

dr inż. Sławomir Dudziak<sup>1)</sup>

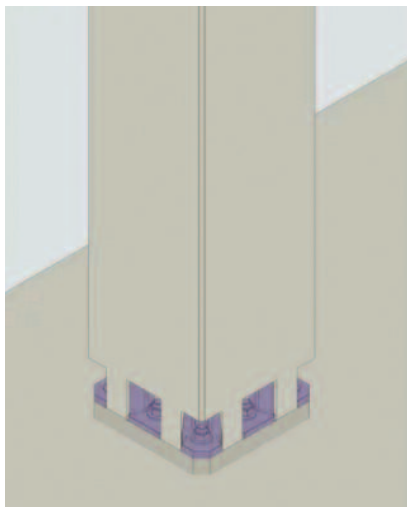
# Nowa generacja łączników do realizacji sztywnych węzłów w konstrukcjach prefabrykowanych

**P**refabrykaty z betonu są powszechnie wykorzystywane w budownictwie przemysłowym oraz do wznoszenia wielkopowierzchniowych obiektów użyteczności publicznej i magazynowych [1]. Zainteresowanie tą technologią niewątpliwie będzie rosło ze względu na wymagania dotyczące zrównoważonego rozwoju, postęp w dziedzinie inżynierii materiałów budowlanych oraz brak wykwalifikowanych pracowników na budowach. Efektywne wykorzystanie betonów o wysokiej i ultrawysokiej wytrzymałości jest możliwe przy zachowaniu odpowiedniego reżimu technologicznego, który gwarantuje produkcja elementów w zakładzie prefabrykacji, a połączenia elementów z takich betonów wymagają przemyślanych i bezpiecznych rozwiązań [2].

W konstrukcji nośnej z prefabrykatów można wyróżnić elementy konstrukcyjne (belki, słupy) oraz złącza między nimi (przegubowe, podatne lub sztywne). Typowym przykładem węzła sztywnego, przenoszącego siły i momenty, jest połączenie słupa z fundamentem. Do wykonywania tego typu połączeń można zastosować **wytyki** zakotwione w gniazdach wykształconych przez rury karbowane, a częściej **sprężone połączenia śrubowe**, składające się z kotew fundamentowych i podpór słupowych (ang. *Columnshoe*) (fotografia) [3]. **Do głównych zalet połączeń skręcanych należą przede wszystkim:**

- krótki czas montażu słupów na budowie (zwiększenie mocy przerobowej do 100 %);
- sprawne połączenie bezpośrednio po skręceniu łączników (brak konieczności stosowania tymczasowych podpór);

<sup>1)</sup> PFEIFER Polska Sp. z o.o.; slawomir.dudziak@pfeifer.pl

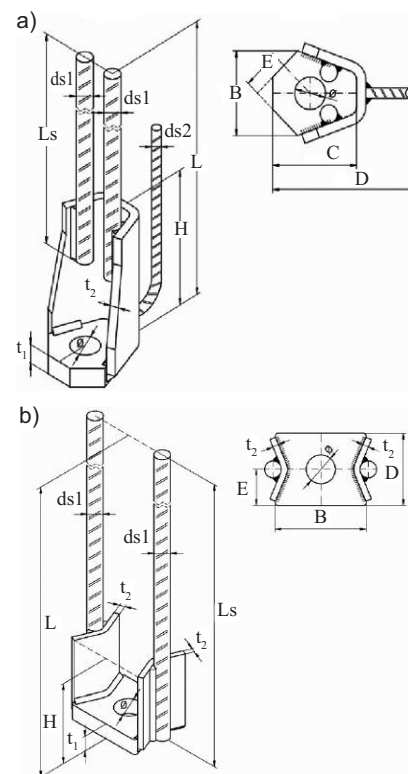


Skręcane połączenie fundament – słup

- niezawodność połączenia ze względu na precyzję montażu oraz dokładną weryfikację właściwości użytkowych (w szczególności nośności i odporności ogniowej) łączników systemowych.

W artykule skoncentruję się na ostatniej z wymienionych zalet i omówię zagadnienie na przykładzie nowej generacji **podpór słupowych** Colmshoe firmy PFEIFER. Podczas projektowania nowej serii łączników słupowych wykorzystano nowoczesne metody analizy statyczno-wytrzymałościowej. Już

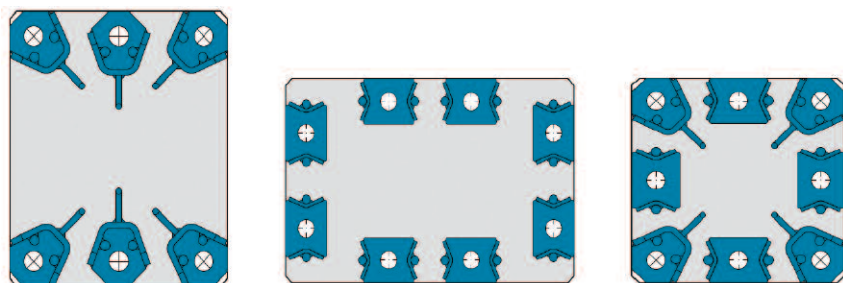
na wstępie umożliwiło to efektywne zaprojektowanie ich przekrojów, co wpłynęło na oszczędność materiałów stosowanych do produkcji. Uzyskane analityczne parametry nośności łącznika zostały potwierdzone odpowiednimi badaniami wytrzymałościowymi. W nowej generacji podpór słupowych Colmshoe firmy PFEIFER można wyróżnić dwie grupy łączników: **podpory narożne** (CoRni) i **podpory boczne** (SiDi) – rysunek 1. Każda z grup obejmuje dziewięć typów podpór o różnych rozmiarach oraz nośności na rozciąganie i ściskanie oznaczonych nośnością poszczególnych elementów od 70 do 530 kN, np. wśród podpór narożnych można wyróżnić CoRni 70, zaś wśród podpór bocznych SiDi 70 (podpory



Rys. 1. Nowa generacja podpór słupowych Colmshoe firmy PFEIFER: a) podpora narożna (CoRni); b) podpora boczna (SiDi)

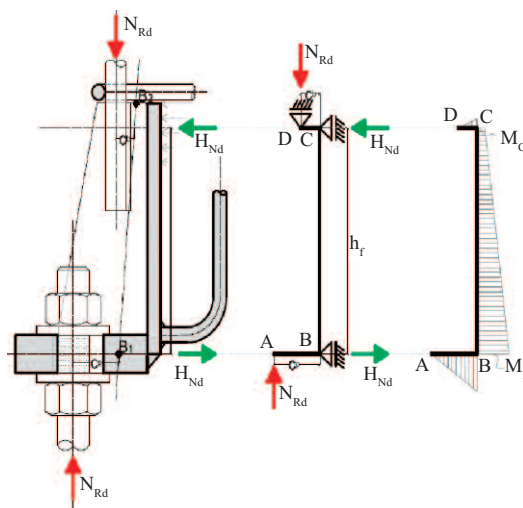
o nośności 70 kN). Nowa generacja podpór narożnych została opracowana w wyniku ewolucyjnych zmian wprowadzonych po dokładnej analizie statyczno-wytrzymałościowej tej grupy podpór słupowych.

Na szczególną uwagę zasługują **podpory boczne SiDi**, w których zastosowano całkowicie nowy przekrój łącznika, niewykorzystywany jeszcze na rynku budowlanym. Rozwiązanie to jest przełomowe, udało się bowiem uzyskać łącznik praktycznie eliminujący mimośrodowość zakotwienia podstawy podpory słupowej względem prętów kotwiących łącznik. Obie grupy podpór mogą być stosowane oddzielnie lub w układzie mieszanym (rysunek 2).



Rys. 2. Przykładowe schematy rozmieszczenia podpór bocznych i narożnych w przekroju słupa prefabrykowanego

Opracowanie nowej grupy podpór bocznych było możliwe dzięki dokładnemu zrozumieniu pracy statycznej tego detalu konstrukcyjnego. Mimośród między osiami kotwy fundamentowej i prętów zbrojeniowych powoduje duże momenty zginające w podstawie i żeberku podpory oraz powstawanie pary sił, która w przypadku ściskania podpory przenoszona jest przez naprężenia dociskowe do betonu i pręt tylny (rysunek 3). W przypadku podpór bocznych mimośród ten nie występuje, co pozwoliło na zmniejszenie grubości blach i rezygnację z pręta tylnego. Niewielki mimośród może wystąpić jedynie z powodu odchylenia osi kotwy w zakresie tolerancji montażu. Wartości momentów i sił poziomych powodowanych przez ten mimośród są jednak niewielkie, a stateczność podpory w kierunku poziomym jest



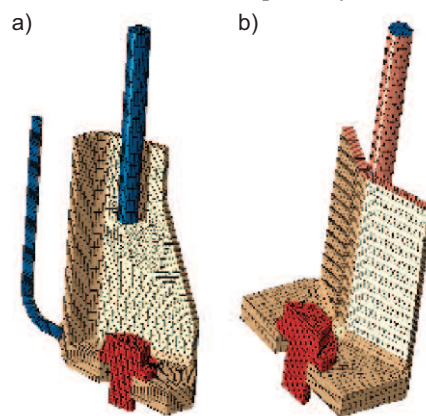
Rys. 3. Uproszczony schemat obliczeniowy podpory Colmshoe w przypadku ściskania

zapewniona dzięki ukształtowaniu żebra w charakterystyczny kształt bumerangu.

Optymalizacja podpór słupowych była możliwa dzięki wdrożeniu nowoczesnych metod analizy statyczno-wytrzymałościowej bazujących na trójwymiarowych modelach Metody Elementów Skończonych (MES). W analizach MES uwzględniono: sprężysto-plastyczny model materiałowy stali, kontakt między blachą podstawy a podkładką kotwy i możliwość odrywania się żeberka od bryły betonu. Przykładowe modele MES w przypadku podpory rozmiaru 100 pokazano na rysunku 4. Wynikiem nieliniowej analizy MES były krzywe siła-ugięcie podstawy oraz mapy naprężeń zredukowanych i odkształceń plastycznych, które pozwoliły na dokładne oszacowanie nośności każdej z podpór. Poprawność uzyskanych

wyników została zweryfikowana przez odpowiednie badania niszczące.

W artykule przedstawiono możliwe rozwiązanie sztywnego połączenia słupa z fundamentem z zastosowaniem łączników śrubowych na przykładzie nowej generacji podpór słupowych Colmshoe firmy PFEIFER. Proces projektowy tego wyrobu obrazuje, jak nowoczesne metody analizy, stosowane dotychczas powszechnie w przemyśle samochodowym czy lotniczym, pozwalają na optymalizację łączników do prefabrykatów



Rys. 4. Modele MES: a) podpory narożnej; b) podpory bocznej

z betonu. Ze względu na przemysłowy charakter ich produkcji, podejście takie jest opłacalne oraz istotnie przyczynia się do zmniejszenia śladu węglowego nowych budynków i budowli wykonanych w technologii prefabrykowanej.

**Literatura**

[1] Adamczewski G, Woyciechowski P. Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność. Zeszyt 1. Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa 2014.  
 [2] Janczura K. Kierunki dalszego rozwoju konstrukcji z betonów prefabrykowanych – od B15 do C 110/115. Dni Betonu 2014, Wisła 13-15 października 2014.  
 [3] Łączniki słupowe PCC PFEIFER – porównanie z połączeniem na wytyki. Broszura informacyjna, czerwiec 2024.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

