

Awaria stropów DZ-3, przyczyny awarii i sposób naprawy stropów

Dr inż. Andrzej Malczyk, dr inż. Bernard Kotala, Politechnika Śląska

1. Wprowadzenie

W trzykondygnacyjnym budynku o funkcjach: socjalnej, biurowej i magazynowej doszło pod koniec lat 90. ubiegłego wieku do awarii gęstożebrowych stropów typu DZ-3.

Wynikiem znacznych ugięć części stropów było zarysowanie posadzki pomieszczeń, w miejscach równoległe usytuowanych do skrajnych belek stropów. Ponadto zarysowana została posadzka w miejscach podpór poszczególnych przęseł stropów. W następstwie tego część pomieszczeń obiektu została wyłączona z użytkowania.

W roku 1998 opracowano ocenę stanu technicznego stropów, w której ustalono między innymi przyczyny powstania nadmiernych ugięć i zarysowania oraz opracowano koncepcję naprawy stropów. Zalecenia ekspertyzy z 1998 roku nie zostały jednak wykonane.

W 2012 roku w związku z koniecznością modernizacji obiektu związanej z częściową zmianą funkcji opracowano kolejną ekspertyzę, w której przedstawiono odmienny od poprzedniego sposób naprawy uszkodzonych stropów.

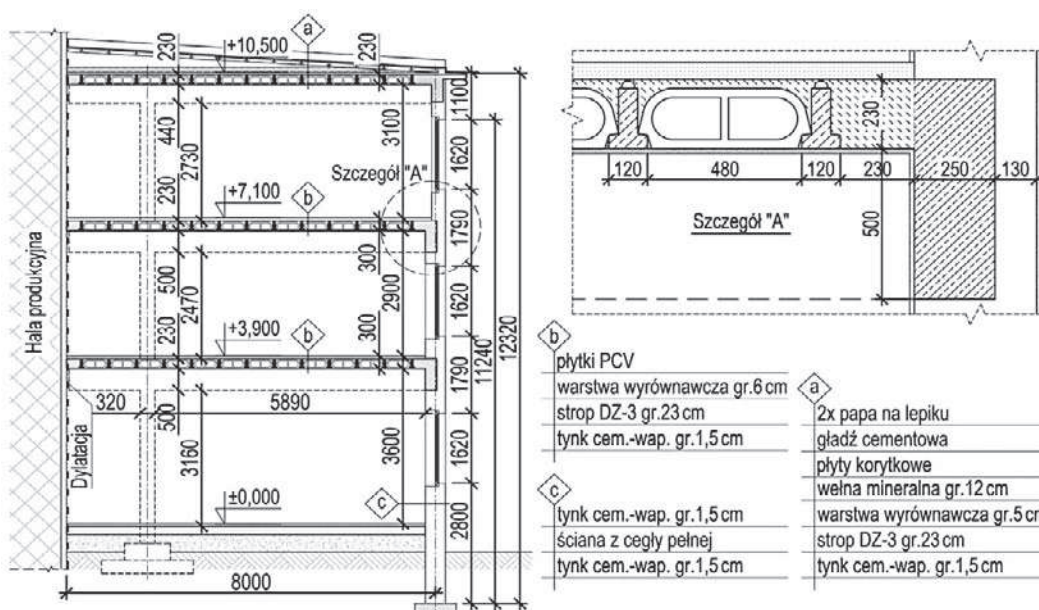
Wykonano nowe pomiary ugięć stropów oraz wykonano aktualizację inwentaryzacji uszkodzeń. Dokonano porównania uzyskanych wyników z roku 1998 i roku 2012. Zweryfikowana została również przyczyna powstania zarysowania stropów.

2. Opis konstrukcji budynku i występujących uszkodzeń stropów DZ-3

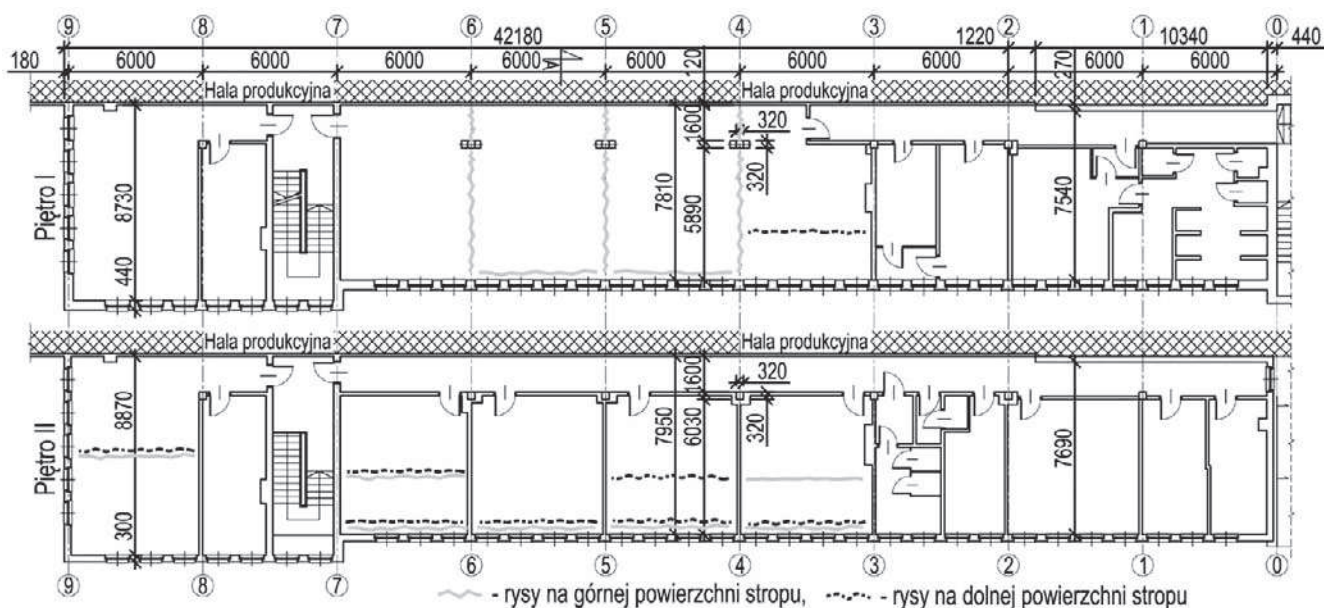
Konstrukcję nośną stanowią poprzeczne żelbetowe jednonawowe ramy ze wspornikiem (rys. 1), od strony którego jest dylatowana od sąsiadującej hali produkcyjnej. Rozpiętość ram w osiach słupów wynosi 6,00 m. Na ryglach ram nad parterem, I i II piętrem oparte są prefabrykowane stropy żelbetowe typu DZ-3. Rozstaw poprzecznych ram wynosi 6,00 m i jest równy rozpiętości przęseł stropów.

Ciąg komunikacyjny w budynku stanowi żelbetowa, monolityczna klatka schodowa. Ściany zewnętrzne budynku oraz ściany klatki schodowej wykonano jako murowane z cegły ceramicznej pełnej. Ścianki działowe w większości są wykonane z cegły dziurawki. Stropodach jest wentylowany. Konstrukcja pokrycia stropodachu składa się z żelbetowych płyt korytkowych w układzie poprzecznym, opartych na ażurowych ściankach murowanych z cegły pełnej.

Rzuty kondygnacji I i II piętra wraz z lokalizacją stwierdzonych, ważniejszych uszkodzeń pokazano na rysunku 2. Z elementów konstrukcyjnych budynku jedynie stropy nad parterem i nad I piętrem wykazują widoczne istotne uszkodzenia. Największe uszkodzenia występują w stropach nad I piętrem znajdujących się pomiędzy osiami „3” – „7”



Rys. 1.
Przekrój poprzeczny budynku



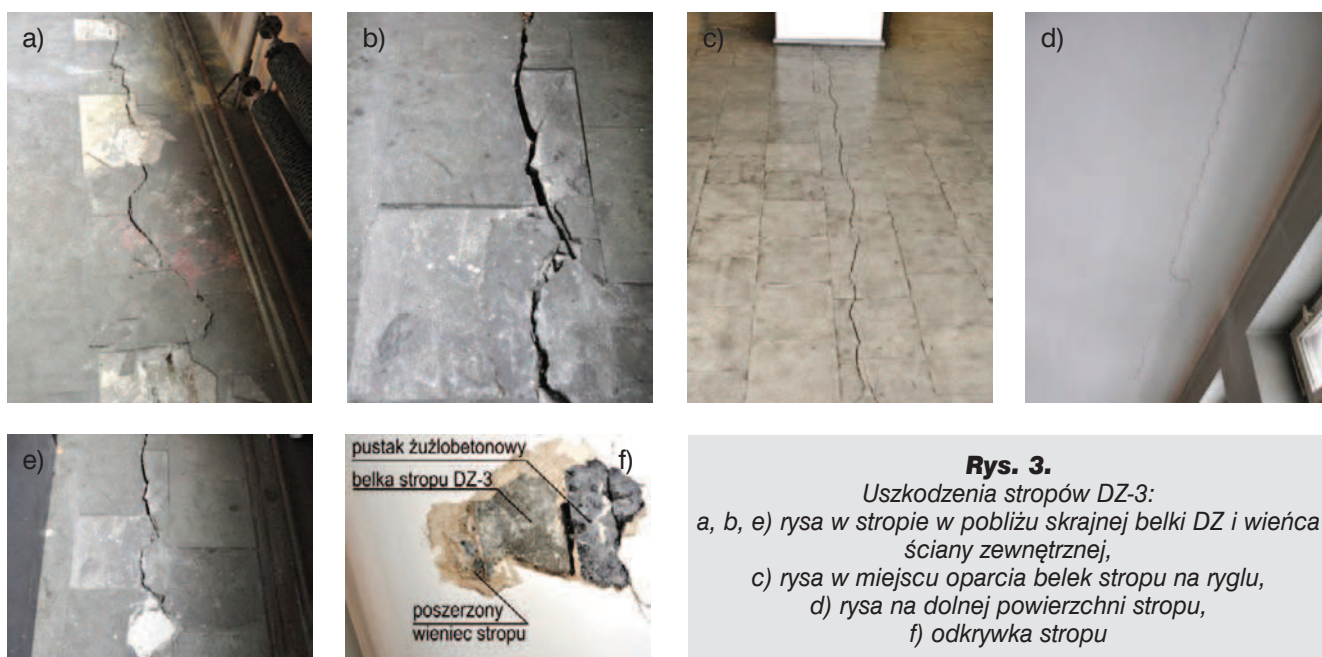
Rys. 2. Rzuty kondygnacji I i II piętra z lokalizacją uszkodzeń stropów

(rys. 2). Zarysowany został strop w pobliżu skrajnej prefabrykowanej belki DZ i wieńca ściany zewnętrznej (rys. 3a i rys. 3b). Rysy występują w odległości ok. 0,35 m od wewnętrznej krawędzi ściany i przebiegają wzdłuż belki. Uszkodzone zostały pustaki stropu przylegające do skrajnej belki. W miejscu rys strop pęknięty jest pionowo na wskroś. Brzegi posadzki w miejscu rys są wzajemnie przesunięte w pionie o max. 15 mm. Podobne pionowe pęknięcia zaobserwowano również w stropie nad parterem pomiędzy osiami „4” – „6” (rys. 2 i rys. 3e). Ponadto stwierdzono również dość powszechnie występujące rysy podłużne biegnące wzdłuż krawędzi niektórych prefabrykowanych belek stropu nad parterem oraz I i II piętrzem. Są to typowe dla tego rodzaju konstrukcji

stropów zarysowania świadczące o tzw. „klawiszowaniu” stropu. Rysy te nie mają charakteru rys wskrośnych przebiegających przez całą grubość stropu, gdyż ich pojawienie się na górnej powierzchni stropu nie jest skorelowane z rysami na dolnej powierzchni stropu.

W pomieszczeniach I piętra znajdujących się pomiędzy osiami „4” – „6” stwierdzono znaczne zarysowania posadzek w miejscach oparcia stropów na ryglach ram (rys. 2 i rys. 3c). Szerokość rozwarcia rys dochodzi do 7 mm. Podobnych rys nie stwierdzono w posadzce stropu II piętra, gdyż na ryglach ram znajdują się ścianki działowe i rysy prawdopodobnie są pod ściankami.

Uszkodzenia stropu nad I piętrzem widoczne w pomieszczeniach II piętra pokazano na rys. 3a i rys. 3b.



Rys. 3.

Uszkodzenia stropów DZ-3:
a, b, e) rysa w stropie w pobliżu skrajnej belki DZ i wieńca ściany zewnętrznej,
c) rysa w miejscu oparcia belek stropu na ryglu,
d) rysa na dolnej powierzchni stropu,
f) odkrywka stropu

Uszkodzenia stropu nad parterem widoczne w pomieszczeniach I piętra pokazano na rysunku 3c i 3e.

Na rysunku 3d pokazano przykładowe zarysowanie dolnej powierzchni stropu nad I piętrzem, a na rysunku 3f odkrywkę stropu nad I piętrzem w miejscu występowania zarysowania na wskroś.

W roku 1998 użytkownik budynku wykonał prowizoryczne plomby gipsowe w miejscach występowania największych rys w stropach, które po upływie 14 lat nie uległy zarysowaniu (rys. 4e).

3. Przyczyny powstania awarii stropów

W celu ustalenia przyczyn powstania przedstawionych zarysowań stropów wykonano odkrywkę stropu nad podporą (nad ryglem ramy), odkrywkę w miejscu rysy przy ścianie zewnętrznej na dolnej powierzchni stropu (rys. 3f) i na górnej powierzchni stropu. Dokonano pomiarów warstw stropu w odkrywkach. Odkryto lokalnie zbrojenie belek DZ i za pomocą młotka Schmidta wykonano badania wytrzymałości betonu w belkach stropu.

Ponadto pomierzone zostały aktualne ugięcia stropów znajdujących się pomiędzy osiami „4” – „6” nad parterem i nad I piętrzem. Ugięcia mierzono dla pasm środkowych stropów w środku ich rozpiętości, pomierzone wartości zamieszczono w tabelach 2 i 3.

W analizowanym stropie zabudowane są beleczki prefabrykowane typu DZ-3 i pustaki żużlobetonowe. W wyniku przeprowadzonych oględzin stwierdzono, że zbrojenie beleczek stanowią 3 pręty \varnothing 12 mm ze stali gatunku 34GS. Badania wytrzymałości betonu w belkach wskazały na jego dobrą jakość oraz pozwoliły określić jego wytrzymałość jako nie gorszą niż odpowiadającą klasie C20/25. Ze względu na brak możliwości wycięcia porównawczych próbek betonowych z badanych elementów, określenie wytrzymałości betonu ma charakter szacunkowy.

Ponieważ w odkrywce stropu nad podporą nie natrafiono na zbrojenie górne, obliczenia sprawdzające strop wykonane zostały dla schematu jednoprzęsłowej belki swobodnie podpartej o rozpiętości 6,00 m. Analizowano dwa schematy o zróżnicowanym obciążeniu użytkowym, wynikającym z funkcji pomieszczeń, pasmo obciążenia w obu przypadkach wynosiło 0,60 m (osiowy rozstaw belek stropu), wyniki obliczeń statyczno-wytrzymałościowych przedstawiono w tabeli 1.

Obliczenia ugięć wykonano również dla dwóch schematów obciążenia. W schemacie I uwzględniono obecne charakterystyczne obciążenia stałe ($4,08 \text{ kN/m}^2$), obciążenie użytkowe dla biurowej funkcji pomieszczeń ($2,00 \text{ kN/m}^2$) i obciążenie zastępcze od ścianek działowych ($1,25 \text{ kN/m}^2$). Obciążenia te odpowiadają aktualnej funkcji części pomieszczeń znajdujących się poza pomieszczeniami z uszkodzonymi stropami.

W schemacie II uwzględniono obecne charakterystyczne obciążenia stałe oraz obciążenia użytkowe dla magazynowej funkcji pomieszczeń ($5,00 \text{ kN/m}^2$) i obciążenie zastępcze od ścianek działowych. Uzyskane wyniki obliczeń ugięć porównano z pomierzonymi wcześniej ugięciami stropu w osiach „4” – „6” nad parterem (tab. 2) i nad I piętrzem (tab. 3).

Z przeprowadzonego wywiadu z właścicielem obiektu wynika, że pomieszczenia I i II piętra znajdujące się pomiędzy osiami „3” – „7” były w przeszłości użytkowane jako pomieszczenia magazynowe.

Charakter występujących uszkodzeń w stropach znajdujących się nad parterem i nad I piętrzem wskazuje, że główną przyczyną ich powstania było znaczne przeciążenie stropów.

W trakcie dokonanych w obiekcie oględzin stropów i pomiarów lokalizujących zbrojenie nie stwierdzono istnienia w stropach żeber rozdzielczych, co spotęgowało uszkodzenia. W stropach DZ-3 należy obowiązkowo stosować

Tabela 1. Wyniki obliczeń nośności stropu DZ-3

Schemat	Obciążenia	M_{Sd} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	M_{Sd}/M_{Rd}
I	stałe + użytkowe (funkcja biurowa)	24,49	23,66	1,04
II	stałe + użytkowe (funkcja magazynowa)	34,48		1,46

Tabela 2. Wyniki obliczeń i pomiarów ugięć stropu DZ-3 nad parterem w osiach „4” – „6”

Schemat	Obciążenia	a [mm]	a_{rz} [mm]	a_{lim} [mm]	a/ a_{lim}	a_{rz}/a_{lim}
I	stałe + użytkowe (funkcja biurowa)	31,8	35,5	30,0	1,06	1,18
II	stałe + użytkowe (funkcja magazynowa)	58,2	35,5	30,0	1,94	1,18

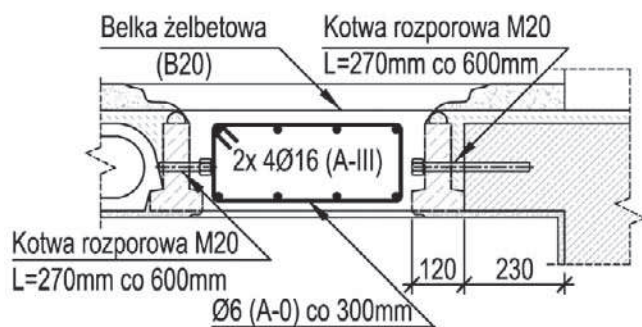
gdzie: a – ugięcie obliczone (przekrój zarysowany), a_{rz} – ugięcie pomierzone pod obciążeniem stałym i użytkowym (funkcja biurowa), a_{lim} – ugięcie dopuszczalne ($L/200$)

Tabela 3. Wyniki obliczeń i pomiarów ugięć stropu DZ-3 nad I piętrzem w osiach „4” – „6”

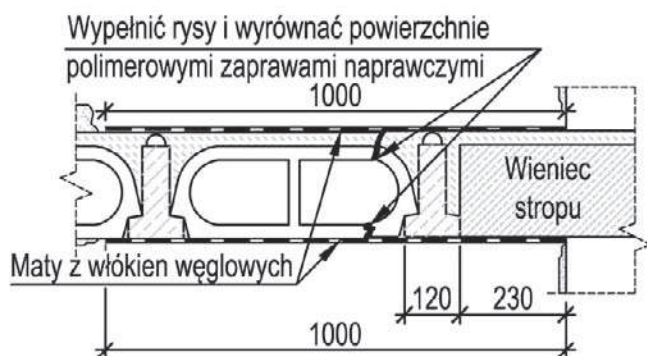
Schemat	Obciążenia	a [mm]	a_{rz} [mm]	a_{lim} [mm]	a/ a_{lim}	a_{rz}/a_{lim}
I	stałe + użytkowe (funkcja biurowa)	31,8	52,5	30,0	1,06	1,75
II	stałe + użytkowe (funkcja magazynowa)	58,2	52,5	30,0	1,94	1,75

gdzie: a – ugięcie obliczone (przekrój zarysowany), a_{rz} – ugięcie pomierzone pod obciążeniem stałym (bez obciążenia użytkowemu, pomieszczenia wyłączane z użytkowania), a_{lim} – ugięcie dopuszczalne ($L/200$)

a) koncepcja z 1998 roku



b) koncepcja z 2012 roku



Rys. 4. Koncepcja naprawy uszkodzonego stropu DZ-3

co najmniej jedno żebro rozdzielcze, już przy rozpiętości powyżej 5,1 m i obciążeniu równomiernie rozłożonym, a w obiekcie rozpiętość stropów wynosi 6,0 m. Zadaniem takich żeber jest usztywnienie stropu w kierunku poprzecznym do kierunku jego pracy, wciągnięcie do współpracy sąsiadujących ze sobą belek stropu, a w efekcie zapobieżenie wystąpienia tzw. zjawiska „klawiszowania”. Jak wykazały wykonane obliczenia nośności i ugięć stropów, już przy obciążeniu dla biurowej funkcji pomieszczeń z uwzględnieniem zastępczego obciążenia od ścianek działowych, nośność stropów jest minimalnie przekroczona o 4% (tabela 1), a ugięcia graniczne są przekroczone o 6% (tabela 2 i 3).

Układ rys występujących w stropach sugeruje iż przeciążenie stropów nie występowało na całej ich powierzchni. Ścięcie stropów w miejscach pokazanych na rysunku 3a, b, d nastąpiło w wyniku przeciążenia stropów i braku żeber rozdzielczych, ścięcie to wystąpiło w miejscu znacznego poszerzenia wieńca, w wyniku czego oś skrajnej belki stropu dobetonowanej do wieńca znajdowała się w odległości 29 cm od wewnętrznej krawędzi ściany elewacyjnej (rys. 3f). W związku z tym skrajne pasmo stropów było monolitycznie związane z wieńcem i mogło przenosić znacznie większe obciążenia.

Zarysowanie stropów wystąpiło w miejscu najłabszym, gdzie zmiana sztywności była największa. Ścięciu uległy pustaki stropu DZ-3 (rys. 3f).

Zarysowania stropów przykładowo pokazane na rysunku 3c są spowodowane brakiem zbrojenia podporowego,

znacznym przeciążeniem stropu i wywołanymi tym przeciążeniem ugięciami.

Analiza wielkości ugięć stropów podanych w tabeli 3 pokazuje, jak znaczne było w przeszłości przeciążenie stropów nad I piętrem skoro obecne ugięcia trwałe (przy braku obciążenia użytkowego) przekraczają o 75% wielkość ugięcia dopuszczalnego.

Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku stropów nad parterem (tabela 2), gdzie ugięcia dopuszczalne są przekroczone o 18% przy użytkowaniu pomieszczeń (funkcja biurowa).

4. Sposób naprawy stropów

Do naprawy uszkodzonych stropów DZ-3 zalecono zastosowanie mat z włókien węglowych ułożonych jednokierunkowo wraz z odpowiednim klejem do mat. Ponadto do wypełnienia rys w stropach zalecono zastosowanie polimerowych zapraw naprawczych do betonu.

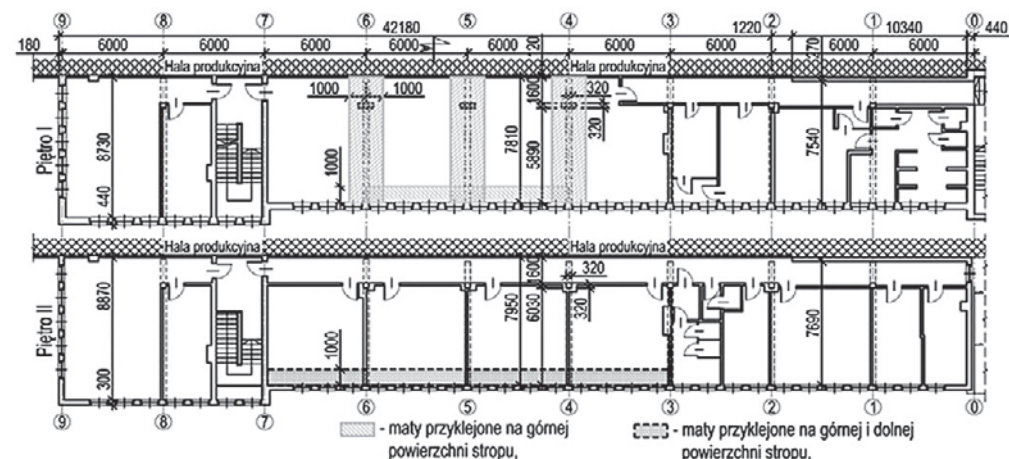
W ekspertyzie z 1998 roku przedstawiono odmienny sposób naprawy stropów w osiach „3” – „7”, rysy biegnącej równoległe do ułożonych belek i przechodzącej na wskroś. Polegający na rozbiórce pustaków skrajnego pasa stropu, wykonaniu w tym miejscu belki żelbetowej i zespoleniu prefabrykowanych belek stropu DZ-3 z wieńcem i nową belką żelbetową. Wprowadzono przy tym podobne ograniczenie przyszłych obciążeń użytkowych do 2,00 kN/m². Porównanie obu koncepcji naprawy stropu przedstawiono na rysunku 4.

W koncepcji przedstawionej na rysunku 4a maty mają być naklejone zarówno na górnych, jak i na dolnych powierzchniach stropów nad I piętrem w osiach „3” – „7” i na górnych powierzchniach stropów nad parterem, znajdujących się pomiędzy osiami „4” – „6”. Lokalizację miejsc, w których należy nakleić maty z włókien węglowych, pokazano na rysunku 5.

Warunkiem naprawy stropu nie było podniesienie jego nośności, a jedynie odtworzenie i umożliwienie przeniesienia obciążeń do 2,00kN/m² (funkcja biurowa). Plomby gipsowe naklejone na rysy nie zostały uszkodzone przez 14 lat, co wskazywało na stabilizację sytuacji. Toteż w 2013 r. wykonano naprawę stropu zgodnie z koncepcją z 2012 r., której dodatkową zaletą był brak konieczności całkowitej rozbiórki uszkodzonych fragmentów stropów.

Po zdjęciu płytek posadzki konieczne było oczyszczenie i wyrównanie powierzchni stropu w miejscach występowania rys (rys. 6a), a w przypadku rys na wskroś odspojono warstwę nadbetonu. Wyrównanie powierzchni stropu ma na celu likwidację uskoków i ostrych krawędzi w pobliżu rys. Po mechanicznym wyczyszczeniu rysy następowało oczyszczenie powierzchni sprężonym powietrzem. Tak przygotowane podłoże betonowe zagruntowano w celu wzmocnienia podłoża (rys. 6b).

Następnie rysy zostały wypełnione zestawem polimerowych zapraw naprawczych do betonu, co spowodowało zespolenie oddzielonych rysą fragmentów nadbetonu



Rys. 5.
Rzut kondygnacji I i II piętra z lokalizacją miejsc napraw stropów

czy pustaków. Kolejnym krokiem było klejenie mat (rys. 7) i wykonanie wierzchnich warstw stropu.

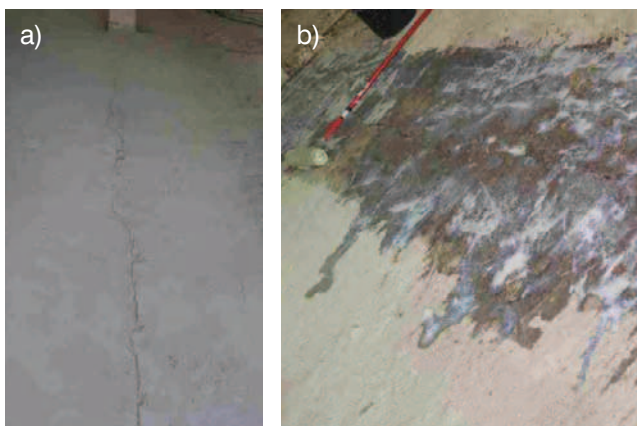
5. Podsumowanie

Błędy projektowe, wykonawcze i błędy popełnione przez użytkownika obiektu przyczyniły się w podobnym stopniu do powstania przedstawionej awarii stropów DZ-3. Brak przestrzegania przedstawiionej awarii stropów DZ-3 był początkiem problemów, które ujawniły się podczas eksploatacji obiektu.

W trakcie jego użytkowania wielokrotnie następowała zmiana funkcji części pomieszczeń, zapomniano przy tym o ograniczeniach związanych z nośnością poszczególnych elementów konstrukcji budynku.

Wykonane obliczenia nośności stropów DZ-3 wykazały, że zostały zaprojektowane tak, by bezpiecznie przemieścić obciążenie użytkowe o wielkości 2,00 kN/m² i obciążenie zastępcze od ścianek działowych o wielkości nie większej niż 1,25 kN/m², a więc dla biurowej i socjalnej funkcji pomieszczeń.

W wyniku przemian, jakie nastąpiły w Polsce po 1989 roku, w wielu przypadkach w wyniku prywatyzacji zakładów pracy dochodziło do częstych zmian właścicieli. Rzadko kiedy zwracano przy tym uwagę na przekazywanie archiwalnych dokumentacji, zwłaszcza dokumentacji budowlanych. Ważniejsza była infrastruktura techniczna. W konsekwencji tego często dochodzi do beztroskiej zmiany sposobu użytkowania części

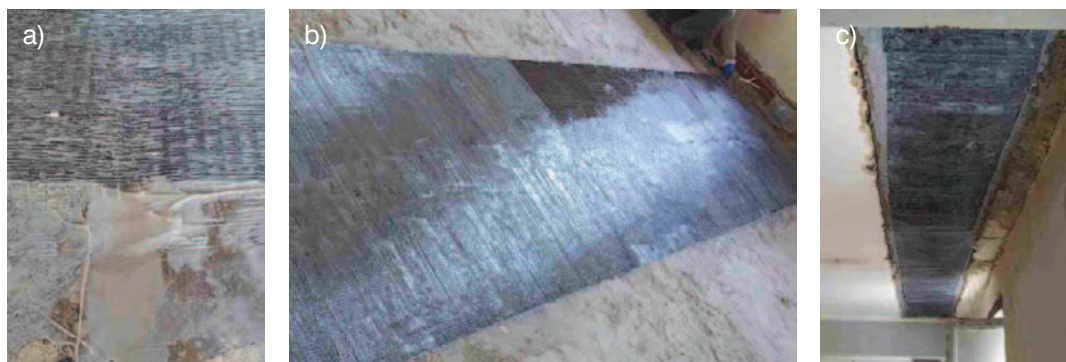


Rys. 6. Etap I: a) widok przygotowanej powierzchni, b) gruntowanie

pomieszczeń w budynkach i do awarii podobnych do tej, którą przedstawiono w artykule.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dąbrowski Z., Strop prefabrykowany DZ-3. Arkady, Warszawa 1965
- [2] Pyrak S., Konstrukcje z betonu. Cz.2. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1979
- [3] Holloway L. C., Leeming M. B., Strengthening of Reinforced Concrete Structures: Using Externally-Bonded FRP Composites in Structural and Civil Engineering. CRC Press 1999
- [4] Czarnecki L., Emmons P. H., Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. Polski Cement, Kraków 2002
- [5] Górski M., Krzywoń R., EBR FRP strengthening of RC structures – proposal of design approach tailored for polish reality. Architecture Civil Engineering Environment. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009. Vol. 2. no.3, p. 31-40



Rys. 7.
Etap II: a) widok wypełnionej rysy i przyklejonej maty, b) klejenie i przesączenie maty żywicą c) widok wykonanej naprawy stropu II piętra (od spodu)