

dr inż. Kazimierz Konieczny^{1*)}
mgr inż. Mariusz Wołyniak¹⁾

Uciąganie zbrojenia w konstrukcjach żelbetowych

Rebar connection system in reinforced concrete structures

DOI: 10.15199/33.2015.11.09

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposoby uciągania zbrojenia w konstrukcjach żelbetowych. Zaprezentowano łączenie zbrojenia na zakładkę, metodą scalania, metodami wykorzystującymi łączniki mechaniczne, a także techniką opartą na zamocowaniach wklejanych.

Słowa kluczowe: uciąganie zbrojenia, scalanie, łączniki mechaniczne, zamocowania klejowe, wymagania w zakresie połączeń.

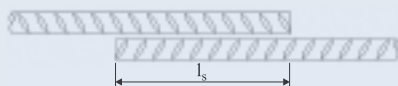
Abstract. Methods of the rebar connection system in reinforced concrete structures are described in the paper. The following methods are presented: overlap connection, fastening systems, mechanical fasteners and bonded rebar systems.

Keywords: connection of rebars, fastening systems, design of fastenings, bonded fastenings, technical approvals.

Beton jako materiał konstrukcyjny charakteryzuje się dużą wytrzymałością na ściskanie i stosunkowo małą (ok. 1/10 wytrzymałości na ściskanie) wytrzymałością na rozciąganie. W elementach żelbetowych znaczna część naprężeń rozciągających i ścinających przenoszona jest przez stalowe pręty zbrojeniowe. Jest to możliwe dzięki znacznej przyczepności, jaka występuje pomiędzy betonem a prętami, pod warunkiem właściwego ukształtowania zewnętrznej powierzchni prętów zbrojeniowych oraz odpowiedniego umiejscowienia zbrojenia. Zaleca się, aby zbrojenie w konstrukcjach żelbetowych było z ciągłych prętów, na długości jednego przęsła lub jednego elementu konstrukcyjnego. Najczęściej jednak zbrojenie musi być odpowiednio łączone przez wykonanie zakładów, spajanie lub zastosowanie zacisków w złączach mechanicznych.

Tradycyjne sposoby łączenia zbrojenia

Połączenia na zakład [5] to tradycyjne uciąganie zbrojenia (rysunek 1), polegające na wykonaniu tzw. zakładów w obszarach połączeń. Tego rodzaju złącze konstruuje się zgodnie z zaleceniami: PN-B/03264 [6] lub PN-EN 1992-1-1 [7]. W przypadku łączenia na zakład kilku prętów zbrojeniowych połączenia powinny



Rys. 1. Uciąganie zbrojenia na zakład
Fig. 1. Rebar overlap connection

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski, Zakład Elementów Konstrukcji Budowlanych i Budownictwa na Terenach Górniczych

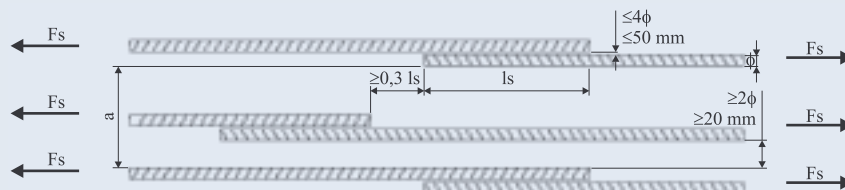
^{*)} Autor do korespondencji:
e-mail: k.konieczny@itb.pl

być przesunięte względem siebie, jak pokazano na rysunku 2. Zakłady prętów należy kształtować tak, aby:

- zapewnić przekazywanie sił z jednego pręta na drugi;
- wykluczyć możliwość rozłupywania betonu w strefie zakładu;
- wykluczyć możliwość powstania dużych rys mogących wpłynąć na sprawność konstrukcji.

W przypadku spełnienia wymienionych warunków w jednym obszarze można uciągać konstrukcyjne zbrojenie, gdy jest:

- 100% prętów rozciągających (jeśli będą one ułożone w jednej warstwie);
- 50% prętów rozciąganych ułożonych w więcej niż jednej warstwie;
- 100% prętów ścisanych.



Rys. 2. Rozmieszczenie i wzajemne przesunięcie sąsiednich zakładów
Fig. 2. Distribution and mutual displacement of neighbouring overlaps

Połączenia spajane (spawane i zgrzewane). Łączenie prętów zbrojeniowych następuje w wyniku przetopienia strefy przyległej (stykowej), a następnie wprowadzenia do tego obszaru materiału o składzie chemicznym możliwie najbardziej zbliżonym do materiału łączonych prętów. Umożliwia to uzyskanie w połączeniu parametrów fizykomechanicznych zbliżonych do rodzimego materiału łączonych prętów. W tak wykonanych złączach obciążenie z jednego łączzonego pręta na drugi jest przekazywane za pomocą sił międzycząsteczkowych. W przypadku wykonania połączeń doczołowych należy zwracać uwa-

gę, aby zgrzewane pręty były wykonane ze stali tego samego gatunku. Jeśli w połączeniu występują pręty o różnej średnicy, należy dbać, aby:

- stosunek mniejszej średnicy pręta do większej nie był mniejszy niż 0,85;
- siła rozciągająca była przenoszona osiowo.

W tabeli przedstawiono rodzaje połączeń spajanych [6].

Połączenia mechaniczne prętów. Konstrukcja i zakres stosowania tego rodzaju połączeń są opisane w krajowych lub europejskich aprobatkach technicznych (obecnie Oceny Techniczne). Zazwyczaj wykorzystywane są one do łączenia prętów zbrojeniowych o średnicy 10 ÷ 57 mm. Przekazywanie sił z jednego odcinka zbrojenia

na drugi nie jest uzależnione od przyczepności betonu do stali oraz jego jakości. Są one proste do wykonania, a ponadto zachowują pełną sprawność nawet w przypadku zarysowania betonu w obszarze wykonywanego łączenia zbrojenia. Istotne jest również to, że nie powodują zagęszczenia zbrojenia w strefach z łączeniami.

System połączeń prętów zbrojeniowych BARTEC [2] (rysunek 3) stosowany jest w przypadku, gdy przyłączany pręt można obrócić i przesuwać go wzdłuż osi. Na bazowy pręt nakręca się nagwintowaną stalową tuleję do połowy jej długości, a następnie z przeciwnej strony wkłada w tuleję

Sposoby połączeń spajanych w uciąganiu zbrojenia [6]
Methods of welded connections of the reinforcement

Rodzaj spajania i typ połączeń	Konstrukcja połączenia	Klasa gatunek stali	Średnica pręta [mm]
Doczołowe zgrzewanie iskrowe prętów zbrojeniowych		A-O A-I A-II A-III A-IIIN	5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 40 6 ÷ 32 6 ÷ 32 6 ÷ 40
Połączenia nakładkowe jednostronne wykonane łukiem elektrycznym		A-0St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I-St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W AIIIN 20G2VY-b A-IIIN RB 500 W	6 ÷ 40 5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 12 5,5 ÷ 20 6 ÷ 32 6 ÷ 28 6 ÷ 32 6 ÷ 20 6 ÷ 40
Połączenia nakładkowe dwustronne wykonane łukiem elektrycznym		A-0St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I-St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W AIIIN 20G2VY-b A-IIIN RB 500 W	6 ÷ 40 5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 12 5,5 ÷ 20 6 ÷ 32 6 ÷ 28 6 ÷ 32 6 ÷ 20 6 ÷ 40
Połączenia zakładkowe jednostronne wykonane łukiem elektrycznym		A-0St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I-St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W AIIIN 20G2VY-b A-IIIN RB 500 W	6 ÷ 40 5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 12 5,5 ÷ 20 6 ÷ 32 6 ÷ 28 6 ÷ 32 6 ÷ 20 6 ÷ 20
Jednostronne połączenia zakładkowe, przerywanie wykonane łukiem elektrycznym		A-0St0S-b A-I St3S-b A-I St3SX-b A-I-St3SY-b A-II 18G2-b A-II 20G2Y-b A-III RB 400 W AIIIN 20G2VY-b A-IIIN RB 500 W	6 ÷ 40 5,5 ÷ 40 5,5 ÷ 12 5,5 ÷ 20 6 ÷ 32 6 ÷ 28 6 ÷ 32 6 ÷ 20 6 ÷ 40

Grubość spoiny bez obliczeń można przyjmować jako $a = 0,3 \phi$. Wartości podane w nawiasach dotyczą prętów ze stali gładkiej



Rys. 3. Uciąganie prętów łącznikami w systemie BARTEC

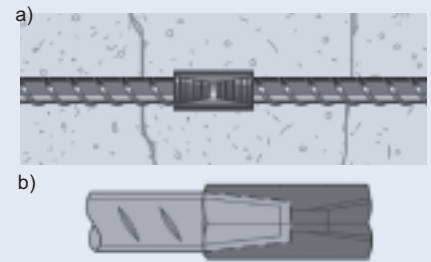
Fig. 3. Rebar connection with fasteners in BARTEC systems

przyłączany pręt. Wykonanie złącza w tej technologii wymaga wcześniejszego spęczenia na gorąco końcówek łączonych prętów, aby zachowały stałą, czynny przekrój. Podobny sposób łączenia prętów zbrojeniowych oferuje również kilku innych producentów (m.in. Jordahl & Pfeifer – łączniki typu PH).

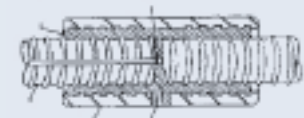
System połączeń prętów zbrojeniowych LENTON ERICO [3] polega na zastoso-

waniu łączników z wewnętrznym dwustronnym gwintem w złączach mechanicznych tulejowych. Gwint w tulei łączącej oraz na scalanych prętach ma kształt stożkowy. Łączniki umożliwiają łączenie prętów o tej samej lub różnej średnicy (rysunek 4).

Połączenia z wypełnianym złączem mechanicznym (rysunek 5) można zakwalifikować do połączeń specjalnych. Ich charakterystyczną cechą jest wypełnienie (przez iniekcje) styku wewnętrznej części tulei łączącej z końcówkami prętów zbrojeniowych różnego rodzaju substancjami scalającymi (w tym również na bazie płynnego metalu). Takie połączenia mają dużą nośność i mogą być stosowane w konstrukcjach narażonych na oddziaływania statyczne i dynamiczne (w tym i sejsmiczne). Ich niewątpliwą zaletą jest możliwość



Rys. 4. Uciąganie zbrojenia w systemie LENTON ERICO; połączenia prętów o tej samej średnicy (a) oraz o różnej średnicy (b)
Fig. 4. Rebar connection using LENTON ERICO system; (a) connections of rebars with the same diameter and (b) connections of rebars with the various diameter



Rys. 5. Połączenia łącznikami ERICO-CAPWELD

Fig. 5. Connections using ERICO-CAPWELD system

ograniczenia błędów wynikających z niezbyt precyzyjnego rozmieszczenia łączonych prętów. Wykonanie takich połączeń wymaga wysoko wykwalifikowanego personelu, przestrzegania bardzo restrykcyjnych zaleceń i stosowania specjalistycznego oprzyrządowania.

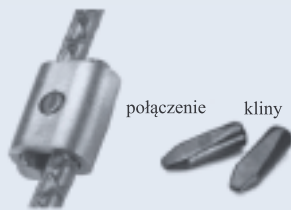
Złącza skręcane (rysunek 6) wykonywane są z wykorzystaniem tulei z nawierconymi otworami, którą nakłada się na łączone końcówki prętów zbrojeniowych. Następnie tuleję mocuje się przez wkręcenie śrub (lub wbicie specjalnych sworzni) silnie dociskających je do powierzchni łączonych prętów. W przypadku wciskania sworzni stosuje się ręczne praski hydrauliczne. Tego rodzaju połączenia można wykorzystać podczas realizacji nowych i modernizowanych obiektów budowlanych, a także w naprawach konstrukcji żelbetowych.



Rys. 6. Uciąganie zbrojenia łącznikami LENTON LOCK [3]

Fig. 6. Rebar connection with LENTON LOCK fasteners [3]

Łączniki mechaniczne w zamocowaniach drugorzędnych. W przypadku uciągania zbrojenia o średnicy do 20 mm stosowane są proste rozwiązania wykorzystujące połączenia skręcane. Tuleja łącznika ma kształt owalny (rysunek 7), co skutkuje wystąpieniem w połączeniu niewielkiego mimośrodru. Pręty właczane są w otwór hydrauliczny, co sprawia, że w tu-



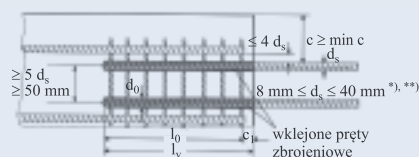
Rys. 7. Uciąganie zbrojenia łącznikami LENTON QUICK-WEDGE

Fig. 7. Rebar connection with Lenton Quick-Wedge fasteners

lei łącznika na styku dwóch łączonych prętów zbrojeniowych stalowego sworzni realizowane jest trwale i pewne uciąganie zbrojenia.

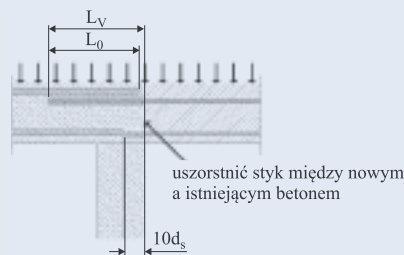
Połączenia wklejane (rysunek 8) od ok. 20 lat bardzo dynamicznie się rozwijają. Często określa się je jako zamocowania chemiczne. Obie te nazwy wskazują na wykonywanie połączeń przy użyciu specjalistycznych zapraw chemicznych, m.in. epoksydowych, epoksydowo-akrylowych, winyloestrowych, poliestrowych lub mniej popularnych metakrylowych, hybrydowych. Zalecenia dotyczące projektowania zamocowań z wykorzystaniem techniki połączeń wklejanych zawarte są w Eurokodzie 2 [7], Specyfikacji Technicznej [8] oraz Raportach Technicznych EOTA [4, 9, 10], natomiast wymagania i zakres stosowania opisują krajowe lub europejskie Aprobaty Techniczne (obecnie Oceny Techniczne). Przykłady zastosowania zamocowań chemicznych do uciągania zbrojenia w konstrukcjach budowlanych przedstawiono na rysunkach 9 i 10 [9].

Przy uciążeniu zbrojenia konstrukcyjnego techniką zamocowań wklejanych należy zwracać uwagę na sposób wiercenia otworów w betonowym podłożu. Aby zapewnić zakładaną sprawność połączeń,



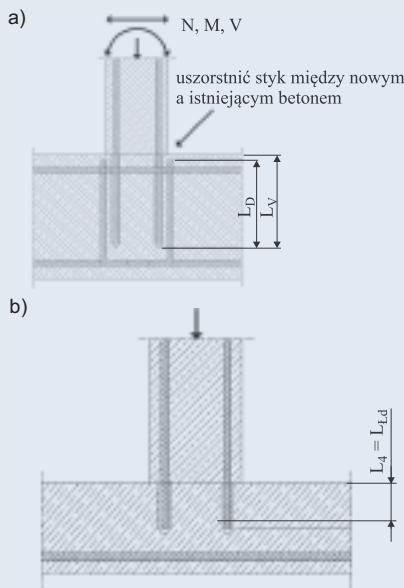
Rys. 8. Ogólne wymagania dotyczące uciągania zbrojenia w oparciu o technikę zamocowań wklejanych: l_v – czynna głębokość zakotwienia; l_0 – długość połączenia na zakład; c – otulina wg wytycznych projektowych; d_s – średnica wklejanego pręta; d_0 – nominalna średnica wiertła

Fig. 8. General requirements concerning rebar connections based on the bonded rebar system: l_v – active depth of embedment; l_0 – length of overlap; c – concrete cover according to design guidelines; d_s – diameter of a bonded rebar; d_0 – nominal drill diameter



Rys. 9. Złącze zakładkowe w przypadku zamocowania zbrojenia w płytach i belkach dobudowywanych do istniejącej konstrukcji

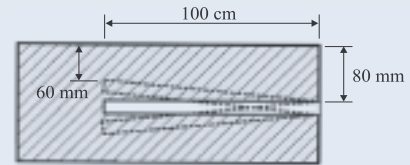
Fig. 9. Overlaps in fastening of reinforcement in slabs and beams built onto an existing structure



Rys. 10. Złącze zakładkowe w połączeniu nowego słupa lub ściany z istniejącym fundamentem, gdy: a) pręty żebrowane w połączeniu będą rozciągane ze zginaniem; b) pręty żebrowane w połączeniu osadzone są w strefie ściskanej

Fig. 10. An overlap in connection of a new column or wall with the existing foundation when: a) rebars are subjected to combined tensile and bending loading; b) rebars are embedded within compression zone

należy przestrzegać rygorystycznych wymagań dotyczących średnicy wierconego otworu i zapewnienia ich równoległego przebiegu w stosunku do zbrojenia zabetonowanego w konstrukcji. Do tego celu służą specjalne prowadnice wiertarek. Bez użycia odpowiednich prowadnic, w zależności od sposobu wiercenia, sprawności sprzętu, umiejętności operatora w przypadku otworu długości ok. 100 cm można popełnić błąd w usytuowaniu montowanego pręta wynoszący nawet 6 cm (rysunek 11).



Rys. 11. Schemat błędnego wykonania otworów w podłożu

Fig. 11. A schematic diagram of erroneous performance of holes in the base

Podsumowanie

Z problematyką związaną z uciążaniem zbrojenia w konstrukcjach żelbetonowych mamy do czynienia w obiektach nowo budowanych, remontowanych lub podlegających rozbudowie. W artykule przedstawiono metody uciągania zbrojenia. Zwrócono uwagę na specyfikę i trudności przy wykonywaniu uciągania zbrojenia z wykorzystaniem techniki zamocowań wklejanych. Odpowiedzialność i trudności w ich realizacji są na tyle istotne, iż w niektórych krajach Unii Europejskiej wymagane są odpowiednie szkolenia i posiadanie dodatkowych uprawnień wykonawczych. W najbliższej przyszłości przewiduje się prowadzenie tego rodzaju szkoleń również przez Instytut Techniki Budowlanej we współpracy z producentami łączników wklejanych i przy wykorzystaniu specjalistycznego sprzętu montażowego.

Literatura

- [1] Gącikowski R., Ordon B.: Warunki techniczne wykonywania i odbioru robót budowlanych. Poradnik on-line dla profesjonalistów.
- [2] Systemy zbrojenia betonu. Materiały techniczne BETOMAX.
- [3] Systemy łączników do prętów zbrojeniowych na gwint stożkowy. Materiały techniczne LENTON-ERICO.
- [4] Drobiec Ł.: Wklejanie prętów zbrojeniowych za pomocą kotew chemicznych – połączenia w konstrukcjach prętów zbrojeniowych za pomocą kotew chemicznych – żelbetonowych. Inżynier Budownictwa, Warszawa 2012 r.
- [5] Starosolski W.: Konstrukcje żelbetonowe wg Eurokodu 2 i norm związanych. Warszawa, Wydawnictwo PWN.
- [6] PN-B/03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetonowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [7] PN-EN 1992-1-1:2004+Ac:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne dla budynków.
- [8] Design of fastenings for use in concrete. CEN/TS 1992-4-5:2009.
- [9] Raport Techniczny EOTA TR023 Assessment of post-installed rebar connections. Edycja 2006 r.
- [10] Raport Techniczny EOTA TR029 Design of Bonded Anchors. Edycja 2010 r.

Przyjęto do druku: 28.09.2015 r.