

dr inż. Maciej Minch*
mgr inż. Krzysztof Zabój**

System stropów gęstożebrowych z belkami strunobetonowymi

The pre-stressed rib and block slab system

Streszczenie. W artykule omówiono system stropów gęstożebrowych o nazwie Rectobeton i Rectolight, w którym zastosowano belki strunobetonowe pozwalające osiągnąć rozpiętość do 10 m. W przypadku stropu rozpiętości do 4,5 m nie jest wymagane stosowanie podpór pośrednich w czasie montażu, co można uznać za jedną z zalet systemu.

Słowa kluczowe: strop gęstożebrowy, belki sprężone.

Abstract. The article shows the rib and block slab systems named Rectobeton and Rectolight. In both systems the ribs are pre-stressed which allow to achieve span up to 10 m. For span of 4,5 m the ceiling is not requires the use of intermediate supports during assembly, which is one of the major advantages of the slab design solution.

Keywords: the rib and block slab, pre-stressed ribs .

Stropy gęstożebrowe są znane w Polsce od wielu lat i dość powszechnie stosowane w budownictwie mieszkaniowym i użyteczności publicznej. Do ich głównych zalet należy zaliczyć szybki i łatwy montaż bez użycia ciężkiego sprzętu, wyeliminowanie szalunków, zminimalizowanie prac zbrojarskich, a także małe zużycie betonu oraz zredukowanie ciężaru stropu.

Pierwsze rozwiązania stropów gęstożebrowych z belkami sprężonymi stosowane były w Polsce już w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX w. (np. stropy TB-1 [1] i DMS [2]). Obecny renesans rozwiązań sprężonych stropów belkowo-pustakowych wynika głównie ze skoku technologicznego w produkcji prefabrykatów stropowych, a więc również z redukcji niegdyś wysokich kosztów ich wytworzenia. Obszerne przegląd stropów z belkami sprężonymi można znaleźć np. w publikacji [3], a istotne kwestie obliczeniowe, powstałe po wprowadzeniu norm europejskich, np. w [4, 5, 6].

Konstrukcja stropów

Gęstożebrowe stropy sprężone w wykonaniu tradycyjnym (np. systemu Rectobeton) składają się ze strunobetonowych belek stropowych (np. RS [7]) oraz wypełnienia w postaci żwirobetonowych, wibroprasowanych pustaków (np. RP – fotografia 1). Uzupełnieniem systemu są zbrojenia przypodporowe i zgrzewane maty siatki stalowej układane w betonie wylewanym na budowie. Prefabrykowane belki stropo-



Fot. 1. Strop gęstożebrowy Rectobeton z belkami RS

* Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

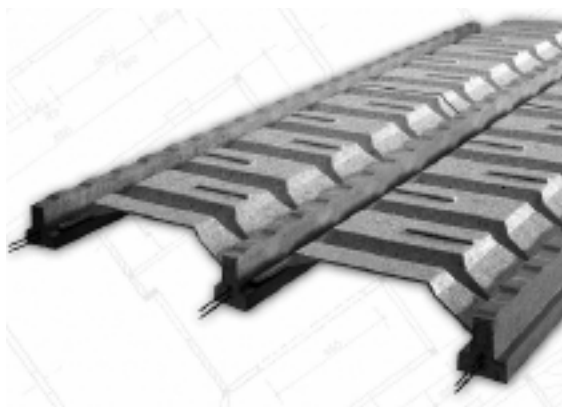
** Rector Polska Sp. z o.o.

w wykonuje się z betonu klasy C50/60 na kruszywie naturalnym. Belki różnią się wysokością przekroju, liczbą i usytuowaniem splotów sprężających oraz usztywnieniem wykonanym z pręta lub kratowniczką przestrzenną [7]. Główne zbrojenie sprężające belek stanowią sploty trzydrutowe Y5,2 (3Ø2,4 mm) oraz siedmiodrutowe Y6,85 (1Ø2,35 mm + 6Ø2,25 mm). System obejmuje też belki RSE wzmocnione stalą miękką, które nie wymagają podpór montażowych do rozpiętości ok. 4,5 m.

Strop gęstożebrowy systemu Rectobeton (fotografia 1) przeznaczony jest dla budownictwa mieszkaniowego jedno- i wielorodzinnego oraz użyteczności publicznej, a także budynków przemysłowych lub gospodarczych. Rozpiętość tych stropów, w zależności od obciążeń użytkowych, dochodzi do 10,0 m. Wysokość stropu (zależna od rozpiętości i obciążeń) wynosi 14 ÷ 34 cm, osiowy rozstaw belek 59 ÷ 60 cm, minimalna grubość nadbetonu 4 cm, a masa ok. 235 kg/m². Stropy zabezpieczone od spodu tynkiem gipsowym na siatce osiągają ognioodporność od REI60 do REI240 [8].

Strop gęstożebrowy typu Rectolight (fotografia 2) z szalunkiem traconym z drewna prasowanego jest alternatywą dla stropu z wykorzystaniem pustaków betonowych. W jego skład wchodzi sprężone belki stropowe RS w rozstawie ok 120 cm oraz lekkie kształtki z wytrzymałego drewna prasowanego o masie ok. 6 kg. Niewielka masa kształtek umożliwia łatwe i szybkie przygotowanie do betonowania stropów o grubości 16 – 26 cm. Kształtki stropowe wykonane są w technice pióro-wpust z 6-cm luzem regulacyjnym ułatwiającym montaż.

Rozwiązanie z szalunkami traconymi znajduje zastosowanie w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej m.in. przy wymianie stropów w starych kamienicach. Konstrukcja stropu może uzyskać ognioodporność REI60 [9]. System umożliwia dwukrotne przyspieszenie montażu i redukuje koszty transportu (jedna paleta wypełnienia wystarcza na wykonanie do 90 m² stropu). Łatwość cięcia i wykonywania otworów sprawia, iż strop jest bardzo elastyczny (możliwość dopasowania do każdej geometrii przekrycia). W przypadku zastosowania stropów gęstożebrowych w budownictwie mieszkaniowym i użyteczności publicznej wymagane są sufity podwieszane.



Fot. 2. Strop gęstożebrowy Rectolight z szalunkiem traconym z drewna prasowanego

Zasady projektowania i konstruowania

Wymiarowanie belek konstrukcji stropu odbywa się zgodnie z algorytmem podanym w PN-EN 15037-1:2011 [10]. Momenty od obciążeń zewnętrznych M_{Ed} oblicza się ze wzoru:

$$M_{Ed} = (1,35 \Sigma g + 1,5q) L^2 \xi / 8 \quad (1)$$

gdzie:

Σg – suma obliczeniowych obciążeń stałych;
 q – obliczeniowe obciążenie zmienne stropu;
 L – rozpiętość podpór w świetle;
 ξ – rozstaw żeber.

Zredukowaną wartość sił tnących V_{Ed} można wyznaczać ze wzoru:

$$V_{Ed} = (1,35 \Sigma g + 1,5q) [1 - 5h/(3L)] \xi L / 2 \quad (2)$$

gdzie:

h – wysokość stropu łącznie z nadbetonem.

Ze względów statycznych konieczne jest spełnienie warunku:

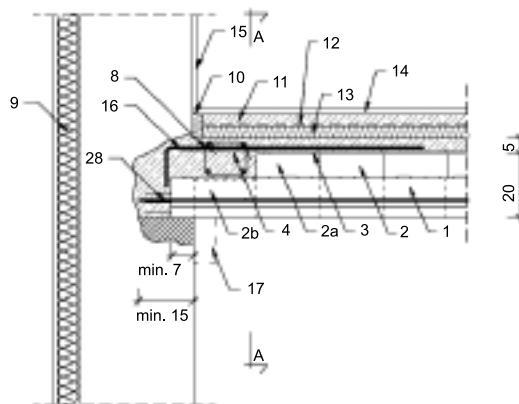
$$M_{Ed} \leq M_{rd} \text{ oraz } V_{Ed} \leq V_{rd} \quad (3)$$

gdzie wartość momentów M_{rd} oraz sił tnących V_{rd} odczytuje się z tabel podanych przez producenta systemu. Przyjmując tabelaryczną wartość momentu M_{rd} można wyliczyć maksymalną rozpiętość stropu ze względu na nośność:

$$L = [8M_{rd} / (1,35 \xi \Sigma g + 1,5q \xi)]^{1/2} \quad (4)$$

W przypadku większych obciążeń, np. pod ściankami działowymi, należy stosować żebra składające się z 2 lub 3 belek. Podczas wymiany starych stropów drewnianych na stropy masywne, system umożliwia stosowanie wzmocnionych belek stropowych RSE, które nie wymagają pośrednich podpór montażowych. Belki stropowe kotwi się w gnieździe muru, a wieniec obwodowy wykonuje jako cofnięty i biegnący wzdłuż istniejącej ściany (rysunek). Takie rozwiązania są szczególnie korzystne wówczas, kiedy niższe kondygnacje są użytkowane lub nowy strop wykonuje się nad stropem starym.

Izolacyjność akustyczna stropów gęstożebrowych zarówno od dźwięków powietrznych, jak i uderzeniowych nie jest najlepsza, co wynika z dosyć małej masy stropów. Większe masy jest oczywiście nieekonomiczne, dlatego najczęściej stosowanym rozwiązaniem są podłogi pływające lub maty akustyczne.



Rozwiązanie konstrukcyjne oparcia stropu na starych murach z cofniętym wieńcem obwodowym: 1 – sprężona belka stropowa; 2 – pustak stropowy; 2a – deklowany pustak stropowy; 2b – deklowany obniżony pustak stropowy; 3 – nadbeton; 4 – siatka stalowa; 8 – wieniec żelbetowy; 9 – pionowa izolacja termiczna; 10 – dylatacja posadzki; 11 – wylewka; 12 – izolacja przeciwwilgociowa; 13 – wełna mineralna lub styropian; 14 – posadzka; 15 – tynk; 16 – zbrojenie przypodporowe; 28 – dozbrojenie $\phi 10$ mm, $l = 180$ cm na stopce belki

Podsumowanie

Zalety konstrukcji sprężonych stropów gęstożebrowych w budowlach przemysłowych i infrastrukturalnych są niepodważalne. Cechy wyróżniające sprężone konstrukcje stropowe to: duża wytrzymałość i sztywność stropu; możliwość przenoszenia dużych obciążeń; duża rozpiętość; małe ugięcia; brak zarysowania i klawiszowania stropu. Zaletą wykonawczą jest brak szalunków i żeber rozdzielczych; mała liczba podpór montażowych lub nawet ich brak oraz zminimalizowanie dozbrojeń stropu.

Obecne trendy realizacyjne rozwiązań konstrukcyjnych sprężonych stropów gęstożebrowych wskazują na coraz większą ich popularność nie tylko w małych i średnich inwestycjach, ale również w obiektach o większej kubaturze. Można w nich zastosować nowoczesne i lekkie wypełnienia zastępujące tradycyjne pustaki stropowe, co znacznie przyspiesza oraz ułatwia montaż. Stropy gęstożebrowe są często wykorzystywane w remontowanych obiektach, gdzie nie ma możliwości stosowania podpór pośrednich.

Literatura

- [1] Suwalski L.: Żelebet, Arkady, Warszawa 1963.
- [2] Hechay J. i in.: Budownictwo betonowe. Tom X, Budowle miejskie, Arkady, Warszawa 1985.
- [3] Drobiec Ł., Pająk Z.: Stropy z drobnowymiarowych elementów, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
- [4] Pędziwiatr J.: Wstęp do projektowania konstrukcji żelbetowych wg PN-EN 1992-1-1: 2008, DWE, Wrocław 2010.
- [5] Ksist B. i in.: Stropy gęstożebrowe wg polskich norm i Eurokodów – analiza różnic na wybranych przykładach., Budownictwo i Inżynieria Środowiska, Vol. 2, No 3, 2011.
- [6] Antonowicz R.: Obliczanie zbrojenia stropów gęstożebrowych w ujęciu eurokodów – przekroje teowe, Izolacje 4/2012.
- [7] Aprobata Techniczna ITB AT-15-5573/2007 Belki strunobetonowe Rector, Warszawa 2007.
- [8] Badanie ITB nr NP-744/A/07/GW.
- [9] Badanie ITB nr 28818/11/Z00 NP.
- [10] PN-EN 15037-1: 2011. Prefabrykaty z betonu. Belkowo-pustakowe systemy stropowe. Cz. 1: Belki.