



NIETYPOWE USZKODZENIE STROPU O KONSTRUKCJI Z ŻELBETOWYCH PŁYT WIELOKANAŁOWYCH

ROBERT GRYGO, *e-mail* r.grygo@pb.edu.pl

ANDRZEJ ŁAPKO

Politechnika Białostocka

WIESŁAW BULKOWSKI

BIURO „KONSTRUKCJE BUDOWLANE”, EŁK

Streszczenie: W pracy opisano nietypowy przypadek, stwierdzonego po wielu latach eksploatacji, uszkodzenia prefabrykowanego stropu międzypiętrowego z żelbetowych płyt wielokanałowych. Uszkodzenia w postaci podłużnych zarysowań dwu płyt stropowych zostały uwidocznione w postaci podłużnych rys, przebiegających wzdłuż linii kanałów. Wykonane odkrytki wykazały dodatkowo, że doszło do kilkucentymetrowego rozwarstwienia żeber międzykanałowych. Wykonane badania nie potwierdziły wstępnych przypuszczeń, że przyczyną są błędy dotyczące zbyt małej wytrzymałości betonu lub niewłaściwego zbrojenia, a także przeciążenie płyt. Jako najbardziej prawdopodobną przyczynę uszkodzeń uznano błędy wykonawcze w zakładzie prefabrykacji, powstałe przy formowaniu kanałów. Zaproponowano wzmocnienia uszkodzonego stropu poprzez zamocowanie stalowych wieszaków, spinające poprzecznie uszkodzone żebra płyt.

Słowa kluczowe: konstrukcje żelbetowe, płyty wielokanałowe, zarysowania konstrukcji z betonu, stan techniczny, badania na obiekcie, wzmocnienie konstrukcji.

1. Wstęp

Produkowane od wielu lat prefabrykowane żelbetowe płyty wielokanałowe są pod wieloma względami korzystne w zastosowaniu do budownictwa mieszkaniowego, przemysłowego i w obiektach użyteczności publicznej. Ich główną zaletą, przy względnie niewielkiej grubości (24 cm), jest zapewnienie gładkiej powierzchni sufitu. Płyty o szerokości 89, 119 i 149 cm, produkowane w wytwórni z kolistymi kanałami o średnicy $\varnothing 19,4$ cm w dostosowaniu do rozpiętości podpór w przedziałach od 240 do 600 cm. Główne zbrojenie na zginanie płyt wielokanałowych (o średnicy od 6 do 12 mm) dla wymienionych szerokości płyt wykonuje się w postaci punktowo zgrzewanych siatek i szkieletów (typu drabinkowego). Poprzeczne zbrojenie rozdzielcze wykonuje się z prętów o średnicy $\varnothing 4,5$ mm [1].

Płyty układa się na podciągach lub ścianach nośnych z zastosowaniem wyrównawczej warstwy zaprawy cementowej, stosując wypoziomowane i usztywnione rygi drewniane podpierające płyty do czasu stwardnienia betonu wieńców i nadproży ścian nośnych.

W dostępnej literaturze krajowej [2, 3] brak jest szerszej informacji o występowaniu istotnych zagrożeń bezpieczeństwa eksploatacji stropów wykonanych przy użyciu żelbetowych płyt wielokanałowych. Autorzy prac [4, 5], którzy przeprowadzali analizy źródeł uszkodzeń w konstrukcji budynków wielopłytowych wykazali, że w wielu przypadkach uszkodzenia te mogą być wynikiem splotu przyczyn zaistniałych w różnych fazach wznoszenia lub eksploatacji obiektu.

W budynkach wielkopłytowych ma to tym większe znaczenie, jeżeli brak jest dostatecznych informacji na temat poszczególnych stadiów ich realizacji i eksploatacji.

Duża liczba takich budynków została wzniesiona w czasie silnego niedoboru materiałów budowlanych, w relatywnie krótkim czasie, bez szczególnej dbałości o jakość wbudowanych

prefabrykatów betonowych. W chwili obecnej trudno jest również zdobyć dokumentację techniczną wznoszonych obiektów, dzienniki budowy, a także książki obiektów, mogące przybliżyć przyczynę powstawania zauważonych uszkodzeń. Ma to również związek z tym, że w trakcie prac wdrażano wiele wniosków racjonalizatorskich na budowach lub w wytwórniach prefabrykatów. Systemy były również modyfikowane przez projektantów w zależności od np. wymagań fabryk domów czy dostępności materiałów. Po wielu latach często trudno jest stwierdzić, jaki wariant zastosowano w konkretnym budynku [6].

Przykładowo, rysy występujące w złączach i poza złączami płyt prefabrykowanych są z reguły naturalną konsekwencją przestrzennej pracy budynków, specyficznej dla systemu budownictwa wielopłytowego [7].

W niniejszym referacie dokonano analizy przyczyn wystąpienia w budynku użyteczności publicznej na terenie województwa warmińsko mazurskiego rzadkiej formy uszkodzeń wielokanałowych płyt żelbetowych, które ujawniły się po wielu latach eksploatacji.

2. Opis uszkodzeń stropu

Przedmiotowy strop międzypiętrowy znajdował się w budynku mieszczącym miejskie przedszkole w Ełku. Konstrukcję stropów budynku stanowiły prefabrykowane stropy wielokanałowe o rozpiętości 6,0 m (w systemie cegły żerańskiej), oparte na murowanych ścianach konstrukcyjnych. Budynek oddano do użytku w latach osiemdziesiątych XX wieku i od początku użytkowania pełnił on funkcję przedszkola. Od tego czasu nie były dokonywane zmiany układu konstrukcyjnego, ani nie wykonywano innych istotnych przeróbek, mogących wpłynąć na zaobserwowane uszkodzenia kilku płyt stropowych.

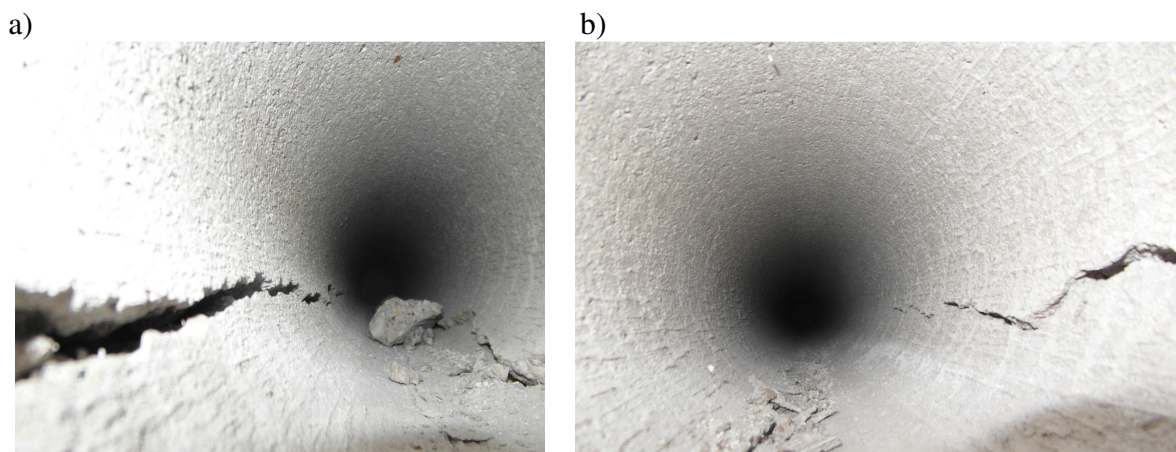
W trakcie użytkowania jednego z pomieszczeń przedszkolnych nad parterem miały miejsce problemy z miejscowym odpadaniem tynku na przedmiotowym stropie, co było na bieżąco naprawiane.

W czerwcu 2014 r., po kolejnym odpadnięciu niewielkiej ilości tynku, dokonano jego usunięcia na dużej powierzchni, co ujawniło silne zarysowania poziome dwu płyt stropowych. Płyty te, dla potrzeb badań oznaczono symbolami: A (bardziej uszkodzona) i B (mniej uszkodzona). Szerokość maksymalna zaobserwowanych rys podłużnych na dolnej powierzchni płyty A sięgała 10 mm, na płycie B – wynosiła ok. 8 mm. Widok tych zarysowań pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Zarysowanie podłużne na dolnej powierzchni jednej uszkodzonych płyt

Zdecydowano się wykonać odkrywki w obszarze zarysowania płyty stropowej A, wykazującej największy stopień zarysowania. Po wykonaniu odkrywki okazało się, że w cylindrycznym kanale doszło do lokalnego rozwarstwienia konstrukcji żeber międzykanałowych na poziomie połowy średnicy kołistego przekroju kanałów. Stan tych uszkodzeń w kanale badanej płyty pokazano na rys. 2a, b.



Rys. 2. Rozwarstwienia betonu w kanałach płyt stropowych

Ustalono, że rozwarstwienie wystąpiło na długości około 2 m, przy czym jego początek miał miejsce odległości 1,5 m od linii oparcia płyty na ścianie. Szerokość szczeliny sięgała 30 mm. Uszkodzeniom żeber towarzyszyło zaobserwowane wcześniej zarysowanie podłużne, widoczne na spodzie płyty, sięgające aż do wnętrza kanału.

Dokonano również geodezyjnego pomiaru poziomów oparcia płyt stropowych naprzeciwległych ścianach. Pomiary te wykazały nierówność poziomów oparcia przy krawędziach płyt wynoszącą ponad 15 mm.

W miejscach odkrywek w obszarze zarysowania płyt pobrano fragmenty odspojonego betonu. Struktura betonu wykazała, że w mieszance betonowej zastosowano głównie kruszywo otoczkowe, a w mniejszej ilości również kruszywo łamane. Rozłożenie kruszywa grubego określono jako równomierne, w strukturze betonu nie zaobserwowano także widocznych pustek powietrznych, a co wskazywało na prawidłowe jego zawibrowanie.

W trakcie analizy przyczyn uszkodzeń stropu, pokazanych na rys. 1 i 2, dokonano badań kontrolnych stanu przedmiotowych płyt stropowych, w celu ustalenia wytrzymałości betonu na ściskanie i rozmieszczenia zbrojenia.

Wytrzymałość betonu, użytego do wykonania przedmiotowego stropu określono używając sklerometrycznej metody nieniszczącej. Badaniom za pomocą młotka Schmidta typu N poddano dane płyty stropowe w obszarach poza lokalizacją zbrojenia, unikając pomiarów w miejscach występowania zaobserwowanych uszkodzeń.

Sklerometryczne badania nieniszczące wykazały, że w uszkodzonej płycie o symbolu A wytrzymałość betonu można przypisać do klasy C25/30, natomiast w płycie B beton zaliczono do klasy C30/37. Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że parametry wytrzymałościowe betonu obu płyt okazały się zadowalające, nie mogły więc być przyczyną wystąpienia zaobserwowanych rys i pęknięć.

W celu określenia wymiaru zastosowanej otuliny, średnicy i rozkładu zbrojenia w uszkodzonych płytach (zarówno prętów głównych jak i rozdzielczych), przeprowadzono detekcję zbrojenia przy zastosowaniu sondy elektromagnetycznej typu Profometr 4 firmy Proceq. Szczegółowe wyniki badań otuliny zbrojenia podano w tab. 1.

Tabela 1. Wyniki pomiaru otuliny [mm] zbrojenia głównego uszkodzonych płyt

Punkty pomiaru	a	b	c	d	e	f	g	Wartość średnia [mm]
Płyta A	12	5	5	5	6	3	12	6,9
Płyta B	25	11	17	17	17	18	25	18,6

Jak wynika z danych zamieszczonych w tab. 1, otulina zbrojenia głównego płyt, (szczególnie w bardziej uszkodzonej płycie A) wykazała w kilku miejscach wartości znacznie mniejsze od wymaganych zarówno przez normy krajowe, jak i europejskie.

W wyniku detekcji prętów zbrojenia wykazano, że średnica prętów głównych wynosi $\varnothing 12$, co jest zgodne z projektem przedmiotowych płyt i stosowanymi rozwiązaniami. Wykonano również odkrywkę do prętów głównych w celu określenia występowania korozji i stwierdzenia, po wyglądzie zewnętrznym i rozłożeniu użebrowania – gatunku stali zbrojeniowej. Widok wykonanej odkrywki pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Widok odkrywki do pręta głównego uszkodzonej płyty A

Odkrywki wykazały, że w płytach zastosowano pręty ze stali gat. 34GS, przy czym odsłonięte powierzchnie prętów głównych nie wykazały wyraźnej korozji, skorodowane było natomiast zbrojenie rozdzielcze. Otrzymany w wyniku pomiarów rozkład zbrojenia dolnego płyt porównano z wzorcowym rozkładem zbrojenia opisanym w literaturze fachowej [1]. Pomierzony podczas badań rozkład zbrojenia głównego i rozdzielczego odpowiadał w zasadzie rozwiązaniu przewidzianemu w projekcie tego typu płyt, a odchylenie wyników pomiarów uznano za akceptowalne.

3. Analiza nośności na zginanie przedmiotowych płyt kanałowych

Zgodnie z dokumentacją projektową konstrukcji budynku zastosowane wielokanałowe płyty stropowe typu „II” zaprojektowane zostały na obciążenie charakterystyczne o wartości $4,50 \text{ kN/m}^2$ (bez uwzględnienia ciężaru własnego).



Rys. 4. Odwiert w warstwach wykończeniowych ułożonych na analizowanym stropie

W celu określenia obciążeń działających na przedmiotowe płyty stropowe wykonano odwiert rdzeniowy w warstwach wykończeniowych znajdujących się bezpośrednio na konstrukcji stropu (rys. 4). Zestawienie obciążeń na płyty stropowe zamieszczono w tab. 2.

Zestawienie obciążeń charakterystycznych na przedmiotowe płyty kanałowe wykazało, że nie zostały przekroczone założone obciążenia charakterystyczne wynoszące $4,5 \text{ kN/m}^2$. Należy jednak zauważyć, że wystąpił jedynie niewielki zapas bezpieczeństwa konstrukcji, wynoszący w przeliczeniu na obciążenia charakterystyczne stropu $0,3 \text{ kN/m}^2$.

Tabela 2. Zestawienie obciążeń charakterystycznych na płyty kanałowe

Rodzaj obciążenia	Wartość charakter. [kN/m ²]
Tynk od spodu płyty: $0,02 \cdot 19,00$	0,38
Płyta pilśniowa półtwarda 19 mm	0,10
Papa izolacyjna	0,06
Jastrych cementowy: $0,072 \cdot 21,0$	1,51
Parkiet drewniany: $0,02 \cdot 7,0$	0,14
Razem obciążenie stałe [g]	2,19
Obciążenie użytkowe [p]	2,00
Razem obciążenie: $q = g + p$	4,19

4. Ocena możliwych przyczyn uszkodzenia płyt kanałowych

Analiza przeprowadzonych wyników badań wytrzymałościowych betonu uszkodzonych płyt, a także pola przekroju i rozstawu zbrojenia głównego wykazała, że parametry te nie były przyczyną wystąpienia zaobserwowanych uszkodzeń konstrukcji. Także brak wyraźnych ugięć badanych płyt i podłużny, w stosunku do rozpiętości, kierunek zaobserwowanych rys wskazywał na brak istotnych deformacji, spowodowanych przeciążeniem konstrukcji. Podobny wniosek wyciągnięto także z analizy obciążeń przyłożonych na uszkodzone płyty,

które mieściły się w zakresie wartości dopuszczalnych dla tego rodzaju wielokanałowych płyt stropowych [1].

Biorąc pod uwagę wyniki badań przyjęto założenie, że stwierdzone uszkodzenia, w tym rozwarstwienie kanałów i zarysowanie przedmiotowych płyt, mogło ujawnić się już na etapie ich produkcji, np. podczas wyciągania trzpieni formujących kanały, a niska jakość kontroli wykonawstwa w zakładzie prefabrykacji i na budowie spowodowała, że uszkodzone płyty zostały wbudowane w konstrukcję stropu. Uszkodzenia zostały zamaskowane warstwą tynku powodując ukrycie zarysowania płyt stropowych.

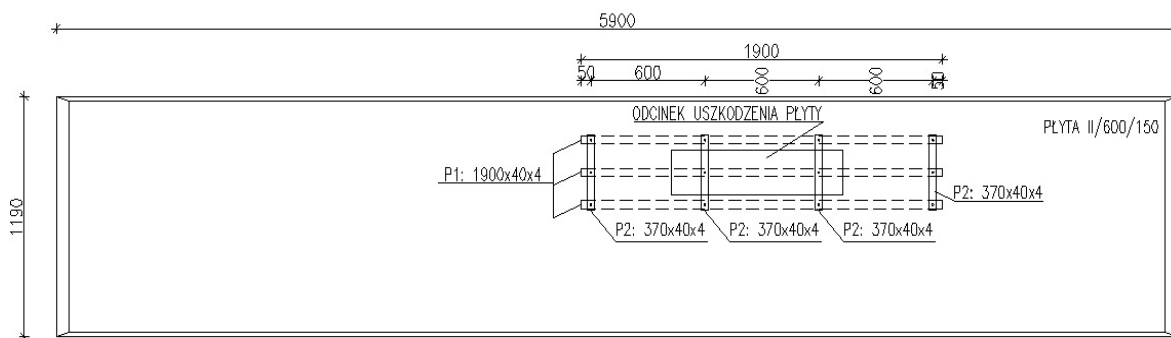
Nieujawnione w trakcie produkcji pęknięcia i rysy podłużne w płytach, po wielu latach eksploatacji w suchych pomieszczeniach mogły zostać powiększone w wyniku skurczu betonu. Do powiększenia tych uszkodzeń mogło się także przyczynić, stwierdzone w trakcie badań niewłaściwe oparcie płyt na ścianach, wykonane bez wymaganej przepisami podlewki cementowej, co spowodowało, że płyty zostały ułożone bez wypoziomowania. Mogło to wywołać efekty skręcania przekroju płyt wywołane przyłożonym obciążeniem.

W podsumowaniu ocen uznano, że wyjawione uszkodzenia płyt nie stwarzają bezpośredniego zagrożenia awarią stropu, natomiast w dłuższym okresie czasu mogą one spowodować jego nadmierne deformacje. W związku z tym podjęto decyzję o lokalnym wzmocnieniu płyt w strefie ich podłużnego zarysowania.

5. Koncepcja wzmocnienia uszkodzonych płyt stropowych

Ze względu na schemat obliczeniowy żeber w płytach kanałowych, odpowiadający przekrojowi dwuteowemu, przyjęto wzmocnienie rozwarstwionych żeber przez skręcenie ich śrubami M8 zamocowanymi do płaskowników stalowych 40×4 umieszczonych na płaszczyźnie dolnej i górnej płyty. Koncepcję wzmocnienia oparto na wytycznych [8].

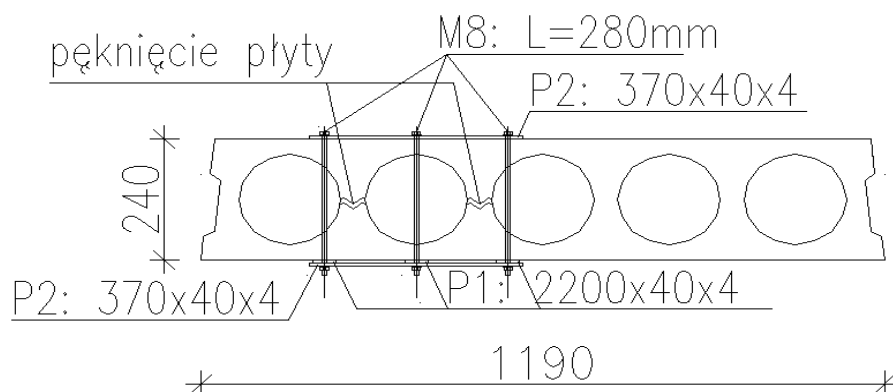
W każdej z dwu uszkodzonych płyt przewidziano zamocowanie 3 płaskowników według schematu pokazanego na rys. 5. Skrajne śruby spinające płyty na jej grubości mają być zamocowane poza strefą nieuszkodzoną na długości ok. 1,80 m, odpowiadającej rozmiarowi uszkodzonego odcinka płyty. Rozstaw śrub spinających strefy ściskaną i rozciąganą przekroju płyty przyjęto równy 60 cm.



Rys. 5. Rzut uszkodzonej płyty wraz z lokalizacją jej wzmocnienia

W miejscu uszkodzenia płyt płaskowniki podłużne stanowią zamiennik zbrojenia płyty (przekrój płaskownika wynosi $1,6 \text{ cm}^2$, przy zastosowanym zbrojeniu płyty prętami $\varnothing 12$ o przekroju $1,13 \text{ cm}^2$). Płaskowniki podłużne po ułożeniu muszą pozostawać prostoliniowo dociśnięte do dolnej i górnej powierzchni płyty (bez „sfalowania” ich trasy). Przed zamocowaniem górnych płaskowników spinających należy w warstwie jastrychu wyciąć bruzdy sięgające górnej płaszczyzny płyty. Po ułożeniu i skręceniu płaskowników śrubami bruzdę

zalecono wypełnić niskoprężną pianą montażową tak, by było możliwe wykonanie uzupełnienia jastrychu.



Rys. 6. Przekrój przez uszkodzoną prefabrykowaną płytę kanałową wraz z układem śrub spinających rozwarstwienia kanałów

6. Podsumowanie

Opisany w pracy nietypowy przypadek uszkodzenia wielokanałowych płyt w stropie budynku użyteczności publicznej został dostrzeżony po wielu latach eksploatacji, z uwagi na istnienie maskującej warstwy tynku. Usunięcie tynku odsłoniło występujące na dużym odcinku dolnej powierzchni płyt podłużne rysy sięgające aż do wnętrza kanałów, a wykonane odkrywki w obszarze tych rys ujawniło kolejne uszkodzenia w postaci rozwarstwień żeber międzykanałowych.

Przeprowadzona analiza materiałowo konstrukcyjna badanych płyt wielokanałowych nie potwierdziła początkowych przypuszczeń, że przyczyny uszkodzeń konstrukcji tkwią w niedostatecznej jakości betonu lub błędów w rozłożeniu zbrojenia, lub też wynikają z przeciążenia płyt stropowych.

Biorąc pod uwagę wyniki badań i analiz przyjęto założenie, że stwierdzone uszkodzenia, w tym rozwarstwienie kanałów i zarysowanie przedmiotowych płyt, mogło ujawnić się już na etapie ich produkcji w zakładzie prefabrykacji, np. podczas wyciągania trzpieni formujących kanały, a niska jakość kontroli wykonawstwa w zakładzie prefabrykacji i na budowie spowodowała, że uszkodzone płyty zostały wbudowane w konstrukcję stropu.

Literatura

1. Kobiak J., Stachurski W. Konstrukcje Żelbetowe. tom. 1. Arkady, Warszawa, 1984.
2. Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J. Awarie konstrukcji betonowych i murowych, Arkady, 1982.
3. Masłowski E., Spiżewska D. Wzmocnienia konstrukcji budowlanych. Arkady, 2000.
4. Dębowski J. Typowe uszkodzenia w budynkach wielkopłytowych, Przegląd Budowlany. 10/2012.
5. Ligęza W., Dębowski J. Identyfikacja uszkodzeń elementów wielkopłytowych w aspekcie oceny bezpieczeństwa eksploatacyjnego budynku, XIII Konferencja Naukowo – Techniczna „Awarie Budowlane”, Szczecin – Międzyzdroje, 2007.
6. Wójtowicz M., Możaryn T. Stan techniczny złączy i prefabrykatów budynków wielkopłytowego po 40 latach eksploatacji, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie Budowlane”, Szczecin – Międzyzdroje, 2013.
7. Lewicki B., Rysy w ścianach i stropach budynków wielkopłytowych, Prace Instytutu Techniki Budowlanej, Kwartalnik nr 2–3/2000.
8. PN-EN-1504-3:2006. Wyroby i systemy do ochrony i naprawy konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością. Naprawy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne.

UTYPICAL DAMAGE OF PRECAST RC HOLLOW CORE SLAB

Abstract: The paper presents a description of an unusual defects existing in a precast RC Hollow Core slabs existing in the kindergaten building located in Ełk. The defects of the slab structure in the form of longitudinal cracking at the bottom surface of the HC slabs were revealed after removing the plasterwork. The open pits made to the hollow cores showed the visible up to 30 mm delamination of concrete ribs situated along the slab. On the basis of inspections done on the object, as the most probable reason of such damage in the tested slabs, the authors recognized the technological mistakes revealed during erection of HC slabs. The paper presents comprehensive design solution how to remove occurring defects in the slabs.

Keywords: reinforced concrete, hollow core slabs, technical state, cracking of RC structures, inspection on the object, strengthening of the structure.