

dr inż. Tomasz Trapko*
 dr inż. Michał Musiał*
 dr inż. Wojciech Pawlak*
 mgr inż. Wojciech Trapko*

Trwałość żelbetowych prefabrykatów peronowych

Durability of precast reinforced concrete platform elements

Streszczenie. W artykule przedstawiono przypadek uszkodzeń żelbetowych prefabrykatów peronowych. Nieodpowiednia mrozoodporność i zbyt duża nasiąkliwość przyczyniły się do obniżenia trwałości elementów. Ponadto liczne błędy wykonawcze spowodowały, że elementy nie spełniają stawianych im wymagań.
Słowa kluczowe: beton, trwałość, płyta, prefabrykat.

Abstract. In the paper the case of damages of precast reinforced concrete platform elements is presented. Unsatisfactory frost resistance and too large absorbability reduced the elements durability. Moreover, many execution faults caused that the elements did not fulfill required conditions.

Keywords: concrete, durability, plate, precast.

Betonowe elementy nawierzchni komunikacyjnych, jako wyroby bezpośrednio narażone na działanie środowiska atmosferycznego, muszą spełniać określone kryteria dotyczące m.in. nasiąkliwości i mrozoodporności [1, 2]. W normie [4] proponuje się zabezpieczenie strukturalne betonu przed agresywnym oddziaływaniem zamrażania/rozmarzania przez odpowiedni dobór składników betonu. Aprobaty techniczne [7, 8] i norma [3] określają minimalną klasę betonu, stopień mrozoodporności i dopuszczalną nasiąkliwość elementów nawierzchniowych. Wymagania dotyczące minimalnej otuliny zbrojenia podane są w [5, 6], z których przyjęto wartości w aprobatkach [7, 8].

Wymagania normowe dotyczące trwałości płyt

Betonowe nawierzchnie dróg i parkingów, a więc także płyt peronowych są narażone na korozję chlorkową, odpowiadającą wg [4, 5] klasie ekspozycji XD3 (środowisko cyklicznie mokre i suche narażone na działanie cieczy zawierających chlorki – tablica 1 [4] i 4.1 [5]). W związku z tym, że zimą powierzchnie te są cyklicznie zamrażane /rozmarżane, należy beton dodatkowo kwalifikować wg [4, 3] do klasy ekspozycji XF4 (środowisko silnie nasycone wodą ze środkami odladzającymi – tablica 1 [4] i 4.1 [5]).

Z klas ekspozycji XD3 i XF4 wynikają zalecane wartości graniczne dotyczące składu oraz właściwości betonu. Zgodnie z tablicą F1 [4] maksymalne $w/c = 0,45$ dla klasy XD3 i XF4; minimalna klasa betonu C35/45 dla XD3 i C30/37 dla XF4; minimalna zawartość cementu 320 kg/m^3 dla klasy XD3 i 340 kg/m^3 dla klasy XF4. W przypadku agresywnego oddziaływania zamrażania/rozmarzania we wszystkich klasach ekspozycji XF1 ÷ XF4 w tablicy F1 [4] wymaga się, aby kruszywo w betonie było odpowiedniej mrozoodporności zgodnie z PN-EN 12620+A1:2010, a w klasie ekspozycji XF4 minimalna zawartość powietrza w betonie wynosiła 4%. Uważa się, że po spełnieniu tych wymagań beton ma zapewnioną ochronę strukturalną przed agresywnym oddziaływaniem zamrażania/rozmarzania w klasie ekspozycji XF4.

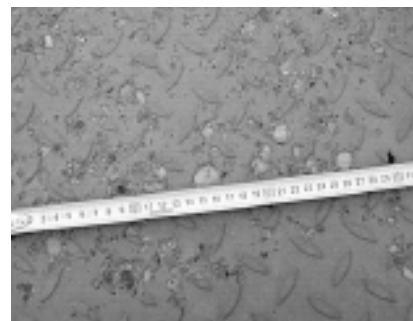
Minimalne otulenie zbrojenia w klasie ekspozycji XD3 dla elementu żelbetowego z przewidywanym 50-letnim okresem użytkowania (klasa konstrukcji S4) powinno wynosić

* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

$c_{\text{min,dur}} = 45 \text{ mm}$ (tablica 4.4N [5]). Jeśli zapewni się specjalną kontrolę jakości betonu i element ma kształt płyty (np. płyta peronowa), to zgodnie z tablicą 4.3N [5] można obniżyć klasę konstrukcji z S4 do S2, dla której $c_{\text{min,dur}} = 35 \text{ mm}$ (tablica 4.4N [5]). Identyczną wartość otuliny minimalnej $c_{\text{min}} = 35$ można odczytać z tablicy A2 normy [6] dla klasy ekspozycji XD3 (warunki zewnętrzne D z agresywnością ekstremalną – tablica A1 [6]). Porównanie wymagań normowych [3 ÷ 6] i wg aprobat [7, 8] dotyczących prefabrykowanych płyt peronowych przedstawiono w tabeli.

Uszkodzenia płyt peronowych

Żelbetowe płyty peronowe o wymiarach $200 \times 100 \times 10 \text{ cm}$ wykonano z betonu barwionego w kolorze wiśniowym z wierzchnią warstwą antypoślizgową, ale bez białego pasa ostrzegawczego. Po kilku latach eksploatacji większość płyt miała skorodowaną warstwę wierzchnią, uszkodzone krawędzie, rdzawe wykwity, wgłębienia powierzchniowe, rysy i pęknięcia. Barwa poszczególnych płyt różniła się między sobą – od koloru wiśniowego, aż do jasnoczerwonego. W kilkunastu płytach stwierdzono brak wymaganej grubości otuliny zbrojenia podłużnego. Niektóre z nich miały wyraźnie zdeformowane krawędzie i raki. Deformacje powstały już na etapie produkcji płyt i spowodowane zostały niedostatecznym zawibrowaniem betonu w elementach (fotografia). W płytach zastosowano nieciągle uziarnienie kruszywa o frakcji do 16 mm, które w czasie wibrowania nie wypełniło naroży formy. W przypadku większości płyt odnotowano odspojenia zaprawy od ziaren kruszywa (fotografia). Płyty były złuszczone w różnym stopniu – niektóre na całej górnej powierzchni, inne na części. Były też płyty bez odprysków, ale z licznymi porami powierzchniowymi. Na powierzchni niektórych płyt stwierdzono poręczne rysy i pęknięcia, prostopadłe do głównego zbrojenia. Część rys prze-



Ubytki mrozowe betonu na powierzchni

Fot. Autorzy

biegała przez całą szerokość płyt. Zaobserwowano również siatkę drobnych pęknięć powierzchniowych charakterystyczną dla zaawansowanego procesu zniszczenia mrozowego.

Badania nasiąkliwości i mrozoodporności betonu

Badania nasiąkliwości betonu przeprowadzono zgodnie z [3] dla dwóch różnych partii próbek. Pierwszą partię próbek pobrano bezpośrednio z wbudowanych płyt, a drugą z nowej płyty dostarczonej do laboratorium. Z każdej partii pobrano po 6 próbek walcowych o średnicy 150 mm i wysokości 100 mm. Na podstawie badań stwierdzono, że nasiąkliwość betonu w pierwszej partii próbek wynosiła $n_w = 5,4\%$, natomiast w drugiej $n_w = 6,5\%$. Norma [3] wymaga, aby nasiąkliwość była $\leq 5\%$, co podano w aprobacie [8]. Natomiast aprobata [7] ogranicza nasiąkliwość betonu do 4% (tabela).

Wymagania dotyczące trwałości żelbetowych płyt peronowych

Parametry	Wymagania dotyczące płyt peronowych wg			
	PN-B-06250:1988 [3]	PN-EN 206-1:2003 [4], PN-EN 1992-1-1:2008 [5]	Aprobata ITB [7]	Aprobata IBDiM [8]
Klasa betonu	–	C35/45 (dla klasy XD3) C30/37 (dla klasy XF4)	C30/37	C30/37
Stopień mrozoodporności betonu	F150 (do 50 lat użytkowania i przy działaniu środków odladzających)	zabezpieczenie strukturalne betonu wg tablicy F1 [4]	F90	F150
Nasiąkliwość betonu	$\leq 5\%$ (w przypadku betonów narażonych bezpośrednio na działanie czynników atmosferycznych)	$\leq 5\%$ (powinno być)	$\leq 4\%$	$\leq 5\%$
Minimalna otulina zbrojenia	–	35 mm (dla klasy XD3)	35 mm	35 mm

Badania mrozoodporności betonu przeprowadzono również dla dwóch różnych partii próbek. W pierwszej partii pobrano 6 próbek walcowych o średnicy 100 mm i wysokości 100 mm zgodnie z normą [3]. W przypadku pierwszej partii próbek pobranych z płyt wbudowanych zastosowano wymagania normy, pozwalające na sprawdzenie mrozoodporności betonu w elementach mających styczność ze środkami odmrażającymi tzw. metodą przyspieszoną. Umożliwia ona ocenę odporności betonu na działanie mrozu w przypadku, kiedy głównym kryterium trwałości jest stopień zewnętrznej destrukcji i ubytków betonu.

W związku z tym, że aprobaty [7, 8] podają różne stopnie mrozoodporności F90 i F150, ustalono, że ocena zewnętrznych uszkodzeń zanurzonej powierzchni próbki wykonana zostanie po 50 i 90 cyklach. Jeżeli po 90 cyklach próbki nie będą wykazywały istotnych uszkodzeń, kolejne przeglądy zostaną wykonane po 100 i 150 cyklach.

Po 50 cyklach zamrażania/rozmarzania próbek pierwszej partii stwierdzono pęknięcia dwóch próbek. Pomimo że już na tym etapie badań niespełniony był pierwszy warunek stopnia mrozoodporności, podjęto decyzję o kontynuowaniu badań do pełnych 150 cykli zamrażania/rozmarzania. Po wykonaniu pełnego cyklu określono ubytki objętości, które w przypadku trzech próbek były większe niż dopuszczalne $0,05 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ (odpowiednio: 0,07; 0,11 i 0,14 cm^3/cm^2).

W normie [3] podano, że stopień mrozoodporności betonu określony tzw. metodą przyspieszoną jest osiągnięty, jeżeli

po wymaganej liczbie cykli zamrażania/rozmarzania próbki nie wykazują pęknięć, a ubytek objętości betonu (w postaci złuszczeń, odłamków i odprysków) nie przekracza w żadnej próbce $0,05 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ powierzchni zanurzonej w wodzie.

W przypadku drugiej partii próbek badania mrozoodporności przeprowadzono metodą zwykłą, zgodnie z normą [3]. Ustalono, że średni ubytek masy i spadek wytrzymałości betonu zostanie określony po 90 i 150 cyklach zamrażania/rozmarzania.

Po 90 cyklach zamrażania/rozmarzania średni ubytek masy próbek wyniósł 0,4%, a średni spadek wytrzymałości próbek – 14,6%. Jedna z próbek uległa pęknięciu, a pozostałe nie wykazywały widocznych spękań, poza niewielkimi wykruszeniami betonu. Po 150 cyklach zamrażania/rozmarzania średni ubytek masy i wytrzymałości próbek wyniósł odpowiednio 2,4% i 23,0%. Zaobserwowano liczne pęknięcia próbek wzdłuż osi podłużnej i na obydwu powierzchniach oraz ubytki betonu.

W normie [3] podano, że stopień mrozoodporności betonu jest osiągnięty, jeżeli po wymaganej liczbie cykli zamrażania/rozmarzania w metodzie zwykłej, spełnione są następujące warunki:

- próbka nie wykazuje pęknięć;
- łączna masa ubytków betonu nie przekracza 5% masy próbek przed zamrażaniem;
- obniżenie wytrzymałości na ścislenie w stosunku do wytrzymałości próbek niezamrażanych nie jest większe niż 20%.

Podsumowanie

Niedostateczny stan żelbetowych płyt peronowych po kilku latach eksploatacji wynika z błędów wykonawczych, technologicznych i materiałowych popełnionych w czasie produkcji. Brak wymaganej otuliny, raki na krawędziach płyt, zdeformowana powierzchnia, otwarte pory na powierzchni są wynikiem błędów wykonawczych. Można przypuszczać, że nie dobrano właściwego składu granulometrycznego kruszywa oraz parametrów zagęszczania mieszanki betonowej w formach. Różnice w kolorystyce płyt wynikają z zastosowanego pigmentu do betonu albo ze sposobu jego dozowania. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu nasiąkliwości i nieosiągnięcie założonej mrozoodporności są ze sobą związane i mogą wynikać z zastosowania kruszywa o zbyt dużej nasiąkliwości. Zgodnie z tablicą F1 [4] w przypadku każdej klasy ekspozycji XF1 + XF4 należy stosować kruszywo o odpowiedniej mrozoodporności zgodnej z PN-EN 12620+A1:2010.

Literatura

- [1] Jamróży Z.: Beton i jego technologie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
- [2] Neville A. M.: Właściwości betonu. V edycja. Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2012.
- [3] PN-B-06250:1988. Beton zwykły.
- [4] PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [5] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [6] PN-EN 13369:2013-09 Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu.
- [7] Aprobata Techniczna ITB dotycząca żelbetowych prefabrykatów peronowych.
- [8] Aprobata Techniczna IBDiM dotycząca żelbetowych prefabrykatów peronowych.