

PRZYCZYNY USZKODZEŃ ŻELBETOWYCH ELEMENTÓW STROPU W DWÓCH BADANYCH BUDYNKACH MIESZKALNYCH

MARIUSZ KUPINA, e-mail: m.kupina@po.opole.pl

BRONISŁAW JĘDRASZAK

Politechnika Opolska

Wydział Budownictwa i Architektury

Streszczenie: W pracy przedstawiono na przykładzie dwóch niewielkich budynków mieszkalnych przyczynę powstałych zarysowań oraz spękań w żelbetowych elementach konstrukcyjnych stropu oraz klatki schodowej. W niniejszym referacie opisano główną konstrukcję budynku, powstałe uszkodzenia, pomiary oraz wyniki badań laboratoryjnych z pobranych uprzednio odwiertów rdzeniowych. We wnioskach końcowych podano zalecenia wykonawcze, uwzględniające optymalny sposób naprawy przy wykorzystaniu współczesnych materiałów nie tylko ze względów ekonomicznych, ale także zapewniający prawidłowe i bezpieczne użytkowanie budynków.

Słowa kluczowe: zarysowanie, uszkodzenie, nośność, wytrzymałość betonu, elementy stropu

1. Opis konstrukcji obiektu

Przedmiotowymi obiektami są dwa budynki mieszkalne jednorodzinne z garażem jednostanowiskowym usytuowane na działkach sąsiednich, które posiadają te same rozwiązania architektoniczno-konstrukcyjne. Podczas wykonywanej ekspertyzy oba budynki znajdowały się w trakcie budowy. Przedmiotowe obiekty to jednokondygnacyjne budynki mieszkalne z poddaszem użytkowym (rys. 1). W niniejszym opracowaniu mają one oznaczenia jako nr 1 i 2.

Budynki były wykonane w technologii tradycyjnej gdzie wszystkie elementy żelbetowe zaprojektowano z betonu klasy C20/25 (B25) zbrojonego stalą B500SP.

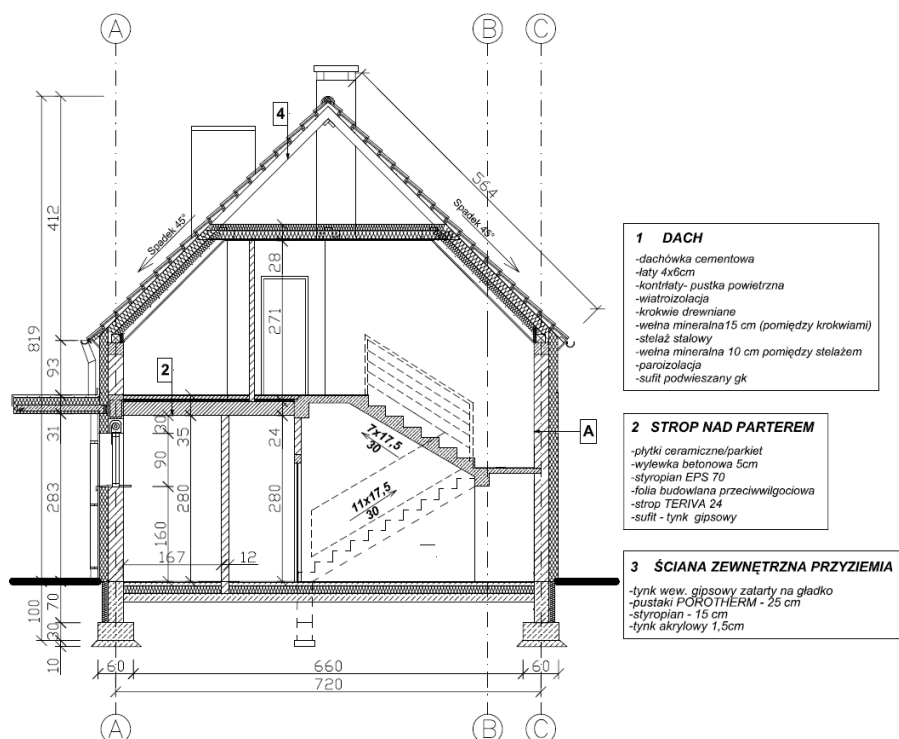
Fundamenty bezpośrednie przyjęto w postaci łąw fundamentowych o grubości 30 cm, na warstwie z chudego betonu o grubości 10 cm.

Ścianki fundamentowe zaprojektowano jako murowane z bloczków betonowych o grubości 24 cm, natomiast ściany konstrukcyjne zewnętrzne oraz wewnętrzne wykonano z bloczków ceramicznych POROTHERM gr. 25 cm. Ścianki działowe przewidziano jako murowane z POROTHERMU gr. 8 cm oraz 11,5 cm.

Konstrukcję stropu stanowi gęstożebrowy strop TERIVA I bis, dla którego podparciem są żelbetowe monolityczne podciągi zewnętrzne i wewnętrzne jak i konstrukcyjne ściany nośne.

Konstrukcję ścianki kolankowej poddasza stanowią żelbetowe trzpienie w rozstawie średnio co 125 cm o przekroju 25/25 cm zwieńczone wieńcem obwodowym o przekroju 25/25 cm.

Dach drewniany o konstrukcji krokwiowo-jętkowej (nachylenie 45°) zaprojektowano z krokwi o przekroju 8/16 cm w rozstawie średnio co 85 cm. Pokrycie dachu stanowi dachówka cementowa zakładkowa na łątach o przekroju 4/6 cm.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny budynku

2. Opis występujących uszkodzeń

Stropy oraz schody obydwu budynków wykonano w sezonie letnim w dniu 29.08.16. Z uwagi na panujące w tym okresie w ciągu dnia temperatury powyżej 30°C, rozstawiono zraszacze wodne, które były uruchamiane na 30 min w odstępach co 4 godziny w ciągu dnia. Po dokonaniu rozdeskowania stropu w dniu 20.09.16 z częściowym podstemplowaniem głównych elementów konstrukcyjnych stropu zauważono w niektórych elementach konstrukcyjnych (podciągach oraz płycie biegowej) podłużne zarysowania (rys. 2).



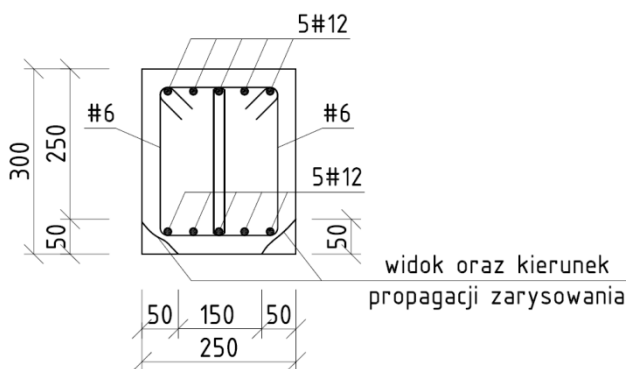
Rys. 2. Widok istniejącego uszkodzenia w dolnej części belki spocznikowej



Rys. 3. Widok istniejącego zarysowania w wewnętrznym podciągu żelbetowym

Z uwagi na powstałe zarysowania w wybranych elementach konstrukcyjnych kierownik budowy wstrzymał prace na obydwu budynkach w celu wyjaśnienia przyczyny zaistniałej sytuacji.

Podczas pierwszych oględzin na obiektach nie zauważono w górnej części płyty stropowej narażonej na szybszą utratę wilgoci w okresie gdzie temperatura na zewnątrz otoczenia była wyższa, żadnych zarysowań oraz pęknięć świadczących o złej pielęgnacji betonu. Zarysowania pojawiły się tylko w narożnikach elementów konstrukcyjnych (tj. podciągach, płycie biegujowej i belce spocznikowej) i nie miały one charakteru postępującego uwidaczniającego się odpadnięciem otuliny (rys. 4).



Rys. 4. Widok oraz kierunek propagacji zarysowania w wewnętrznym podciągu żelbetowym

Podczas pierwszej wizyty na budowie w wybranych miejscach w celu weryfikacji jednorodności wytrzymałości betonu dokonano pomiarów za pomocą cyfrowego testera betonu DIGI Schmit 2N. Uzyskano po dwanaście wartości odbicia dla każdego punktu pomiarowego. Porównując otrzymaną średnią liczbę odbicia z krzywą regresji wg ITB 210 stwierdzono wstępnie, że beton wbudowany w konstrukcję stropu może nie odpowiadać klasie betonu zamawianego (tj. C20/25).

Dostawca betonu został poproszony o przekazanie próbek wzorcowych, które powinien posiadać z tego okresu, ale okazało się, że takowych nie posiada.

W związku z powyższym jedynym miarodajnym badaniem określającym klasę betonu okazało się przeprowadzenie badań niszczących na pobranych uprzednio odwiertach rdzeniowych.

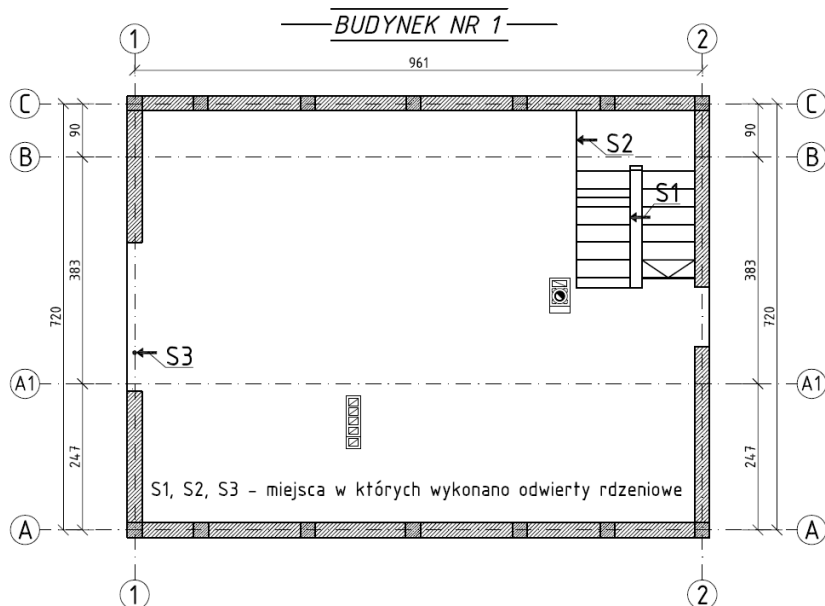
3. Ocena wytrzymałości betonu w elementach konstrukcyjnych stropów

Głównym celem wykonanej przedmiotowej ekspertyzy była ocena wytrzymałości na ściskanie w elementach konstrukcyjnych stropów oraz klatek schodowych w obydwu budynkach mieszkalnych będących w trakcie budowy. Badania zostały przeprowadzone w oparciu o normy PN-EN [1, 2, 3, 4, 5].

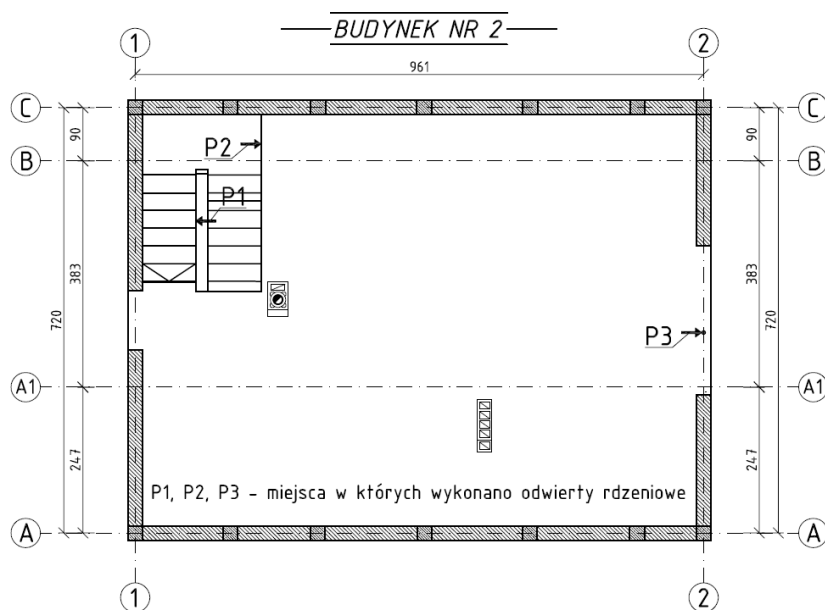
Zakresem opracowania objęto:

- pobranie odwiertów rdzeniowych z przedmiotowych stropów,
- wykonanie próbek do badania wytrzymałości betonu na ściskanie,
- badanie wytrzymałości na ściskanie przygotowanych próbek,
- określenie klasy wytrzymałości betonu na ściskanie,
- opracowanie wyników z przeprowadzonych badań w formie protokołu

Lokalizację wykonanych odwiertów w budynku nr 1 i budynku nr 2 pokazano na rzucie poziomym poddasza odpowiednio na rys 5 i 6.



Rys. 5. Lokalizacja miejsc w stropie w których wykonano odwierty rdzeniowe
(oznaczenia odwiertów: S1 – płyta biegowa, S2 – wieniec stropowy, S3 – wieniec stropowy)



Rys. 6. Lokalizacja miejsc w stropie w których wykonano odwierty rdzeniowe
(oznaczenia odwiertów: P1 – płyta biegowa, P2 – wieniec stropowy, P3 – wieniec stropowy)

Z uwagi na niewielkie gabaryty elementów konstrukcyjnych stropu oraz schodów odwierty rdzeniowe wykonano głowicą o średnicy ~ 50 mm (dla odwiertów: S1, S2, S3, P1, P2) oraz

głowicą o średnicy ~ 55 mm (dla odwiertu P3). Na rysunku poniżej (rys. 7a–f) pokazano widok z miejsc pobranych odwiertów rdzeniowych. Odwierty wykonano 26.09.2016 przy temperaturze ok. 18°C .



Rys. 7a, b, c, d, e, f. Widoki miejsc pobrania odwiertów rdzeniowych: S1, S2, S3, P1, P2, P3

Do badań wytrzymałościowych betonu pobrano z konstrukcji stropów po 3 odwierty rdzeniowe z każdego z dwóch budynków. Dwa pierwsze odwierty wykonano w pozycji poziomej jeden z biegu schodowego drugi z wewnętrznego wieńca stropowego natomiast trzeci w pozycji pionowej z wieńca zewnętrznego. Odwierty przetransportowano do laboratorium, a następnie pocięto piłą diamentową na próbki walcowe w ten sposób, aby stosunek ich długości do średnicy l/d wynosił ~ 1 . Powierzchnię cięcia dostosowano poprzez doszlifowanie. Z przedmiotowych odwiertów przygotowano 17 próbek walcowych o średnicy ~ 50 mm i wysokości ~ 50 mm oraz 4 próbki walcowe o średnicy ~ 55 mm i wysokości ~ 55 mm (tab. 1) zgodnie z normą [5].

Tablica 1. Oznaczenie i lokalizacja położenia próbek w odwiertach

<u>Odwiert S1</u>	<u>Odwiert P1</u>
<u>Odwiert S2</u>	<u>Odwiert P2</u>
<u>Odwiert S3</u>	<u>Odwiert P3</u>

Na podstawie oględzin pobranych odwiertów można stwierdzić, że kruszywo zastosowane w betonie było kruszywem otoczkowym i łamanym o uziarnieniu do $\phi 16$ mm w odwiertach S1, S2, S3, P1, P2, P3. Na powierzchniach odwiertów i cięcia występowały sporadycznie kawerny oraz pory o średnicy dochodzącej do 8 mm (rys. 8).

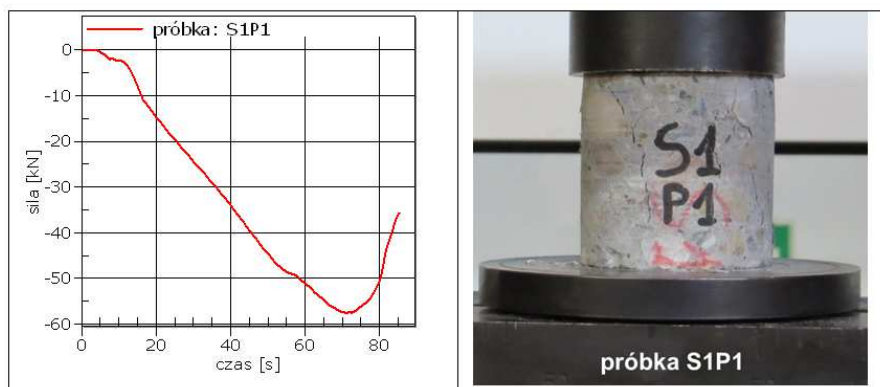


Rys. 8. Widok niewielkich kawern oraz porów

Uzyskane wyniki badań wytrzymałości betonu na ściskanie dla poszczególnych próbek podano w tab. 2, a przykładowy wykres obciążenia próbek S1P1 w funkcji czasu przedstawiono na rys. 9.

Tablica 2. Wyniki badań wytrzymałości betonu

Lp.	Odwiert	Próbka	Gęstość w stanie rzeczywistym	Kruszywo max φ	Zbrojenie	L	D	L/D	F	$f_{is,φ50}$	$f_{is,cube}$
---	----	---	[kg/m ³]	[mm]	[szt.]	[mm]	[mm]	---	[kN]	[MPa]	[MPa]
1	S1	S1P1	2265	16	0	50,5	49,7	1,02	57,51	29,66	31,5
2		S1P2	2292	16	0	50,4	49,6	1,02	52,23	27,04	29,0
3		S1P3	2298	16	0	50,3	49,4	1,02	50,23	26,22	28,0
4		S1P4	2266	16	0	50,6	49,7	1,02	43,36	22,36	24,0
5		S1P5	2234	16	0	50,7	49,6	1,02	48,58	25,15	27,0
6		S1P6	2187	16	0	49,9	50,4	0,99	41,26	20,69	22,0
7	S2	S2P1	2253	16	0	50,5	49,7	1,02	53,71	27,70	29,5
8		S2P2	2172	16	0	50,4	49,7	1,01	32,74	16,88	18,0
9	S3	S3P1	2195	16	0	50,3	49,7	1,01	31,71	16,35	17,5
10		S3P2	2217	16	0	50,8	49,7	1,02	41,37	21,33	23,0
11	P1	P1P0	2218	16	0	50,4	49,7	1,01	34,71	17,90	19,0
12		P1P1	2234	16	0	50,3	49,6	1,01	35,09	18,17	19,5
13		P1P2	2229	16	0	50,6	49,9	1,01	30,70	15,71	17,0
14		P1P3	2202	16	0	50,6	49,8	1,02	30,87	15,86	17,0
15		P1P4	2192	16	0	50,5	49,6	1,02	30,27	15,67	17,0
16	P2	P2P1	2222	16	0	50,5	49,9	1,01	36,51	18,68	20,0
17		P2P2	2204	16	0	50,7	49,9	1,02	33,66	17,22	18,5
										$f_{is,φ55}$	
18	P3	P3P1	2219	16	0	56,3	54,9	1,03	25,50	10,78	11,5
19		P3P2	2223	16	0	56,2	54,9	1,02	30,07	12,71	13,5
20		P3P3	2238	16	0	56,4	54,8	1,03	32,09	13,61	14,5
21		P3P4	2246	16	0	56,1	54,8	1,02	42,29	17,94	19,0
Uwaga! Wartości przekreślonych nie uwzględniono w ustaleniu wytrzymałości betonu na ściskanie, ponieważ uzyskano je dla nienormowej próbki lub dla nienormowej postaci zniszczenia.											
Wartości określone z całej populacji (budynek: nr 1 i nr 2):											
Wytrzymałość średnia:						$f_{m(20),is} = 21,23$ MPa					
Wytrzymałość minimalna:						$f_{is,lowest} = 13,5$ MPa					
Odchylenie standardowe:						s = 5,28 MPa.					
Budynek nr 1, odwierty „S”											
Wytrzymałość średnia:						$f_{m(10),is} = 24,95$ MPa					
Wytrzymałość minimalna:						$f_{is,lowest} = 17,5$ MPa					
Budynek nr 2, odwierty „P”											
Wytrzymałość średnia:						$f_{m(10),is} = 17,5$ MPa					
Wytrzymałość minimalna:						$f_{is,lowest} = 13,5$ MPa					



Rys. 9. Przykładowy wykres obciążenia próbki w funkcji czasu oraz widok postaci zniszczenia próbki o nr S1P1

W Tablicy poniżej (tab. 3) przedstawiono określoną klasę betonu w chwili badania, dla stropów znajdujących się w poszczególnych budynkach (nr 1, 2) na podstawie uzyskanych wyników (tab. 2) z badań niszczących.

Tablica 3. Klasa betonu w chwili badania określona dla poszczególnych stropów

Odwiert / strop	n – liczba próbek	Data betonowania / badania	Wiek betonu [dni]	Klasa wytrzymałości betonu na ściskanie w chwili badania
S	10	29.08.2016 /29.09.2016	32 dni	$f_{ck, is} = f_{m(n), is, cube} - k = 24,95 - 5 = 19,95 \text{ MPa}$ $f_{ck, is} = f_{is, lowest, cube} + 4 = 17,5 + 4 = 21,5 \text{ MPa}$ wytrzymałość charakterystyczna określona na podstawie badań $f_{ck, is, cube} = 19,95 \text{ MPa}$ uwzględniając współczynnik korekcyjny wynoszący 0,85, uzyskamy: $f_{ck, cube} = 19,95 / 0,85 = 23,52 \text{ MPa}$ <u>Beton w chwili badania odpowiada klasie wytrzymałości na ściskanie C16/20</u>
P	10	29.08.2016 /29.09.2016	32 dni	$f_{ck, is} = f_{m(n), is, cube} - k = 17,50 - 5 = 12,5 \text{ MPa}$ $f_{ck, is} = f_{is, lowest, cube} + 4 = 13,5 + 4 = 17,5 \text{ MPa}$ wytrzymałość charakterystyczną określoną na podstawie badań $f_{ck, is, cube} = 12,5 \text{ MPa}$ uwzględniając współczynnik korekcyjny wynoszący 0,85, uzyskamy: $f_{ck, cube} = 12,5 / 0,85 = 14,71 \text{ MPa}$ <u>Beton w chwili badania odpowiada klasie wytrzymałości na ściskanie C12/15</u>

Zgodnie z uzyskanymi wynikami z przeprowadzonych badań betonu na odwiertach rdzeniowych pobranych z płyt biegowych klatek schodowych oraz elementów konstrukcyjnych stropów znajdujących się aktualnie w trakcie budowy dwóch budynków mieszkalnych, można zakwalifikować beton w chwili badania do:

- klasy wytrzymałości betonu na ściskanie C12/15 ustalonej na podstawie całej populacji wyników (20 wartości),

– klasy wytrzymałości betonu na ściskanie ustalonej dla poszczególnych stropów budynków na podstawie próbek z nich pobranych (tab. 4):

Tablica 4. Klasa betonu dla poszczególnych stropów

Strop w budynku	n	$f_{m(n),is,cube}$ [MPa]	$f_{is,lowest,cube}$ [MPa]	Klasa wytrzymałości betonu
Nr 1	10	25,0	17,5	C16/20
Nr 2	10	17,5	13,5	C12/15

Wartości wytrzymałości betonu na ściskanie $f_{is,cube}$ otrzymane z badań na podstawie całej populacji wyników, mają duży rozrzut od 13,5 do 31,5 MPa.

Na podstawie uzyskanych wyników laboratoryjnych (tab. 2, 3, 4) można jednoznacznie stwierdzić, że wbudowany beton w konstrukcję stropów oraz schodów nie odpowiada parametrom wytrzymałościowym betonu zamawianego tj. C20/25.

Na podstawie informacji uzyskanych od kierownika budowy oraz wykonawcy obiektów dotyczącej kolejności betonowania stropów w przedmiotowych dwóch domkach oraz uzyskanych wyników można zauważyć, że występuje korelacja wartości uzyskanych wytrzymałości betonu w stosunku do poszczególnych dostaw/zarobów. Beton z pierwszej dostawy miał najwyższą wytrzymałość natomiast dla pozostałych trzech dostaw wytrzymałość betonu była znacznie niższa.

4. Przyczyny powstania zarysowań oraz sposób ich naprawy

Obserwując powstałe zarysowania ciągle w elementach konstrukcyjnych stropu oraz schodów (rys. 2, 3), należy przypuszczać, że są one wynikiem demontażu płyt szalunkowych przy użyciu łomów oraz innego sprzętu. Nie mniej jednak z pozoru niegroźne symptomy w postaci podłużnych zarysowań okazały się być efektem obniżonej wytrzymałości betonu wbudowanego w konstrukcję stropów oraz schodów w stosunku do betonu zamawianego (C20/25).

Z uwagi na fakt, że przedmiotowe budynki znajdowały się w trakcie budowy, wyniki z przeprowadzonych badań określających wytrzymałość betonu na ściskanie zostały przekazane projektantowi konstrukcji obydwu budynków. Po przeanalizowaniu przez projektanta otrzymanych wyników i przeliczeniu nośności w głównych elementach konstrukcyjnych stropu wyrażono zgodę na kontynuowaniu dalszych prac na obydwu obiektach.

Zapewnienie nośności w elementach konstrukcyjnych okazało się możliwe tylko dlatego, że w projekcie przy wymiarowaniu elementów żelbetowych (tj. podciągów głównych), założono przekroje prostokątne pojedynczo zbrojone jako wariant bardzo bezpieczny. W rzeczywistości sposób zbrojenia podciągów (rys. 4) wskazuje na przekroje podwójnie zbrojone, a w dodatku teowe z uwagi na monolityczne ich związanie z belkami stropu Tervia I bis. Dzięki temu obniżenie strefy ściskanej, a w konsekwencji spadek nośności w projektowanym przekroju prostokątnym, a w rzeczywistości wykonanym na budowie podwójnie zbrojonym przekrojem teowym z zastępczą wysokością płyty nie spowodował bardzo wyraźnego spadku nośności. Nośność na zginanie w przedmiotowym podciągu żelbetowym wykorzystana została w 80%.

W związku z powstałymi zarysowaniami zalecono ich usunięcie poprzez uprzednie skucie narożników, oczyszczenie powierzchni i uzupełnienie w miejscu widocznego narożnego pręta mineralną powłoką antykorozyjną Ceresit CD30 i nałożeniu kolejnej warstwy gruboziarnistej zaprawy Ceresit CD26.

5. Podsumowanie

Pojawienie się podłużnych zarysowań w elementach konstrukcyjnych stropu oraz schodów w obydwu budynkach okazało się być impulsem do przeprowadzenia badań pozwalających określić jakość zamówionego betonu (C20/25).

Należy również zwrócić szczególną uwagę na nieodpowiedzialne zachowanie dostawcy betonu, który nie posiadając próbek wzorcowych do których był zobligowany wystawił sobie bardzo kiepskie świadectwo co do prowadzonej kontroli jakości wytwarzanego produktu we własnej firmie.

Dzięki dużym zapasom nośności przyjętym przez projektanta na etapie projektu w elementach konstrukcyjnych stropu oraz schodów udało się uniknąć ich rozbiórki lub bardzo drogiej naprawy na etapie budowy.

Literatura

1. Norma PN-EN 206-1: 2003. Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
2. Norma PN-EN 13791: 2008. Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych.
3. Norma PN-EN 12390-3: 2002. Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania.
4. Norma PN-EN 12390-3: 2001. Badania betonu. Część 7: Gęstość betonu.
5. Norma PN-EN 12504-1: 2001. Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe – Wyciągnięcie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.

CAUSES OF DAMAGES OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS OF THE FLOOR IN THE TWO RESEARCHED RESIDENTIAL BUILDINGS

Abstract: The paper presents the cause of created scratches and cracks in the reinforced concrete construction elements of the floor and staircase, at the example of two small residential buildings. The main structure of the building, causes of damages, measurements as well as laboratory results from core hole taken previously, was described in the paper. The final remarks include construction recommendations taking into account the repair method using modern materials, which is an optimal one not only from an economic point of view but also providing a proper and safe service of the constructed objects.

Keywords: cracking, damage, capacity, the strength of concrete, components of the floors