

dr hab. inż. Arkadiusz Madaj, prof. PP<sup>1)</sup>\*

ORCID: 0000-0002-6617-6290

mgr inż. Katarzyna Mossor<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0002-1749-2529

# Trwałość gzymsów mostowych z płyt z betonu polimerowego i laminatu

## *Durability of bridge cornices made of polymer concrete plates and laminate plates*

DOI: 10.15199/33.2021.10.06

**Streszczenie.** Gzymsy w mostach w sposób istotny wpływają na ich trwałość. Z tego względu tak ważna jest ich poprawna konstrukcja, która powinna dobrze zabezpieczać przeszło przed negatywnym oddziaływaniem środowiska przez maksymalnie długi okres i być odporna na czynniki zewnętrzne. Obecnie w Polsce są powszechnie wykonywane gzymsy z prefabrykowanych płyt z betonu polimerowego oraz z laminatu. W artykule wskazano na zagrożenia trwałości gzymsów. Udokumentowano je przykładami uszkodzeń gzymsów, które pojawiły się już po kilku latach eksploatacji mostów.

**Słowa kluczowe:** trwałość; gzyms; płyty gzymsowe.

**Abstract.** Cornices in bridges significantly affect the durability of the structure. For this reason, their proper construction is so important, as it should protect the span well against the negative effects of the environment for the longest possible period and be resistant to external factors. Currently, in Poland, cornices are commonly made with the use of prefabricated polymer concrete plates and laminate panels. The article indicates the threats to the durability of such cornices. These threats have been documented with examples of damage to this type of cornices, which appeared just after several years.

**Keywords:** durability; bridge cornice; cornice plates.

W ostatnich kilkunastu latach w Polsce belki gzymsowe w obiektach inżynierskich wykonuje się najczęściej z płyt z betonu polimerowego (fotografia 1) lub z laminatów ze względu na trudności uzyskania estetycznych i trwałych gzymsów betonowych [3]. Dotyczy to przede wszystkim dostosowania kształtu gzymsu do projektowanej krawędzi obiektu (niwelety) oraz nadmierne, niekontrolowanego powstawania rys (fotografia 2).



**Fot. 1.** Gzyms wykonany z wykorzystaniem prefabrykowanych płyt (desek) gzymsowych z betonu polimerowego (widoczne odbarwienia płyt)

Photo 1. The cornice made of precast cornice plates made of polymer concrete (visible discoloration of the plates)

<sup>1)</sup> Politechnika Poznańska; Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu

\* Adres do korespondencji: arkadiusz.madaj@put.poznan.pl



**Fot. 2.** Zarysowany gzyms wykonany z betonu „in situ”

Photo 2. Scratched cornice made of „in situ” concrete

Nadmierne rysowanie się gzymsów betonowych wynika m.in. ze stosowania do ich wykonania betonów o dużej wytrzymałości, bardzo często na bazie cementów wysokich marek. Takie betony charakteryzują się m.in. dużym skurczem. Użycie betonów o dużej wytrzymałości do wykonywania belek gzymsowych (połączonych z tzw. kapą chodnikową) ma na ogół związek z trudnościami uzyskania betonów o małej klasie charakteryzujących się dużą mrozodpornością i małą nasiąkliwością. W związku z tym gzymsy powinny być wykonywane z betonów o specjalnie opracowanej recepturze. Dowodem na to, że można wykonywać gzymsy beto-

nowe, w których nie pojawiają się rysy skurczowe, są gzymsy mostów wybudowanych np. w latach 30. ubiegłego wieku na byłych terenach niemieckich [1] lub aktualnie na terenie Niemiec czy Austrii (fotografia 3).



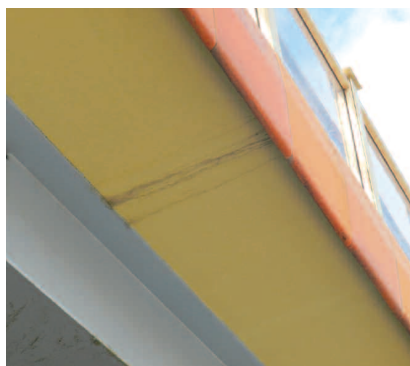
**Fot. 3.** Gzyms żelbetonowy wykonany z betonu „in situ”, monolitycznie połączony z tzw. kapą chodnikową (brak rys – widoczne lokalne zabrudzenia gzymsu)

Photo 3. Reinforced concrete cornice made of „in situ” concrete, connected with the sidewalk (no cracks – only local dirt on the cornice is visible)

### Charakterystyka gzymsów z płyt prefabrykowanych

Stosowanie płyt prefabrykowanych upraszcza wykonanie gzymsu, przyspiesza proces realizacji obiektu, zwiększa walory estetyczne i pozwala na uzyskanie równej oraz gładkiej jego powierzchni, bardzo często barwionej

na praktycznie dowolny kolor [1], ale powoduje jednocześnie wystąpienie dużej liczby styków na długości gzymsu, które uszczelnia się materiałem plastycznym. Z naszych obserwacji wynika, że często szczeliny są wypełnione tylko na ograniczonej wysokości, a zdarza się również, że w ogóle nie mają wypełnienia. Ponadto, jeśli uszczelnienie nie jest licowane z płaszczyzną prefabrykatu, to tworzy się wnęka sprzyjająca gromadzeniu się i transportowi wody (fotografia 4). Prowadzi to do zawilgocenia ustroju nośnego przez wodę wypływającą ze szczelin pomiędzy poszczególnymi prefabrykatami.

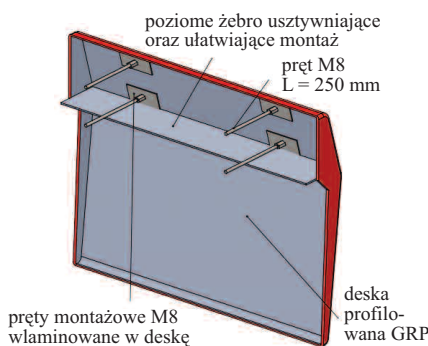


**Fot. 4. Wycieki spod płyt gzymsowych**  
Photo 4. Leaks from under the cornice plate

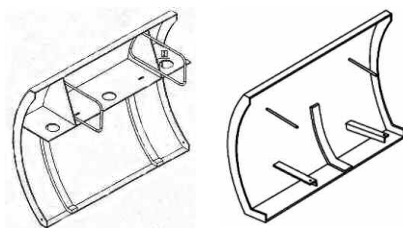
Polimerobeton lub laminat stosowany do produkcji prefabrykatu ma za założenia gwarantować dużą odporność na uszkodzenia mechaniczne, czynniki chemiczne oraz oddziaływanie środowiska [2]. Producenci płyt z laminatów podkreślają ich odporność na temperaturę  $-40 \div +100^{\circ}\text{C}$ . Płyty gzymsowe mogą mieć różny kształt; być płaskie lub o powierzchni obłej. Teoretycznie możliwe jest wykonywanie płyt, szczególnie z laminatów, o praktycznie dowolnym kształcie. Płyty z betonu polimero-owego mają na ogół grubość ponad 40 mm, długość 1000 mm (niekiedy 2000 mm) i wysokość 500  $\div$  700 mm, natomiast płyty z laminatu grubość zaledwie 5 mm i niewielki ciężar, co ma istotny wpływ na koszt transportu i montażu. Są zbrojone ciętym i ciągłym włóknem szklanym. Ich powierzchnia wewnętrzna jest często uszorstniana posypką kwarcową, w celu uzyskania lepszej przyczepności do betonu, a tym samym szczelności. Dodatkowo są wzmacniane żebrami pionowymi i poziomymi. Powierzchnie zewnętrzne, nieprzylegające

do betonu, pokrywane są żelkotem żywicznym w dowolnym kolorze wg palety kolorów RAL. Poza nadaniem odpowiedniej barwy, żelkot ma również za zadanie ułatwić utrzymanie elementu w czystości, gdyż ogranicza osadzanie się zanieczyszczeń na powierzchni. Niekiedy gzymsy są również malowane farbami poliuretanowymi po uszorstnieniu powierzchni.

Płyty prefabrykowane mocuje się najczęściej za pomocą kotew (prętów stalowych) o średnicy 8 – 10 mm standardowo wykonywanych ze stali zbrojeniowej, rzadziej ze stali nierdzewnej lub ocynkowanej ogniowo. Dodatkowym mocowaniem w przypadku płyt z laminatów są żebra pionowe i poziome. Można również zastosować klej żywiczny. Przykładowe konstrukcje płyt gzymsowych pokazano na rysunkach 1 i 2.



**Rys. 1. Płyta gzymsowa z laminatu firmy DWD**  
Fig. 1. Laminate cornice plate by DWD



**Rys. 2. Płyta gzymsowa z laminatu firmy PUSZ**  
Fig. 2. Laminate cornice plate by PUSZ

## Najczęstsze uszkodzenia gzymsów z płyt polimerobetonowych i z laminatów

Na podstawie wieloletnich obserwacji gzymsów z płyt prefabrykowanych stwierdzamy, że **najczęstsze ich uszkodzenia to:**

- zmiana barwy płyt (fotografia 1);
- przecieki wody przez styk płyt z konstrukcją betonowej kapy chodnikowej (fotografie 4 i 5);
- uszkodzenia mechaniczne płyt (pęknięcia, ubytki) – fotografia 6.



**Fot. 5. Uszkodzenia powłoki ochronnej wspornika płyty pomostowej spowodowane wodą wypływającą spod płyt gzymsowych**  
Photo 5. Damage to the protective coating of the deck plate due to water flowing out from under the cornice plates



**Fot. 6. Uszkodzenia mechaniczne (pęknięcia i ubytki) płyty gzymsowej**  
Photo 6. Mechanical damage (cracks and cavities) of the cornice plate

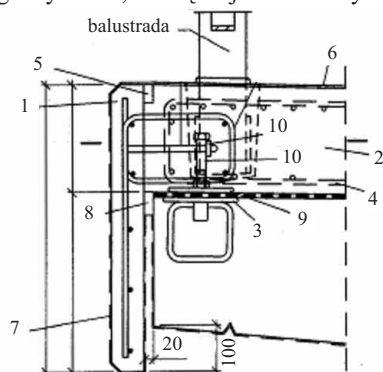
Istotny wpływ na trwałość konstrukcji mają przecieki wody i uszkodzenia mechaniczne płyt, natomiast zmiana barwy pogarsza jedynie ich estetykę.

### Podstawowe przyczyny uszkodzeń:

- małe wymiary płyt, a więc duża liczba styków, bardzo często nieuszczelnionych;
- różnica odkształcalności termicznej płyt i betonu konstrukcji;
- wadliwa konstrukcja połączenia płyt i kapy betonowej.

Wadą stosowania płyt prefabrykowanych (przede wszystkim w naszym klimacie) jest duża liczba szczelin na styku elementów sąsiednich. Są to miejsca szczególnie narażone na penetrację wody, co sprzyja destrukcji gzymsu. Ponadto, prefabrykaty są na ogół wykonane z materiału różniącego się w sposób istotny parametrami fizycznymi od betonu konstrukcyjnego płyty chodnika czy belki podporęczowej. Dotyczy to przede wszystkim współczynnika odkształcalności termicznej, a także modułu odkształcalności sprężystej. W procesie cyklicznych zmian temperatury powietrza, a przede wszystkim elementów

gzymsu (silne nagrzewanie powierzchni gzymsu w porównaniu z elementami betonowej kapy chodnikowej), prowadzi to do delaminacji elementu gzymsu: styku płyta – beton kapy chodnikowej (odspajanie się płyt od betonowej konstrukcji chodnika i powstawanie szczelin – fotografia 4). Degradacja uszczelnienia połączenia płyty gzymsowej z konstrukcją kapy sprzyja penetracji wody do szczeliny na styku kapa – prefabrykat. Zamarzająca cyklicznie woda powoduje powiększanie szczeliny i w konsekwencji odspojenie się płyty gzymsowej od konstrukcji betonowej chodnika. Rozwiązanie zalecane, np. w Katalogu Detali Mostowych [4], polegające na wypełnieniu styku masą zalewową i przykryciu nawierzchnią chodnikową z żywicy, jest mało skuteczne w dłuższym okresie w naszych warunkach klimatycznych (rysunek 3). Powodem jest to, że materiał uszczelnienia zmienia się z upływem czasu swoje właściwości pod wpływem czynników atmosferycznych – staje się mniej elastyczny (ulega procesowi tzw. starzenia) i przestaje spełniać założoną funkcję. W związku z tym, niezbędna jest jego wymiana, co często jest zaniedbywa-



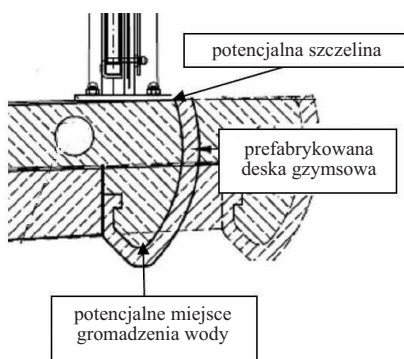
Rys. 3. Szczegół prefabrykowanej okładziny gzymsów: 1 – prefabrykat z betonu polimerowego; 2 – betonowa konstrukcja chodnika; 3 – kotew talerzowa; 4 – zbrojenie chodnika; 5 – uszczelnienie materiałem trwale plastycznym; 6 – nawierzchnia na chodniku; 7 – zabezpieczenie powierzchni gzymsu; 8 – uszczelnienie; 9 – izolacja pomostu; 10 – kotwy do regulacji ustawienia okładziny

Fig. 3. Detail of the precast cornice cladding: 1 – polymer concrete precast element; 2 – concrete sidewalk structure; 3 – disc anchor; 4 – sidewalk reinforcement; 5 – sealing with permanently plastic material; 6 – pavement on the sidewalk; 7 – surface protection of the cornice; 8 – sealing; 9 – platform insulation; 10 – anchors for adjusting the cladding

ne. Okres, po którym konieczna jest wymiana materiału uszczelniającego, zależy m.in. od jego rodzaju.

Woda wnikażąca w szczelinę prowadzi do korozji prętów kotwiących, co grozi zniszczeniem zakotwienia i odpadaniem płyt. Z tego względu korzystne jest stosowanie prętów ze stali nierdzewnej. Nie należy stosować prętów ocynkowanych, gdyż badania wykazują, że powłoka cynkowa szybko ulega zniszczeniu w środowisku silnie zasadowym, a taki odczyn ma świeży beton.

Stosowane w przypadku płyt z laminatów żebra poziome nie są dobrym rozwiązaniem, ponieważ woda wnikażąca w szczelinę nie ma możliwości odpływu, co sprzyja przyspieszonej destrukcji gzymsu m.in. w przypadku obniżenia temperatury poniżej zera. Z tego względu nie zaleca się również stosowania płyt gzymsowych w kształcie zbliżonym do litery „U” (zamkniętych dołem – rysunek 4). Dolna krawędź gzymsu tworzy bowiem tzw. kieszeń, w której gromadzi się woda wnikażąca w ewentualną szczelinę, jaka powstanie na styku płyty i gzymsu. Zimą jest ona cyklicznie zamrażana i rozmrażana, co prowadzi do niszczenia gzymsu.



Rys. 4. Prefabrykat gzymsowy w kształcie zbliżonym do litery „U”

Fig. 4. Precast cornice plate similar in the shape similar to the letter „U”

### Czynniki zagrażające trwałości gzymsów

Opisane uszkodzenia gzymsów mają swoje źródło w warunkach eksploatacji konstrukcji mostowych. Szczególnie istotny wpływ ma nasłonecznienie, w tym oddziaływanie promieni UV. Badania wykazują, że latem elementy gzymsu mogą się nagrzewać nawet do temperatury ponad 50°C. Zimą natomiast, mimo ujemnej temperatury po-

wietrza, elementy gzymsu wystawione na bezpośrednie działanie słońca ogrzewają się do dodatniej temperatury, a po ustąpieniu operacji słonecznej ich temperatura spada poniżej zera. Powoduje to dosyć duże, lokalne deformacje i prowadzi do zróżnicowanych odkształceń poszczególnych elementów, a przy braku swobody odkształceń, do powstawania sił rozwarstwiających na styku konstrukcja chodnika – płyta gzymsowa, których efektem są rysy i pęknięcia okładziny.

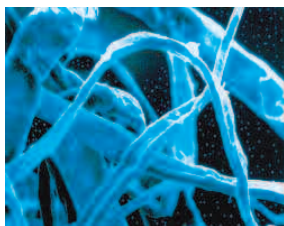
W przypadku, gdy łączy się ze sobą kilka materiałów i tworzy z nich jeden element konstrukcyjny, to na jego zachowanie mają wpływ m.in. różne współczynniki rozszerzalności termicznej tych materiałów (tabela). Różnica może wynosić nawet 200%. W przypadku płyt gzymsowych istotne są również różnice modułów sprężystości oraz właściwości reologicznych.

#### Współczynniki rozszerzalności termicznej Thermal expansion coefficient

Materiał	Współczynnik rozszerzalności termicznej $\alpha$ [1/°C]	Stosunek współczynnika rozszerzalności termicznej $\alpha$ w odniesieniu do współczynnika rozszerzalności termicznej betonu zwykłego
Beton zwykły	$10 \cdot 10^{-6}$	1,0
Stal	$12 \cdot 10^{-6}$	1,2
Polimerobeton	$17 \cdot 10^{-6}$	1,7
Laminat <sup>*)</sup> (włókna szklane)	$\approx 20 - 25 \cdot 10^{-6}$	$\approx 2 - 2,5$

<sup>\*)</sup> duży wpływ na rozszerzalność ma zawartość włókien i kierunek ich ułożenia

Dodatkowym problemem w naszym kraju jest wielokrotne przechodzenie temperatury przez tzw. krytyczne 0°C. Prowadzi to do wielokrotnego zamarzania i rozmrażania wody znajdującej się w porach betonu, rysach czy przerwach technologicznych, a w efekcie uszkodzenia elementów mostów. Takich wahań temperatury w okolicy 0°C jest w Polsce  $120 \div 230$  w ciągu roku. W związku z tym najlepiej sprawdzają się rozwiązania z najmniejszą liczbą styków lub szczelin, ponieważ są one najczęściej miejscem penetracji wody i tym samym ogniskiem uszkodzeń. Ponadto przejścia temperatury przez zero, ze względu na zjawisko gołoledzi, wymuszają stosowanie soli do zimowego utrzymania, co dodatkowo potęguje negatywne skutki mrozu. ▶



## ARBOCEL – The Power of Reinforcement

– wyjątkowe włókna na bazie celulozy, redukujące ilość powstających rys/mikropęknięć i spękań tynków, szpachli i farb



**Rettenmaier Polska**  
Sp. z o.o.  
Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B  
02-366 Warszawa  
mobile +48 600 423 423  
Tel + 48 22 608 51 00  
e-mail: arbocel@jrs.pl

W przypadku gzymsów z betonu, wykonywanych jako część tzw. kap chodnikowych, rysy wynikające z odkształceń spowodowanych skurczem pojawiają się natychmiast po wykonaniu gzymsu i są możliwe do wyeliminowania przez odpowiednie ukształtowanie kapy, jej połączenie z konstrukcją oraz stosowanie określonych zabiegów technologicznych. Trudne do wyeliminowania są natomiast skutki wynikające z istotnych różnic właściwości fizycznych materiałów, a przede wszystkim współczynnika odkształcalności termicznej łączonych materiałów, jak w przypadku płyt z polimerobetonu czy z laminatu.

### Podsumowanie

W przypadku gzymsów prefabrykowanych konieczna jest regularna wymiana uszczelnienia styku kapa chodnikowa – płyta prefabrykowana. Korzystnym rozwiązaniem płyt z betonu polimerowego może okazać się stosowanie siatki z włókna szklanego w styku podłużnym, w miejscu łączenia z betonem gzymsu, co zapobiegnie powstaniu spękań.

Warto rozważyć powrót do wykonywania belek gzymsowych z betonu monolitycznie powiązanych z konstrukcją chodnika (tzw. kapą chodnikową). Wymaga to opracowania technologii produkcji betonu mrozoodpornego o niewielkim współczynniku skurczu oraz sposobu wykonywania tego typu konstrukcji. Doświadczenia z połowy ubiegłego wieku potwierdzają, że jest to możliwe. Aby nie pojawiły się rysy o zbyt dużej rozwarości, kapa i gzyms powinny być wykonane z betonu klasy nie większej niż C25/30 i dodatkowo zbrojone gęsto rozmieszczonymi prętami o małej średnicy. Zaleca się, by zbrojenie miało średnicę max. 10 – 12 mm, znajdowało się w odstępach nie więk-

szych niż 100 mm, a otulina powinna być grubości nie mniejszej niż 35 mm. Pozwala to na uniknięcie zarysowań o szerokości większej niż 0,1 mm spowodowanych skurczem betonu oraz różnicą temperatury. Warto zaznaczyć, że przedstawione rozwiązanie ma na celu jedynie ograniczenie rozwarości rys do 0,1 mm, a nie całkowite ich wyeliminowanie, gdyż rysy o ograniczonym rozwarciu są dopuszczalne. Natomiast rysy o większej rozwarości są niedopuszczalne, ponieważ zagrażają trwałości kapy i gzymsu. Zaleca się nakładać na gzymsy powłoki elastyczne, o zdolności krycia rys 0,2 mm i nie stosować powłok czy nawierzchni sztywnych.

Nie bez znaczenia jest też odpowiednia pielęgnacja betonu gzymsów monolitycznych. W przekroju o szerokości większej niż 300 mm trzeba wziąć pod uwagę ciepło hydratacji betonu. W związku z tym, w przypadku gzymsów o większej szerokości, wykonywanych w niekorzystnych warunkach pogodowych (np. silny wiatr) może istnieć konieczność ich ochrony przed zbyt gwałtownym chłodzeniem i powstawaniem dużego gradientu temperatury na szerokości.

Fotografie: archiwum Autorów

### Literatura

- [1] Czuchnicki A., J. Wasilkowski. 2017. „Gzymsy na obiektach mostowych”. *Materiały Budowlane* (536) 4: 64 ÷ 66.
- [2] Jivan-Coteti, J. Kędzińska, T. Gajda, E. Chałakiewicz, M. Brenner. 2019. „Zasady oceny technicznej polimerobetonowych gzymsów mostowych i izolacyjno-nawierzchni mostowych”. *Materiały Budowlane* (563) 7: 42 ÷ 43.
- [3] Karpiński K., Arkadiusz Madaj. 2012. „Konstrukcja belek gzymsowych z wykorzystaniem prefabrykowanych płyt”. *Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej* (14).
- [4] Katalog Detali Mostowych, Warszawa 2002.

Przyjęto do druku: 26.07.2021 r.

**Zamów prenumeratę  
miesięcznika  
„Materiały Budowlane” na 2022 r.!!!**  
**Druk na prenumeratę  
dołączony do numeru.**