

ANALIZA PRZYCZYN ZAWALENIA SIĘ FRAGMENTU SUFITU PODWIESZONEGO W GALERII HANDLOWEJ CITY CENTER W POZNANIU

KRZYSZTOF ZIELIŃSKI, *e-mail: krzysztof.zielinski@put.poznan.pl*
Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę możliwych przyczyn zawalenia się fragmentu sufitu podwieszonego na drugiej kondygnacji Galerii Handlowej City Center w Poznaniu przy ul. Stanisława Matyi 2. Przedstawiono wyniki przeprowadzonych wizji lokalnych wraz z wykonaną w czasie ich trwania dokumentacją fotograficzną, analizę informacji zebranych na podstawie materiałów dostarczonych przez Prokuraturę Poznań-Wilda. Analiza zebranych informacji wykazała, że oberwanie się części sufitu podwieszonego spowodowane zostało dużą ilością wody która znalazła się na jego powierzchni głównie na skutek nieszczelnej wierzchniej warstwy pokrycia dachowego. Istotną przyczyną awarii był też nieodpowiedni sposób eksploatacji gotowej już konstrukcji sufitu podwieszonego.

Słowa kluczowe: awaria budowlana, sufit podwieszony, płyty gipsowo-kartonowe, membrana dachowa PVC

1. Wstęp

25 kwietnia 2014 r. w godzinach nocnych (o godz. 1.57), w Galerii Handlowej PCC miała miejsce awaria budowlana. W jej wyniku nastąpiło oberwanie na drugim piętrze budynku ok. 800 m² sufitu podwieszonego wykonanego z płyt gipsowo-kartonowych. Zniszczeniu uległ także stelaż sufitu i znajdujące się pod nim instalacje. Wtórnym efektem zawalenia się sufitu podwieszonego była awaria instalacji tryskaczowej. Zamoknięciu uległy sufity znajdujące się na parterze oraz na pierwszym piętrze budynku. Dodatkowo uszkodzeniu uległy elementy instalacji sanitarnych i elektrycznych na drugiej kondygnacji. Wg analizy zarejestrowanego przez kamery monitoringu filmu, awarię poprzedziło falowanie sufitu w miejscu w którym awaria się zaczęła a awarii towarzyszył znaczny wyciek wody znajdującej się nad górną powierzchnią płyt gipsowo-kartonowych. Jeden z pracowników PCC zaobserwował, że awarię poprzedził znaczny wyciek wody z lamp znajdujących się na suficie w rejonie awarii.

2. Opis obiektu

Galeria Handlowa PCC została zaprojektowana jako budynek trzykondygnacyjny, nie podpiwniczony z lokalnymi antresolami (fot. 1) [1]. W rejonie awarii budynek ma konstrukcję żelbetową płytowo-słupową, monolityczną. Ściany elewacyjne budynku są murowe z usztywnieniami w postaci wieńców i trzpieni żelbetowych. Dach w większej części budynku ma konstrukcję stalową z poprzecznymi ryglami (profile dwuteowe i lokalnie kratowe). Poszycie dachu stanowi blacha trapezowa. Lokalnie, w strefach dachu o zwiększonym obciążeniu wykonano strop żelbetowy.

Według informacji zawartych w dokumentacji technicznej obiektu, zewnętrzną warstwę pokrycia dachowego nad całością budynku stanowi pojedyncza warstwa membrany dachowej Sikaplan 15G o grubości 1,5 mm. Jest to wielowarstwowa, wzmocniona siatką poliestrową, syntetyczna membrana dachowa na bazie PVC. Układa się ją poprzez mocowanie mechaniczne

do podłoża. Poszczególne bryty łączy się metodą zgrzewania gorącym powietrzem. Metoda ta jest nowoczesna i ze względów pożarowych bezpieczna dla otoczenia jednak wymaga wysokiej precyzji wykonawstwa i sprzyjających warunków atmosferycznych (m.in. brak opadów, wiatru) podczas jej układania. Termoizolację dachu stanowi wełna mineralna twarda o grubości 20 cm. Na blasze trapezowej ułożono warstwę paroizolacyjną z folii PE o grubości 0,4 mm.

Sufit podwieszany wykonano z płyt gipsowo-kartonowych w systemie NIDA na krzyżowej dwupoziomowej konstrukcji nośnej NIDA CD60. Wg dokumentacji, podstawową instalacją przeciwpożarową w omawianym budynku jest system tryskaczy. Podstawowe parametry instalacji zamontowanej w pasażach oraz lokalach handlowo-usługowych są następujące: minimalna intensywność zraszania – 8,1 mm/min, maksymalna powierzchnia chroniona przez jeden tryskacz – 139 m², temperatura zadziałania – 68°C. Tzw. "stany niewłaściwe" instalacji tryskaczowej sygnalizowane są na tablicy sygnalizacyjnej w pomieszczeniu centrali tryskaczowej oraz monitorowane sygnałem zbiorczym do systemu sygnalizacji pożaru.



Fot. 1. Widok ogólny budynku PCC

3. Opis stanu istniejącego po awarii

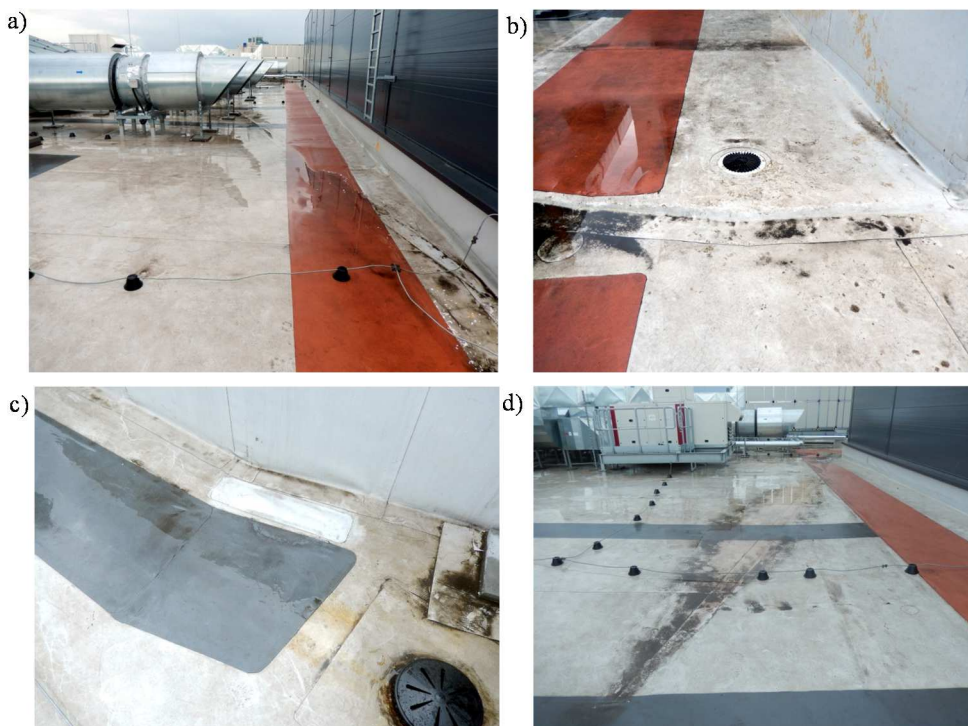
Na fot. 2a–d przedstawiono stan (z dnia 9.05.2014 r.) obszaru pod stropem drugiego piętra w rejonie omawianej awarii [8]. Widoczne są uszkodzone elementy instalacji tryskaczowej, zawiesi na których zamocowany był sufit podwieszony oraz innych instalacji (m.in. elektrycznych) znajdujących się w przestrzeni nad płytami gipsowo-kartonowymi. Analiza makroskopowa zarówno znajdujących się na posadzce płyt gipsowo-kartonowych jak i uszkodzonych (widocznych na zdjęciach) znajdujących się jeszcze pod sufitem wykazała, że przełom większości z nich był charakterystyczny dla płyt suchych lub zawilgoconych w niewielkim stopniu. Można więc wnioskować, że woda w znacznej ilości oddziaływała na nie w krótkim, co najwyżej kilku- kilkunastominutowym czasie. Gips nasączony wodą ulega zjawisku pęcznienia i w znacznym stopniu traci cechy wytrzymałościowe. Przełom nasączonych wodą elementów gipsowych nie jest „ostry”, ma charakter nieco zbliżony do substancji lepkich. Przedstawiona powyżej uwaga nie dotyczy oddziałujących lokalnie intensywnych zawilgoczeń działających w dłuższym okresie czasu (np. z nieszczelnego dachu).



Fot. 2. Widok wnętrza budynku PCC (drugie piętro, rejon awarii) w dniu 9.05.2014. Widoczne uszkodzone fragmenty instalacji tryskaczowej oraz sufitu podwieszonego. Uwagę zwraca optycznie dobry stan techniczny ocalałych fragmentów płyt G-K

Wizja lokalna (9.05.2014 r.) przeprowadzona na dachu budynku (fot. 3a–d) wykazała jego zły stan techniczny [8]. Przeprowadzono ją w obszarze znajdującym się bezpośrednio nad miejscem wystąpienia awarii. Na pierwszy rzut oka uwagę zwracał bałagan występujący na powierzchni dachu. Na jego powierzchni znajdowały się liczne niewielkie elementy (kawałki membrany PVC, blachy, kawałki drutu, śrub itp.) pozostałe po budowie lub doraźnych naprawach. Tego typu zanieczyszczenia sprzyjają powstawaniu przypadkowych perforacji dość delikatnej pod względem mechanicznym membrany PVC stanowiącej wierzchnią warstwę pokrycia. W kilku miejscach powierzchni dachu widoczne były zastoiska wody lub ślady po ich występowaniu. Świadczy to o nieprawidłowym wyprofilowaniu powierzchni połączy dachowej uniemożliwiającym pełne odprowadzenia wody opadowej. Z przedstawioną powyżej obserwacją wiąże się ściśle następna. Powierzchnia membrany PVC stanowiącej górną warstwę pokrycia dachowego była w kilku miejscach, na powierzchni od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów kwadratowych wyraźnie sfalowana. Na tych obszarach zaobserwowano zjawisko znacznej konsolidacji wełny mineralnej stanowiącej warstwę termoizolacyjną dachu. Zjawisko takie jest charakterystyczne dla wełny w znacznym stopniu zawilgoconej. Można więc wnioskować, że połącz dachowa w wielu miejscach była nieszczelna i woda opadowa mogła przedostać się w głąb konstrukcji dachu – a więc także na górną powierzchnię płyt gipsowo-kartonowych. O kłopotach ze szczelnością pokrycia dachowego świadczą też widoczne na jego powierzchni liczne ślady doraźnych napraw. O niestaranności w wykonawstwie pokrycia dachu świadczą też zaobserwowane załamania ułożonej membrany oraz np.

niestarannie wykonana (lub uszkodzona w okresie późniejszym np. w czasie wykonywania prac wykończeniowych lub napraw) instalacja odgromowa. Dach był na znacznej powierzchni brudny (fot. 4a–d). Brud na dachu to nie tylko sprawa jego estetyki ale przede wszystkim element zwiększający czas retencji wody opadowej. Bardzo gładka powierzchnia membrany PVC ma bardzo krótki czas retencji wody. Jego zwiększenie przyczynia się do lokalnego zwiększenia poziomu wody na powierzchni dachu w czasie opadów co sprzyja ewentualnym przeciekom w głąb konstrukcji. Membrany PVC są bardzo dobrym i trwałym materiałem pokryciowym wymagającym jednak starannej pielęgnacji ich powierzchni.



Fot. 3. Widok powierzchni dachu w dniu 9.05.2014 r. nad obszarem gdzie miała miejsce awaria. Widoczne są liczne zastoiska wody, załamania membrany PVC stanowiącej wierzchnią warstwę pokrycia. Widać także liczne ślady doraźnych napraw. Dach jest nie wysprzątnięty. Instalacja odgromowa częściowo uszkodzona. Powierzchnia dachu jest lokalnie sfalowana na skutek konsolidacji wełny mineralnej spowodowanej znacznym jej zawilgoceniem

Na dachu widoczne były miejsca gdzie występują zastoiska wody. Widoczne są ślady licznych doraźnych napraw. Po awarii został przeprowadzony przez poszczególnych podwykonawców przegląd poszczególnych elementów konstrukcji budynku, ze szczególnym uwzględnieniem konstrukcji sufitu podwieszonego oraz instalacji znajdujących się w jego obrębie. Pozytywny wynik przeglądu oraz przeprowadzonych napraw został przez każdego podwykonawcę potwierdzony stosownym pismem.



Fot 4. Widok powierzchni dachu w dniu 17.09.2014 r. nad obszarem gdzie miała miejsce awaria. Dach jest wysprzątnięty (jednak nadal lokalnie brudny). Nadal widoczne są zastoiska wody. Instalacja odgromowa nadal jest wykonana niestaranie. Nie zaobserwowano większych konsolidacji wełny mineralnej. Widoczne są ślady licznych drobnych napraw

4. Analiza zebranych informacji

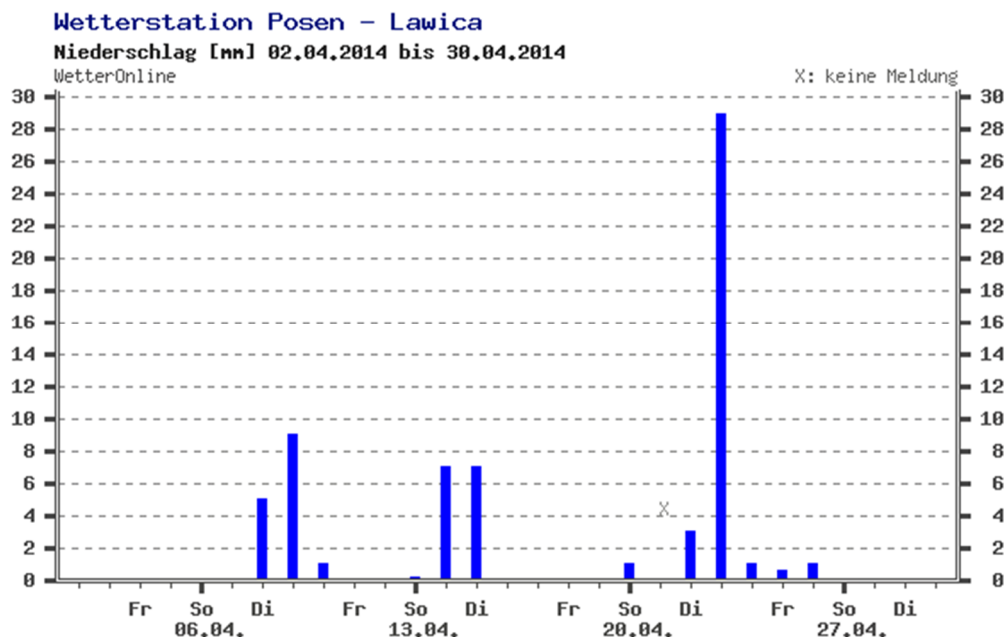
W efekcie przeprowadzonych wizji lokalnych stwierdzono, że w okresie poprzedzającym awarię sufitu podwieszonego wierzchnia warstwa pokrycia dachowego była lokalnie nieuszczelna i w efekcie tego woda opadowa okresowo przedostawała się w głąb konstrukcji dachu. Potwierdzenie tej obserwacji można znaleźć w [3], gdzie czytamy m.in.: Zaobserwowano również ślady kapania wody z instalacji zlokalizowanych nad sufitem (przypuszczalnie chodzi tu o blachę trapezową stanowiącą element poszycia dachu). Po awarii sufitu (...) na powierzchni płyt G-K w wielu miejscach widoczne były ciemne plamy (...) w tych miejscach płyta G-K była miękka i nasycona wodą. Zaobserwowano także lokalnie ślady pleśni na górnej powierzchni płyt G-K. Świadczy to o długotrwałym nasączeniu części płyt niewielkimi ilościami wody. Jednocześnie przeglądając po awarii płyty które uległy oderwaniu od sufitu stwierdzono, że większość z nich jest tylko w niewielkim stopniu zawilgocona co sugeruje że woda w znacznej ilości oddziaływała na nie w krótkim co najwyżej kilkuminutowym okresie.

W cytowanej wyżej "Ekspertyzie" czytamy także: Zaobserwowano, że w kilku miejscach zamontowane wieszaki podtrzymujące sufit zostały wypięte, lub zostały zamontowane nie pionowo. (...) Na suficie podwieszanym leżącym po awarii na posadzce stwierdzono pozostawione deski służące najprawdopodobniej do przemieszczania się pracowników wykonujących prace na zmontowanym już suficie oraz pozostawione nie zamontowane przewody elektryczne i izolacje odarte z przewodów. Sugeruje to jednoznacznie, że po wykonanym suficie podwieszanym przemieszczali się wielokrotnie pracownicy wraz ze sprzętem.

Dodatkowym elementem potwierdzającym niewłaściwą kolejność prowadzonych prac wykończeniowych i niezgodną z przeznaczeniem eksploatację rusztowania utrzymującego sufit podwieszony są zeznania świadka złożone w Prokuraturze Poznań-Wilda [2] [7]. Czytamy tam m.in.: (...) kierownik budowy (...) nakazywał wykonywanie sufitów podwieszonych gdy jeszcze nie były założone instalacje ppoż., elektryczne i wentylacyjne. Taki stan rzeczy spowodowany był opóźnieniem. (...) sufity po ich założeniu służyły jako rusztowania dla pracowników, którzy zakładali instalacje. (...) widziałem jak na takim suficie siedzieli ludzie. W związku z takimi działaniami W efekcie prowadzonych prac zostały uszkodzone lub zdemontowane elementy mocowania tego sufitu tj. zawiesia i łączniki krzyżowe. Są to dwa elementy decydujące o najważniejsze w całym suficie. dla nośności sufitu podwieszonego. Część zawiesi była została powypinana lub powyrywana. Zawiesie były powypinane i powyrywane. Powodem tego było to, że po prostu Można przypuszczać, że przeszkadzały one przy montażu koryt kablowych czy i instalacji tryskaczowej. Później już nikt tego nie naprawił (...) to zostało zgniecione i nie spełnia już swoich parametrów. Te wszystkie elementy należy wymienić. Na nich położono tony materiału w tym kable które leżą na sufitach, a nie w koszykach kablowych. Zgodnie z instrukcją na (tego typu) sufitach nie powinno nic leżeć.

Przedstawiony powyżej sposób eksploatacji gotowej już konstrukcji sufitu podwieszonego i prowadzenia prac wykończeniowych, wykorzystujący go jako rusztowanie robocze oraz podręczny magazyn narzędzi i materiałów budowlanych, jest w rażącym stopniu niezgodny z zasadami prowadzenia robót budowlanych. Efektem tego z dużym prawdopodobieństwem było mogło być znaczne osłabienie nośności elementów mocujących na których umocowany był sufit podwieszony. [4, 5, 6]. Należy tu jednak zaznaczyć, że omawiany sufit został (co potwierdza „Ekspertyza techniczna dot. oceny technicznej wykonania sufitu podwieszonego”) wykonany w pełni prawidłowo, zgodnie z zaleceniami producenta.

Według informacji zawartych w „Raporcie dotyczącym weryfikacji stanu technicznego sufitów podwieszanych, wykonanych z płyt G-K...” awarię poprzedził wyciek wody z sufitu podwieszonego w miejscach zamontowania lamp w obszarze między sklepami RESERVED a CCC. Zapis kamer monitoringu pokazał także, że w momencie spadania sufitu z jego powierzchni wylewały się duże ilości wody. Analiza opadów deszczu w Poznaniu, w dniach poprzedzających awarię wykazała, że w dniu 23 kwietnia 2014 r., a więc praktycznie na nieco ponad dobę przed awarią spadło w Poznaniu ok 29 litrów/m² (rys. 1) [9]. W Polskich realiach klimatycznych jest to bardzo dużo. Wieloletnia średnia suma opadów w kwietniu dla Poznania wynosi 31 mm. W ciągu jednego dnia spadło więc prawie tyle deszczu ile przeciętnie w ciągu miesiąca. Uwzględniając stwierdzone nieszczelności połączeń dachowej spora część tej wody mogła się znaleźć na górnej powierzchni płyt G-K i swoim ciężarem spowodować awarię. Zamontowana instalacja tryskaczowa ma wydajność powyżej 8,1 mm/min. W cytowanej już „Ekspertyzie...” czytamy: Przy założeniu, że wody na powierzchni płyty G-K między profilami zgromadziłoby się 2 cm to obciążenie w tym obszarze byłoby większe o 100% i o tyle przekroczone byłoby dopuszczalne obciążenie na sufit. Wystarczyła zatem awaria rozszczelnienia systemu wodnego (przypuszczalnie instalacji tryskaczowej bo innej zawierającej wodę w tym obszarze budynku nie ma) trwająca nieco ponad 2 minuty aby sufit uległ zarwaniu. Dodatkowo uwzględniając brak części zawiesi, osłabienie wytrzymałości (i zwiększenie ciężaru) części płyt G-K nasiąkniętych wodą oraz zniszczenie (poprzez niewłaściwą eksploatację) części elementów mocujących omawiany sufit do stropu (płyty trapezowej) przypuszczalnie wystarczyła jedna minuta awarii instalacji wodnej aby spowodować zarwanie sufitu.



Rys. 1. Opady deszczu na terenie Poznania. 23 kwietnia 2014 r. spadło w Poznaniu aż 29 mm deszczu [9]. W Polskich realiach klimatycznych jest to bardzo dużo. Awaria miała miejsce 25.04 o godz. 1.57

Obciążenie statyczne wywierane przez wodę spowodowało lokalne zerwanie zawiesi w najslabszym miejscu stropu. Następnie oddziaływanie dynamiczne spowodowane przez spadające elementy wywołało efekt domina i pociągnęło za sobą sąsiadujące fragmenty sufitu. W tym miejscu trzeba jednak dodać, że wg zeznań obsługi budynku, żadna awaria systemu tryskaczowego nie była sygnalizowana. System tryskaczy uaktywnił się dopiero w efekcie jego uszkodzenia przez spadający sufit.

5. Podsumowanie

Reasumując przedstawione w poprzednich rozdziałach artykułu informacje można stwierdzić, że oberwanie się części sufitu podwieszonego na drugim piętrze PCC w Poznaniu spowodowane było łącznym działaniem następujących czynników:

- nieszczelną wierzchnią warstwą pokrycia dachowego (efektem tego m.in. było stałe, niewielkie zawilgacanie płyt gipsowo-kartonowych, co miało wpływ na osłabienie ich wytrzymałości i zwiększenie ciężaru),
- nieodpowiedni sposób eksploatacji gotowej już konstrukcji sufitu podwieszonego (m.in. jako rusztowania roboczego i podręcznego magazynka materiałów budowlanych) skutkujący istotnym osłabieniem jego wytrzymałości,
- duża ilość wody która znalazła się na powierzchni płyt gipsowo-kartonowych. Jej ciężar spowodował przekroczenie nośności sufitu podwieszonego i jego oberwanie. Obciążenie statyczne wywierane przez wodę spowodowało lokalne zerwanie zawiesi w najslabszym miejscu stropu. Następnie oddziaływanie dynamiczne spowodowane przez spadające elementy wywołało efekt domina i pociągnęło za sobą sąsiadujące fragmenty konstrukcji sufitu. Nie jest w pełni jasne skąd pochodziła woda która spowodowała awarię. Można przypuszczać, że pochodziła z jednego z dwóch źródeł (lub z obu naraz). Pierwszym teoretycznie możliwym

lecz mało prawdopodobnym źródłem jest niesygnalizowana awaria systemu tryskaczy. Drugim natomiast ulewny deszcz który miał miejsce w dniu poprzedzającym awarię.

Wniosek z przedstawionych w artykule informacji może być praktycznie tylko jeden: stosowanie nowoczesnych technologii i materiałów budowlanych nie zwalnia wykonawcy od zwykłej solidności oraz od przestrzegania elementarnych zasad sztuki budowlanej.

W trakcie pisania artykułu korzystano z informacji zebranych w trakcie wykonanych przez autora wizji lokalnych oraz otrzymanych od wykonawców i przedstawicieli nadzoru technicznego. Analizowano dokumentację techniczną oraz dzienniki budowy. Wykorzystano także informacje zawarte w następujących opracowaniach:

- ekspertyza techniczna dot. oceny technicznej wykonania sufitu podwieszonego oraz określenia przyczyn powstałej awarii tego sufitu,
- protokół Nr PCC PK 001 z półrocznej kontroli stanu technicznego budynku,
- raport dot. weryfikacji stanu technicznego sufitów podwieszanych, wykonanych z płyt gipsowo-kartonowych,
- protokół kontroli bezpiecznego użytkowania obiektu z 5.05.2014 r.

Informacje o pogodzie uzyskano ze strony internetowej www.wetteronline.de.

Literatura

1. Dokumentacja techniczna budynku PCC.
2. Dzienniki budowy.
3. Ekspertyza techniczna dot. oceny technicznej wykonania sufitu podwieszonego oraz określenia przyczyn powstałej awarii tego sufitu.
4. Protokół Nr PCC PK 001 z półrocznej kontroli stanu technicznego budynku.
5. Raport dot. weryfikacji stanu technicznego sufitów podwieszanych, wykonanych z płyt gipsowo-kartonowych.
6. Protokoły kontroli bezpiecznego użytkowania obiektu z 5.05.2014 r. oraz odbiorów częściowych.
7. Zeznania świadków oraz informacje otrzymane od przedstawicieli Prokuratury Poznań-Wilda oraz wykonawców i nadzoru technicznego.
8. Wyniki przeprowadzonych przez autora wizji lokalnych.
9. www.wetteronline.de (dostęp: maj 2014).

ANALYSIS OF THE CAUSES OF A COLLAPSE OF A PART OF SUSPENDED CEILING IN CITY CENTER SHOPPING MALL IN POZNAŃ

Abstract: The paper presents the analysis of possible causes of the collapse of a part of suspended ceiling on the second floor in City Center Shopping Mall in Poznan. The results of the visits on the site have been presented together with the photographic documentation taken on the site. Additionally, the analysis of the information collected based on the materials provided by Poznan-Wilda Prosecutor's Office has been made. The study of the collected documents has shown that the collapse of a part of the suspended ceiling was caused by a large amount of water, which found its way onto the surface of the ceiling due to leaking top roofing. An important cause of the collapse was also wrong utilization of the completed construction of the suspended ceiling.

Keywords: construction failure, suspended ceiling, cardboard plaster boards, PVC roofing membrane