

## STRESZCZENIE

Praca odpowiada na pytania związane z efektywnością stosowania zbrojenia elementów prętowych ze stali o podwyższonej wytrzymałości. Przegląd wybranej literatury pokazuje, że zainteresowanie stalą HSS (High Strength Steel) jako zbrojeniem betonu rośnie, co wymaga zweryfikowania zapisów normowych w celu umożliwienia jej racjonalnego stosowania. W ramach europejskiej normy Eurokod 2 nie przewidziano dotychczas żadnych rozstrzygnięć w tym kierunku. Tymczasem wysoka granica plastyczności stali HSS, przewyższająca o kilkadziesiąt procent cechy stali aktualnie stosowanej, daje potencjalnie duże możliwości redukcji stopnia zbrojenia, czy – jak wskazują niektórzy autorzy – zwiększenia smukłości elementów. Uzasadnione wydaje się wobec tego podjęcie tematu celowości oraz poziomu ograniczenia odkształceń przekroju w elementach zbrojonych stalą o podwyższonej wytrzymałości, a także możliwości wykorzystania i obliczeniowego uwzględniania dodatkowych czynników związanych z odkształcalnością betonu, takich jak skrzepowanie i pełzanie betonu, czy stosowanie dodatkowego zbrojenia betonu w postaci włókien rozproszonych.

W pracy omówiono amerykańskie raporty, stanowiące rozszerzenia norm, dotyczące stali ASTM A1035, jak również wybrane publikacje dotyczące wpływu granicy plastyczności stali na nośność żelbetowych elementów zbrojonych stalą HSS, z uwzględnieniem skrzepowania betonu, smukłości słupów oraz obciążenia długotrwałego.

Następnie przedstawiono wstępną obliczeniową analizę odkształcalności i nośności przekroju obciążonego momentem zginającym i siłą podłużną, zbrojonego stalą SAS, prowadzoną ściśle według zaleceń Eurokodu 2. Odniesiono się do zagadnienia sztywności elementów przy zginaniu i mimośrodowym ściskaniu, ze szczególnym uwzględnieniem przypadku redukcji ilości zbrojenia proporcjonalnie do granicy plastyczności rozważanych gatunków stali.

Przedstawiono własne badania eksperymentalne stali zbrojeniowej o podwyższonej wytrzymałości. Ustalono pełną charakterystykę wytrzymałościową dwóch gatunków stali SAS670/800 i SAS950/1050 oraz dla porównania typowej stali St500. Zweryfikowano ponadto geometryczne cechy tych prętów (względne pole powierzchni żebra), istotne ze względu na ich przyczepność do betonu. Badaniom wytrzymałościowym poddano także sploty o średnicy 15,5mm, zastosowane przez Autorkę jako pasywne zbrojenie słupów.

Zaprezentowano wyniki dwóch serii własnych eksperymentalnych badań słupów. Program badania opracowano tak, aby uwypuklić wpływ zbrojenia poprzecznego na odkształcalność i nośność słupów ściskanych osiowo, zbrojonych podłużnie stalą o podwyższonej wytrzymałości.

Badaniom poddano słupy krępe o przekroju kołowym (Seria I) oraz prostokątnym (Seria II). Jako zbrojenie podłużne zastosowano pręty średnicy 18mm ze stali SAS670/800 i SAS950/1050 (Seria I) oraz stal sprężającą w postaci splotów (Seria II). Ograniczenie poprzecznych odkształceń betonu uzyskano dzięki zastosowaniu stalowych strzemion lub uzwojenia, a także obwodowego zbrojenia kompozytowego z maty CFRP (Carbon Fibre Reinforced Polymer). W Serii I zbadano 10 słupów, a w Serii II 5 słupów. Badania przeprowadzono w Laboratorium Badawczym Katedry Budownictwa Betonowego PŁ.

W części obliczeniowej przedstawiono własną propozycję procedury obliczenia żelbetowych elementów prętowych, obciążonych siłą normalną i momentem zginającym. Procedura bazuje na nieliniowej metodzie analizy żelbetowych elementów prętowych [8], opracowanej i rozwijanej w Katedrze Budownictwa Betonowego PŁ, znacznie ją jednak poszerza. Stwarza możliwość uwzględniania skrępowania betonu i pełzania betonu w aspekcie nośności i odkształcalności analizowanych elementów. Proponowana procedura obliczeniowa została zweryfikowana na podstawie wyników badań doświadczalnych – własnych, obejmujących krępe słupy ściskane osiowo (rozdział 5), oraz zaczerpniętych z literatury. Następnie zaprezentowano wyniki własnej analizy efektów zbrojenia stalą SAS elementów prętowych z betonu. Jest to analiza wieloaspektowa – uwzględniono w niej dwa gatunki stali SAS (SAS650/900 i SAS950/1050) oraz typową stal St500, skrępowanie betonu, smukłość elementu i pełzanie betonu, spowodowane długotrwałym obciążeniem. To ostatnie przyjęto na poziomie 55% nośności doraźnej. Kryterium efektywności rozwiązania była nośność i zdolność do odkształceń w stanie pokrytycznym.

Obserwacje dokonane w toku doświadczalnych badań i ich wyniki, wnioski wynikające z literatury, w tym prezentowanych w niej badań doświadczalnych, a przede wszystkim wyniki analiz obliczeniowych upoważniają do sformułowania niżej wymienionych wniosków. Stwierdzono, że najważniejszym czynnikiem wpływającym na stopień wykorzystania potencjalnej wytrzymałości stali zbrojeniowej jest zdolność betonu do odkształcania się pod obciążeniem. Zależy ona od wielu czynników: stopnia zbrojenia poprzecznego i podłużnego, stopnia zbrojenia rozproszonego, wytrzymałościowych cech stosowanych materiałów. Wpływu tych czynników na nośność elementu prętowego nie można rozdzielać, tym bardziej, że oddziałują one wzajemnie na siebie.

Stopień efektywności stali o podwyższonej wytrzymałości zastosowanej jako zbrojenie może być bardzo różny w zależności od konfiguracji czynników wpływających na odkształcenia przekroju. Należy go każdorazowo ustalać obliczeniowo, uwzględniając rzeczywiste warunki materiałowe i konstrukcyjne elementu.