

# STROPY GĘSTOŻEBROWE WEDŁUG POLSKICH NORM I EUROKODÓW – ANALIZA RÓŻNIC NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH

Barbara KSIT\*, Józef JASICZAK, Rafał KOTLARZ

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań

**Streszczenie:** Przedmiotem referatu jest analiza różnic występujących w sposobie obliczania stropów gęstożebrowych według wytycznych Polskich Norm a Eurokodów. Obliczenia przeprowadzono na przykładzie stropów Akerman, Teriva Nova oraz Baumat BT-2. Uzyskane rezultaty przedstawiono tabelarycznie.

*Słowa kluczowe:* stropy gęstożebrowe, Eurokod.

## 1. Wprowadzenie

Analizę konstrukcyjną stropów gęstożebrowych można wykonywać w oparciu o Normy Polskie, jak i bazując na zasadach Eurokodu, gdyż obecnie dokumenty te funkcjonują równolegle. W związku z powyższym, warto zapoznać się ze zmianami, jakie wprowadza Eurokod w stosunku do Polskich Norm przy zbieraniu obciążeń i przeprowadzaniu obliczeń statyczno-wytrzymałościowych. W artykule zamieszczono kluczowe wyniki z przeprowadzonych obliczeń wybranych stropów gęstożebrowych według wytycznych Polskich Norm oraz Eurokodu, istotne w celu wykonania analizy porównawczej. Na podstawie otrzymanej komparacji można ocenić, czy zmiany jakie wprowadza Eurokod są znaczne i w jaki sposób wpływają na konstrukcję.

Wybór do analizy danych typów stropów gęstożebrowych nie był przypadkowy. Strop Akermana stanowi przykład stropu monolitycznego, z pustkami ceramicznymi i żebrami monolitycznymi. Taki rodzaj stropu należy wymiarować kierując się przedmiotowymi normami do obliczeń konstrukcji żelbetowych (Starosolski, 2009). Stropy Teriva oraz Baumat są przykładowymi stropami monolityczno-prefabrykowanymi. W ich przypadku wymiarowanie ogranicza się jedynie do przyjęcia belki stropowej z tabeli podanej przez producenta, o odpowiedniej nośności zależnej od rozpiętości żebra, oraz do sprawdzenia stanu granicznego użytkowania (Hoła i in., 2010). Niestety dotychczas producenci podają jedynie wartości dopuszczalnych obciążeń obliczone na podstawie Polskich Norm, co stanowi pewien problem podczas przeprowadzania obliczeń według Eurokodu. W takim

przypadku bardzo pomocna okaże się znajomość informacji zawartych w niniejszym artykule.

## 2. Analiza porównawcza sposobu obliczeń stropów

Obliczenia przeprowadzono na przykładzie stropów Akermana, Teriva Nova oraz Baumat BT-2 według wytycznych Polskich Norm i Eurokodu (Knauff, 2006). Obecnie zaprzestano produkcję stropu Baumat, lecz w związku z tym, iż był on swego czasu stosowany w budownictwie ogólnym, istnieje możliwość natrafienia na jego konstrukcję na przykład podczas przebudowy czy remontu.

Założenia obliczeniowe:

- dom jednorodzinny, dwukondygnacyjny, niepodpiwniczony;
- strop międzypiętrowy, nad pierwszą kondygnacją;
- warunki środowiskowe suche, wewnątrz budynku o niskiej wilgotności powietrza – klasa XC1;
- typowy układ warstw wykończeniowych, identyczny dla każdego stropu.

Analizę porównawczą przeprowadzono w kolejności zgodnej z tokiem obliczeń stropów gęstożebrowych (Hoła i in., 2010).

Różnice pomiędzy obciążeniami charakterystycznymi wyznaczonymi na podstawie Polskich Norm a Eurokodu mieszczą się w granicach jednego procenta, gdyż jedyną wartością, która uległa zmianie przy zbieraniu obciążeń, była wartość obciążenia zastępczego ściankami działowymi. Należy jednak zaznaczyć, iż Eurokod podaje jedynie wartości charakterystycznego obciążenia zastępczego od przestawnych ścianek działowych

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: barbara.ksit@put.poznan.pl

z zastrzeżeniem, że w przypadku cięższych ścian działowych wartości te należy ustalać na podstawie specjalnych analiz z uwzględnieniem usytuowania i typu konstrukcji stropu. Tak więc w Eurokodzie można dostrzec pewną niejasność związaną rozgraniczeniem pomiędzy ściankami działowymi przestawnymi, a standardowymi ścianami działowymi. W związku z tym, iż ciężar ścianek działowych w omawianym przykładzie obliczeniowym mieści się w granicach  $1,5 \text{ kN/m}^2$ , przyjęto w przypadku obliczeń według Polskiej Normy obciążenie zastępcze od ścianek działowych wynoszące  $0,75 \text{ kN/m}^2$ , natomiast na potrzeby obliczeń zgodnych z wytycznymi Eurokodu założono, iż obciążenie to jest równe  $0,80 \text{ kN/m}^2$ , jak dla przestawnych ścianek działowych, których ciężar nie przekracza  $2,0 \text{ kN/m}^2$ . Dodatkowo warto zwrócić uwagę, iż Polska Norma podaje wartość obciążenia technologicznego dla pomieszczeń mieszkalnych równą  $1,5 \text{ kN/m}^2$ , natomiast Eurokod podaje przedział obciążeń od  $1,5$  do  $2,0 \text{ kN/m}^2$  dla stropów powierzchni mieszkalnych. Na potrzeby przykładu obliczeniowego przyjęto w obu przypadkach obciążenie użytkowe równe  $1,5 \text{ kN/m}^2$ .

Przy wyznaczaniu obliczeniowych wartości obciążenia Eurokod podaje nieco inne zasady wykonywania kombinatoryki obciążeń w stosunku do tych podanych w Polskiej Normie. Rozbieżności te są natomiast nieznaczące i mają mały wpływ na nośność stropu i ogólne bezpieczeństwo konstrukcji.

Obliczenia nośności na ścinanie przeprowadzono dla belki stropu Akermana, gdyż pozostałe dwa stropy są stropami prefabrykowanymi, w związku z czym ich nośność jest określona przez producenta. W przypadku wyznaczenia nośności obliczeniowej na ścinanie zauważyć można znaczną różnicę pomiędzy Eurokodem a Polską Normą, związaną z całkowicie innym sposobem obliczeń. Nośność obliczeniowa na ścinanie obliczona według wytycznych Polskiej Normy jest o niespełna 13% większa niż w przypadku posługiwania się zaleceniami Eurokodu. Można więc stwierdzić, iż Eurokod zastrzega wymogi dotyczące sposobu obliczeń ścinania w elementach zginanych.

Analizując różnice pomiędzy stosowaniem zaleceń Polskich Norm a Eurokodu w obliczeniach stropów gęstożebrowych warto zwrócić uwagę na inną wartość granicznej szerokości rys w elementach żelbetowych. W omawianym przykładzie założono klasę ekspozycji XC1, dla której Polska Norma podaje graniczną szerokość rys równą  $0,30 \text{ mm}$ . W Eurokodzie natomiast wprowadzono podana jest graniczna szerokość rys dla tej klasy wynosząca  $0,40 \text{ mm}$ , lecz dodatkowo zaznaczono, iż w tym przypadku „szerokość rys nie wpływa na trwałość konstrukcji, a ograniczenia nałożono jedynie w celu zapewnienia akceptowalnego wyglądu.” Jeżeli nie stawia się wymagań dotyczących wyglądu, to ograniczenia te można złagodzić. Warto również zwrócić uwagę, że Eurokod dopuszcza większe maksymalne średnice prętów zbrojeniowych niż Polska Norma, przy których nie ma obowiązku sprawdzania stanu granicznego zarysowania.

Sprawdzając ugięcie belki stropowej według Polskiej Normy wartość obliczoną należy porównać z wartością normową ustalaną w zależności od rozpiętości. W omawianym przypadku dla rozpiętości obliczeniowej równej  $4,5 \text{ m}$  wartość ta wynosi  $2,25 \text{ cm}$ . Wprawdzie Eurokod sugeruje, iż wartość granicznego ugięcia należy ustalać biorąc pod uwagę między innymi przeznaczenie i rodzaj konstrukcji, elementy wykończenia oraz ściany działowe, to jednocześnie podaje wartość liczbową granicznego ugięcia (zaczepniętą z ISO 4356), która dla elementów belkowych wynosi  $1/250$  rozpiętości, co stanowi w przykładzie obliczeniowym ugięcie wielkości  $1,8 \text{ cm}$ .

Warto zwrócić uwagę na sposób określania maksymalnej smukłości belki żelbetowej. Według Polskiej Normy maksymalną smukłość belki odczytuje się z tabeli w zależności od klasy betonu, naprężeń w stali zbrojeniowej oraz stopnia zbrojenia. Eurokod natomiast wprowadza wzór obliczeniowy, na podstawie którego wyznacza się graniczną smukłość, przy której ugięcia elementu nie przekroczą wartości maksymalnej. Wzór ten jest zależny od klasy betonu, stopnia zbrojenia i rodzaju obliczanej konstrukcji. Stosując te wytyczne okazuje się, że wartość granicznej smukłości belki obliczona na podstawie Eurokodu jest o niecałe 10% mniejsza od tej wyliczonej według Polskich Norm.

Eurokod nie określa wymagań stawianych żebrom rozdzielczym. Jeśli producent zaleca zastosowanie w stropie żebrowym rozdzielczym, to obecnie oblicza się ich zbrojenie według wytycznych Polskiej Normy.

W tabeli 1 przedstawiono wybrane wartości, niezbędne do przeprowadzenia analizy różnic wynikających z obliczeń na podstawie Polskich Norm a Eurokodu stropów gęstożebrowych: stropu Akermana (1), stropu Teriva Nova (2) i stropu Baumat BT-2 (3).

Tab. 1. Zestawienie wyników przeprowadzonych obliczeń stropów Akermana (1), stropu Teriva Nova (2) i stropu Baumat BT-2 (3)

	Obliczenia na podstawie Polskich Norm	Obliczenia na podstawie Eurokodu	Obliczenia na podstawie Polskich Norm	Obliczenia na podstawie Eurokodu
	Obciążenia charakterystyczne [kN/m <sup>2</sup> ]		Obciążenie obliczeniowe [kN/m <sup>2</sup> ]	
1	6,214	6,264	7,669	7,999
2	5,764	5,814	7,174	7,482
3	5,300	5,350	6,660	6,950
	Ugięcie graniczne		Rysy: graniczna szerokość rys $w_{lim}$ dla klasy ekspozycji XC1 [mm]	
1,2,3	$l_{eff}/200$	$l_{eff}/250$	0,30	0,40
	Rysy: maksymalna średnica prętów zbrojeniowych, przy której nie ma obowiązku sprawdzania stanu granicznego zarysowania [mm]		Ścinanie: nośność obliczeniowa na ścinanie [kN]	
1	32	40	11,50	9,53
2	25	32		
3	25	32		
	Metoda uproszczona sprawdzenia ugięć.			
	$\max(l_{eff}/d)$			
1 ( $l_{eff}/d=21,7$ )	29,50	26,60		
2 ( $l_{eff}/d=21,2$ )	23,20	21,70		

### 3. Wnioski

Reasumując, Eurokod wprowadza nieznaczne zmiany, które generalnie zaostrzają wymagania stawiane projektowanym stropom gęstożebrowym. Istnieją różnice przy zbieraniu obciążeń według Polskich Norm a Eurokodu, aczkolwiek ostateczne wartości odbiegają od siebie maksymalnie o kilka procent. Eurokod zaostrza wymogi dotyczące obliczeń nośności na ścinanie w elementach zginanych, wprowadza także nowe pojęcie *akceptowany wygląd* w przypadku rys. Jednakże nie wszystkie parametry są podwyższone, w przypadku smukłości, graniczna wartość jest o 10% mniejsza niż wyliczona według Polskich Norm.

Należy zauważyć, że jest jeszcze wiele niejasności, jak chociażby te przy ustalaniu obciążeń technologicznych, dlatego do pewnych parametrów należy podchodzić z dużą wiedzą inżynierską.

### Literatura

- Hoła J., Pietraszek P., Schabowicz K. (2010). Obliczanie konstrukcji budynków wznoszonych tradycyjnie. *Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne*, Wrocław.
- Knauff M. (2006). Podstawy projektowania konstrukcji żelbetowych i sprężonych według Eurokodu 2. *Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne*, Wrocław.
- Starosolski W. (2009). Konstrukcje żelbetowe według PN-B-03264:2002 i Eurokodu 2, tom 1, Wyd. 12. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa.

#### BEAM-CEILINGS ACCORDING TO POLISH STANDARDS AND EUROCODES – DIFFERENCE ANALYSIS ON SPECIFIC EXAMPLES

**Abstract:** The paper aim was to analyse the differences occurring in the way of calculating the beam-ceilings by comparing Polish Standards and Eurocodes. The calculations were performed on example of Akerman, Teriva Nova and Baumat BT-2 ceilings. Obtained results of the analysis are presented in the table.