

KOROZJA WEWNĘTRZNA BETONU PRZYCZYNĄ AWARII STROPU TERIVA

LESŁAW HEBDA, e-mail: leslaw.hebda@gmail.com
Firma „Doradca Techniczny Dorota Hebda”

ZDZISŁAWA OWSIAK
Politechnika Świętokrzyska

Streszczenie: W referacie przedstawiono przykład awarii stropu teriva w budynku mieszkalnym wielorodzinnym, polegającej odpadnięciu dolnych ścianek pustaków oraz wystąpieniu odspojień tynku na suficie. Awarii tej nie towarzyszyły żadne objawy wskazujące na nadmierne odkształcenia lub/i przemieszczenia konstrukcji budynku. Z przeprowadzonych badań laboratoryjnych wynika, że awaria ta powstała w wyniku korozji wewnętrznej betonu, a spowodowanej pęcznieniem peryklazu. Minerale ten znalazł się w kruszywie żużlowym zastosowanym do produkcji pustaków stropowych. Czynnikiem inicjującym proces korozyjny był najprawdopodobniej wzrost wilgotności względnej w pomieszczeniach przekrytych stropem w wyniku częściowej zmiany sposobu użytkowania. Zjawisko ujawniło się po przeszło 10 latach bezawaryjnej eksploatacji budynku. Pęcznienie peryklazu spowodowało destrukcję pustaków w stropie gęstożebrowym teriva.

Słowa kluczowe: Strop gęstożebrowy, pustak żużlobetonowy, korozja wewnątrz betonu, awaria stropu

1. Wprowadzenie

W mieszkaniu usytuowanym na parterze budynku mieszkalnego wielorodzinnego, zlokalizowanego w jednej z podwarszawskich miejscowości nastąpiło odspojenie dolnych ścianek pustaków stropowych na fragmencie sufitu (fot. 1).



Fot. 1. Fragment sufitu z odspojoną dolną ścianką pustaka stropowego

Budynek, w którym wystąpiła awaria stropu był eksploatowany od ponad 10 lat. Administrator budynku nie posiadał pełnej dokumentacji projektowej ani powykonawczej tego obiektu.

Z dostępnych materiałów ustalono, że budynek został zaprojektowany w technologii tradycyjnej, ze ścianami murowanymi z bloków silikatowych i stropami gęsto-żebrowymi. Jest on częściowo podpiwniczony, o 4 kondygnacjach naziemnych. Od zewnątrz ocieplony styropianem z tynkiem fakturowym. Mieszkanie, w którym ujawniła się awaria stropu, znajdowało się w części niepodpiwniczonej. Podłoga w tym lokalu została ułożona bezpośrednio na gruncie.

W związku z awarią stropu na polecenie Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego przeprowadzono ekspertyzę obejmującą ocenę stanu technicznego budynku. W ramach ekspertyzy oceniono: ugięcia belek stropowych i jakość wykonanych wieńców, nośność stropów, głębokość podparcia belek stropowych na ścianach nośnych, jakość użytych materiałów ścian nośnych i stropu, stan techniczny fundamentów oraz obciążenie stropu [1].

2. Opis uszkodzeń sufitu w analizowanych mieszkaniach

Na parterze, w części niepodpiwniczonej budynku znajdowały się dwa lokale mieszkalne, które zostały oznaczone jako A i B. Mieszkanie A jest jednonawowe, bez ścian konstrukcyjnych wewnątrz, przekryte stropem o nominalnej rozpiętości 6,30 m i składa się z dwóch pokoi, kuchni oraz łazienki. We wszystkich pomieszczeniach wystąpiły zarysowania na suficie. W większości zarysowania te odwzorowują układ pustaków w stropie (fot. 2). Występuje także odspojenie tynku od belek stropowych, a na odsłoniętej ich powierzchni nie zaobserwowano żadnych rys prostopadłych do ich osi.

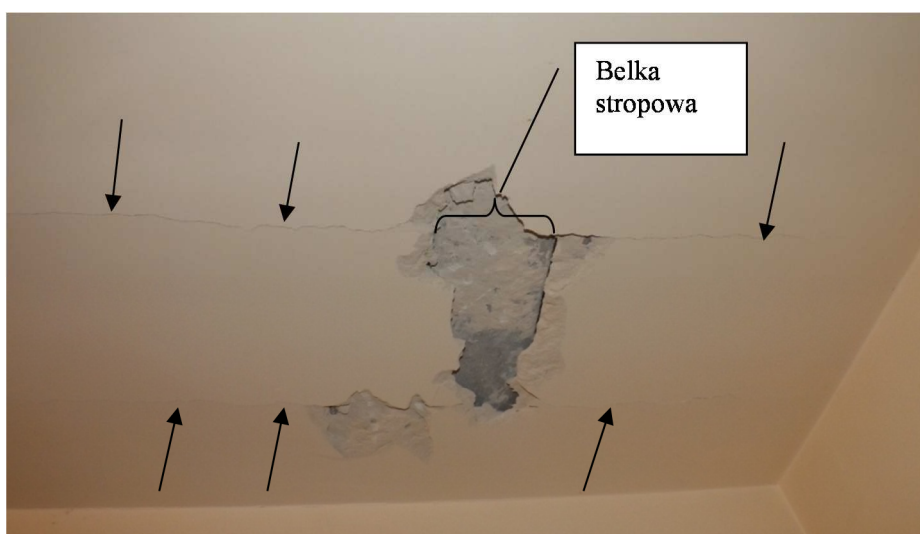


Fot. 2. Sufit w dużym pokoju w mieszkaniu nr A. Rysy na suficie przebiegają prostopadle i równolegle do belek stropowych

Na tynku na ścianach nośnych zaobserwowano tylko jedną rysę pionową o rozwarości 0,2–0,15 mm. Występują też pionowe zarysowania na ścianie działowej pomiędzy pokojami. Na ścianach nie zaobserwowano natomiast żadnych rys ukośnych oraz zarysowań pod stropem w miejscach oparcia belek na ścianach.

Na suficie, oprócz zarysowań liniowych występują zarysowania koliste, wskazujące na uszkodzenia typu pop-out. Odspajanie tynku w tym przypadku nastąpiło na skutek pęcznienia materiału wchodzącego w skład pustaków wbudowanych w strop.

Po usunięciu zarysowanego fragmentu tynku, okazało się że kształt powstałego ubytku przypomina stożek (fot. 3), a na dnie powstałego krateru widoczne były fragmenty brunatnego ziarnie kruszywa, pochodzącego ze ścianki pustka stropowego. Obecność wtrącenia brunatnego była też widoczna na wierzchołku odspojonego stożka. Podobne odspojenia typu pop-out wystąpiły w innych miejscach na suficie.



Fot. 3. Sufit w mieszkaniu A. Rysy na suficie przebiegają prostopadłe do belki stropowej. Na belce brak rys prostopadłych do jej głównej osi



Fot. 4. Sufit w sypialni w mieszkaniu nr A. Odspojenie tynku

Wewnątrz pustaków oraz na stykach między nimi występują wycieki zaprawy wskazując na dobre ich obetonowanie. Na stropie występuje odpajanie tynku wraz z dolnymi ściankami pustaków. Nie zaobserwowano natomiast uszkodzeń na elementach belek stropowych.

Mieszkanie B jest dwunawowe. Ściana wewnętrzna nośna, będąca przedłużeniem ściany klatki schodowej oddziela jeden pokój od pozostałej części mieszkania, przekrytej jedną nawą stropu. W przypadku tego mieszkania zaobserwowano również liczne zarysowania tynku na stropie i jego odspojenia od belek stropowych.

Zarysowania na stropie obrazowały kształt pustaków stropowych i widoczne były też zarysowania koliste oraz odspojenie tynku typu „pop-out”. Natomiast brak zarysowań na ścianach wskazuje na poprawne zachowanie się pozostałej części konstrukcji budynku [2].



Fot. 5. Widok odspojenia zarysowanego kolistego fragmentu tynku na suficie. Na dnie powstałego krateru widoczne szare podłoże ścianki pustaka z wyraźnym brunatnym wtrąceniem

Również oględziny korytarza i klatki schodowej na całej wysokości nie wykazały obecności zarysowań wskazujących na nadmierne odkształcenia lub przemieszczenia konstrukcji. Na powierzchni tynku fakturowego, na zewnątrz budynku też nie ujawniono żadnych niepokojących uszkodzeń.

Przeprowadzony przez geodetę pomiar ugięć belek stropowych w mieszkaniu A, wykazał że są one rzędu kilku milimetrów, co świadczy o braku nadmiernych ugięć i nieprzekroczeniu stanu granicznego użyteczności [3].

Obserwacje poczynione w trakcie oględzin wskazują, że awaria stropu nie nastąpiła w wyniku problemów konstrukcyjnych budynków. Nie stwierdzono, poza sufitami nad mieszkaniami A i B, żadnych innych zarysowań spowodowanych nadmiernymi ugięciami lub/i przemieszczeniami konstrukcji. Stąd wyjaśniając przyczynę awarii stropu podjęto przeprowadzenie badań materiałowych.

3. Wyniki badań

Szczegółowe oględziny pustaków stropowych, wykazujących uszkodzenie, zobrazowane na fot. 1, wykazały w pustakach widoczne poziome zarysowania, wskazujące na odpajanie się dolnych ich ścianek (fot. 6).

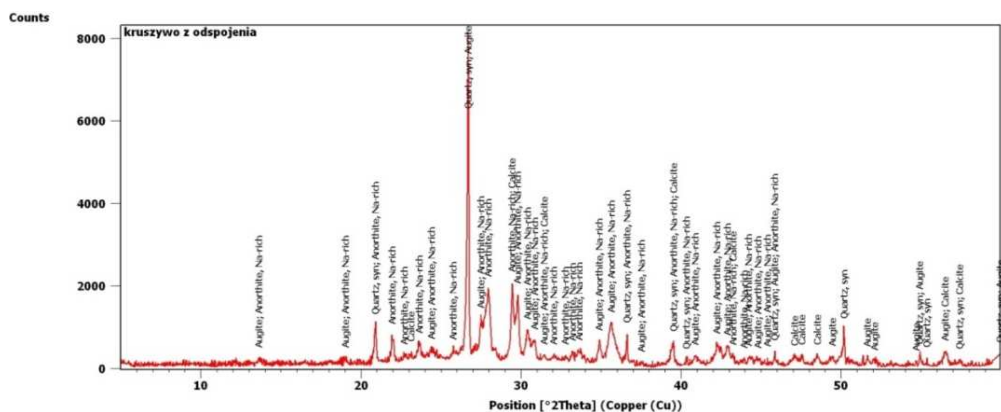


Fot. 6. Pustaki stropowe z widocznymi zarysowaniami wskazującymi na odspajanie się dolnych ścianek

W związku z zaobserwowaniem uszkodzeń na suficie w formie odpajających się stożków tynku (fot. 4) wraz z podłożem ze ścianek spodnich ścianek pustaków oraz zaobserwowaniem zarysowań w ścianach pustaków stropowych postawiona została teza, że uszkodzenia stropu mogą być spowodowane korozją wewnętrzną betonu spowodowaną obecnością pęczniejących minerałów [4, 5].

W celu weryfikacji powyżej określonej tezy, pobrano próbki materiałowe w postaci: fragmentu świeżo odspojonej dolnej ścianki pustaka stropowego, materiału pobranego z odspojenia typu pop-out oraz pyłu mineralnego koloru brunatnego zeszkobanego z dna krateru powstałego po stożkowym odspojeniu tynku.

Przeprowadzono analizę składu mineralnego kruszywa metodą dyfrakcji rentgenowskiej. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Dyfraktogram kruszywa pobranego z odspojenia

Zidentyfikowanymi fazami w kruszywie jest głównie kwarc, augit oraz skalenie typu anortyt. W ziarnach kruszywa błyszczącego występuje głównie faza szklista o czym świadczy podniesione tło na dyfraktogramie.

Rentgenogram ziaren kruszywa, które jest odpowiedzialne za odspojenia fragmentów pustaka żużłobetonowego Teriva zamieszczono na rys. 3.

Analiza składu mineralnego ziaren kruszywa odpowiedzialnych za odspojenie fragmentów pustaka stropowego wykazała obecność znacznych ilości peryklazu, a także kwarcu, Braumillerytu oraz kalcytu. Zidentyfikowany gips oraz portlandyt pochodzą z tynku zewnętrznego.

stalowniczy tlenek ten jest silnie spieczony i bardzo powoli reaguje z wodą. Produktem reakcji jest wodorotlenek magnezu, którego objętość jest znacznie większa niż objętość zajmowana pierwotnie przez MgO . W wyniku hydratacji peryklazu następuje powolny, lecz narastający w sposób ciągły przyrost objętości materiału, który może doprowadzić do destrukcji elementu betonowego (odpryski z warstwy wierzchniej, czy odkruszenie fragmentów pustaka). Podobne zagrożenie jak obecność MgO , stwarza występowanie w żużlach niezwiązane go tlenku wapnia. Aby uniknąć niepożądanych zmian objętości elementów betonowych, należy stosować żużle stalownicze po dostatecznie długim okresie sezonowania, zapewniającym przekształcenie się MgO i CaO w odpowiednie wodorotlenki – $Mg(OH)_2$ i $Ca(OH)_2$. Niezbędna jest stała kontrola jakości żużli, a zwłaszcza systematyczne wykonywanie oznaczeń stałości ich objętości w warunkach hydrotermalnych.

W analizowanych fragmentach pustaków żużlobetonowych Teriva główne kruszywo stanowi kruszywo lekkie z żużla wielkopiecowego, występują w nim jednak ziarna kruszywa z żużla stalowniczego.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone oględziny w lokalach mieszkalnych A i B wykazały występowanie rysowania się tynku na sufitach we wszystkich pomieszczeniach, odpajanie tynku, odpadanie dolnych ścianek pustaków stropowych. Zjawisko to stanowi bezpośrednie zagrożenie dla bezpieczeństwa ludzi przebywających w tych mieszkaniach.

Zaobserwowano też uszkodzenia tynku na suficie typu „pop-out”. W miejscach tych odspojeniu ulegał fragment tynku w kształcie zbliżonym do stożka. Wierzchołek tego stożka stanowił beton ścianki pustaka stropowego. W każdym przypadku na dnie powstałego krateru widoczne było wtrącenie materiału mineralnego o brunatnym zabarwieniu. Tego typu uszkodzenia w betonie zwykle związane są z jego korozją wewnętrzną spowodowaną obecnością pęczniących minerałów. Uszkodzenia typu „pop-out” oraz widoczne zarysowania poziome w zabudowanych w stropie pustakach wskazują na taką właśnie przyczynę obserwowanych uszkodzeń sufitu. Pęczniące minerały powodują niszczenie struktury betonu, odpajanie i odpadanie fragmentów tynku.

Równocześnie podczas oględzin nie zaobserwowano żadnych objawów wskazujących na problemy ze statyką budynku. Nie było widocznych rys na ścianach konstrukcyjnych i działowych wskazujących na nadmierne odkształcenia konstrukcji. Również nie zaobserwowano zarysowań poprzecznych na belkach stropowych ani objawów nadmiernego ugięcia stropów, co potwierdziły wstępne pomiary. Nie zaobserwowano też zarysowań na ścianach i stropach w żadnej z dwóch klatek schodowych. Nie było też widocznych zapadlisk i odsunięć do budynku opaski, które mogły wskazywać na problemy z podłożem gruntowym.

Badania laboratoryjne przeprowadzone na pobranych próbkach betonu z pustaków wykazały jednoznacznie w sztucznym kruszywie żużlowym występowanie peryklazu.

Pustaki stropowe mogą być wykonane z betonu z żużlem wielkopiecowym, lecz nie dopuszcza się stosowania żużla stalowniczego. Zaobserwowany peryklaz mógł pochodzić właśnie z żużla stalowniczego.

Peryklaz jest minerałem wykazującym pęcznienie w obecności wilgoci. Proces przyrostu objętości, w jego przypadku, następuje bardzo powoli i czas ten jest mierzony w miesiącach i latach.

W przypadku analizowanych lokali mieszkalnych złożyło się kilka czynników, które po kilku latach od wybudowania uruchomiły proces korozji wewnętrznej w betonie. Obydwa mieszkania są usytuowane w części niepodpiwniczonej i mają posadzki ułożone bezpośrednio na gruncie. To może powodować zwiększoną dyfuzję wilgoci z gruntu do wnętrza mieszkań.

W przypadku mieszkania A obecność małego dziecka spowodowała okresowe zwiększenia zawilgocenia (więcej prania, gotowania). W kolei w przypadku mieszkania B, jego właściciele deklarują, że od wiosny do jesieni przebywają poza nim, na odległej działce. W tym czasie mieszkanie jest zamknięte i nie użytkowane.

Obydwa te czynniki spowodowały okresowe zwiększenie wilgotności względnej w mieszkaniach. Dyfundująca wilgoć dotarła w również do pustaków w stropie i zgromadzona jej ilość okazała się wystarczająca do uruchomienia procesu korozji wewnętrznej w betonie pustaków stropowych. W zależności od ilości pary wodnej tempo procesów korozyjnych było zmienne. Z kolei koncentracja ziaren peryklazu wpływała na wielkość pojawiających się uszkodzeń: od pojedynczych pop-outów do odpadania całych dolnych ścianek pustaków.

Zaobserwowane uszkodzenia są spowodowane wadą ukrytą materiału jakim są pustaki stropowe, która ujawniła się po kilku latach eksploatacji mieszkań.

Literatura

1. Hebda L., Ekspertyza techniczna na temat przyczyn uszkodzeń stropu nad parterem w mieszkaniach nr A i B w budynku mieszkalnym przy ul. (...) w (...). Piaseczno, styczeń 2016.
2. Praca zbiorowa. Remonty i modernizacja budynków mieszkalnych. Poradnik. Arkady 1987.
3. Masłowski F., Spiżewska D. Wzmacnianie konstrukcji budowlanych. Arkady 2000.
4. Owsiak. Z. Analiza przyczyn awarii stropu betonowego. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej, Awarie Budowlane, Międzyzdroje, 1994, s. 735–741.
5. Żaboklicki A., Owsiak Z. Uszkodzenia żelbetowych płyt dachowych przyczyną stanu awaryjnego dachu hali przemysłowej. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej, Awarie Budowlane, Międzyzdroje, 2013, s. 879–904.

INTERNAL CORROSION OF CONCRETE AS THE CAUSE OF THE TERIVA FLOOR FAILURE

Abstract: The paper presents an example of the TERIVA floor failure in the multi-family residential building, resulted from spalling of the lower walls of the floor hollow bricks and occurrence of plaster debonding on the ceiling. The failure was not accompanied by any symptoms of excessive deformation of the structure. The laboratory tests show that the failure was a result of internal concrete corrosion which was initiated by consequent swelling of periclase. This mineral was in slag aggregate used to produce the hollow brick slabs. The factor that most likely initiated the process of corrosion was the increase of the indoor relative humidity due to partial change in building use. This phenomenon got revealed after more than 10 years of trouble-free operation of the building. Swelling of periclase resulted in the destruction of hollow bricks in the multi-rib TERIVA floor.

Keywords: multi-rib floor, slag aggregate concrete hollow, concrete internal corrosion, ceiling failure