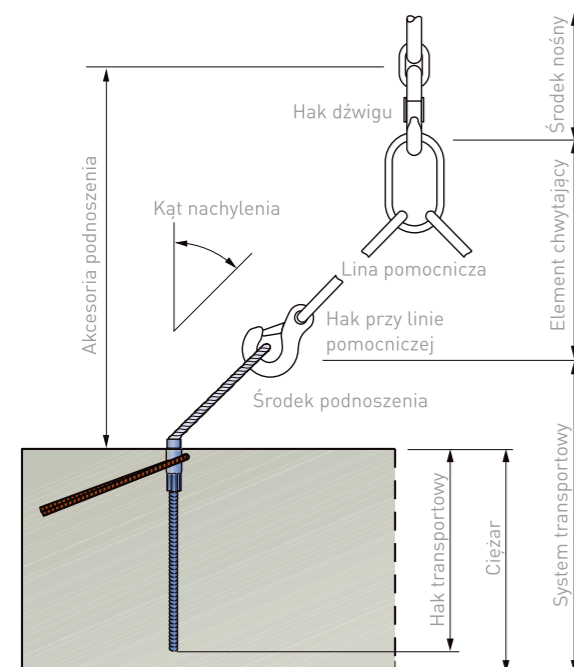
Właściwe wykorzystanie zalet wbudowanych akcesoriów jest możliwe tylko przy zachowaniu odpowiednich zasad i warunków (odpowiednio dobrane nośności, zachowane odległości krawędziowe) podanych przez producentów tych wyrobów.

Ze względu na znaczny ciężar elementów oraz sposób użycia prefabrykatów (podnoszenie z formy, załadunek na auta, montaż na budowie) powszechnie i standardowo stosowane są haki transportowe, które w połączeniu z całym systemem transportowym stanowią o bezpieczeństwie podczas każdej fazy w budowywania elementu.

Pomocnym dokumentem, aby bezpiecznie projektować, produkować, sprawdzać, kontrolować oraz stosować haki i systemy transportowe jest powstała z inicjatywy niemieckiego Związku Federalnego Systemy Budowlane, dyrektywa VDI/BV-BS 6205, zawierająca szczegółowe wytyczne do stosowania systemów do podnoszenia i transportu prefabrykatów betonowych.

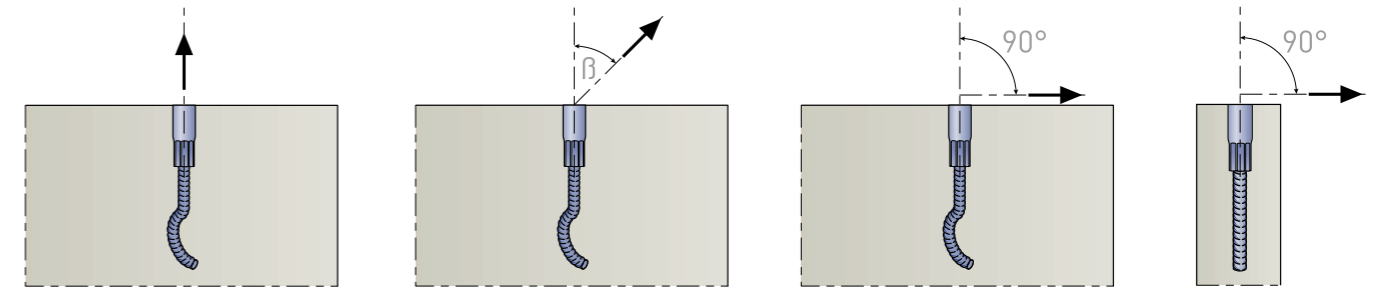
Prawidłowy dobór systemów kotew transportowych powinien uwzględniać szereg czynników takich jak:

- rodzaj elementu budowlanego i geometria,
- ciężar i środek ciężkości elementu budowlanego,
- kierunki obciążenia haków (rys.55.) podczas całego procesu (rozformowanie, transport) ze wszystkimi występującymi przypadkami obciążeń (z uwzględnieniem adhezji betonu do formy i wytrzymałości betonu przy rozformowaniu, obciążeń dynamicznych przy podnoszeniu żurawiem).



Prefabrykat betonowy

Rys. 54.
Schemat systemu transportowego wraz z elementami towarzyszącymi



Rys. 55.
Możliwe kierunki oddziaływań na hak transportowy: Rozciąganie osiowe, Rozciąganie ukośne, Rozciąganie poprzeczne oddziałujące, prostopadle do powierzchni elementu

Aby obliczyć odpowiednią wielkość haka transportowego, muszą zostać uwzględnione wszystkie przypadki oddziaływania wynikające z kierunku osi podnoszenia. Oddziaływania te powinny być następnie porównane z obowiązującymi wartościami nośności. W tym wypadku obowiązuje zawsze zasada: **oddziaływanie ≤ nośność**.

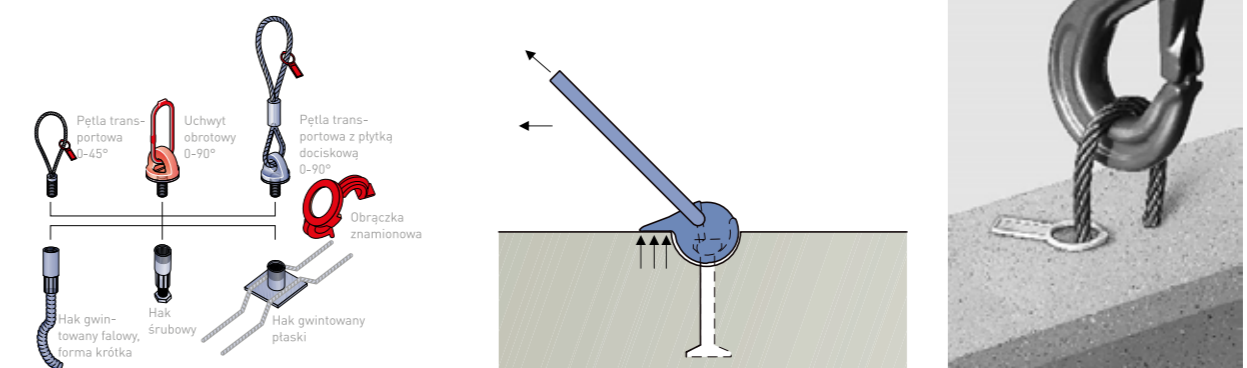
Systemy haków transportowych mogą przybierać różną formę (rys.56.). Spotykane są haki:

- **gwintowane** (w tym haki falowe, proste, płaskie oraz śrubowe w zależności od rodzaju i zbrojenia elementu prefabrykowanego), których użycie jest możliwe po wkręceniu pętli transportowej lub uchwytu obrotowego (umożliwia podnoszenie dla nachylenia kąta 0-90°)
- **kulowe** ze specjalną główką umieszczoną w półkolistym zagłębieniu, w które przy podnoszeniu wkładany jest uchwyt kulowy.
- **pętli BS** w których elastyczna pętla umieszczona jest w zagłębieniu w komplecie z uchwytem pętlowym lub wystaje z elementu do użycia ze standardowym zawieszem.

Z wyżej prezentowanych systemów jako haki transportowe dla słupów, płyt i belek produkowanych i transportowanych w pozycji wbudowania najczęściej stosuje się haki kulowe. W ścianach najczęściej znajdują zastosowanie haki gwintowane. Systemy pętlowe, oraz klasyczne, bądź wykonane z lin sprężających gięte haki transportowe stosuje się wszędzie tam, gdzie haki są zlokalizowane od strony zalewania i nie wymagają wycinania po montażu (elementy z wystającym zbrojeniem). Rozmieszczenie haków musi zapewniać równomierne rozłożenie ciężaru elementu, i uwzględniać sposób zbrojenia, np. dla słupów o symetrycznym zbrojeniu odpowiednia jest lokalizacja w 1/5 - 1/4 od końców a w belkach, zwłaszcza sprężonych, możliwie blisko końców belek. Zasady rozmieszczenia haków i wymagania w stosunku do wytrzymałości betonu i zbrojenia najlepiej sprawdzić w katalogach producentów systemów transportowych.

6.2. Transport i składowanie

W większości przypadków prefabrykaty przewożone są transportem drogowym, rzadziej prefabrykaty



Rys. 56.
System haków gwintowanych (a), system haków kulowych (b), system pętli BS (c)

transportowane są kolejną lub transportem wodnym. W zależności od masy i wymiarów elementy prefabrykowane dowozi się na plac budowy samochodami skrzyniowymi, naczepami albo przyczepami nisko-podłogowymi sprzężonymi z odpowiedniego rodzaju ciągnikiem. Zalecane jest, aby elementy były przewożone w pozycji, w jakiej będą wbudowane w konstrukcji. Na ogół zasada ta jest przestrzegana. Elementy przewożone na płask powinny być starannie i równo ułożone na powierzchni ładunkowej środka transportowego, na przekładkach wykonanych z drewna lub twardej gumy. Przekładki powinny być umieszczone w odległości najczęściej 20 lub 30 cm od końca elementu, jednakże odległość tą podaje zawsze projektant.

Ich długość powinna być większa od szerokości zabezpieczonego elementu, a grubość co najmniej o 5 cm większa od wysokości uchwytów wystających pionowo z elementów. Przekładki rozdzielające kolejne elementy muszą być ułożone dokładnie w linii pionowej. Niespełnienie tego warunku może być przyczyną spękań. Środki transportowe przeznaczone do przewożenia elementów w pozycji pionowej są zaopatrzone w specjalne stojaki, zapewniające stabilność ładunku w czasie transportu.

Maksymalne wymiary, ciężar całkowity i nacisk na oś, przy transporcie drogowym określa Ustawa „Prawo o ruchu drogowym”. Przepisy te mają wpływ na projektowanie gabarytów i masy prefabrykatów, gdyż prefabrykaty mieszczące się w normach transportowych można przewozić transportem specjalistycznym lub ogólnego przeznaczenia, bez konieczności uzyskiwania specjalnych zezwoleń. Wymiary normatywne to: wysokość – 4,00 m, szerokość – 2,55 m, długość – pojazdu silnikowego – 12,00 m, pojazdu członowego 16,5 m a masa całkowita 42,00 t. W pojeździe członowym odległość mierzona między osią sworzni siodła a tylnym obrysem naczepy (a więc jej krawędzią) nie może przekroczyć 12,0 m, a odległość mierzona od osi sworzni siodła do przedniej krawędzi naczepy, nie może być dłuższa niż 2,04 m. Istotne są również maksymalne naciski na jedną oś pojazdu wynoszące 11,5 lub 10 t dla dróg krajowych i części dróg wojewódzkich oraz 8 t dla pozostałych, co może powodować konieczność uzyskiwania zezwoleń (kategorii I) na dojazd pojazdu o wymiarach i masie normatywnej.

Przy większych wymiarach albo większym ciężarze całkowitym wymagane jest pozwolenie na przejazd ładunków ponadgabarytowych. Pozwolenia kategorii III i IV dotyczą przekroczenia szerokości ładunku do 3,4 m, wysokości do 4,3 m i długości pojazdu członowego z osiami skrętnymi do 30 m (kat IV). Kategoria V i VI - masy pojazdu do 60 t, a kat VII ładunków nie mieszczących się w kategoriach I – VI. Dostawa ładunków ponadgabarytowych z odpowiadających kategoriom V – VII wymaga uzgodnienia trasy oraz szczegółowego określenia czasu transportu.

Nie wymaga się zezwoleń dla pojazdu, którego szerokość i długość bez ładunku nie są większe od do-

puszczalnych, przewożącego ładunek wystający poza boczne, tylne i przednie obrysy pojazdu.

a) ładunek wystający poza boczne płaszczyzny obrysu pojazdu może być umieszczony tylko w taki sposób, aby całkowita szerokość pojazdu z ładunkiem nie przekraczała 2,55 m, a przy szerokości pojazdu 2,55 m nie przekraczała 3 m, jednak pod warunkiem umieszczenia ładunku tak, aby z jednej strony nie wystawał na odległość większą niż 23 cm;

b) ładunek nie może wystawać z tyłu pojazdu na odległość większą niż 2 m od tylnej płaszczyzny obrysu pojazdu lub zespołu pojazdów

c) ładunek nie może wystawać z przodu pojazdu na odległość większą niż 0,5 m od przedniej płaszczyzny obrysu i większą niż 1,5 m od siedzenia dla kierującego

d) każdy ładunek wystający poza obrysy pojazdu powinien być oznakowany zgodnie z zasadami podanymi w art. 61 ust. 8 i ust. 9 ustawy prawo o ruchu drogowym.

Nie trzeba dodawać, że przewóz „nadgabarytów” wiąże się z kosztami przewyższającymi znacznie koszt przewozu normatywnego i ze względów ekonomicznych należy to uwzględniać również w fazie projektowej, tam gdzie można stosując wielkości prefabrykatów dające się przewieźć transportem normatywnym.

Transport normatywny

Powszechnie stosowane naczepy „Standard” i „Mega” mają charakterystyki jak przedstawiono w tab. 1.

Oznacza to, że elementy o długości do 13 m, szerokości do 2,4 m wysokości do 2,5 m i masie do 24 t mogą być przewożone relatywnie tanim transportem ogólnym, z zastrzeżeniem, że naczepy są dostosowane do równomiernego rozłożenia obciążeń na powierzchni podłogi, przy czym około 70% obciążenia przypadają na zestaw osi naczepy a 30% poprzez siodło na tylną oś ciągnika. Przekazanie obciążeń skupionych, w przypadku pojedynczych ciężkich prefabrykatów, wymaga zastosowania poprzecznych sztywnych belek podporowych. Pożądane dla belek sprzężonych podparcie jak najbliżej końców, przy wykorzystaniu pełnej długości naczepy, powoduje nierównomierność obciążenia osi i w efekcie brak możliwości wykorzystania pełnej nośności naczepy. Tym niemniej, zwłaszcza przy transporcie na duże odległości, optymalne może się okazać takie projektowanie prefabrykatów, aby znaczną część elementów można było przewieźć transportem ogólnego przeznaczenia.

Tabl. 1.
Charakterystyki naczep transportowych

Charakterystyka	Standard	Mega
Dopuszczalna ładowność Objętość ładunkowa	24 t 91 m ³	24 t 100 m ³
Długość Szerokość	13,62 m 2,55 m	
Wysokość	2,70 m	2,94 m
Szerokość ładunku	2,45 m	
Wysokość ładunku	2,67 m	2,90 m

Transport specjalistyczny ponadgabarytowy

Elementy większe lub cięższe od wyżej wymienionych wymagają transportu specjalistycznego. Do transportu długich elementów prętowych jak np. stupy lub belki stosuje się naczepy o regulowanej długości tzw. rozciągi (rys.57., 58.) z tylnymi osiami skrętnymi, wózki doczepne lub kombinacje (naczepa + wózek) dla elementów o bardzo dużej masie.



Rys. 57.
„Rozciąg” o nośności 28 t schemat i zdjęcie



Rys. 58.
Naczepa o zmiennej długości (rozciągów) o osiach skrętnych i nośności 42 t

W tej grupie ładunków istotnym rozróżnieniem jest długość i masa ładunku. Kategoria IV zezwoleni dotyczy długości zespołu pojazdów o osiach skrętnych do 30 m, co oznacza długość elementu w granicach do 27 m, a kat. V i VI - masy całkowitej do 60 t, co można przelożyć na masę elementu do 45-48 t. Przewóz elementów dłuższych lub cięższych kwalifikuje się do kat. VII, bardziej kosztownej, a przede wszystkim uciążliwej i czasochłonnej od strony formalnej. Stąd z punktu widzenia transportowego należy:

- w budownictwie halowym przekraczać długość 27 m i masę elementu 45 t, tylko w uzasadnionych przypadkach,

- elementy drugorzędne projektować możliwie w gabarytach i tonażu nadającym się do zastosowania transportu ogólnego (masa do 24 t, długość do 13 m, szerokość do 2,4 m, wysokość do 2,6 m) a większe masy i gabaryty elementów stosować w uzasadnionych ekonomicznie przypadkach.

Do przewozu ładunków o masie całkowitej ponad 50 t stosuje się wieloosiowe naczepy (fot. 4., 5.) lub zestawy składające się z ciągnika z naczepą (oparcie przodu elementu) i wózka z osiami skrętnymi (oparcie tyłu elementu). W tym przypadku sam przewożony element stanowi połączenie konstrukcyjne między ciągnikiem z naczepą i wózkiem.



Fot. 4.
Naczepa do prefabrykatów o masie ponad 50 t



Fot. 5.
Zestaw ciągnik z naczepą + wózek do najcięższych prefabrykatów o dużych długościach

Do transportu elementów ściennych (fot.6.) ze względu na wysokość stosuje się specjalne naczepy o podłodze transportowej położonej na poziomie 40 cm nad jezdnią, popularnie nazywane „wannami”, pozwalające przewieźć elementy o wysokości do 3,6 m bez naruszania skrajni wysokościowej. Ograniczeniem jest długość przewożonych elementów - 9,5 m, wynikająca z konstrukcji naczepy.

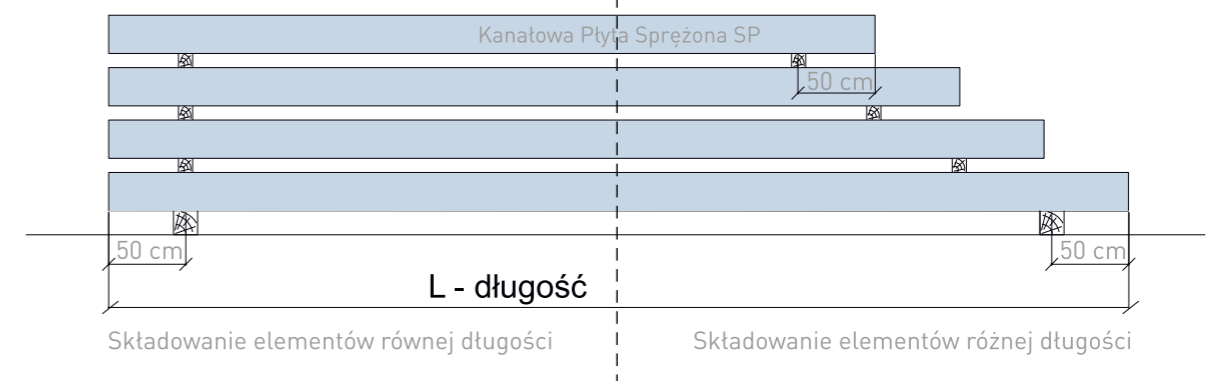


Fot. 6.
Naczepa do transportu ścian

umieszczone w zasięgu maszyny montażowej w miejscach przewidzianych projektem organizacji montażu. Do składowiska powinna prowadzić dobrze utrzymana droga o odpowiednio utwardzonej nawierzchni i parametrach gwarantujących właściwy ruch pojazdów. Składowiska urząda się na wyrównanym terenie o niewielkim nachyleniu gwarantującym odprowadzenie wód opadowych. Przy lokalizacji składowiska na gruntach gliniastych należy jego powierzchnię pokryć warstwą uwałowanego żwiru lub żużla bądź płytami betonowymi. Nie wolno ustawiać prefabrykatów bezpośrednio na gruncie, lecz tylko na drewnianych podkładach.

Podczas składowania i transportu elementy należy układać na podporach (przekładkach) drewnianych o wymiarach min. 5x5x120 cm umieszczonych nie dalej niż 50 cm od czoła opieranej płyty (rys.59.).

Rozmieszczenie prefabrykatów na budowie powinno być zgodne z projektem organizacji montażu. Odległość między stosami prefabrykatów lub stojaków od montowanego obiektu nie może być mniejsza niż 2,0 m. Elementy składowane pionowo ustawia się w specjalnych stojakach kartotekowych. Prefabrykaty długości do 4,8 m można umieszczać w stojakach jednostronnie, elementy dłuższe trzeba blokować stojakami dwustronnie. Czasem elementy ustawia się w pozycji pochylonej, opierając o specjalne kozła, jednocześnie z obu stron kozła, dążąc do zachowania zbli-



Rys. 59.
Składowanie płyt w sztaplach

W przypadku ścian o większych wysokościach należy ograniczyć ich długość do 3,6 m i przewozić na boku. Ściana taka musi być dozbrojona na obciążenie ciężarem własnym przy obracaniu na budowie z pozycji transportowej do pozycji wbudowania.

Jeżeli montaż na budowie nie odbywa się sposobem „z kół”, to należy organizować przyobiektowe składowiska prefabrykatów. Składowiska te powinny być

złożone z każdej strony, nie więcej jednak niż po dziesięć elementów. Prefabrykaty z fakturą trzeba zabezpieczać przekładkami elastycznymi. Prefabrykaty z fakturą oraz wbudowaną stolarką budowlaną trzeba zabezpieczyć przed opadami atmosferycznymi. Elementy składowane w pozycji poziomej układa się warstwami w stosy. Pierwsza warstwa każdego stosu jest układana na podkładach drewnianych

grubości nie mniejszej niż 15 cm, następne warstwy przedziela się drewnianymi przekładkami. Przekładki kolejnych warstw ukladają się jedna nad drugą w pionie. Grubość tych przekładek powinna być większa od wysokości wystających uchwytów montażowych, lecz nie mniejsza niż 7 cm. Liczba ustawianych elementów w stosie zależy od rodzaju prefabrykatu. Jednak wysokość stosu nie może przekraczać 1,8 m. Między stosami prefabrykatów wzdłuż rzędów i szeregów powinny być zachowane odstępki. Co drugi odstęp powinien mieć szerokość nie mniejszą niż 0,7 m, co zapewnia możliwość przejścia człowiekowi. Odstępki nie przelazowe nie powinny być większe niż 20 cm. Jeżeli przez składowisko przechodzą drogi dla środków transportowych, to szerokość tras przejazdowych o ruchu jednostronnym powinna być równa szerokości pojazdów plus 2,0 m. Jeżeli ruch ma być dwustronny, to szerokość ta nie powinna być mniejsza niż sama szerokość pojazdów poruszających się w przeciwnych kierunkach plus 3,0 m. Przed zdjęciem elementów ze środka transportowego i ułożeniem ich na składowisku należy poddać je odbiorowi na budowie, co polega na sprawdzeniu prefabrykatów pod względem: zgodności liczby i typów, prawidłowości oznakowania, prawidłowości załadunku i zabezpieczenia przed uszkodzeniami, jakości i stanu. W razie spostrzeżenia uszkodzeń prefabrykatów należy sporządzić protokół i niezwłocznie zawiadomić wytwórnę.

6.3. Technologia montażu

Montażem konstrukcji budowlanych nazywamy wszystkie prace związane z zestawieniem i trwałym połączeniem elementów lub ich zespołów jest końcowym etapem w całym ciągu procesów budowlanych mających na celu wzniesienie obiektu budowlanego w stanie surowym. Wśród robót montażowych należy wyróżnić roboty przygotowawcze, roboty podstawowe oraz roboty pomocnicze.

Montaż poszczególnych elementów obejmuje kolejno ewentualne tymczasowe wzmocnienie elementu, które ma zapobiec możliwości powstania odkształceń w wyniku innego układu obciążeń w czasie montażu w porównaniu z jego obciążeniem w czasie pracy w konstrukcji, a następnie przygotowanie elementu do podniesienia, tj. ułożenie go w sposób dogodny do podnoszenia i zamocowanie urządzeń pomocniczych takich jak jarzma, uchwyty, linki kierujące itp. W dalszej kolejności następuje założenie zawiesi i połączenie ich z hakiem maszyny montażowej oraz podniesienie na wymaganą wysokość i ustawienie elementu na miejscu przewidzianym w projekcie konstrukcyjnym i sprawdzenie prawidłowości ustawienia i tymczasowe zamocowanie montowanego elementu, zapewniające jego stateczność do chwili trwałego połączenia go z już wzniesioną konstrukcją. Po przeprowadzeniu tych czynności następuje odcięcie zawiesia, tj. rozłączenie elementu z hakiem maszyny montażowej, kontrolą i regulacją prawidłowości

usytuowania wszystkich zmontowanych elementów oraz wykonanie trwałego ostatecznego zamocowania elementów w konstrukcji zmontowanej zgodnie z wymaganiami projektu konstrukcyjnego.

W zależności od organizacji pracy w każdej z faz montowania elementu można rozróżnić kilka sposobów montażu elementu. W **fazie dostarczania elementu** może to być montaż z placu składowego, kiedy maszyna montażowa pobiera elementy do montażu ze składowiska usytuowanego w jej zasięgu, lub montaż z kół, kiedy maszyna montażowa pobiera elementy bezpośrednio ze środków transportowych usytuowanych w jej zasięgu. W **fazie podnoszenia elementów** rozróżnia się następujące operacje: unoszenie, gdy element traci bezpośredni kontakt z ziemią, obrót, gdy dolny koniec podnoszonego elementu pozostaje w stałym kontakcie z miejscem, na którym ma być ustawiony, a górny zatacza ćwierć łuku kotowego oraz obrót z nasuwaniem (poślizg), gdy górny koniec podnoszonego elementu zatacza łuk, a dolny przesuwa się po powierzchni ku miejscu, na którym ma być ustawiony. W **fazie ustawiania elementu** mamy do czynienia z montażem swobodnym, kiedy element jest ustawiany swobodnie w miejscu wbudowania, a jego usytuowanie w konstrukcji wyznacza się według krawędzi elementów, osi ścian budynków itp., lub z montażem wymuszonym, gdy poszczególne elementy ustawia się w miejscu wbudowania za pomocą specjalnych występów, trzpieni, śrub itp., zwanych stabilizatorami.

Ze względu na organizację montażu konstrukcji budowlanych rozróżnia się metody rozdzielczą oraz kompleksową. Metoda rozdzielcza polega na kolejnym ustawianiu wszystkich elementów jednego typu danej konstrukcji (np. wszystkich stópów, belek podwalinowych itp.). Metoda kompleksowa, polega na kolejnym ustawianiu wszystkich (różnych) elementów znajdujących się w kolejnych przekrojach poprzecznych montowanego obiektu; w metodzie tej niezbędne są złącza mające możliwość przenoszenia charakterystycznych dla nich obciążeń bezpośrednio po wykonaniu.

6.3.1. Projekt technologii i organizacji montażu

Przeprowadzenie montażu w sposób prawidłowy i bezpieczny wymaga przygotowania dobrego projektu technologii i organizacji montażu oraz jego konsekwentnego wdrożenia. Projekt taki stanowi integralną część dokumentacji technologiczno-organizacyjnej budowy.

Organizacja montażu zależy od wielu czynników, takich jak rodzaj budynku, konstrukcja budynku, rodzaj złącza między prefabrykatami, rodzaj stosowanego sprzętu montażowego oraz czas przeznaczony na montaż. Projekt technologii i organizacji robót montażowych składa się z części opisowej i części graficznej.

Część opisowa projektu powinna zawierać:

- Dane wyjściowe i charakterystykę obiektu. Określa

się uczestników procesu inwestycyjnego, istniejące warunki wykonywania robót oraz podstawowe dane obiektu.

- Charakterystykę lokalnych warunków realizacji, a w tym: ukształtowanie terenu budowy, warunki gruntowo-wodne, topografię regionu budowy ze wskazaniem dróg dojazdowych, ich stanu nośności oraz stanu i nośności istniejących wiaduktów i mostów.
- Zestawienie prefabrykatów.
- Ogólną koncepcję wykonania montażu.
- Zasady doboru maszyn głównych do montażu.
- Zestawienie urządzeń pomocniczych do montażu.
- Dane dotyczące transportu i składowania prefabrykatów.
- Omówienie technologii montażu poszczególnych rodzajów prefabrykatów. Określa się tu sposoby ich pobierania, zawieszania na haku maszyny montażowej i wbudowania.
- Zasady organizacji brygad montażowych z podaniem cykli montażu. Ustala się skład brygady montażowej, jej podział na zespoły oraz obowiązki pracowników w poszczególnych zespołach. Określa się cykle montażowe.
- Wytyczne w zakresie technologii montażu w warunkach zimowych. O ile z harmonogramu prac wynika, że będą one prowadzone w warunkach obniżonych temperatur, należy przewidzieć takie zabiegi technologiczne, których wykonanie zapewni odpowiednią jakość robót i ich bezpieczny przebieg.
- Adaptację przepisów bhp do danych warunków budowy i montażu. Należy tu podać zasady postępowania i warunki bezpiecznego montażu konstrukcji w lokalnych warunkach realizacyjnych.

Część graficzna projektu technologii i organizacji montażu powinna zawierać:

- Ogólny plan zagospodarowania placu montażu, wykonany zazwyczaj w skali 1:200, a w nim: rzut realizowanego obiektu, drogi, tory, pasma jezdne i stanowiska maszyn montażowych, place składowania z przed montażowym ułożeniem prefabrykatów, podział obiektu na działki montażowe, ogólny kierunek postępu montażu i trasy dowozu prefabrykatów.
- Plany montażu poszczególnych kondygnacji lub faz montażu (wykonywane zazwyczaj w skali 1:50 lub 1:100, na których powinny być zaznaczone wszystkie elementy podlegające montażowi - z naniesieniem symbolu elementu i jego kolejności montażowej, ustawienie urządzeń do prowizorycznego zamocowania elementów, podział na działki montażowe i ogólny kierunek montażu.
- Schematy pracy maszyn montażowych (wykonywane zazwyczaj w skali 1:50 lub 1:100), które powinny potwierdzić, że dana maszyna montażowa została dobrana prawidłowo.
- Szkice, rysunki i wykresy urządzeń pomocniczych. Jeśli do montażu jako urządzenia pomocnicze wykorzystuje się urządzenia typowe, wystarczy wykonać zestawienie takich urządzeń z określeniem podsta-

wowych ich parametrów i oznaczenia katalogowego oraz potrzebnej ich liczby.

- Rysunki wyjaśniające sposób wykonania węzłów i złączy elementów. Rysunki te sporządza się w takiej skali, aby były czytelne szczegóły połączenia. Rysunki powinny zawierać detale konstrukcyjne oraz przedstawiać kolejność czynności wykonywanych przy tworzeniu złącza, jak również parametry stosowanego materiału.
- Harmonogram montażu, którego skala czasowa i dokładność są uzależnione od stopnia skomplikowania obiektu oraz doświadczenia realizującego prace przedsiębiorstwa.

6.3.2. Przygotowanie budowy i obiektu do prowadzenia robót montażowych

Przed przystąpieniem do robót montażowych na budowie należy:

- ogrodzić teren,
 - wyrównać plac i dopilnować, by przed rozpoczęciem robót montażowych na terenie wykorzystywanym przy montażu zostały wykonane zewnętrzne podziemne sieci instalacyjne oraz podłoża dróg stałych,
 - wyznaczyć i urządzić składowiska prefabrykatów,
 - przygotować drogi dojazdowe do placu budowy i drogi na tym placu,
 - zapewnić dostawę energii elektrycznej
 - zainstalować odpowiednie oświetlenie,
 - zapewnić dostawę wody,
 - przygotować pomieszczenia socjalne dla załogi.
- Przed przystąpieniem do robót montażowych na danym obiekcie należy:
- założyć osnowę geodezyjną realizacji,
 - przygotować odpowiednie maszyny i urządzenia montażowe, które na swoich stanowiskach roboczych muszą być odebrane przez inspektora Biura Dozoru Technicznego,
 - przygotować sprzęt pomocniczy do montażu,
 - zgromadzić odpowiedni zapas elementów do montażu i zapewnić ich dalszą dostawę,
 - wyznaczyć strefy niebezpieczne przy montażu,
 - skompletować i przeszkolić odpowiednią brygadę montażową,
 - zapewnić dostawę niezbędnych materiałów uzupełniających.

6.3.3. Brygada montażowa

Skład brygady montażowej jest zmienny i zależy od technologii montażu, rodzaju montowanych elementów oraz organizacji pracy na budowie. W najogólniejszym przypadku do zadań brygady montażowej należy wybranie i przygotowanie elementu do montażu, podwieszenie elementu na haku żurawia, przygotowanie miejsca montażu elementu, ustawienie elementu, jego rektyfikacja i prowizoryczne zamocowanie, oraz wykonanie trwałych połączeń elementów. To ostatnie zadanie może być skomplikowane i polegać na wykonaniu takich czynności jak dobrojenie

i pospawanie elementów stalowych, ułożenie wymaganych warstw izolacyjnych, zadeskowanie szczelin i otworów i ułożenie mieszanki betonowej lub zaprawy, jej odpowiednie zagęszczenie i wykończenie widocznej powierzchni.

Taki zbiór czynności wymaga, by skład osobowy brygady montażowej miał charakter kompleksowy. Brygada pracuje zazwyczaj w dwóch grupach. Grupa pierwsza, składająca się na ogół z jednego lub dwóch montażystów, przebywa na składowisku prefabrykatów. Są to tak zwani linowi albo hakowi. Do ich obowiązków należy:

- odnalezienie na składowisku potrzebnego elementu,
- sprawdzenie stanu elementu,
- sprawdzenie stanu marek, okuć, otworów i ewentualne oczyszczenie ich z betonu,
- zaznaczenie na elemencie punktów charakterystycznych, np. przebiegu osi,
- zaczepienie lin kierunkowych do sterowania elementem w czasie podnoszenia,
- dobranie odpowiedniego zawiesia,
- połączenie zawiesia z hakiem żurawia,
- połączenie zawiesia z elementem,
- danie sygnału do próbnego podnoszenia,
- przeprowadzenie próbnego podnoszenia, tj. obserwowanie zachowania się elementu i zawiesia w czasie pierwszej fazy jego unoszenia; jeżeli w tej fazie wystąpią zaktócenia, linowy daje sygnał operatorowi do przerwania podnoszenia i opuszczenia elementu. Druga grupa brygady montażowej pracuje na montowanej konstrukcji do ich zadań należy:
 - wyznaczenie miejsca montażu każdego elementu,
 - wyznaczenie punktów kontrolnych i kierunkowych,
 - przygotowanie miejsca oparcia elementu
 - przygotowanie sprzętu do tymczasowego zamocowania i rektyfikacji,
 - przygotowanie drabinek, pomostów i rusztowań,
 - przejście elementu,
 - naprowadzenie elementu wg znaczników i instrumentów na właściwą pozycję,

- założenie stężeń, uchwytów, odciągów
- tymczasowe zamocowanie i rektyfikacja elementu,
- odcięcie elementu od zawiesia,
- podanie sygnału do odjazdu maszyny montażowej,
- dokładna rektyfikacja elementu.

Roboty montażowe należy wykonywać pod kierunkiem osoby mającej odpowiednie przygotowanie techniczne oraz uprawnienia. Brygada montażowa powinna być przeszkolona w zakresie wykonywanej technologii montażu i warunków bezpieczeństwa pracy. Przed przystąpieniem do montażu brygada powinna przejąć potrzebny sprzęt i sprawdzić jego stan. Zgodnie z obowiązującymi przepisami przebieg montażu powinien być dokumentowany w dzienniku montażu.

6.3.4. Montaż elementów

6.3.4.1. Elementy kładzione

Do elementów kładzionych zalicza się elementy pracujące poziomo lub pod niewielkim nachyleniem: płyty stropowe, balkonowe, spocznikowe i dachowe, belki oraz dźwigary. Ich montaż (fot. 7.) obejmuje: wyznaczenie położenia elementu, przygotowanie złącza, podwieszenie elementu do haka maszyny montażowej, montaż właściwy, wykonanie lub wykończenie złącza. Aby montaż wszystkich elementów przebiegał prawidłowo, należy przestrzegać następujących zasad:

- każdy element przed podniesieniem trzeba oczyścić z błota, śniegu i lodu,
- podnoszenie i opuszczanie prefabrykatu powinno odbywać się pionowo, powoli, bez wstrząsów i szarpnięć, nie wolno odciągać prefabrykatu zawieszono na haku maszyny montażowej,
- 30 cm nad poziomem powierzchni oparcia opuszczanie prefabrykatu wstrzymuje się, aby montażysty mogli naprowadzić go na właściwe miejsce.
- przed wykonaniem złącza trwałych należy sprawdzić prawidłowość wbudowania prefabrykatu.



Fot. 7.
Unoszenie dźwigara strunobetonowego przy użyciu jednego żurawia samojezdnego

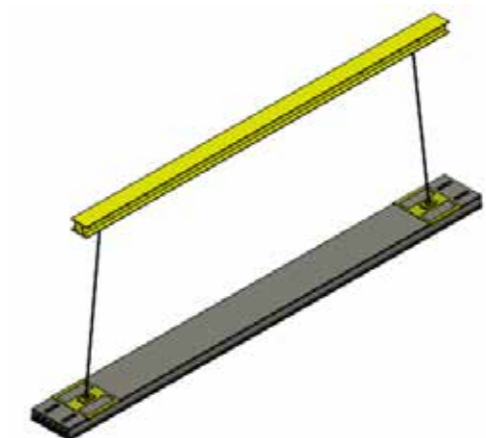
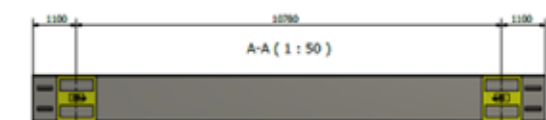


Fot. 8.
Prefabrykowany kielich żelbetonowy usytuowany w miejscu trwałego zamocowania

Montaż płyt stropowych i dachowych

Przed przystąpieniem do montażu płyt trzeba w miejscu ułożenia zaznaczyć krawędzie poszczególnych elementów. Miejsca ułożenia należy oczyścić z ewentualnych zabrudzeń betonem, przygiąć zbyt wystające pręty itp. Na podporach rozkłada się warstwę zaprawy grubości 15-20 mm. Płyty unosi się, wykorzystując zawiesia czterolinowe lub trawersy (rys. 60.). Jedna para lin w takim zawiesiu powinna być nieco krótsza, aby pochylenie płyty do poziomu wynosiło około 5%. W wyniku tego płytę opiera się najpierw jednym końcem, co bardzo ułatwia jej właściwe naprowadzenie na miejsce przeznaczenia. Jest to tym ważniejsze, że ze względu na rozłożoną zaprawę płytę należy od razu położyć na właściwym miejscu. Późniejsza rektyfikacja jest praktycznie niemożliwa i o ile płyta po

ułożeniu nie zajmuje właściwej pozycji, trzeba ją podnieść, uzupełnić warstwę zaprawy i próbować ułożyć od nowa. W celu uniknięcia takich sytuacji można w wyznaczonych uprzednio miejscach styków płyt ułożyć specjalne płytki betonowe grubości takiej samej jak potrzebna warstwa zaprawy. Montaż płyt sprężonych należy do trudniejszych operacji, lecz przy zachowaniu wszystkich zasad prawidłowego montażu staje się montażem bezpiecznym. Najważniejszym aspektem bezpiecznego montażu jest restrykcyjne podejście do punktu przyłożenia szczęk zawiesi oraz kąta odchylenia elementów łączących szczęki z belką trawersową.



Rys. 60.
Schemat montażowy płyt sprężonych

Płyty opierają się na konstrukcji za pośrednictwem podkładek neoprenowych lub zaprawy, zgodnie z założeniami projektowymi. W przypadku stosowania zaprawy należy przygotować odpowiednią ilość płytek stalowych o różnej grubości tak, aby możliwe było zniwelowanie różnic wysokościowych występujących na podparciu. Szczęki montażowe muszą być przymocowane do odpowiedniej trawersy w odpowiednim

miejszu. Płyty należy podnosić mocując szczytki w odległości ok. 50 cm od końców płyty.

Montaż belek i dźwigarów

Przed przystąpieniem do montażu belek i dźwigarów (fot. 9.) należy na tych elementach i na ich podporach wyznaczyć punkty charakterystyczne. Są to na ogół: oś belki i odcinki belki, które mają spoczywać na podporach. Belki unosi się zazwyczaj, wykorzystując zawieszanie dwulinowe zapewniające 5-proc. pochylenie elementu w czasie przenoszenia. Poziom ułożenia belek reguluje się zazwyczaj za pomocą podkładek stalowych, neoprenowych albo wykonuje się podlewki z betonu lub zaprawy. Smukłe dźwigary kratowe trzeba czasem wzmocnić na czas montażu przez zamocowanie na nich specjalnej konstrukcji usztywniającej. Przy montażu dźwigarów o większych rozpiętościach, podatnych na podmuchy wiatru, jest niezbędne stosowanie konopnych lin kierunkowych. Są one używane do naprowadzania dźwigara wiszącego na haku maszyny montażowej we właściwe położenie. Zakładanie tych lin i operowanie nimi należy do obowiązków montażystów (linowych) obsługujących składowisko prefabrykatów. Do tymczasowego zamocowania i rektyfikacji dźwigarów o wysokości przekroju ponad pięciokrotnie większej niż szerokość podstawy służą specjalne łączniki. Pierwszy ustawiony dźwigar trzeba stężyć bardzo starannie, np. za pomocą czterech odciągów. Następne można usztywniać rozporami, zamocowanymi do elementów wcześniej zmontowanych. Czasami zamiast stosować rozpory, zmontowane dźwigary pokrywa się płytami stropowymi lub dachowymi.



Fot. 9.
Montaż dźwigara strunobetonowego

6.3.4.2. Elementy stawiane

Elementy stawiane to stupy, ramy i elementy ścian. Montaż tych elementów obejmuje następujące czynności: wyznaczenie położenia elementu w budowlu (fot. 10.), przygotowanie złącza, podwieszenie elementu na haku maszyny montażowej, ustawienie, tymczasowe zamocowanie i rektyfikację położenia elementu, wykonanie złącza stałego.



Fot. 10.
Kielichowa stopa fundamentowa z naniesionymi osiami konstrukcyjnymi obiektu przygotowana do montażu żelbetowych stupów prefabrykowanych

Montaż stupów

Montaż stupów może się odbywać przez całkowite zawieszenie na haku, obrót lub obrót z nasuwaniem który wykonuje się bardzo rzadko. Przy montażu stupa przez całkowite zawieszenie na haku maszyny montażowej należy w ramach przygotowań oczyścić element, zaznaczyć jego oś na powierzchniach bocznych oraz zaczepić uchwyty do mocowania odciągów lub zastrzałów. Przygotowanie miejsca zmontowania stupa polega na naniesieniu przebiegu osi budowli, wg których będzie nastawiany stupa, sprawdzeniu rzędnej powierzchni wsporczej stupa i ewentualnym dopasowaniu przekładek korekcyjnych.

Podczas podnoszenia stupa (fot. 11.) są czasem niezbędne pewne czynności pomocnicze, np. obrócenie elementu z pozycji składowania do pozycji montażowej lub dodatkowe usztywnienie stupa bardzo smukłego. Jeżeli stupa jest ustawiany w stopie kielichowej, to jego prowizoryczne zamocowanie polega na wbiciu co najmniej sześciu klinów z twardego drewna w szczeliny między ściankami kielicha stopy a powierzchniami bocznymi stupa. Pobjając i luzując odpowiednie kliny, można stupa ustawić dokładnie w planie i wstępnie go spionować. Stupy niskie (do 4 m) powinny być przytrzymywane przynajmniej trzema rozporami montażowymi, a stupy wysokie (powyżej 4 m) -czterema rozpo-



Fot. 11.
Żelbetowy stupa prefabrykowany podnoszony przy pomocy sprzętu do transportu pionowego

Operacja

Przed rozpoczęciem montażu należy dokonać wstępnych oględzin czy element nie jest uszkodzony i podczepić zawiesz.

Każdy prefabrykat pewien zostać uniesiony na wysokość maksymalnie 50 cm. Po podniesieniu należy zweryfikować poprawność zaczepienia zawiesi i wykonać ewentualną rektyfikację.

Podczas operacji podnoszenia pod żadnym pozorem nie należy przebywać pod ani wokół podnoszonego elementu.

Prefabrykat należy unosić powoli sterując nim za pomocą lin kierunkowych z bezpiecznej odległości.

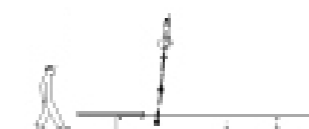
Po założeniu wypór stalowych stabilizujących należy wyciągnąć zawleczkę blokującą sworzni przy pomocy linki.

i statecznych elementów podłoża, jedynie na czas montażu i do momentu osiągnięcia minimalnej wytrzymałości zalanego złącza lub zamka (fot.12.). Podczas takiego montażu należy pamiętać o zachowaniu kolejności poszczególnych operacji i zasad bezpieczeństwa.



Fot. 12.
Schemat mocowania żelbetowych stupów prefabrykowanych (a), żelbetowe stupy prefabrykowane z podporami tymczasowymi (b)

Schemat



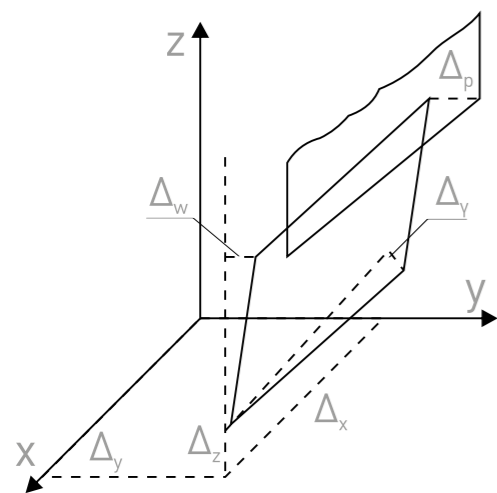
Tabl. 2.
Kolejność wykonywania operacji podczas montażu stupa

6.3.4.3. Wykonywanie złączy oraz dokładność montażu

Wykonanie złączy między elementami prefabrykowanymi wymaga wielu czynności, których przeprowadzenie powinno zapewnić złącza możliwość spełnienia wszystkich niezbędnych funkcji konstrukcyjnych i izolacyjnych. Funkcję wyłączenie konstrukcyjną spełniają połączenia w formie trzpieni betonowych lub żelbetowych i połączenia metalowe.

Przy montażu każdego obiektu występuje wiele drobnych niedokładności (rys.61.), które mogą być spowodowane: błędami projektowymi, niestarannością produkcji prefabrykatów i nieprawidłowościami montażu. Można wskazać następujące niedokładności montażowe:

- przesunięcie prefabrykatu wzdłuż osi poziomych (Δx , Δy),
- przesunięcie prefabrykatu wzdłuż osi pionowej (Δz),
- skręcenie prefabrykatu wzdłuż osi pionowej (Δy),
- wychylenie prefabrykatu z pionu (Δw),
- przesunięcie prefabrykatu górnej kondygnacji względem prefabrykatu niższej kondygnacji (Δj),
- zwichrowanie płyt stropowych.



Rys. 61.
Rodzaje możliwych odchyłek montażowych

Powstałe niedokładności mogą, w zależności od ich wielkości, spowodować mniej lub bardziej negatywne skutki dotyczące poszczególnych elementów lub całej konstrukcji. Dlatego w każdym projekcie technologii i organizacji montażu powinny znajdować się tablice odchyłek dopuszczalnych, jakie mogą wystąpić. Z kontroli tych odchyłek sporządza się protokół i wpis do dziennika budowy zawierający pozytywny wynik kontroli przy montowaniu konkretnego obiektu.

6.3.4.4. Kontrola jakości montażu - odbiory konstrukcyjne

Do stwierdzenia, że budynek jest zmontowany prawidłowo, a występujące w nim odchyłki nie przekraczają odchyłek dopuszczalnych, potrzebna jest ciągła kontrola robót, w wyniku której przeprowadza się odbiory poszczególnych kondygnacji budynku i końcowy odbiór

stanu surowego budynku. Działania kontrolne obejmują:

- **kontrolę i odbiór stanu surowego**, którą przeprowadza się komisyjnie, a wynik opisuje w protokole odbioru;

- **kontrolę dokładności montażu prefabrykatów**, która powinna poprzedzać ostateczne zamocowanie prefabrykatu i być przeprowadzona przez kierownika budowy lub kierownika montażu; sprawdza się osiowość ustawienia lub ułożenia prefabrykatów, przesunięcia w poziomie i pionie, szerokość spoin, dokładność ich uszczelnienia; stwierdzone odchyłki przekraczające wartość dopuszczalną powinny być wpisane do dziennika budowy i zaakceptowane lub zakwalifikowane przez inspektora nadzoru i nadzór autorski;

- **kontrolę dokładności wykonania oraz uszczelnienia węzłów i spoin**, którą powinien przeprowadzać na bieżąco kierownik budowy albo kierownik montażu oraz inspektor nadzoru, a wrywkowo projektant; kontrolę prowadzi się **dwuetapowo**. W **etapie pierwszym** sprawdza się dokładność połączeń konstrukcyjnych w węzłach, prawidłowość wykonania łączy i ich spawania oraz prawidłowość ułożenia ewentualnych warstw izolacyjnych; W **etapie drugim** sprawdza się dokładność wypełnienia złączy mieszanką betonową;

- **kontrolę dokładności montażu i odbiór zespołów prefabrykowanych**. Kontrola ta powinna być wykonana przez nadzór inwestorski na podstawie zgłoszenia przez kierownika budowy i obejmować sprawdzenie następujących elementów: zewnętrznych wymiarów budynku, ułożenia stropów w poziomie, prawidłowości ustawienia poszczególnych elementów i wartości odchyłek (wrywkowo), szerokości spoin pionowych i poziomych, uszczelnienia spoin zewnętrznych, otworów zewnętrznych obróbek blacharskich itp., a także szczelności; **Wyniki kontroli** powinny być wpisane do dziennika budowy; komisyjny odbiór stanu surowego budynku, który przeprowadza się na podstawie pełnej dokumentacji budynku, atestów innych materiałów, a także zapisów w dzienniku budowy (dotyczących odbiorów poszczególnych kondygnacji lub innych fragmentów budynku), dziennika montażu i ewentualnych ekspertyz; odbiór dokonuje komisja w składzie: inspektor nadzoru, przedstawiciel nadzoru autorskiego, kierownik budowy lub kierownik montażu; komisja powinna zapoznać się z uprzednio wymienionymi dokumentami, przeprowadza kontrolę jakości wykonania stanu surowego i sporządza protokół końcowy z wyników kontroli.

Tabl. 3.
Wartości odchyłek montażowych prefabrykowanych elementów budowli przemysłowych

Rodzaj elementu	Rodzaj odchyłki	Dopuszczalna odchyłka
Słupy ramy	a) przesunięcie poziome osi elementu b) przesunięcie pionowe elementu c) wychylenie z pionu elementu przy wysokości: h < 10 m h > 10 m	±10 mm +5, -10 mm ±15 mm 1:1000/2
Wiązary kratowe, dźwigary, belki, rygle	a) przesunięcie poziome podpór b) przesunięcie pionowe podpór c) wychylenie z pionu pasa górnego w środku rozpiętości d) ugięcie pasa dolnego w środku rozpiętości e) przesunięcie wzajemne dwóch sąsiednich dźwigarów	±15 mm ±20 mm 1:250. wysokości 1:500 rozpiętości ±15 mm
Belki pod tory podsunnicowe	a) przesunięcie poziome podpór b) przesunięcie pionowe podpór c) odchylenie środka belki od płaszczyzny symetrii przechodzącej przez osie podpór d) różnica poziomu główki szyn w dowolnym przekroju budynku: na podporach między podporami e) różnica poziomu główki szyny na sąsiednich podporach f) różnica w odległości między osiami równoległych szyn g) przesunięcie czopa szyn na podporze w poziomie i pionie h) przesunięcie osi szyny w osi belki i) odchylenie osi szyny od linii prostej	±15 mm ±10 mm 1:500 wysokości belki 10 mm 15 mm 1:500 odległości między podporami, lecz nie więcej niż 10 mm ±5 mm ±1 mm 15 mm 10 mm
Płyty przekryć	a) przesunięcie w pionie płyt b) odchylenie od poziomu położenia c) różnica w grubości spoin poziomych	±10 mm 1:1000 rozpiętości ±5 mm

6.3.4.5. Roboty montażowe w okresie obniżonych temperatur

W okresie obniżonych temperatur roboty montażowe powinny być uzupełniane o zabiegi specjalne. Dokładne zalecenia są zawarte w instrukcji pt. „Wytyczne wykonania robót budowlano-montażowych w okresie zimowym przy temperaturach do -15°C”, wydanej przez Instytut Techniki Budowlanej. Zeszyt siódmy tej instrukcji dotyczy właśnie montażu budynków z prefabrykowanych elementów żelbetowych. Zgodnie z zapisami tam zawartymi roboty montażowe są dopuszczalne, jeśli:

- temperatura nie spada poniżej -5°C, a prędkość wiatru nie przekracza 8 m/s,
- temperatura nie spada poniżej -10°C, a prędkość wiatru nie przekracza 4 m/s,
- temperatura nie spada poniżej -15°C, a prędkość wiatru nie przekracza 2 m/s. Jeżeli mróz jest większy lub wiatr silniejszy, to montaż jest zabroniony. Robót montażowych nie można również wykonywać podczas gołoledzi, opadów śniegu lub deszczu (do czasu usunięcia skutków opadów).

Montaż w temperaturze do -10°C jest dozwolony pod warunkiem zastosowania środków zapewniających wiązanie i twardnienie betonu i zapraw. Montaż w temperaturze od -10 do -5°C wolno wykonywać tylko wyjątkowo i tylko stosując specjalne zabezpieczenia przed zamrożeniem wszystkich fragmentów konstrukcji, które zawierają niezwiązaną zaprawę lub mieszkankę betonową. Zabezpieczenia te powinny być utrzymywane aż do osiągnięcia wymaganej wytrzymałości. W tym celu stosuje się:

- okrywanie materiałami izolującymi,
- domieszki chemiczne,
- nagrzewanie promieniami podczerwieni,
- nagrzewanie gorącym powietrzem,
- nagrzewanie parą,
- nagrzewanie prądem elektrycznym.

Spawanie elementów złączy jest dozwolone bez zastrzeżeń przy temperaturze nie niższej niż -5°C, przy temperaturze niższej, do -10°C, trzeba stosować ostony od wiatru i zapewnić takie warunki, żeby wykonane spawy stygły powoli, co uzyskuje się, ogrzewając otoczenie miejsc spawania. Działania te wymagają sprawdzenia i odbioru. Zespoły brygad montażowych, brygadziści i majstrowie, niezależnie od ich kwalifikacji i stażu pracy, powinni być przed nadejściem okresu zimowego dodatkowo przeszkoleni w zakresie technologii pracy w warunkach obniżonych temperatur.

6.3.4.6. Przygotowanie budowy i montaż konstrukcji w warunkach zimowych

W przypadku konieczności prowadzenia robót montażowych w warunkach zimowych należy bacznie uważać na prawidłowe przygotowanie placu budowy. I tak:

- składowiska prefabrykatów muszą mieć odpowiednio przygotowaną powierzchnię; dotyczy to utwardzenia i spadków zapewniających właściwy odpływ wód opadowych,
- stopy prefabrykatów muszą być ułożone szczelnie,

bezwzględnie na podkładach drewnianych i ostonięte od śniegu i wiatru plandekami, folią lub papą,

- jeżeli zdarzy się, że prefabrykaty przymarzną do podkładu lub między sobą, trzeba je rozmrozić gorącym powietrzem lub parą wodną i dopiero wtedy podnosić żurawiem,
- po krótkim opadzie należy zgarniać śnieg z plandek, papy, folii lub mat stomianych przykrywających elementy,
- przed montażem każdy element trzeba starannie obejrzeć, oczyścić powierzchnie stykowe elementu i podłoże ze śniegu, lodu oraz wszystkich innych zanieczyszczeń,
- stanowiska montażowe oraz sprzęt pomocniczy do montażu należy przed rozpoczęciem pracy starannie oczyścić ze śniegu i lodu, a przejścia i chodniki posypać piaskiem lub popiołem,
- brygadam montażowym zapewnić lekką, ciepłą, nieprzemakalną i niekrępującą ruchów odzież roboczą,
- w pobliżu miejsc montażu umieścić grzejniki dla monterów.

6.3.5. Ogólne zasady bhp przy robotach montażowych

Personel techniczny budowy, członkowie brygad montażowych oraz operatorzy powinni być przeszkoleni w zakresie technologii montażu konstrukcji budowlanych.

Wskazane wyżej osoby bezpośrednio przed rozpoczęciem montażu obiektu budowlanego powinny być dokładnie zaznajomione z technologią jego montażu i specyficznymi wymaganiami w zakresie techniki, bhp. Fakt przeprowadzenia przeszkolenia w zakresie danej technologii, z wymienieniem imion i nazwisk przeszkolonych, powinien być potwierdzony wpisem do dziennika budowy lub dziennika montażu.

W obrębie terenu montażu i w zasięgu maszyn montażowych, jak i żurawi obsługujących składowiska prefabrykatów, nie mogą przebiegać napowietrzne przewody instalacji elektrycznej. Trzeba stosować wyłącznie kable podziemne z wyprowadzeniami na słupach w miejscach podłączeń do sieci.

Przed rozpoczęciem montażu należy wyznaczyć i wygrodzić strefy niebezpieczne, rozstawić w widocznych miejscach tablice ostrzegawcze.

Żurawie montażowe należy zaopatrzyć w automatyczne wyłączniki mechanizmu udźwigu powodujące zatrzymanie maszyny, gdy na jej haku zostanie zawieszony ciężar przekraczający udźwig nominalny. Przy braku automatycznych wyłączników lub ich niesprawności żuraw powinien być wyposażony w tablicę z podanym nominalnym udźwigiem, a w wytwórni na widocznej powierzchni każdego prefabrykatu powinna zostać napisana farbą jego masa.

Do pracy na wysokości nie można dopuszczać ludzi nawet z drobnymi obrażeniami ciała.

Przy pracach montażowych na wysokości obowiązuje używanie pasów bezpieczeństwa. Linki tych pasów powinny być zaczepiane do trwale zamocowanych elementów realizowanej konstrukcji lub pomocniczych rusztowań. Jeżeli warunki pracy nie pozwalają na zabezpieczenie się pasami, konieczne jest użycie pomostów roboczych lub

siatek ochronnych mocowanych nie niżej niż 2,5 m poniżej poziomu pracy monterów.

Bezpośredni montaż powinien być prowadzony przez kierownika obiektu bądź wyznaczonego przez niego inżyniera, starszego technika lub majstra. Osoby te muszą mieć odpowiednią wiedzę praktyczną uzupełnioną przeszkoleniem w zakresie technologii i organizacji oraz bezpieczeństwa pracy przy montażu.

Prace montażowe mogą odbywać się normalnie, gdy prędkość wiatru nie przekracza 10 m/s. Prowadzenie montażu jest niedozwolone: przy złej widoczności, w czasie opadów atmosferycznych, bezpośrednio po opadach, aż do czasu wyschnięcia montowanej konstrukcji oraz pomostów montażowych, przy gołoledzi, w temperaturze niższej niż -10°C.

Przy montażu w godzinach wieczornych lub nocnych trzeba stosować oświetlenie zapewniające pełną widoczność bez ostrych cieni. Operatorzy muszą mieć uprawnienia do obsługi ciężkich maszyn montażowych, znać dokładnie użytkowaną maszynę i posiadać umiejętność sterowania jej pracą.

Urządzenia podnośne, jak liny, zblocza, haki, zawiesia, muszą być codzienne przeglądane przez operatora w celu stwierdzenia, czy znajdują się w dobrym stanie technicznym. Należy też kontrolować pasma jezdni lub torowiska żurawi i usuwać zauważone usterki przed rozpoczęciem pracy. Szczególną kontrolę trzeba przeprowadzić po ulewnych deszczach i w okresach odwilży.

Przed rozpoczęciem pracy na każdej zmianie operator powinien sprawdzać prawidłowość pracy żurawia, wykonując bez obciążenia wszystkie ruchy robocze.

Przed podnoszeniem prefabrykatów jest konieczne próbne ich podniesienie na wysokość ok. 50 cm i sprawdzenie prawidłowości pracy żurawia, zawiesia i zaczepów.

Podnoszenie prefabrykatów może odbywać się jedynie przy pionowym położeniu lin udźwigu.

Nie wolno podnosić ciężarów nieswobodnych, np. przymarzniętych do podkładów lub do ziemi, połączonych ze sobą, zagłębionych w ziemi itp. Należy je przed podnoszeniem odszpać, odczepić lub odkopać. Przy za- i wyładunkach nie wolno przemieszczać prefabrykatów ponad kabiną kierowcy maszyny transportowej, mimo że kierowca pojazdu ma obowiązek wyjścia z szoferki i przebywania poza zasięgiem pracy żurawia. Prefabrykaty zawieszane za pośrednictwem zawiesia na haku żurawia powinny być przemieszczane przynajmniej 1,5 m ponad zmontowanymi fragmentami konstrukcji, rusztowania lub innymi przedmiotami znajdującymi się na trasie nadziemnego transportu oraz 2,5 m nad poziomem pracy robotników.

Podczas przemieszczania prefabrykatów lub innych ładunków nad miejscami przebywania robotników operator powinien nadawać dźwiękowy sygnał ostrzegawczy, zobowiązujący wszystkich do usunięcia się poza strefę niebezpieczną.

Robotnicy linowi są odpowiedzialni za nieprzekraczanie udźwignów nominalnych maszyn montażowych. Gdy żuraw nie ma automatycznego wyłącznika pracy mechanizmu udźwigu, wskazani robotnicy powinni znać masę każdego prefabrykatu.

Stateczność płyt ściennych ustawianych na składowisku powinny zapewniać inwentaryzowane stojaki. Zaczepianie haków zawiesi powinno być dokonywane z pomostów zamontowanych do stojaków, a w przypadku ich braku -z wolno stojących przestawnych drabinek z pomostami. Nie wolno zaczepiać lub odczepiać haków, stojąc na górnych powierzchniach płyt ściennych.

Przy pobieraniu prefabrykatów z pojazdów transportowych w celu składowania bądź montażu „z kół” należy zapewnić:

- a) stateczność ładunku w czasie pobierania poszczególnych prefabrykatów,
- b) bezpieczne poruszanie się ludzi na pojeździe w czasie zaczepienia prefabrykatu na hakach zawiesi,
- c) dogodne i prawidłowe zaczepienie prefabrykatów na zawiesiach,
- d) dogodne wchodzenie i schodzenie z pomostów pojazdów z eliminacją „wdrapywania się” i zeskoków,
- e) wyeliminowanie możliwości zaczepienia się prefabrykatów w czasie ich przemieszczania.

Prefabrykatów przewożonych w pozycji poziomej, a wbudowywanych pionowo, nie wolno pobierać bezpośrednio z pojazdu do montażu. Należy łączyć je na miejsce składowania w położeniu poziomym. Miejsca te powinny być sytuowane zgodnie z projektem technologii i organizacji montażu, zapewniając najdogodniejsze późniejsze pobieranie prefabrykatów do montażu.

Dokonywanie na jednostce transportowej obrotów prefabrykatów w celach zmian ich położenia z poziomego do pionowego jest niedozwolone ze względu na prawidłową eksploatację pojazdu i bezpieczeństwo pracy. Przemieszczane prefabrykaty nie powinny powodować odchylenia liny udźwigu. Nie wolno ręcznie przyciągać prefabrykatu nad miejsce jego wbudowania lub odchyłać go z zawieszenia pionowego przy prowadzeniu linami kierunkowymi. Sygnał do rozpoczęcia podnoszenia prefabrykatów brygadziста przekazuje starszemu linowemu wówczas, gdy przygotowano się do przyjęcia prefabrykatu na miejsce jego wbudowania.

W czasie podnoszenia i przemieszczania prefabrykatu zawieszzonego na haku nikomu nie wolno znajdować się pod wysięgnikiem. Odległość w rzucie poziomym ludzi od ciężaru zawieszzonego na haku musi być co najmniej równa aktualnej wysokości jego zawieszenia. Naprowadzenie prefabrykatu może być dokonywane z uprzednio zmontowanych płyt konstrukcji przekryć lub pomostów roboczych. Natomiast przebywanie i praca na górnych powierzchniach ścian, belek, słupów itp. są niedopuszczalne. Prefabrykat może być zwolniony z haka dopiero po ustawieniu i wstępnej rektyfikacji oraz odpowiednim stężeniu montażowym zapewniającym jego stateczność. Zwolnienie prefabrykatu z haka może nastąpić wyłącznie na polecenie brygadziisty. Przy odczepianiu zawiesi robotnicy muszą przebywać na pomostach roboczych. Wyjątek stanowią płyty przekryć i biegów schodowych, przy których można odczepiać haki, stojąc na ułożonym prefabrykacie. Chodzenie po górnych powierzchniach ścian, belek, dźwigarów itp. w celu odczepienia haków jest zabronione.

Nie wolno opierać drabinek montażowych lub innych przedmiotów o prefabrykat ustawiony, lecz niezamocowany na stałe.

Tymczasowe zabezpieczenia, szczególnie urządzenia utrzymujące, nie mogą być usunięte przed ostatecznym zamocowaniem prefabrykatów. Beton złączy konstrukcyjnych powinien uzyskać do tego czasu co najmniej 70% wytrzymałości docelowej.

Decyzję o usunięciu zabezpieczeń wydaje kierownik montażu.

Nie wolno montować dalszych prefabrykatów, zanim dźwigające je już wbudowane elementy nie zostaną zamocowane zgodnie z ustaleniami zawartymi w rozwiązaniach konstrukcji złączy.

Spawać elementy złączy stalowych mogą wyłącznie spawacze z uprawnieniami. Niedozwolona jest praca zespołu montażowego ponad miejscem pracy innych brygad lub zespołów przebywających jednocześnie na obiekcie.

Montaż konstrukcji prefabrykowanych to jeden z ciekawszych elementów procesu budowlanego którego postęp i efekty widać niemalże natychmiast. Zaletą robót montażowych jest wykonywanie najbardziej pracochłonnych czynności przy pomocy dużych maszyn budowlanych wykorzystując maksymalnie ich potencjał a praca ludzi, sprowadza się jedynie do czynności pomocniczych i przygotowawczych.

PRZYKŁADY REALIZACJI PREFABRYKOWANYCH OBIEKTÓW PRZEMYSŁOWYCH

Baza logistyczna Clip w Swarzędzu-Jasinie

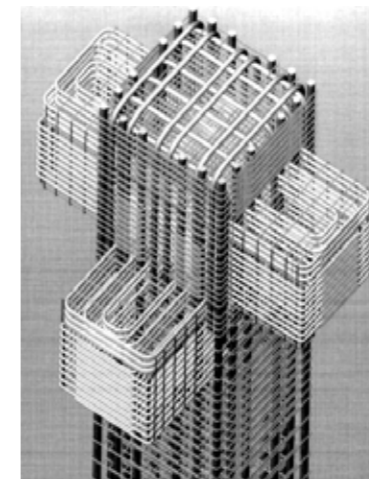
Baza logistyczna Clip w Swarzędzu-Jasinie jest przykładem zoptymalizowanej lekkiej konstrukcji wielkopowierzchniowego obiektu magazynowego jednokondygnacyjnego, bez suwnic. Zrealizowany w 2014 roku obiekt ma łączną powierzchnię 37 000 m². W skład konstrukcji prefabrykowanej weszły stopy, wymiany, dźwigary, podwaliny, doki, belki i płyty sprężone HC.



Fot. 13.
Lekki wielkopowierzchniowy obiekt
magazynowy w Swarzędzu



Fot. 14.
Widok hali
malarni pod-
czas montażu
(a) oraz widok
aksonome-
tryczny jednego
z „łżejszych”
zbrojeń (b)



Fabryka VW we Wrześni

Fabryka VW we Wrześni stanowi wieloobektowy kompleks fabryczny realizowany w latach 2014/2015 roku, wymagał wyprodukowania i dostarczenia, oprócz setek mniejszych prefabrykatów, ponad 300 stóp o przekroju 1000 x 1000 mm, wysokości 21 – 32 m i masie jednostkowej 66 – 90 ton, montowanych na łącznie 8-16 szt./stóp. Ekstremalny poziom zbrojenia - do 550 kg/m³ betonu i do 20 ton na element, podyktowany był, oprócz wielkości obiektu, potrzebą praktycznego wyeliminowania ugięć i wyboczeń stóp stanowiących podpory i punkty mocowania urządzeń technologicznych fabryki.

W łączniku (Spine) zastosowano strop z płyt typu TT opartych na tradycyjnie zbrojonych dźwigarach dwuteowych o wysokości 2.5 m, z licznymi otworami oddymiającymi (na wypadek pożaru) w środku.



Fot. 15.
Dźwigar stropowy pod duże obciążenia (Spine).
Obniżona górna półka służy jako oparcie żeber
płyt TT, wypuszczone zbrojenie
– do zmonolityzowania z nadbetonem stropu

Dworzec i parking w Poznaniu

Nowy budynek dworca kolejowego i 3-kondygnacyjny parking zaprojektowano ponad czynnymi peronami 1-3 stacji Poznań Główny. Zatrzymanie ruchu i wyłączenie napięcia w trakcji elektrycznej było możliwe tylko w godzinach nocnych. Taka realizacja możliwa była jedynie dzięki żelbetowej prefabrykacji wszystkich podstawowych elementów konstrukcyjnych i monolityzacji w sztywne układy statyczne po montażu. Prefabrykację oparto o betony klasy C50/60, z zastosowaniem w bardziej wyężonych przekrojach betonów BWW klasy C55/67 dla belek i C75/85 dla stóp. Ilość zbrojenia w omawianych przypadkach oscyłowata w granicach 290 – 370 kg/m³, ale ekstremalne wartości (570 kg/m³) osiągnięta w „zwykłych” 3- kondygnacyjnych stópach zlokalizowanych w osi peronu 3. Masy pojedynczych prefabrykatów sięgały 33 ton dla stóp, 36 ton dla płyt TT i 60 ton dla belek.



Fot. 16.
Stupy montowane na łączniki słupowe skręcane,
z przeniesieniem sił poziomych (od uderzenia)
wbetonowanym trzpieniem stalowym

Obiekt produkcyjny w Polanowie gmina Wyrzysk.

Obiekt zrealizowano w kwietniu 2015 roku. Powierzchnia zabudowy obiektu wynosiła 15000 m². Obiekt ma konstrukcję mieszaną tj. monolityczną (podwaliny oraz stopy fundamentowe), prefabrykowaną żelbetową oraz strunobetonową (słupy, belki stropowe, płyty stropowe) oraz prefabrykowaną stalową (dźwigary dachowe). Wykorzystano słupy o przekrojach od 400x500 mm do 800x800 mm i wysokości do 15 m, o masie do 27 ton. Montaż hali realizowano przy użyciu dwóch żurawi samojazdnych o udźwigu 90 ton.



Fot. 19.
Pentair Dzierżoniów

Pentair Dzierżoniów

Konstrukcja prefabrykowana sprężona z zastosowaniem dźwigarów dwuspadowych typu IVH opartych na słupach żelbetowych i sprężonych oraz częściowo na belkach wymiennych typu IK. Słupy utwierdzone zostały w stopach żelbetowych płaskich za pomocą iniekcji wytyków.

Podstawowe dane liczbowe:

- rozpiętość dźwigarów : 25 m
- siatka słupów: 25 m x 7 m i 14 m
- powierzchnia obiektu: 30 000 m²



Fot. 17.
Nocny montaż płyt stropowych TT (a) oraz parking nad peronami – stan surowy. Stropy kanałowe HC 500 o rozpiętości 16,45 m (b)



Fot. 18.
a) i b) Obiekt produkcyjny w Polanowie



Michelin Olsztyn

Konstrukcja prefabrykowana sprężona z zastosowaniem dźwigarów dwuspadowych typu IVH opartych na słupach żelbetowych oraz częściowo na belkach wymiennych typu IK. Słupy zostały utwierdzone w stopach żelbetowych płaskich za pomocą iniekcji wytyków.

Podstawowe dane liczbowe:

- rozpiętość dźwigarów : 42,74 m
- siatka słupów: 42,74 m x 6 m i 12 m
- powierzchnia obiektu: 23 000 m²

Fot. 20.
Michelin Olsztyn





Fot. 21.
DS. Smith Kutno

DS. Smith Kutno

Konstrukcja prefabrykowana sprężona z zastosowaniem dźwigarów dwuspadowych typu IVH opartych na słupach żelbetowych oraz częściowo na belkach wymiennych typu IK. Słupy zostały utwierdzone w stopach żelbetowych płaskich za pomocą iniekcji wytyków.

Podstawowe dane liczbowe:

- rozpiętość dźwigarów : 25 m
- siatka słupów: 25 m x 14 m
- powierzchnia obiektu: 27 000 m²



LIDL Legnica

Konstrukcja prefabrykowana sprężona z zastosowaniem dźwigarów dwuspadowych typu I oraz INS opartych na słupach żelbetowych oraz częściowo na belkach wymiennych typu I. Słupy zostały utwierdzone w stopach żelbetowych płaskich za pomocą iniekcji wytyków.

Podstawowe dane liczbowe:

- rozpiętość dźwigarów : 28 m i 30 m
- siatka słupów: 28 m i 30 m x 6 m i 12 m
- powierzchnia obiektu: 37 000 m²



Fot. 22.
LIDL Legnica

Hala produkcyjna Stargard Szczeciński

Konstrukcja prefabrykowana sprężona z zastosowaniem dźwigarów dwuspadowych typu IVH opartych na słupach żelbetowych. Słupy zostały utwierdzone w stopach żelbetowych płaskich za pomocą iniekcji wytyków.

Podstawowe dane liczbowe:

- rozpiętość dźwigarów : 27 m i 35 m
- siatka słupów: 27 m x 9 m oraz 35 m x 8 m
- powierzchnia obiektu: 110 000 m²



Fot. 23.
Hala produkcyjna
Stargard Szczeciński



Galeria Handlowa PLAZA z parkingiem wielopoziomym w Toruniu.

Konstrukcja prefabrykowana żelbetowa i sprężona z zastosowaniem belek typu RR oraz stropów kanałowych sprężonych SP, opartych na słupach wielokondygnacyjnych wspornikowych

Podstawowe dane liczbowe:

- rozpiętość stropów galerii: 8 - 9 m
- siatka słupów galerii: 8 - 9 m x 7,5 - 9 m
- ilość kondygnacji galerii: 2
- powierzchnia stropów galerii: 40 000 m²
- rozpiętość stropów parkingu: 16 m
- siatka słupów parkingu: 8 m x 16 m
- ilość kondygnacji parkingu: 5
- powierzchnia stropów parkingu: 17 000 m²



Fot. 24.
Galeria Handlowa PLAZA
z parkingiem wielopoziomym
w Toruniu



Kompleks budynków Biurowych Biznes Garden w Poznaniu

Konstrukcja prefabrykowana żelbetowa i sprężona z zastosowaniem belek typu RR oraz stropów kanałowych sprężonych SP opartych na słupach wielokondygnacyjnych wspornikowych

Podstawowe dane liczbowe:

- rozpiętość stropów: 8 - 13 m
- siatka słupów: 8 m x 8 m oraz 8 m x 11 - 13 m
- powierzchnia stropów: 61 000 m²

Fot. 25.
Kompleks budynków
Biurowych Biznes
Garden w Poznaniu

**Konstrukcja wsporcza płaszcza chłodni kominowej w Kozienicach i w Opolu**

Prefabrykowane elementy prętowe znajdują również zastosowanie przy realizacji obiektów charakterystycznych dla konstrukcji powłokowych. Wydawałoby się, że trudno pogodzić na ogół prostoliniowe prefabrykaty żelbetowe np. z kształtem hiperboloidy obrotowej. Jednak, przy budowie nowego bloku energetycznego w elektrowni Kozienice, pojawiła się koncepcja wykonania dolnej części płaszcza chłodni kominowej w technologii prefabrykowej. Takie rozwiązanie umożliwiło swobodne kształtowanie urządzeń technologicznych a nawet całych budynków w obrębie płaszcza chłodni, co jest praktycznie niemożliwe w przypadku konstrukcji powłokowej.

Chłodnia kominowa w Kozienicach osiągnęła docelową wysokość 185,1 metra i jest najwyższą tego typu konstrukcją w Europie. Jej średnica u podstawy liczy 146 metrów. To właśnie w tym miejscu została wykonana konstrukcja składająca się z 44 słupów zwieńczonych taką samą ilością belek. Po zmontowaniu takiego podparcia można było ruszyć z budową płaszcza chłodni wznoszonego metodą ślizgową.



Fot. 27.
Konstrukcja wsporcza
chłodni kominowej



Fot. 26.
Budowa cienkościennego płaszcza chłodni na prefabrykowanej konstrukcji wsporczej

Budowa Piekarni PL2 w Strzegomiu

Dwukondygnacyjna konstrukcja słupowo-ryglowa wykonywana z prefabrykowanych elementów prętowych. Stateczność budynku została zapewniona poprzez prefabrykowane ściany żelbetowe, pełniące jednocześnie rolę przegród ogniowych. Wysoka odporność ogniowa konstrukcji żelbetowej jest szczególnie przydatna w obiektach, w których występuje zagrożenie pożarowe. Przykładem może być piekarnia zbudowana w Strzegomiu, charakteryzująca się wysoką wydajnością produkcyjną, a tym samym stanowiąca potencjalne źródło dużego obciążenia ogniowego.

Rys. 28.
Budowa Piekarni
PL2 w Strzegomiu

**Kronospan**

Hala produkcyjna ma powierzchnię 3,5 ha. Prace budowlane przebiegały w okresie od lipca do października 2014. W realizacji wykorzystano prefabrykowane elementy słupów, podwalin, ścian, belek i dźwigarów sprężonych oraz płyt kanatowe HC.

Fot. 29.
Hala produkcyjna Kronospan

**Parking w Tarnowie**

Trzykondygnacyjny obiekt oferujący 340 miejsc parkingowych zrealizowany został na wiosnę 2015. Konstrukcja obiektu została zaprojektowana jako słupowo-ryglowa, ze stropami z płyt TT. Powierzchnia parkingu wyniosła 5300 m², natomiast łączna powierzchnia użytkowa wyniosła 9135 m². Prefabrykowana konstrukcja nośna obejmowała słupy, belki, sprężone płyty TT, sprężone płyty stropowe typu filigran, podwaliny oraz ściany. **Czas montażu obiektu wyniósł 1 miesiąc.**

Fot. 30.
Parking w Tarnowie





Centrum produkcyjno-logistyczne w Strykowie

Centrum Produkcyjno-Logistyczne Sandoz w Strykowie zostało zrealizowane jako obiekt w konstrukcji słupowo-ryglowej ze stropami TT i monolitycznymi klatkami schodowymi. Powierzchnia obiektu wyniosła około 14 000 m². Prefabrykowana konstrukcja obiektu składała się ze stupów, belek sprężonych, płyt TT oraz podwalin i biegów schodowych. Obiekt został zrealizowany w okresie od sierpnia do listopada 2013.

Fot. 31.
Centrum produkcyjno-logistyczne



Biurowiec Kapelanka w Krakowie

Obiekt biurowy składający się z dwóch budynków zrealizowano w konstrukcji słupowo-ryglowej, z wykorzystaniem stropów z płyt kanatowych HC. Wykorzystano następujące elementy prefabrykowane: stupy, belki, płyty kanatowe HC oraz biegi schodowe i spoczniki. Powierzchnia biurowa wyniosła około 30000 m². Realizacja obiektu miała miejsce w okresie od maja 2013 do stycznia 2014, a obiekt uzyskał certyfikat LEED Gold.

Fot. 33.
Realizacja biurowca
Kapelanka



Rozbudowa Zakładu produkcji hamulców Bosch we Wrocławiu

Montaż hali zakładu Bosch we Wrocławiu został zrealizowany w okresie zimowym i wyniósł kilka miesięcy. W konstrukcji nośnej wykorzystano prefabrykowane stupy i dźwigary.

Fot. 32.
Budowa konstrukcji hali
produkcyjnej w warunkach
zimowych





Hala magazynowo-produkcyjna w Krępicach

Konstrukcja prefabrykowana obiektu wykonana została z zastosowaniem dźwigarów sprężonych, a dach wykonano w konstrukcji bezpłatwowej, bez stężeń. Siatka słupów miała rozstaw 7,5 x 18 m. Rozwiązania konstrukcyjne hali umożliwiły rozbudowę zarówno w kierunku poprzecznym, jak i podłużnym, co z powodzeniem zostało wykorzystane w drugim etapie inwestycji. Zwiększenie powierzchni użytkowej możliwe jest również wewnątrz hali – przewidziano mufowe kotwy fundamentowe w poziomie posadzki do ewentualnego zamocowania słupów antresoli.

Fot. 34.
Montaż słupów II etapu inwestycji (a), oparcie dźwigarów na istniejących słupach, słupy ściany szczytowej z możliwością demontażu w przypadku dalszej rozbudowy (b)



Wnętrzem części biurowo-socjalnej nadano industrialny charakter, dzięki niewykończonyj, a zarazem estetycznej powierzchni betonowej (ściany prefabrykowane, stropy typu filigran).

Fasadę budynku wykonano z żelbetowych, prefabrykowanych ścian ostonowych z betonu architektonicznego, uzyskanego poprzez zastosowanie matryc fakturowych do betonu.

Fot. 35.
Betonowe powierzchnie w części biurowej hali (a), fasada z płyt z betonu architektonicznego (b)



WYKAZ NORM

1. PN-EN 13225:2004+AC:2006 PREFABRYKATY Z BETONU- Prętowe elementy konstrukcyjne
2. PN-EN 1168:2005+A3:2011 PREFABRYKATY Z BETONU- Płyty kanałowe
3. PN-EN 13747:2005+A2:2010 PREFABRYKATY Z BETONU-Płyty stropowe do zespolonych systemów stropowych
4. PN-EN 13224:2011 PREFABRYKATY Z BETONU- Żebrowe elementy stropowe
5. PN-EN 14843:2007 PREFABRYKOWANE ELEMENTY Z BETONU- Schody
6. PN-EN 14992:2007+A1:2012 PREFABRYKATY Z BETONU- Elementy ścian
7. PN-EN 14991:2009 PREFABRYKATY Z BETONU- Elementy fundamentów
8. PN-EN 15050:2007+A1:2012 PREFABRYKATY Z BETONU- Elementy mostów
9. PN-EN 12843:2004 PREFABRYKATY BETONOWE- Maszty i stupy
10. PN-EN 1990 EUROKOD 0 : Podstawy projektowania konstrukcji
11. PN-EN 1991 EUROKOD 1: Oddziaływanie na konstrukcje
12. PN-EN 1992 EUROKOD 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
13. PN-EN 1994 EUROKOD 4: Projektowanie konstrukcji stalowo-betonowych
14. PN-EN 206: 2014-04 BETON- Wymagania , właściwości , produkcja i zgodność
15. PN-EN 13369 Wspólne wymagania dla prefabrykatów
15. PN-EN 13670 Wykonywanie konstrukcji betonowych
16. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

W opracowaniu wykorzystane zostały materiały źródłowe firm:

- BETARD Sp. z o.o.
- COMFORT S.A.
- CONSOLIS Polska Sp. z o.o.
- CHRYSO Polska Sp. z o.o.
- ERGON POLAND Sp. z o.o.
- FABET S.A. Przedsiębiorstwo Elementów Budowlanych
- FABUD Wytwórnia Konstrukcji Betonowych S.A.
- GRALBET Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe
- JORDAHL & PFEIFER Technika Budowlana Sp. z o.o.
- KONBET Poznań Spółka z o. o. Sp.k.
- PEKABEX BET S.A.
- PRECON Polska Sp. z o.o.
- PREFABET-BIAŁE - BŁOTA S.A. Przedsiębiorstwo Przemysłu Betonów
- SIBET S.A. Przedsiębiorstwo Produkcji Betonów

PARTNERZY

Z recenzji Prof. dr hab. inż. Andrzeja Cholewickiego:

„Podjęta przez Stowarzyszenie Producentów Betonów inicjatywa jest niezwykle cenna, bowiem w Polsce od kilku lat nie ukazała się obszerniejsza publikacja książkowa poświęcona prefabrykacji. Zapotrzebowanie na taką pozycję jest bardzo duże. Obserwacja rozwoju sytuacji w przodujących technologicznie krajach Europy wskazuje, że udział prefabrykacji w rynku budowlanym stale rośnie. Opiniowana publikacja wypełnia lukę informacyjną.

Atutem publikacji jest fakt, że zespół autorski stanowią niemal wyłącznie specjaliści osadzeni, na co dzień w przemyśle, ich widzenie problematyki to rzeczywistość poparta praktyką.

Czy Zeszyt nr 2 rozwija trzy nadrzędne hasła postawione w odniesieniu do współczesnej prefabrykacji to jest: jakość, trwałość, różnorodność? W moim przekonaniu odpowiedź jest twierdząca.

W Polsce m.in. wskutek kłopotów z prefabrykacją dużych rozpiętości, w tym konstrukcji sprężonych, które wystąpiły w drugiej połowie XX wieku odwrócono się do prefabrykacji konstrukcji szkieletowych a szczególnie właśnie tych sprężonych. Był to oczywisty błąd, który teraz wspólnymi siłami naprawiamy, między innymi propagując takie publikacje jak ten Zeszyt 2. Część 2”

Prof. dr hab. inż. Andrzej Cholewicki



Stowarzyszenie Producentów Betonów
02-829 Warszawa, ul. Mączyńskiego 2
tel. 022 643-64-79, fax 022 643-78-41
www.s-p-b.pl; e-mail:biuro@s-p-b.pl