

mgr inż. Aleksander Skuła¹⁾

Bezwspornikowe połączenia belka-słup w prefabrykacji żelbetowej

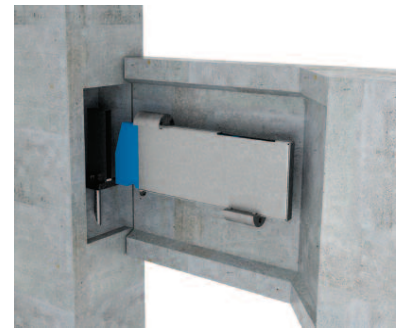
W ostatnich latach dzięki rozwojowi technologii prefabrykacji żelbetowej zwiększa się zapotrzebowanie na rozwiązania umożliwiające szybkie i powtarzalne wykonywanie połączeń elementów konstrukcyjnych przy jednoczesnym zachowaniu estetyki oraz optymalizacji materiałowej konstrukcji. Szczególne znaczenie mają węzły w konstrukcjach szkieletowych, takich jak hale, garaże wielopoziomowe (fotografia 1), biurowce, w których belki prefabrykowane powinny zostać połączone ze słupami w sposób bezpieczny i trwały. Idealne rozwiązanie musi spełnić oczekiwania zarówno architektów, jak i konstruktorów, wykonawców oraz inwestorów.



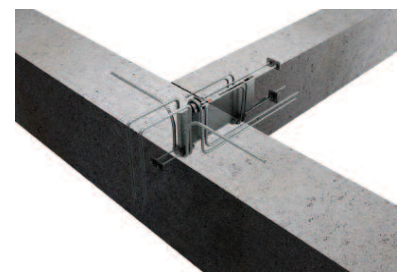
Fot. 1. Parking wielopoziomowy z betonowych elementów prefabrykowanych

Tradycyjne rozwiązania polegają najczęściej na oparciu belek na wspornikach żelbetowych lub specjalnie ukształtowanych miejscach w konstrukcji słupów. Pomimo prostoty, wprowadzają one mimośrodowe przekazywanie sił oraz powodują zwiększenie wymia-

rów elementów konstrukcyjnych. Wadą takich rozwiązań jest również stopień skomplikowania szalunku słupa oraz belki, co wiąże się z bardziej skomplikowanym zbrojeniem prefabrykatów. W odpowiedzi na te ograniczenia opracowano systemy połączeń ukrytych, w których element przenoszący obciążenia znajduje się wewnątrz przekroju konstrukcji. Bardzo dobrym przykładem takiego rozwiązania są stalowe łączniki belkowo-słupowe BSF Invisible Connections (BSF IC) (fotografia 2), umożliwiające realizację doczołowych połączeń i oparć prefabrykowanych belek żelbetowych. System pozwala na eliminację krótkich wsporników w elementach podpierających oraz podcięć w belkach. Upraszcza re-



Fot. 2. Elementy systemu BSF IC



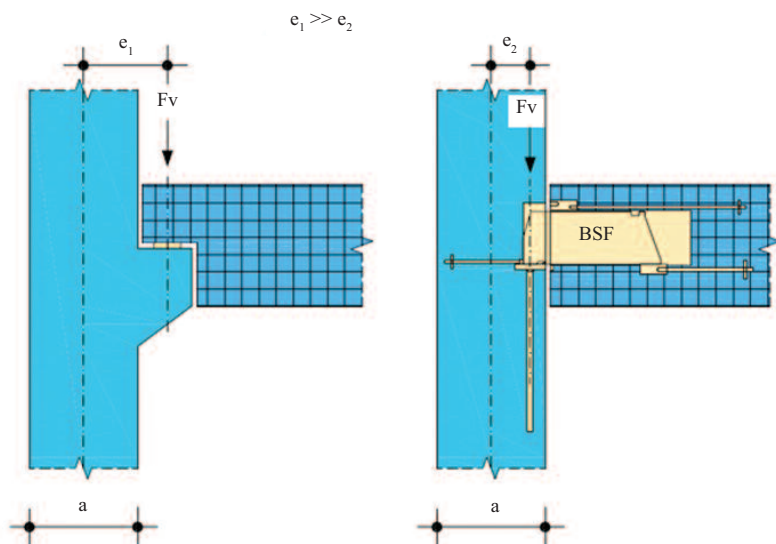
Fot. 3. Połączenie ortogonalne belka – belka z zastosowaniem łącznika BSF IC

i noża wysuwanego umożliwiając wykonanie, na etapie montażu, niewidocznych i w pełni nośnych połączeń przegubowych belek prefabrykowanych. Takie rozwiązanie powoduje, że główny element przenoszący obciążenia znajduje się wewnątrz przekroju betonowego, a samo połączenie pozostaje niewidoczne w gotowej konstrukcji. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie efektu wizualnego zbliżonego do konstrukcji monolitycznej z zachowaniem zalet technologii prefabrykacji. Element nośny systemu BSF IC opiera się wewnątrz przekroju słupa, w pobliżu jego osi geometrycznej, w odróżnieniu od rozwiązania tradycyjnego opartego na wspornikach żelbetowych, gdzie reakcja pionowa z belki przekazywana jest na słup w sposób mimośrodowy, co prowadzi do powstawania dodatkowych momentów zginających w słupie.

Zastosowanie systemu BSF IC powoduje zmniejszenie ramienia przyłożenia siły oraz korzystny rozkład sił wewnętrznych w węzle konstrukcyjnym (rysunek).

alizację wielu wariantów połączeń belek, w tym: belka-słup; belka-ściana; belka-belka w układzie T i I. Zastosowanie łączników BSF IC pozwala realizować połączenia ortogonalne prefabrykatów (fotografia 3) i łączyć ze sobą elementy skośne zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej. Trzyczęściowe stalowe łączniki BSF IC, składające się z gniazda słupowego, kieszeni belkowej

¹⁾ PFEIFER Polska Sp. z o.o.;
aleksander.skuła@pfeifer.pl



Porównanie mimośrodków – zastosowanie łącznika BSF IC powoduje korzystny układ sił w węźle konstrukcyjnym

W praktyce umożliwia to optymalizację przekrojów elementów konstrukcyjnych oraz ograniczenie ilości zbrojenia w słupach i belkach. Dodatkową korzyścią z eliminacji wsporników żelbetowych jest znaczne uproszczenie procesu prefabrykacji elementów oraz zmniejszenie ich podatności na uszkodzenia podczas transportu i montażu ze względu na brak elementów łączących wystających z prefabrykatów.

Podczas montażu konstrukcji belka prefabrykowana jest ustawiana w pozycji docelowej pomiędzy słupami, a nóż stalowy wysuwany z kieszeni belkowej opiera się w gnieździe przygotowanym w słupie. Po ustabilizowaniu elementów przestrzeń w węźle wypełniana jest niskoskurczową zaprawą zalewową lub wysokowytrzymałym betonem zalewowym, co zapewnia trwałe zespolenie elementów konstrukcji. Otulenie betonem wszystkich elementów systemu BSF IC pozwala uzyskać odporność ogniową połączenia.

Pod względem wymiarów system podzielono na pięć typów. Każdy z nich charakteryzuje się daną nośnością, ustandaryzowanym zbrojeniem podwieszającym oraz kotwiącymi prętami poziomymi. W zależności od występują-

cych w projekcie obciążeń konstrukcyjnych nośność pojedynczego łącznika BSF IC na siłę ścinającą może wynieść $225 \div 1100$ kN. W przypadku bardziej wymagających realizacji istnieje możliwość stosowania łączników w parach, co pozwala uzyskać nośność połączenia 2200 kN. Parametry te umożliwiają stosowanie systemu w konstrukcjach o znacznym obciążeniu użytkowym.

Zastosowanie ukrytych łączników belkowo-słupowych przynosi korzyści na każdym etapie procesu inwestycyjnego. Zaczynając od etapu **projektu architektonicznego**, można uzyskać pozbawione wsporników połączenia nie zawsze prostopadłych do siebie elementów. Otrzymuje się bardzo dobrą jakość powierzchni prefabrykatów, jednocześnie nie redukując powierzchni użytkowej obiektu. **Z punktu widzenia projektanta konstrukcji** istotne jest zmniejszenie mimośrodu działania siły na słupek oraz możliwość zredukowania zarówno przekrojów prefabrykatów, jak i ilości zbrojenia wymaganego w słupach. Zastosowanie łączników BSF IC wiąże się również z uproszczeniem procesu wymiarowania, który w tym wypadku sprowadza się jedynie do porównania reakcji przekazywanej z belki na

słupek z nośnością samego łącznika. Dodatkowym atutem jest usystematyzowane zbrojenie podwieszające wyznaczone w przypadku każdego wymiaru łącznika, pozwalające zaoszczędzić czas przy projektowaniu zbrojenia węzła konstrukcyjnego łączonych elementów.

W przypadku **zakładów prefabrykacji** najważniejszą zaletą jest uproszczenie procesu produkcyjnego. Eliminacja wsporników pozwala na zastosowanie prostych form szalunkowych, nie ma konieczności wykonywania słupów w wielu etapach, ograniczona jest złożoność zbrojenia oraz ułatwiony transport elementów prefabrykowanych zarówno w zakładzie prefabrykacji, jak i na placu budowy. Efektem tego jest oszczędność czasu, pracy i kosztów.

Na **etapie montażu konstrukcji** system umożliwia szybkie i powtarzalne wykonywanie połączeń. Wylimitowanie prac spawalniczych i ograniczenie działań montażowych na budowie przekłada się na skrócenie czasu realizacji konstrukcji oraz poprawę bezpieczeństwa robót. Najczęściej montaż elementów odbywa się z dźwigu bez konieczności stosowania dodatkowego podparcia belek. Przewidziane tolerancje montażowe zapewniają ciągłość montażu elementów nawet w przypadku odchyłek wykonawczych łączonych elementów. Ukryte połączenia belkowo-słupowe stanowią istotny element współczesnych technologii prefabrykacji żelbetowej. System BSF IC umożliwia realizację połączeń o bardzo dużej nośności przy jednoczesnym zachowaniu korzystnej pracy statycznej węzła oraz estetyki konstrukcji. Eliminacja wsporników słupów upraszcza projektowanie i produkcję elementów prefabrykowanych, a także przyczynia się do skrócenia czasu montażu konstrukcji. Dzięki temu rozwiązanie to znajduje coraz częstsze zastosowanie w nowoczesnych konstrukcjach prefabrykowanych.

Fotografie i rysunki: archiwum PFEIFER Polska Sp. z o.o.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

