

dr inż. Zygmunt Matkowski¹⁾

ORCID: 0000-0003-4571-2821

dr inż. Adam Klimek^{1)*}

ORCID: 0000-0002-4945-4121

mgr inż. Ewa Krawczyk¹⁾

ORCID: 0000-0002-0415-7879

Analiza przyczyn powstania zarysowań wanny szczelnej budynku mieszkalnego wraz z podaniem sposobu naprawy

An analysis of causes of cracks formation in a sealed tube of a residential building with a method of repair

DOI: 10.15199/33.2022.11.33

Streszczenie. W artykule przedstawiono wady konstrukcji piwnic budynku mieszkalnego, zaprojektowanego w technologii białej wanny. Powstające rysy i przecieki wymusiły doszczelnienie wanny przez wykonanie dodatkowych hydroizolacji. W artykule przedstawiono analizę konstrukcji podziemnej budynku, przyczyny występowania przecieków oraz koncepcję naprawy nieuszczelnienia. Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na problemy wynikające z projektowania i wykonywania wanien szczelnych, a w szczególności konieczności uwzględnienia w obliczeniach skurczu betonu. Na podstawie wykonanych analiz sformułowano ogólne wnioski dotyczące projektowania żelbetowych wanien szczelnych.

Słowa kluczowe: budynek mieszkalny; garaże podziemne; izolacje; wanna szczelna; uszkodzenia; naprawa.

Abstract. The article presents defects in the bedplate and basement walls in the multi-family building designed in the white bath technology. Already at the construction stage cracks and leaks through the reinforced concrete elements were formed, which made it necessary to seal the bath by making additional hydroinsulation. The paper offers an analysis of the underground building structure, presents causes of leaks and the concept of leak repair. The aim of the article is to draw attention to the problems resulting from the design and construction of sealed bathtubs, in particular the necessity to take into account in the calculations concrete shrinkage, as a result of which the bottom plate is scratched. On the basis of the analyses performed, general conclusions have been drawn concerning the design of the reinforced concrete airtight bath, which are aimed at avoiding damage and, in particular, leaks through the airtight baths.

Keywords: residential building; underground garages; insulations; sealed tube; damage; repair.

Popyt na mieszkania w Polsce ciągle utrzymuje się na wysokim poziomie. Standardem staje się umieszczanie w budynkach garaży wielopoziomowych, zlokalizowanych najczęściej w kondygnacjach podziemnych obiektów. Przykładem takiego obiektu jest analizowany wielorodzinny budynek mieszkalny. Apartamentowiec znajduje się w centrum Wrocławia i ma jedną kondygnację podziemną.

Na etapie realizacji budynku zauważono przecieki wody przez ściany piwnic oraz przez płytę fundamentową. Pomimo kilkukrotnego wykonania iniekcji, nadal pojawiały się nowe rysy. W artykule przedstawiono ocenę przyczyn powstania zarysowań i przecieków oraz określono sposób ich naprawy.

Konstrukcja wanny szczelnej

Analizowana konstrukcja garażu podziemnego znajduje się na poziomie -1. Budynek (fotografia 1) posadowiony został na żelbetowej płycie fundamentowej o zróżnicowanej grubości, z lokalnymi pogrubieniami pod słupami. Poziom wód gruntowych był zmienny; podczas wizji lokalnych osiągnął maksymalną wartość ok. 2,35 m ponad poziom dolnej płaszczyzny płyty fundamentowej (rysunek 1).

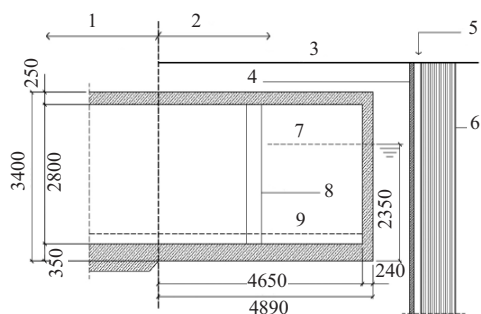
bości, z lokalnymi pogrubieniami pod słupami. Poziom wód gruntowych był zmienny; podczas wizji lokalnych osiągnął maksymalną wartość ok. 2,35 m ponad poziom dolnej płaszczyzny płyty fundamentowej (rysunek 1).



Fot. 1. Analizowany budynek
Photo 1. The analysed building

¹⁾ Politechnika Wroclawska; Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

* Adres do korespondencji: adam.klimek@pwr.edu.pl

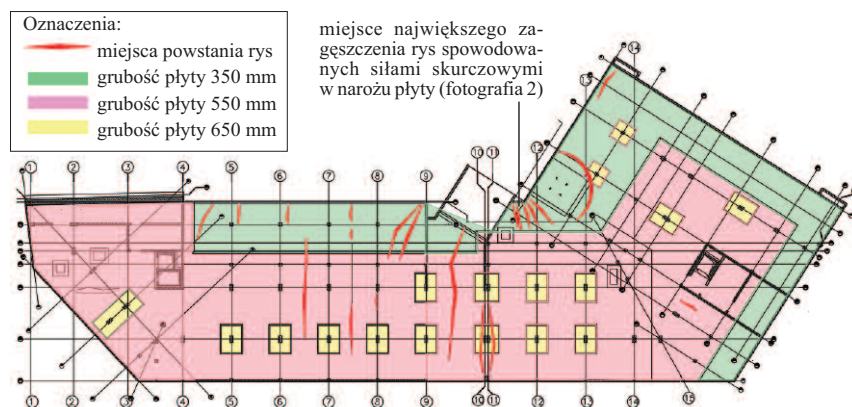


Oznaczenia: 1 – część piwnicy dociążona budynkiem; 2 – część piwnicy niedociążona budynkiem; 3 – poziom gruntu; 4 – przekładka z płyty OSB; 5 – napływ wody opadowej; 6 – palisada z kolumn DSM; 7 – poziom wody gruntowej; 8 – słupy co 5,65 m; 9 – poziom posadzki

Rys. 1. Mechanizm powstawania dodatkowego ciśnienia wody przy palisadzie DSM
Fig. 1. Mechanism of the additional water pressure formation at the DSM palisade

Budynek ze względu na swój kształt ma dylatację pionową, jednak płyta fundamentowa nie jest zdylatowana. Wykop zabezpieczono palisadą z kolumn DSM, którą od ścian piwnic oddzielono płytą OSB (rysunek 1), a przestrzeń między płytami OSB a ścianą budynku zasypano. Piwnice wykonane są w technologii betonu wodoszczelnego bez izolacji (jako „biała wanna”).

Powstałe podczas wykonywania budynku nieszczelności (rysunek 2) nie wykazywały tendencji do stabilizacji i samouszczelniania się. Maksymalna rozwarłość rys w ścianach wynosiła 0,4 mm. Rozwarłość rys w płycie fundamentowej była trudna do ustalenia z uwagi na napływającą wodę. Kilukrotne iniekcje uszczelniające nie były skuteczne ze względu na postępujące powiększanie się istniejących rys oraz powstawanie nowych.



Rys. 2. Rzut piwnicy budynku oraz układ rys
Fig. 2. Projection of the building basement and the layout of cracks

W przypadku realizacji posadowienia poniżej poziomu wody gruntowej konieczne jest wykonanie izolacji przeciwwodnej. Alternatywnie i coraz częściej stosuje się technologię z wykorzystaniem betonu wodoszczelnego (technologia białej wanny). W tym przypadku konstrukcja żelbetowa poza funkcją nośną pełni funkcję hydroizolacji. Tworzy to kompletny proces konstrukcyjno-materiałowo-technologiczny [1], który ma na celu uzyskanie konstrukcji wodoszczelnej. Do najważniejszych założeń konstrukcyjnych należą: dobór odpowiedniej klasy ekspozycji betonu, jego klasy wytrzymałości oraz stopnia wodoszczelności [2]. Konieczne jest zastosowanie dodatkowego zbrojenia przeciwskurczowego i odpowiedniej pielęgnacji betonu, jak również zaplanowanie dylatacji i przerw roboczych.

W Polsce brakuje jeszcze szczegółowych norm i wytycznych do projektowania i wykonywania białej wanny. Informacje na ten temat zawarte są w [3, 4]. Zgodnie z normą [5] istotne są również minimalna otulina oraz rozwarłość rys. W zakresie wodoszczelności konstrukcji projektanci korzystają z normy [6], dotyczącej zbiorników na cieple. Poza zaletami, technologia ta ma również ograniczenia i wady. Szczególnie trudne jest uzyskanie szczelności w miejscach przerw roboczych oraz dylatacji w konstrukcji.

Główne przyczyny nieszczelności:

- brak odpowiedniej pielęgnacji betonu oraz inne błędy wykonawcze;
- niepoprawne zaprojektowanie konstrukcji (zastosowanie betonu o zbyt niskiej wodoszczelności, niedostateczne

wyprowadzenie konstrukcji wodoszczelnej ponad poziom wód gruntowych, nieodpowiednie uszczelnienie przerw roboczych, niezabezpieczenie punktów przebiegu konstrukcji przez instalacje).

Badania wilgotności i obliczenia statyczno-wytrzymałościowe płyty fundamentowej oraz ścian piwnic

W omawianej konstrukcji wykonano badania wilgotności ścian i płyty fundamentowej. Przeprowadzono je metodą niszczącą suszarkowo-wagową oraz metodą nieniszczącą bazującą na pomiarze właściwości dielektrycznych materiału. Do badań nieniszczących wykorzystano dielektryczny miernik Trotec 660, pozwalający na określenie średniej wilgotności materiału w obszarze do ok. 0 – 5 cm w głąb badanej powierzchni. Otrzymane wyniki wskazują na dużą wilgotność betonu (tabela).

Zgodnie z instrukcją [7], materiał budowlany należy uznać za mokry, jeżeli wskazania miernika są powyżej 80 jednostek. Wskazanie 140 odpowiada wilgotności masowej betonu większej o 4%, podczas gdy maksymalna nasiąkliwość betonu wodoszczelnego nie powinna przekraczać 4%. Wskazania w przedziale 180 – 190 świadczą o wilgotności betonu zbliżonej do jego nasiąkliwości.

Badanie wilgotności pozwoliło na wyciągnięcie następujących wniosków:

- wilgotność masowa betonu w miejscu powstałych rys jest bardzo duża – zbliżona do nasiąkliwości betonu;
- w miejscach, w których nie stwierdzono przecieków, wilgotność betonu jest również duża i odpowiada betonowi mokremu.

Ustalenie przyczyn przecieków przez płytę fundamentową rozpoczęto od jej przeanalizowania pod względem statyczno-wytrzymałościowym. Wykonano obliczenia zbrojenia przeciwskurczowego płyty oraz ścian piwnic. Wyznaczono oddziaływania na płytę fundamentową ze ścian i słupów, a następnie obliczono konieczne zbrojenie ze względu na nośność oraz szczelność z uwzględnieniem rysoodporności, wymaganej przez normę [6]. Sprawdzone również nośność płyty fundamentowej na przebicie oraz stateczność budynku

Wilgotność masowa ścian piwnicznych i płyty fundamentowej

Mass moisture for the basement walls and the bedplate

Miejsce pomiaru	Wysokość nad poziomem posadzki [cm]	Wskazanie miernika Trotec 660			Wilgotność masowa określona metodą suszarkowo-wagową [%]
Ściana piwnicy przy rysie	20	180			4,9
	50	190			5,0
	100	137			3,5
	150 – 200	100			2,9
Wewnętrzne powierzchnie ścian zewnętrznych, bez widocznych przecieków	na całej wysokości 20 – 200	100 – 120			
Górna powierzchnia płyty fundamentowej	miejsce pomiaru	grubość płyty 35 cm	grubość płyty 55 cm	grubość płyty 65 cm	
	w pobliżu rysy poza rysami występującymi jedynie powierzchnie niezarysowane	109 – 132 110 – 130	130 – 140 112 – 133	125 – 130	2,9 – 3,5 2,9 – 3,4 3,1 – 3,3
Słupy	na całej wysokości 20 – 200	90 – 100			2,8

jako całości na wypór wody. We wszystkich sprawdzanych przypadkach wymagane warunki były spełnione.

Przyczyny przecieków i przyjęte rozwiązanie naprawy

Pierwszą przyczyną powstawania przecieków w posadzce jest **brak dylatacji w płycie fundamentowej**. Budynek ma dylatację w osiach 10 – 11. Nie przecina ona jednak płyty fundamentowej. W związku z tym, że budynek ma nieregularny, zagięty w rzucie kształt, największe siły skurczowe występują we wklęsłym narożu płyty fundamentowej w poprzek osi 10 – 11 i właśnie w tym miejscu właściwe byłoby jej zdylatowanie. Potwierdzają to powstałe tu przecieki, świadczące o samoczynnym zdylatowaniu się płyty fundamentowej oraz rysy rozchodzące się promieniście od tego miejsca w głąb płyty (rysunek 2, fotografia 2).

Drugim powodem powstawania przecieków jest **znaczne zróżnicowanie zbrojenia płyty oraz jej grubości**. Jak wcześniej wspomniano, płyta fundamentowa ma lokalne pogrubienia pod słupami. W tych miejscach, zgodnie z obwiedniami sił wewnętrznych, zastosowano dozbrojenie dolne o znacznym przekroju. Było to działanie słuszne z uwagi na wymagania nośności na zginanie oraz na przebicie, ale w jego efekcie sztywność płyty została na jej po-



Fot. 2. Widok rys rozchodzących się promieniście od wklęsłego naroża płyty fundamentowej

Photo 2. The view of the cracks fanning out from the concave corner of the bedplate

wierzchni mocno zróżnicowana. Wskutek tego miejsca mocniej zbrojone nie uległy odkształceniom i zarysowaniom skurczowym, natomiast w słabiej zbrojonych nastąpiło nadmierne zarysowanie, które przeniosło się w tym kierunku z miejsc o większej sztywności. Bardzo ciekawe było zjawisko występowania przecieków liniowych na powierzchni górnej płyty fundamentowej w połowie odległości pomiędzy słupami (fotografia 3), pomimo braku widocznych pęknięć. Są to miejsca o największym rozciąganiu górą, co wynika z maksymalnych wartości ujemnych momentów zginających wzdłuż tych linii. Narzucający się w pierwszej chwili wniosek o przekroczeniu nośności płyty na zginanie okazał się błędny. Wykazano to zarówno analizą statyczno-wytrzymałościową, jak i brakiem widocznych zarysowań na



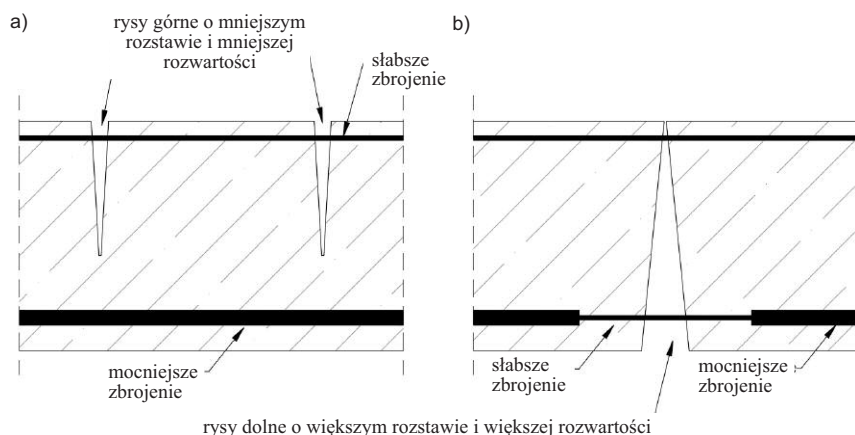
Fot. 3. Widok rysy rozchodzącej się liniowo, zlokalizowanej pomiędzy słupami

Photo 3. The view of the crack spreading linearly, located between the columns

górnej powierzchni płyty. Przyczyną przecieków płyty fundamentowej na liniach pomiędzy słupami okazał się skumulowany w tym miejscu skurcz betonu, powodujący powstanie rys o odwrotnym układzie: o największej rozwarości w dolnej części przekroju i kształcie zanikającym ku górze (rysunek 3).

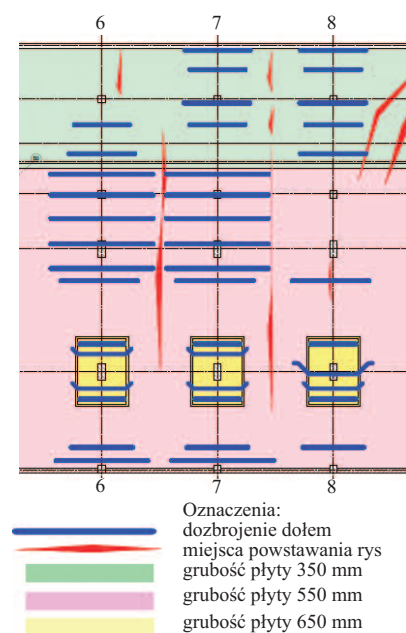
Wpływ skumulowanego skurczu był tak duży, że doprowadził do pęknięć płyty w przekrojach, które powinny być ścisłskane od zginania (dołem pomiędzy słupami). Pozostała niezarysowana część przekroju płyty, o grubości kilku centymetrów, była za cienka, aby zapewnić szczelność w warunkach znacznego parcia wody. Zjawisko przenoszenia się rys skurczowych w kierunku miejsc słabiej zbrojonych jest trudne do zamodelowania narzędziami obliczeniowymi stosowanymi powszechnie w praktyce inżynierskiej, gdzie rozkład zbrojenia nie jest uwzględniany w wyznaczaniu sił wewnętrznych, a zbrojenie wylicza się dla poszczególnych przekrojów bez korygowania sztywności elementów z uwagi na podłużne siły skurczowe. Konsekwencją znacznego zróżnicowania zbrojenia jest niedoszacowanie rozwarości rys w miejscach słabiej zbrojonych (rysunek 4).

Trzecim powodem przecieków jest **tworzenie się zastoin wodnych w przestrzeniach filtracyjnych pomiędzy palisadą DSM a ścianami żelbetowymi piwnic** (rysunek 1). Powoduje to zwiększenie parcia wody aż do poziomu gruntu na zewnątrz budynku, a więc do war-



Rys. 3. Schemat powstawania rys: a) w płycie równomiernie zbrojonej; b) w płycie o lokalnych dozbrojeniach

Fig. 3. The scheme of crack formation: a) in an evenly reinforced plate; b) in a plate with local additional reinforcements

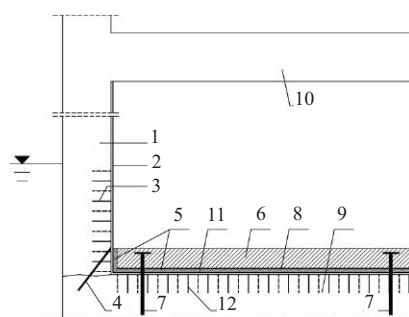


Rys. 4. Schemat dozbrojenia dołem i miejsca powstawania rys

Fig. 4. The scheme of the additional reinforcement from below and the place of crack formation

tości znacznie większej niż poziom wody gruntowej założony do obliczeń szczelności.

Ze względu na zwiększanie się zarysowań w trakcie wykonywania prac budowlanych przyjęte rozwiązanie naprawy musiało uwzględnić możliwość pojawienia się nowych zarysowań w płycie i ścianach. Z tego powodu zdecydowano się na odłożenie naprawy w czasie i wykonanie jej w sposób kompleksowy dopiero w chwili wystąpienia w konstrukcji wszystkich obciążeń. Sposób naprawy przedstawiono na rysunku 5.



Oznaczenia: 1 – ściana zewnętrzna; 2 – izolacja powłokowa na powierzchni wewnętrznej ściany zewnętrznej z mikrozaprawy uszczelniającej o łącznej grubości min. 4 mm; od strony ściany mikrozaprawa sztywna 2 mm oraz jako druga warstwa mikrozaprawa elastyczna 2 mm; 3 – uszczelnienie przeciekających rys w ścianie zewnętrznej metodą iniekcji; 4 – uszczelnienie styku płyty fundamentowej ze ścianą zewnętrzną metodą iniekcji; 5 – izolacja podposadzkowa z grubowarstwowej masy bitumicznej zbrojonej siatką; 6 – warstwa dociskowa z betonu wodoszczelnego W8 o grubości 95 mm zbrojonego przeciwskurczowo i na parcie wody od dołu; 7 – kotwy Ø16 mm co ok. 1,5 m łączące płytę fundamentową z warstwą dociskową; 8 – warstwa ochronna z włókniny o gramaturze min. 150 g/m²; 9 – płyta fundamentowa; 10 – strop nad piwnicą; 11 – izolacja powłokowa na górnej powierzchni płyty fundamentowej w miejscach rys ze sztywnej mikrozaprawy uszczelniającej o grubości min. 4 mm; 12 – uszczelnienie przeciekających rys w płycie fundamentowej metodą iniekcji

Rys. 5. Schemat wykonania przyjętego rozwiązania naprawy

Fig. 5. The diagram of the adopted repair solution

Podsumowanie

Główną przyczyną powstawania rys było skoncentrowanie zbrojenia w miejscu lokalnego pogrubienia płyty fundamentowej. Spowodowało to większe od uwzględnianego w obliczeniach zróżnicowanie jej sztywności, a zatem redystrybucję zarysowań w miejscu słabiej zbrojonym. W artykule przedstawiono również sposób naprawy konstrukcji. Zalecono odczekanie aż do konstrukcji

zostaną przyłożone wszystkie obciążenia stałe, a następnie kompleksowe wykonanie: iniekcji uszczelniających, bitumicznej izolacji powłokowej od wewnątrz, doszczelnienia dylatacji oraz dociążenia izolacji bitumicznej za pomocą ukrytej w warstwie posadzkowej cienkiej płyty żelbetowej, kotwionej przez izolację do płyty fundamentowej.

Na podstawie przedstawionego przypadku można sformułować ogólne wnioski, dotyczące projektowania piwnic w technologii betonu wodoszczelnego bez izolacji. Po pierwsze: w przypadku nieregularnego kształtu budynku należy zwracać szczególną uwagę na miejsca koncentracji rozciągających sił skurczowych w płytach fundamentowych, które występują z reguły w miejscach nieciągłości kształtów, jak np. wklęsłe naroża. Miejsca te należy dylatować lub dodatkowo zbroić. Po drugie: o ile to możliwe, należy unikać lokalnych pogrubień płyt fundamentowych pod słupami, a jeżeli nie jest to możliwe, zmianę grubości należy kształtować w sposób łagodny, bez nagłych uskoków. Po trzecie: należy unikać dużego różnicowania przekrojów zbrojenia płyt fundamentowych (większych niż dwukrotnych) w sąsiadujących ze sobą polach oraz nagłych zakończeń dozbrojeń pod słupami i ścianami wzdłuż jednej linii. W takich sytuacjach można spodziewać się skutkujących przeciekami rozwartości rys o wartościach znacznie większych od uzyskanych z analiz wykonanych powszechnie stosowanymi metodami liniowymi, nieuwzględniającymi redystrybucji zarysowań w kierunkach miejsc słabiej zbrojonych.

Literatura

- [1] <https://www.bta-czasopismo.pl/wp-content/uploads/2019/05/2294.pdf>.
- [2] <https://www.materiałybudowlane.info.pl/pl/399-wydanie/mb-2018-05/11224-czynniki-kształtujące-szczelność-betonu-w-technologii-białej-wanny.html>.
- [3] SIKA White BOX „Biała Wanna”. Szczelne konstrukcje betonowe.
- [4] Francke B. Izolacje części podziemnych budynków wykonywane w technologii białej wanny. Materiały Budowlane. 2014; 3: 30 – 31.
- [5] PN-EN 1992-1-1:2008 Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [6] PN-EN 1992-3:2008/NA2010, Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 3: Silosy i zbiorniki na ciecz.
- [7] Flaga K. Zbrojenie przeciwskurczowe, obliczenia, zalecenia konstrukcyjne w budownictwie powszechnym. 2002. XVII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń, 20-23 lutego 2002 r.

Przyjęto do druku: 05.10.2022 r.