

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2019), 28 (1), 143–152  
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2019), 28 (1)  
Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2019), 28 (1), 143–152  
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2019), 28 (1)  
<http://iks.pn.sggw.pl>  
DOI 10.22630/PNIKS.2019.28.1.13

**Andrzej WIĘCKOWSKI**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
AGH University of Science and Technology in Krakow

## **Błędy realizacyjne i awaria sufitu podwieszanego** **Implementation errors and failure of the suspended ceiling**

**Słowa kluczowe:** błędy realizacyjne, awarie, sufity podwieszane, metalowe kotwy rozporowe

**Key words:** implementation errors, failures, suspended ceilings, metal expansion plugs

### **Wprowadzenie**

Sufity podwieszane, poza walorami architektoniczno-estetycznymi, stwarzają możliwość osłonięcia obecnie rozbudowanych instalacji budynkowych. Zazwyczaj rozwiązania systemowe sufitów stanowią typowy element wykończenia licznych wnętrz.

Każdy system sufitów podwieszanych ma sprawdzoną stateczność dla założonych warunków obciążeń i pracy konstrukcji. Stąd konieczność stosowania certyfikowanych, fabrycznie przygotowanych elementów do montażu na budowie, zgodnie z systemowymi ograniczeniami oraz przewidzianą technologią realizacji robót i zasadami eksploatacji. Praktyka wykonawstwa jest często

inna. W ostatnich latach doszło do kilku zarwań sufitów podwieszanych, a nawet katastrof z zagrożeniem życia ludzi (Dunaj, 2009; Polsat News, 2018).

W artykule przedstawiono sprawdzające badania niszczące zastosowanych elementów konstrukcyjnych sufitu podwieszanego i przeanalizowano przyczyny jego awarii, na przykładzie z Krakowa. „Po zauważeniu w pomieszczeniu restauracji około 10-centymetrowego ugięcia części centralnej sufitu podparto obniżony fragment. Wykonawca sufitu niezwłocznie naprawił uszkodzenie. Następnie zlecono badania”. Zbadane zostały dwa sufity podwieszane, naprawiony w restauracji 1 i nieuszkodzony w bliźniaczej restauracji 2. Każdy sufit, o powierzchni około 500 m<sup>2</sup>, o kształcie zbliżonym do prostokąta, został wykonany przez inną firmę.

Przeprowadzono badania niszczące *in situ* na wrywanie metalowych łączników rozporowych (kołków) ze stropów żelbetowych, do których zostały podwieszane dwa sufity w odmiennych

systemach wykonawczych. Zgodnie z normą PN/EN 13964:2014 Sufity podwieszane. Wymagania i metody badań (E) na podstawie wartości obciążeń niszczących określono dopuszczalne obciążenia –  $admF$ . Następnie przeanalizowano błędy i zakresy rozbieżności realizacyjnych względem założeń systemu oraz przedstawiono sformułowane na ich podstawie wnioski.

### Przykłady awarii i runięć sufitów podwieszanych

Poniżej przedstawiono 4 przypadki zarwań i runięć dużych sufitów podwieszanych. Według Globo (2018) w niedzielę, 14 stycznia 2018 roku, w godzinach porannych w klubie nocnym Carabanchel w Madrycie doszło do zawalenia się sufitu podwieszanego na gości bawiących się w dyskotecę. Rannych zostało co najmniej 26 osób. Do szpitala odwieziono 11 osób z lekkimi obrażeniami (siniaki, stłuczenia, otarcia). Niedługo później, 30 stycznia 2018 roku w wyremontowanej stacji metra Varketili w Tbilisi upadł na ludzi duży fragment podwieszanego sufitu, raniąc 14 osób (w tym również dzieci), które poddano hospitalizacji (Wprost, 2018). W lipcu 2018 roku w Galerii Rzeszów, w kinie Helios również doszło do zarwania fragmentu konstrukcji sufitu podwieszanego. Po zauważeniu obniżenia się sufitu, miejsce odgrodzono i naprawiono uszkodzenie. Nikt nie odniósł obrażeń (Janik, 2018). Niespełna 3 miesiące później, w niedzielę, 28 października w tejże galerii sufit o powierzchni około wymiarach 200 m<sup>2</sup> spadł na klientów. Spośród około 50 osób przebywających

w sklepie 7 osób zostało poszkodowanych, z których 6 trafiło do szpitala na obserwację. W akcji ratowniczej pracowało 7 zastępów straży pożarnej, 17 strażaków, wśród nich specjalistyczna grupa ratowniczo-poszukiwawcza z jednostki ratowniczo-gaśniczej. Przy zarwaniu się sufitu zostały uszkodzone instalacje i cały sklep zalała woda (Polsat News, 2018). Wcześniej, w 2014 roku, w Galerii Handlowej w Poznaniu doszło do zarwania większego (około 800 m<sup>2</sup>) sufitu podwieszanego. Nikt nie ucierpiał. Centrum handlowe zostało zamknięte na dłuższy czas (mtn, 2015).

Powyższe przykłady wskazują na ogromne niebezpieczeństwo zagrożenia życia ludzi podczas awarii sufitów podwieszanych, jak również na problemy generowania dużych kosztów napraw zniszczeń w otoczeniu i towarzyszących odszkodowań.

### Warunki normowe dla sufitów podwieszanych

Zgodnie z normą PN/EN 13964:2014, która obejmuje „połacie, indywidualne komponenty rusztu, zestawy rusztu i zestawy sufitowe przeznaczone do wprowadzenia do obrotu i stosowania...” dopuszczalne obciążenie wieszaka –  $admF$  [kN] można obliczyć z relacji:

$$\begin{aligned} admF &= F_u^{5\%} / \nu \\ F_u^{5\%} &= F_u - k_\sigma \cdot s \end{aligned}$$

gdzie:

$F_u^{5\%}$  – wartość charakterystyczna obciążenia, kwantyl 5% [kN],

$\nu$  – współczynnik bezpieczeństwa,  $\nu = 2,5$ ,

$F_u$  – średnia wartość obciążenia niszczącego na podstawie badań [kN],

$k_{\sigma}$  – współczynnik statystyczny,  
 $s$  – odchylenie standardowe.

W zależności od liczby  $n$ -pomiarów w badanej próbie (w celu zagwarantowania, że obliczona wartość charakterystyczna będzie z prawdopodobieństwem 0,9 większa od wartości dla 5% kwantylu ze zbioru wyników badań) wartości współczynników  $k_{\sigma}$  określa się według tabeli 1 załączonej w normie PN/EN 13964:2014.

ły zamontowane klapy rewizyjne oraz poprzez uszczelki na indywidualnych podwieszeniach klimatyzatory, płyty wentylacyjne, duże lampy oświetleniowe i tryskacze.

Sufit podwieszany 2, bliźniaczy (symetryczne odbicie sufitu 1) był zrealizowany przez firmę 2 według systemu Rigips.

TABELA 1. Wartości współczynników  $k_{\sigma}$  według PN/EN 13964:2014  
 TABLE 1. Values of  $k_{\sigma}$  coefficients according to PN/EN 13964:2014

Wyszczególnienie Specification	$t = n - 1$												
	Liczba badanych próbek – Number of examined samples												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$k_{\sigma} (W = 90, \varphi = 5\%)$	5,31	3,96	3,40	3,09	2,89	2,75	2,65	2,57	2,50	2,45	2,40	2,36	2,33

Uwaga 1. Wartości  $k_{\sigma}$  zależą od liczby badanych próbek ( $n$ ), prawdopodobieństwo ( $W$ ) i wartości kwantylu ( $\varphi$ ) przy założeniu, że odchylenie standardowe nie jest znane.

Note 1. Values of  $k_{\sigma}$  depend on the number of tested samples ( $n$ ), the probability ( $W$ ) and the quantile value ( $\varphi$ ) assuming that the standard deviation is unknown.

Uwaga 2. W tym przypadku standardowo prawdopodobieństwo ( $W$ ) i kwantyl ( $\varphi$ ) zostały przyjęte odpowiednio 0,90 i 5%, np. dla  $n = 10$   $k_{\sigma} = 2,57$ .

Note 2. In this case, the probability ( $W$ ) and quantile ( $\varphi$ ) were assumed to be 0.90 and 5%, respectively, e.g. for  $n = 10$   $k_{\sigma} = 2.57$ .

## Przedmiot badań

Zgodnie z dokumentacją powykonawczą sufit 1, który uległ awarii, został zrealizowany przez firmę 1 według systemu Knauf, na konstrukcji metalowej (Zeszyt D11), z poszyciem podwójnymi płytami gipsowo-kartonowymi  $2 \times 12,5$  mm. Między żelbetowym stropem i sufitem podwieszonym znajduje się wiele gęsto rozmieszczonych przewodów instalacyjnych o różnych przekrojach, od kilkunastu  $\text{cm}^2$  do ponad  $1 \text{ m}^2$ . Na całej powierzchni sufitu nieregularnie w przygotowanych otworach w poszyciu zosta-

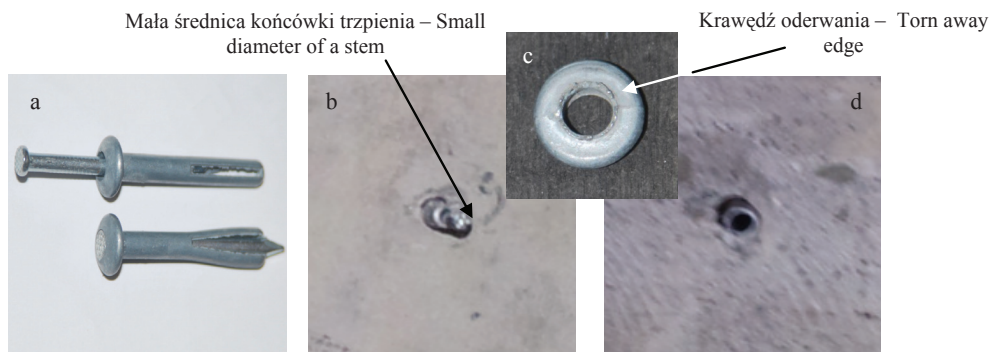
## Badania *in situ*

Bezpośrednią przyczyną zarwania się części sufitu podwieszanego w restauracji 1 było zerwanie metalowych łączników rozporowych KSMM zamocowanych w żelbetowym stropie budynku. Stąd badaniami objęto nieuszkodzone łączniki rozporowe.

Po awarii, nad zarwaną częścią sufitu podwieszanego, w żelbetowym stropie nadal pozostawały utwierdzone trzpienie łączników wraz z tulejami rozporowymi. Tuleje w ich górnych częściach miały poodrywane główki, na których

poprzez wieszaki był utrzymywany sufit podwieszany (rys. 1). Świadczy to o tym, że bezpośrednią przyczyną awarii części sufitu podwieszanego 1 było oderwanie główek od metalowych łączników rozporowych KSMM. Stąd badaniami niszczącymi *in situ* objęto jeszcze nieuszkodzone łączniki rozporowe KSMM zainstalowane w żelbetowym stropie.

rowej, zawieszona na tej główce górna część wieszaka natychmiast straciła zamocowanie i doszło do gwałtownej utraty nośności przez cały wieszak. Drugi przypadek, kiedy również najpierw oderwała się główka od tulei rozporowej, a następnie większą siłą (niż przy oderwaniu główki) został wyciągnięty cały łącznik KSMM. W trzecim przypadku



RYSUNEK 1. Metalowe łączniki rozporowe KSMM: a – łączniki, przed zamontowaniem i po wbiciu trzpienia rozporowego oraz po awarii części sufitu podwieszanego, b – częściowo wciągnięte z betonu trzpień i tuleja rozporowa (z oderwaną główką), c – główka łącznika (po jej oderwaniu od tulei rozporowej), d – tuleja rozporowa pozostająca w betonie stropu (po oderwaniu główki i po wyciągnięciu trzpienia) (badania własne)

FIGURE 1. Metal expansion plugs KSMM: a – plugs, before mounting and after inserting the expansion bolt, after the failure of a part of the suspended ceiling: b – the stem and expansion sleeve partially drawn from the concrete, d – the stem and expansion sleeve partially drawn from the concrete (with a break away head), c – the head of the dowel (after it has been break away from the expansion sleeve), d – the expansion sleeve remaining in the concrete of the ceiling (after tearing off the head and pulling the stem out) (own studies)

Zgodnie warunkami systemu Knauf każdy wieszak NIDA WGN 20 był zamocowany do stropu jednym łącznikiem KSMM (Krajowa Deklaracja Zgodności, 2/14, 8 Krajowa Deklaracja Właściwości Użytkowych 8/2017). Zbadano losowo wybrane łączniki z całej powierzchni sufitu. Każdy łącznik obciążano zwiększając się siłą, aż do zerwania połączenia (ze stropem). Wystąpiły trzy przypadki zrywania połączeń. Pierwszy, w którym po oderwaniu główki od tulei rozpo-

także najpierw oderwała się główka od tulei rozporowej, potem większą siłą (niż przy oderwaniu główki) z tulei zamocowanej w betonie razem z główką został wyciągany trzpień rozporowy, skończyło się nagłą utratą nośności. W tabeli 2 zestawiono wyniki badań niszczących nośności *in situ* łączników KSMM oraz zgodnie z relacjami (1) i (2) obliczone ich wartości charakterystyczne.

Część wieszaków w restauracji 1 była zamontowana na podwójnych łącz-

TABELA 2. Wyniki badań niszczących nośności *in situ* oraz obliczone wartości charakterystyczne  $admF$  metalowych łączników rozporowych KSMM (badania własne)

TABLE 2. Result of destructive tests of *in situ* and calculated values of  $admF$  KSMM metal extension plugs (own studies)

Firma Firm	Opis Description	Częstość Frequency	$F_u$ [kN]	$s$	$F_u^{5\%}$ [kN]	$admF$ [kN]
1	oderwanie główki łącznika KSMM i utrata nośności KSMM extension plug head torn away and loss of load capacity	0,55	1,31	0,16	0,82	0,33
	oderwanie główki / wyciągnięcie całego łącznika KSMM KSMM extension plug head torn away / / KSMM extension plug completely pulled out	0,09	1,31 / 2,29	0,13	0,79	0,31
	oderwanie główki / wyciągnięcie trzpienia łącznika KSMM KSMM extension plug head torn away / / KSMM extension plug pulled out	0,36	1,32 / 2,89	0,12	0,83	0,33
	zastosowane 2 łączniki rozporowe ZSP 2 extension plugs ZSP applied		2,34	0,37	0,87	0,35
2	oderwanie główki / wyciągnięcie trzpienia łącznika KSMM KSMM extension plug head torn away / KSMM extension plug stem pulled out		1,81 / 2,72	0,23	1,03	0,41

nikach, niezgodnie z systemem Knauf. Każdy nich zamocowano na dwóch łącznikach rozporowych ZSP – rysunek 2 (najprawdopodobniej podwójne łączniki rozporowe zastosowano po wystąpieniu awarii). Zgodnie z Aprobata Techniczną ITB AT-15-7305/2014 mocowanie łączników w odległościach mniejszych od 12 cm jest niedopuszczalne (w tym przypadku odległość między osiami łączników wynosiła 15 mm). Wyniki badań ujęto w tabeli 2.

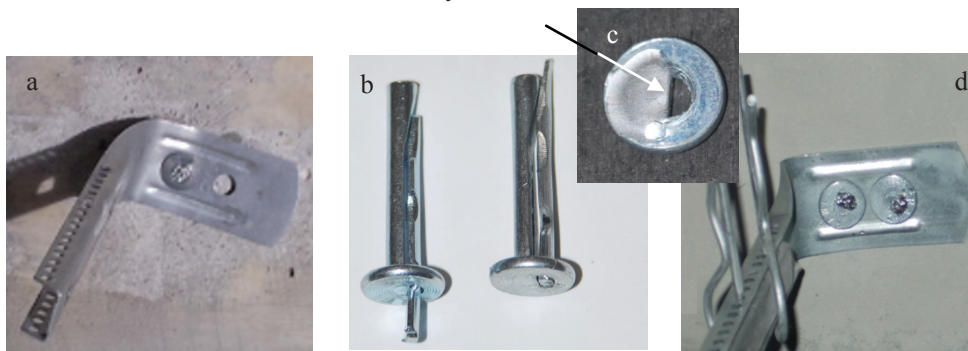
Podobne badania *in situ* na wrywanie łączników KSMM przeprowadzono w restauracji 2, gdzie montaż sufitu wykonywała firma 2. W tych badaniach każdorazowo najpierw następowało oderwanie główki od tulei rozporowej, następnie razem z główką był wyciągany

trzpień, aż w końcu przy nagłej utracie nośności dochodziło do wyciągnięcia z betonu trzpienia z oderwaną główką i tulejką rozporową, tj. wszystkich elementów łącznika. Wyniki badań i obliczeń wykonanych zgodnie z relacjami (1) i (2) ujęto w tabeli 2.

## Wyniki badań

Zgodnie wynikami przeprowadzonych badań niszczących *in situ* oraz obliczeń według wzorów (1) i (2) zestawionych w tabeli 2 metalowe łączniki rozporowe KSMM zastosowane do podwieszonych analizowanych sufitów spełniają warunek wymaganych nośności charakterystycznych, zarówno dla systemu

Powierzchnia oderwania  
Torn away surface



RYSUNEK 2. Metalowe łączniki rozporowe: a – wieszak górny prawidłowo zamocowany łącznikiem KSMM oraz łączniki ZSP, b – przed zamontowaniem i po wbiciu trzpienia rozporowego, c – oderwana główka łącznika podczas badań niszczących, d – wieszak górny nieprawidłowo zamocowany dwoma łącznikami rozporowymi (badania własne)

FIGURE 2. Expansion plugs: a – upper hanger correctly fastened with the help of the KSMM plug; plugs ZSP: b – before and after inserting the expansion bolt, c – broken head of the connector during destructive tests, d – upper hanger incorrectly fitted with two expansion plugs (own studies)

Knauf, jak i Rigips, które wynoszą  $admF > 0,3$  kN (ta wartość charakterystyczna zapewnia zachowanie wyłącznie samo-nośności sufitu podwieszanego – bez jakichkolwiek dodatkowych obciążeń, bowiem te systemy nie dopuszczają obciążania sufitów żadnymi dodatkowymi siłami zewnętrznymi: ani ciężarami osób kontrolujących stan konstrukcji i serwisujących urządzenia, ani też ciężarami sprzętu, elementów zamiennych i materiałów potrzebnych przy remontach lub modernizacjach).

W badaniach *in situ* odrywanie samych główek łączników występowało z częstością 55%, licząc względem wszystkich zbadanych łączników KSMM zamontowanych przez firmę 1. Sugeruje to błąd produkcyjny, gdyż zakończenia trzpieni miały mniejsze średnice niż powstające otwory w zerwanych główkach, co pozwalało na ich zsuniecie z tych trzpieni (bez wyciągnięcia trzpie-

nia – por. rys. 1b i 1c). W pozostałych przypadkach (występujących z częstością 36%) poprzez zerwaną główkę następowało wyciąganie trzpienia lub wyciąganie całego łącznika (z częstością 9%). Równocześnie wyciąganie całych łączników świadczyło o nieprawidłowo wykonanych otworach (za dużych) do ich zamocowania.

W przypadkach, kiedy wraz z oderwaną główką następowało wyciągnięcie całego łącznika lub wyciągnięcie trzpienia łącznika z tulejki, bezpieczeństwo konstrukcji było „nieco lepsze”. Po oderwaniu główki mniejszą siłą, później następowało wyciąganie całego łącznika lub trzpienia znacznie większą siłą, nawet ponaddwukrotnie oraz miało miejsce widoczne przemieszczenie (obniżenie) się wieszaka wraz z sufitem o około 20 mm. Dopiero później następowała gwałtowna, całkowita utrata nośności, tj. w ostatniej fazie wyciągania z betonu

razem oderwanej główki wraz z całym łącznikiem lub oderwanej główki wraz z trzpieniem rozporowym. W przypadku odrywania tylko samych główek, przy małych średnicach zakończeń trzpieni, następowała gwałtowna utrata nośności od razu, już przy znacznie mniejszej sile niszczącej.

Porównując średnie wartości obciążeń niszczących –  $F_u$  (zerwania główek łączników KSMM), zauważa się, że łączniki zainstalowane przez firmę 1 charakteryzowały się siłami niszczącymi 27% mniejszymi od sił niszczących łączniki zamontowane przez firmę 2. Duża rozbieżność wartości sił, wynosząca ponad 1/4, była wynikiem różnic nośności łączników pochodzących od różnych producentów.

Zamontowane wieszaki, każdy na dwóch łącznikach ZSP w odległościach 15 mm, zostały uzupełnione najprawdopodobniej po wystąpieniu awarii, niezgodnie zarówno z systemem Knauf, jak też z Aprobata Techniczną ITB AT-15-7305/2014, według której stosowanie łączników w odległościach mniejszych od 120 mm jest niedopuszczalne. Razem te dwa łączniki ZSP charakteryzowała średnia wartość obciążenia niszczącego wynosząca 2,34 kN, która była odpowiednio 19 i 14% mniejsza od sił niszczących pojedyncze łączniki KSMM, w przypadkach wyciągania trzpieni wraz z główkami, zainstalowanymi odpowiednio przez firmę 1 i firmę 2. Stąd zastosowanie dwóch łączników zamiast prawidłowo jednego, nie zwiększa średniej siły niszczącej. Ponadto przy łącznikach ZSP dochodziło do gwałtownej utraty nośności równocześnie z oderwaniem się główek od tych łączników (por. rys. 2b i 2c).

## Inne niezgodności wykonawcze

Inwentaryzacja sufitu podwieszanego w restauracji 1 uwidoczniła poważną kwestię. Zamiast projektu wykonawczego istniał tylko ogólny „schemat” sufitu, nieuwzględniający gęsto usytuowanych ciągów instalacyjnych o wielkich przekrojach, podwieszonych do stropu oraz licznych, nieregularnie rozmieszczonych w poszyciu sufitu, dużych otworów włazowych oraz otworów na klimatyzatory, płyty wentylacyjne i wielkowymiarowe oprawy oświetleniowe. Stan faktyczny wykonanej konstrukcji sufitu podwieszanego był niezgodny zarówno ze „schematem”, jak i założeniami systemu Knauf.

Występowały zbyt duże, niedozwolone rozstawy między zastosowanymi wieszakami. Również niedopuszczalnie długie były profile główne pracujące jako wsporniki. W najniekorzystniejszym przypadku, przy rozstawie osiowym profili głównych  $c = 1050$  mm i wieszaków  $a = 1300$  mm, nastąpiło ponad 1,7-krotne przekroczenie dopuszczalnego rozstawu wieszaków (według Knauf,  $a_{\max} = 750$  mm). Ze względu na lokalizację włazu rewizyjnego profil główny, wykonany z kształtownika CD 60, nie był ciągły (został przecięty; jeden wspornik miał długość 150 mm, a drugi 1200 mm). W rezultacie długość profilu głównego, pracującego jako wspornik, była przekroczona 6-krotnie względem dopuszczalnej (200 mm).

Część wieszaków była naprężona i przejmowała duże obciążenia, inne były mniej napięte, a nieliczne całkowicie luźne (mógł to być skutek rektyfikacji poziomego stropu tylko na wybranych

wieszakach, przy pozostawieniu sąsiednich bez korekty).

Niektóre wieszaki były zamontowane z odchyleniami do około 15° względem pionu. Niepionowy montaż wieszaków spowodowały kolizje z licznymi instalacjami o dużych przekrojach, zlokalizowanymi pod stropem.

## Podsumowanie

Awarie sufitów podwieszanych zwracają uwagę na pilną potrzebę przeprowadzenia szerszych badań i analiz. Zarwania sufitów stwarzają ogromne zagrożenia dla życia ludzi. Generują także duże koszty zniszczeń i wypłacanych odszkodowań.

Na podstawie wstępnych badań sufitu podwieszanego 1, z poszyciem dwoma warstwami płyt gipsowo-kartonowych grubości 12,5 mm, o powierzchni około 500 m<sup>2</sup>, którego fragment uległ awarii wyciągnięto następujące wnioski.

Pomimo spełnienia przez metalowe łączniki rozporowe KSMM warunku koniecznej nośności charakterystycznej  $admF > 0,3$  kN (dla zastosowanego systemu Knauf) inne błędy wykonawcze doprowadziły do zniszczenia wielu tych łączników i w rezultacie nastąpiło zarwanie części sufitu podwieszanego. Awaria wystąpiła po kilku latach eksploatacji.

Najpoważniejszym błędem był brak projektu wykonawczego oraz odbiór źle zrealizowanego sufitu (rzeczywiste rozmieszczenie profili nośnych i wieszaków oraz długości elementów konstrukcyjnych były niezgodne z ogólnym „schematem” i systemowym rozwiązaniem sufitu).

Stwierdzono następujące błędy wykonawcze przy realizacji sufitu 1 przez firmę 1:

- przekroczenie maksymalnych rozstawów między wieszakami (nawet o ponad 70%) i równocześnie zastąpienie ciągłego profilu głównego dwoma wspornikami, z których jeden był około 6-krotnie dłuższy niż dopuszczalny przewidziany w systemie 200 mm,
- z częstością około 10% (w badaniu *in situ*) występowały wyciągnięcia całych łączników rozporowych, świadczące o źle przygotowanych otworach w żelbetowym stropie,
- niejednakowe siły przenoszone przez wieszaki (część wieszaków była „naprężona”, a niektóre nawet całkowicie luźne, prawdopodobnie na skutek rektyfikacji poziomego stropu tylko na wybranych wieszakach, przy pozostawieniu sąsiednich bez korekty),
- niepionowe ustawienia kilkunastu wieszaków (w miejscach dużego zagęszczenia podwieszonych instalacji budynkowych; odchylenia wieszaków od pionu do 15°),
- nieprawidłowo zamontowane wieszaki (prawdopodobnie po wystąpieniu awarii) każdy na dwóch łącznikach rozporowych ZSP, w rozstawach 15 mm, charakteryzowała wartość średnia nośności mniejsza od nośności średniej poprawnie zamocowanych wieszaków na pojedynczych łącznikach KSMM.

Zaobserwowano niezgodność zastosowanych materiałów: około 55% łączników rozporowych utrzymujących sufit 1 wskazywało błąd produkcyjny; zakończenia trzpieni miały mniejsze średni-



ce niż otwory w zerwanych główkach (umożliwiało to niewyciągnięcie trzpienia zwiększoną siłą po oderwaniu główki i skutkowało zmniejszeniem nośności całego łącznika).

Badania wykazały następujące różnice między sufitem podwieszanym 1 i będącym jego lustrzanym odbiciem sufitem 2, wykonanym przez firmę 2 (specjalistyczną, posiadającą certyfikat).

- przy suficie 2 nie stwierdzono opisanych powyżej błędów wykonawczych, które miały miejsce przy suficie 1,
- łączniki rozporowe KSMM przy suficie 2 charakteryzowała średnia siła niszcząca większa o ponad 25% względem siły niszczącej takie łączniki zastosowane przez firmę 1.

## Wnioski

Zarwania sufitów podwieszanych stanowiące zagrożenie życia ludzi występują zarówno niezwłocznie po wybudowaniu, jak i po kilku latach ich bezawaryjnej eksploatacji. Stąd istnieje konieczność opracowywania indywidualnych projektów wykonawczych i dokładnych odbiorów robót oraz sprawdzeń sufitów istniejących. Dotyczy to głównie sufitów wielkopowierzchniowych, usytuowanych pod zagęszczonymi przewodami instalacyjnymi, szczególnie o dużych przekrojach oraz przy nieregularnie usytuowanych w pozycji wielu i okazałych otworów do umieszczenia osprzętu i otworów włączowych.

Badania sufitu, który uległ awarii, wskazały liczne błędy wykonawcze oraz niezgodności z warunkami konstrukcyjnymi zastosowanego systemu

sufitowego. Występowały bardzo duże przekroczenia dopuszczalnych długości wsporników profili głównych oraz rozstawów między wieszakami. Ponadto wieszaki były obciążone niejednakowymi siłami, a ich część została nie pionowo zamontowana.

Pomimo że zbadane łączniki rozporowe KSMM spełniły warunek koniecznej nośności charakterystycznej, ich część wykazała błąd produkcyjny oraz niektóre były źle osadzone lub w nieprawidłowych odległościach między sąsiednimi.

W zbadanym bliźniaczym suficie wykonanym przez inną specjalistyczną firmę 2 opisanych powyżej błędów wykonawczych nie stwierdzono. Równocześnie siły niszczące łączniki rozporowe były znacznie większe niż w przypadku sufitu wykonanego przez firmę 1, którego część uległa zarwaniu.

## Literatura

- Aprobata techniczna ITB, AT-15-7305/2014. Metalowe łączniki rozporowe KSMM, KG, ZSP i ZSP-O. Warszawa: Instytut Techniki Budowlanej.
- Dunaj, P. (2009). Katastrofa budowlana w klubie Sportowo Rekreacyjnym w Białymstoku. In *XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna*. Szczecin-Międzyzdroje.
- Globo (2018-11-29). Pobrano z lokalizacji: [Twitter/@EmergenciasMad](https://twitter.com/EmergenciasMad).
- Janik, A. (2018-07-31). *W kinie Helios w Galerii Rzeszów zawalił się sufit*. Po sieci krąży zdjęcie. Pobrano z lokalizacji: <https://nowiny24.pl/w-kinie-helios-w-galerii-rzeszow-zawalil-sie-sufit-po-sieci-kraza-zdjecia/ar/1379220>.
- Krajowa Deklaracja Zgodności nr 2/14. *Metalowe łączniki rozporowe KSMM*. Skawina: Stalko Sp. z o.o.

- Krajowa Deklaracja Właściwości Użytkowych nr 8/2017. *Metalowe łączniki rozporowe*. Skawina: Stalko Sp. z o.o.
- mtn (2015-03-19). Prokuratura umorzyła sprawę zerwania się sufitu w poznańskiej galerii. Pobrano z lokalizacji: <https://www.fakt.pl/wydarzenia/polska/poznan/prokuratura-umorzyła-sprawę-zerwania-sie-sufitu-w-poznanskiej-galerii/x8qny2d>.
- PN/EN 13964:2014. Sufity podwieszane. Wymagania i metody badań.
- Polsat News (2018-10-28). *W sklepie w rzeszowskiej galerii handlowej spadł sufit. Siedem osób poszkodowanych*. Pobrano z lokalizacji: <http://www.polsatnews.pl/wiadomosc/2018-10-28/w-sklepie-w-rzeszowskiej-galerii-handlowej-spadl-sufit-7-osob-poszkodowanych/>
- Wprost (2018-01-30). *Tbilisi. Zawalił się sufit na stacji metra. Co najmniej 14 osób rannych*. Pobrano z lokalizacji: <https://www.wprost.pl/swiat/10100995/tbilisi-zawalil-sie-sufit-na-stacji-metra-co-najmniej-14-osob-rannych.html>
- Zeszyt techniczny D11.pl Sufity Podwieszane Knauf. Warszawa: Knauf Sp. z o.o.

## Streszczenie

**Błędy realizacyjne i awaria sufitu podwieszanego.** Celem artykułu jest analiza przyczyn zarwania części sufitu podwieszanego. Przeprowadzono badania niszczące metalowych łączników rozporowych. Obliczono ich dopuszczalne obciążenia –  $\text{adm}F$ , zgodnie z normą PN/EN 13964:2014 oraz skonfrontowano stan rzeczywisty konstrukcji z „ogólnym” schematem sufitu, którym

dysponował wykonawca. Pomimo że łączniki rozporowe spełniały warunek nośności, m.in. niejednakowe obciążenia wieszaków i przekroczenia ich max rozstawów (nawet o 70%) oraz za długi wspornik (6-krotnie) względem przewidzianych w systemie spowodowały awarię konstrukcji.

## Summary

**Implementation errors and failure of the suspended ceiling.** This article aims to analyze the causes of failure of part of the suspended ceiling. The destructive tests of metal expansion plugs have been carried out. Their admissible loads were calculated –  $\text{adm} F$ , in accordance with PN/EN 13964:2014, and the actual state of the structure was confronted with the “general” ceiling scheme that the contractor had at its disposal. Although the expansion plugs met the load capacity condition, uneven load of hangers and exceeding their maximum spacing (up to 70%) and a long bracket (6 times) in relation to those provided in the system caused a structural failure.

### Author’s address:

Andrzej Więckowski  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
Poland  
e-mail: awiecko@agh.edu.pl