



Dr inż. PIOTR DUNAJ, *biuro@duna.pl*  
Politechnika Białostocka

## **KATASTROFA BUDOWLANA W KLUBIE SPORTOWO REKREACYJNYM W BIAŁYMSTOKU**

### **CONSTRUCTION CATASTROPHE IN A SPORTS CLUB IN BIAŁYSTOK**

**Streszczenie** Katastrofa budowlana w klubie sportowo rekreacyjnym miała miejsce w pomieszczeniu basenowym przy ul. Warszawskiej 79A w Białymstoku. Wydarzyła się ona w dniu 1.08.2004 roku. W wyniku katastrofy doszło do zawalenia się stropu podwieszonoego, nazywanego popularnie sufitem podwieszonym. Zdarzenie to miało miejsce podczas zajęć rekreacyjnych z grupą dziecięcą w basenie. W wyniku zawalenia się stropu podwieszonoego nad całą powierzchnią basenu doszło do sytuacji, w której część dzieci znalazło się pod wodą. Natychmiastowa akcja podjęta przez instruktorów pozwoliła na wyciągnięcie dzieci z wody i spod zawalonego stropu. Szczęśliwie nie doszło do tragicznego wypadku z dziećmi. Jedynie zniszczeniu uległa większość stropu podwieszonoego. Celem ekspertyzy było ustalenie przyczyn zawalenia się stropu podwieszonoego nad basenem.

**Abstract** The catastrophe in the sports club took place in a pool room at ul. Warszawska 79A in Białystok. It happened on 1.08.2004. The hanged ceiling collapsed during a class with a group of children. As a result of the collapse some children went underwater. An immediate rescue action of the istructors allowed to remove the children from water and from underneath the ceiling. Luckily no tragedy took place. Part of the celining was destroyed. The aim of the expertise was to establish the reasons for the collapse of the ceiling over the pool.

### **1. Wiadomości ogólne**

Przedmiotem ekspertyzy był strop podwieszony, powszechnie nazywany sufitem podwieszonym, w pomieszczeniu basenowym Klubu Maniac GYM przy u. Warszawskiej 79A w Białymstoku. Celem ekspertyzy było ustalenie przyczyn zawalenia się stropu podwieszonoego w pomieszczeniu basenowym w dniu 01.08.2004 roku. Drugim celem była próba znalezienia odpowiedzi na postawione pytanie przez prokuraturę „czy przedmiotowe zajście stanowiło zdarzenie zagrażające życiu lub zdrowiu wielu osób albo mieniu w wielkich rozmiarach”?

Budynek jest halą parterową z dachem lekkim drewnianym, częściowo podpiwniczony [3]. W środkowej części żelbetowy, szkieletowy trzon usztywniający, dwukondygnacyjny. Na program funkcyjny budynku składają się: niecka rekreacyjno rehabilitacyjna 233 metrów kwadratowych, sala aerobiku, masażu, solarium oraz pomieszczenia administracyjne na parterze, sala squash'a i magazyny na piętrze, pomieszczenia techniczne w piwnicy. Wokół szkieletowego, żelbetowego trzonu dwukondygnacyjnego o wymiarach w osiach 6,60×9,90 wybudowana jest trzynawowa hala parterowa. Budynek posadowiony jest bezpośrednio na łąwach i stopach fundamentowych. Dach lekki z blachy trapezowej na wiązarach drewnianych. Fundamenty części podpiwniczonej zaprojektowano w postaci łąwy fundamentowej na pozio-

mie –3,35 łączącej odpowiednio obniżone stopy słupów usztywniających. Niecka basenu spoczywa na żelbetowej płycie dennej zbrojonej górną i dolną. Płyta połączona jest monolitycznie ze stopami fundamentowymi słupów nośnych od stropu z pomieszczeniami na piętrze. Pozostałe ściany osłonowe wraz z konstrukcją nośną dachu oparte są na stopach fundamentowych. Ławy posiadają zbrojenie podłużne, stopy – krzyżowe. Ściany zewnętrzne, części parterowej, wykonane z bloczków silikatowych BSD 180, usztywnionych słupami w rozstawie 3,30 m. Stropy – w obrysie pomieszczeń użytkowych na piętrze wylany jest masywny strop żelbetowy, ciągły oparty na słupach i podciągach konstrukcji szkieletowej parteru. Według dokumentacji strop wykonany z betonu B20, ze zbrojeniem wielokierunkowym ze stali 34GS. Do tego stropu był przymocowany strop podwieszony – „sufit podwieszony”, który uległ katastrofie. Na płycie stropowej nie zauważono spękań. Beton wokół nawierconych otworów na kołki do mocowania wieszaków stropu podwieszonego nie wykazywał żadnych odłupań. Stan techniczny stropu żelbetowego jest dobry. Dach hali parterowej – główną część stanowi dach dwuspadowy o kącie nachylenia połaci 6 stopni. Konstrukcję nośną stanowią wiązary drewniane, gwoździowane, w rozstawie 165 cm. Do tych dźwigarów, nad częścią basenową, przymocowany jest strop podwieszony („sufit podwieszony”). Stan techniczny dźwigarów drewnianych jest dobry. Katastrofa stropu podwieszonego nastąpiła tylko w miejscach zamocowania wieszaków do stropu żelbetowego. W konstrukcji drewnianej nie stwierdzono wyrwania elementów mocujących wieszaki do wiązara.



Rys. 1. Widok po katastrofie w pomieszczeniu rekreacyjnym. Oberwany strop podwieszony, częściowo zatopiony w wodzie. Widoczne są kołki rozporowe na wieszakach z drutu stalowego, ocynkowanego

Strop podwieszony (sufit podwieszony) nad pomieszczeniem pływalni wykonany z profili cienkościennych oraz płyt gipsowo-kartonowych grubości 12,5 mm. Był podwieszony za pomocą wieszaków z drutu ocynkowanego, o średnicy 4 mm, zamocowanych do stropu żelbetowego za pomocą kołków z tworzywa sztucznego w rozstawie 68–70 cm. Do profili podłużnych przymocowane były profile poprzeczne, średnio co 40 cm, do których przymocowane były płyty gipsowo-kartonowe o grubości 12,5 mm. Profile podłużne posiadały wymiary 60×28 mm. Na elementach stropu; na płytach gipsowo-kartonowych, elementach konstrukcji stalowej oraz drewnianej nie zauważono śladów zawilgocenia ani pleśni. Wełna mineralna (rys. 3), miękka, również nie wykazywała śladów zawilgocenia. Była w stanie powietrzno-suchym.



Rys. 2. Widok obrazujący zniszczenia stropu podwieszony po katastrofie budowlanej. Zniszczeniu uległ strop podwieszony nad całą powierzchnią basenu. Na suficie stropu żelbetowego nad basenem nie zachował się żaden kołek rozporowy. Wszystkie kołki zostały przy „wieszakach”



Rys. 3. Fragment przekroju poprzecznego stropu podwieszony z wełną mineralną. Widoczny „wieszak” z drutu ocynkowanego oraz kołek rozporowy „wyciągnięty” do połowy ze stropu żelbetowego nad basenem

Profile podłużne były w rozstawie 60–62 cm, a poprzeczne, mierzone dla 10 żeber, w rozstawie co 40 cm. Pod wełną mineralną była folia żółta grubości 0,2 mm. Oględziny i pomiary konstrukcji wykonano w dniach 1 i 2 sierpnia 2004 roku. W miejscach, gdzie były wykonane dźwigary drewniane, strop był przymocowany do tych dźwigarów. W miejscach tych nie doszło do katastrofy. Do katastrofy doszło na powierzchniach stropu żelbetowego, w którym zamocowane były wieszaki, za pomocą kołków z tworzywa sztucznego 6/40 mm. firmy „R...”. Kołki te uległy wyciągnięciu z nawierconych otworów w betonie stropu żelbetowego.

To była główna przyczyna katastrofy budowlanej zawalenia się stropu podwieszonoego. Do katastrofy doszło po kilku miesiącach użytkowania stropu. Podobnie jak to miało miejsce pół roku wcześniej w sąsiednich pomieszczeniach (w pierwszej części budynku oddanego wcześniej do użytkowania). Wcześniej zastosowano również kołki z tworzywa sztucznego tej samej firmy R. Po kilku miesiącach doszło do katastrofy, lecz w mniejszych rozmiarach. W obu przypadkach widoczny jest wpływ czasu.

## 2. Opis katastrofy budowlanej

Do katastrofy budowlanej doszło w dniu 1.08.2004 roku w trakcie zajęć rekreacyjnych w basenie z grupą kilkanaścioro dzieci. W trakcie zajęć nastąpiło oberwanie się stropu podwieszonoego (sufitu podwieszonoego) nad całą powierzchnią basenu w którym przebywały dzieci (rys 1, 2, 3).



Rys. 4. Widok na konstrukcje zniszczonego stropu podwieszonoego, który zawisł przy ścianie wzdłuż jednej z krawędzi

Opadający strop przykrył kilkoro dzieci w basenie. W wyniku szybkiej reakcji instruktorów wydobyto dzieci spod stropu leżącego na wodzie. Katastrofa nastąpiła nieoczekiwanie, bez żadnych wcześniejszych oznak w postaci chociażby odkształcenia stropu widocznego gołym okiem. Strop ten był zamocowany od kilku miesięcy. W wyniku katastrofy nastąpiło wyrwanie wszystkich kołków ze stropu żelbetowego w części środkowej (rys. 1, 2, 4). Na suficie (powierzchni od spodu) stropu żelbetowego widać gładką powierzchnię stropu bez wystających kołków. Natomiast kołki są widoczne przy wieszakach z drutu ocynkowanego. Zniszczeniu uległo około 200 metrów kwadratowych stropu podwieszonoego.

## 3. Analiza przyczyn zaistniałej katastrofy

W celu znalezienia wiążącej odpowiedzi wykonano obliczenia statyczne sprawdzające oraz wykonano badania doraźne nośności kołków w naturze (rys. 5 i 6). Obliczeniowe obciążenie przypadające na wieszak (rozstaw 62×70 cm) wynosiło 0,21 kN (tj. 21 kG). Obciążenie obli-

zeniowe od stropu podwieszono na 1 metr kwadratowy wynosiło  $0,48 \text{ kN/m}^2$ . Wobec delikatnej materii jaką są kołki z tworzywa sztucznego (wykonane z polipropylenu lub poliamidu (nylonu)) zdecydowano się na wykonanie badań nośności kołków w naturze (rys. 5 i 6). Tworzywa sztuczne łatwiej podlegają reologii niż np. stal. Chodzi o proces pełzania i relaksacji pod wpływem naprężeń spowodowanych siłą rozporową od wkręta. Z czasem następuje zmniejszenie nośności kołka. Spowodowane to jest procesami reologicznymi w materiale tworzywa sztucznego (polimeru). Do badań użyto takich samych kołków, od tego samego producenta firmy R., jakie były zastosowane w konstrukcji przed katastrofą. Kod użytych kołków R.: J01M02640 (użyto takich samych kołków również pod względem kolorystycznym). Wykonano próby nośności 10 kołków z tworzywa sztucznego za pomocą profesjonalnych urządzeń. Wykorzystano te same otwory wywiercone w stropie żelbetowym w których były mocowane poprzednie kołki, które uległy awarii. Wywiercono również nowe otwory w liczbie 10 szt. w których zainstalowano kołki R. z tworzywa sztucznego 6/40 mm. Różnicy w nośności kołków w starych otworach oraz w nowo nawierconych nie stwierdzono. Nośności (na wyciąganie kołków z otworów) wahały się w granicach  $0,5 \text{ kN}$  do  $0,55 \text{ kN}$ . Jeden kołek z 10 badanych miał zdecydowanie niższą nośność wynoszącą  $0,35 \text{ kN}$ ! ( $35 \text{ kg}$ ).



Rys. 5. Przedstawia jeden z pomiarów nośności kołka rozporowego (na wrywanie z płyty stropowej, żelbetowej). Za pomocą profesjonalnego urządzenia mierzy się bardzo dokładnie maksymalną wielkość siły przy której występuje utrata nośności kołka rozporowego. Zakres średnic M4-M10. Obciążenie max  $15 \text{ kN}$



Rys. 6. Przedstawia przyrząd w trakcie badań pomiaru nośności kołka o większej nośności na wrywanie (wyciąganie). Zakres urządzenia pomiarowego: średnice M6-M24. Obciążenie max  $100 \text{ kN}$

Dla porównania nośności wykonano również badania dla 10 kołków 6/40 mm ale metalowych – tej samej firmy co kołki z tworzywa sztucznego – firmy R (kod J01M02047).

Według danych na opakowaniu zatytułowane jest „kołki rozporowe do wbijania z kołnierzem”. W opisie – zastosowanie: w pracach montażowych kołków do wbijania, R.. ma na celu skrócenie czasu montażu poprzez wyeliminowanie wkręcania wkręta i zastąpienie tej czynności wbijaniem. Zalety kołków rozporowych do wbijania R. wpływają znacząco na skrócenie czasu montażu, co czyni je idealnym zamocowaniem profesjonalnym. Konstrukcja kołków do wbijania R. umożliwia korygowanie montażu poprzez wykręcanie wkręta z koszulki, a po dokonaniu korekty ponowne jego dokręcenie. Pomaga w tym specjalnie ukształtowany gwint harpunowy, jak również gniazdo POZIDRIVE we łbie wkręta. Czynność tę należy wykonać przy użyciu wkrętarek wolnoobrotowych i końcówek odpowiednich dla danego rozmiaru gniazda tzn. PZ 1, PZ 2 lub PZ 3. Koszulki kołków R. wykonane są z polipropylenu lub poliamidu (nylonu) i posiadają asymetryczne linie podziału, które zapewniają prowadzenie gwóźdźnia w osi koszulki. Konstrukcja kołnierza zapewnia dokładne dociskanie mocowanego

materiału do podłoża. Idealne do mocowania profili stalowych pod płyty G-K, korytek kablowych itp. Kołki te były montowane w dotychczasowych otworach. Nośności kołków metalowych 6/40 mm były zdecydowanie wyższe i wahały się w granicach 2,80–3,30 kN. Nośności kołków metalowych (tej samej firmy) były wyższe od kołków z tworzywa sztucznego około 6 do 8 razy.

Wykonano również badanie nośności kołka 6/40 mm renomowanej firmy. Wynik okazał się imponujący. Nośność kołka 6/40 mm wyniosła 5,00 kN (500 kG!). Mając na uwadze przeprowadzone badania nośności (nośność – określenie siły jaką jest w stanie przenieść kołek na wyciągnięcie (wyrwanie kołka z otworu wywierconego w płycie żelbetonowej betonie) z betonu), należy stwierdzić, że we wszystkich przypadkach (nawet tym najslabszym z badanych), nośność rzeczywista kołków była wyższa od obliczeniowej siły przypadającej na kołek (przypadającej na wieszak).

Kołek na który działa siła wzdłuż osi, stawia opór przez siły tarcia znajdujące się na powierzchni zewnętrznej (pobocza). Siły te zależą, od sił rozporu; spowodowanej śrubą wkręcaną w kołek bądź od wbitego bolca. Powierzchnia zewnętrzna kołka (pobocza) zależy od średnicy kołka oraz od długości zakotwienia. Nośność kołka zależy od sił tarcia na poboczu oraz od rodzaju materiału (mającego wpływ na współczynnik tarcia). Stal jest materiałem o wiele twardszym od tworzywa sztucznego i o wiele mniej podatnym na wpływy reologiczne. Tworzywo sztuczne jest bardziej podatne na działanie sił zewnętrznych niż stal (w tym przypadku siłami powodującymi docisk do otworu jest rozpór spowodowany wbiciem (wkręceniem) wkręta w kołek lub wbitego sworznia w kołek). Tworzywo sztuczne (polimer) bardziej ulega odkształceniom (plastycznym) niż stal. W wyniku tego z czasem maleje rozpór spowodowany podatnością tworzywa sztucznego. Występuje poręczne i podłużne odkształcenie kołka z tworzywa sztucznego, co powoduje spadek nośności kołka na wyciągnięcie z otworu betonowego. W przypadku rozwiercenia otworu w którym ma być montowany kołek z tworzywa sztucznego bądź też wbitego wkręta zamiast jego wkręcenie w kołek uzyska się znacznie mniejszą nośność kołka na wyciągnięcie z betonu. Taki losowy przypadek może zdarzyć się na budowie. We wszystkich badanych przypadkach nośność kołków z tworzywa sztucznego była wyższa od siły obliczeniowej przypadającej na wieszak (kołek). Zaistniałą katastrofę uznać należy jako zdarzenie losowe. Błędem, w rozpatrywanym przypadku, było zastosowanie kołków z tworzywa sztucznego, narażonych na wyciągnięcie z betonu. Kołki z tworzywa sztucznego mogą być stosowane w warunkach poprzecznego działania siły do osi koła z zachowaniem warunku naprężeń dopuszczalnych na docisk w materiale. Przypadek taki występuje, np. przy zawieszeniu szafek kuchennych. Kołki te mogą mieć również zastosowanie do zabezpieczenia konstrukcji przed przemieszczeniami elementu poprzecznie do osi kołka. Kołki te mogą być stosowane w pracach montażowych. Kołki z tworzywa sztucznego nie powinny być stosowane również w warunkach zagrożenia pożarowego. Wytlumaczenie zjawiska katastrofy jest dość skomplikowane i można jedynie przeanalizować mechanizm takiej awarii. Przyjmijmy, że jeden z otworów został rozwiercony zbyt mocno, (spowodowany „biciem” wiertarki, inne wiertło, dłużej nawiercono otwór i kilkakrotnie poprawiano otwór nawiercany,...) oraz wbito wkręt (a nie wkręciono, wkręt może być nieco cieńszy,...), to wówczas nośność takiego kołka będzie bardzo mała. Można wyobrazić, że kołek ten „wylacza się” z przeniesienia siły przypadającej na niego. Siłę tę muszą przenieść kołki sąsiednie. I jeżeli nastąpi przeciążenie kołków sąsiednich (przeciążenie – siła przypadająca na kołek będzie większa od nośności kołka, to wówczas dochodzi do zniszczenia (wyrwania kołka z betonu). Mechanizm ten spowoduje reakcję lawinową. Następuje przeciążenie sąsiednich kołków powodując ich wyrwanie z konstrukcji. Mając na uwadze spadek nośności kołka spowodowany procesami reologicznymi, szczególnie relaksacją naprężeń w materiale tworzywa sztucznego z czasem nastąpi zmniejszenie nośności tego kołka.. Zmniejszenie naprężenia

w materiale poddanym stałemu odkształceniu w dłuższym okresie czasu, w stałej temperaturze nazywamy relaksacją naprężeń. Zjawisko relaksacji naprężeń jest określane w próbie pełzania. Dane są często przedstawiane w próbie pełzania. Dane są często przedstawiane w postaci wykresu naprężenie względem czasu. Szybkość relaksacji naprężeń definiuje nachylenie tej krzywej w dowolnym punkcie [4],[5]. Aby odpowiedzieć na to pytanie należałoby przeprowadzić długofalowe badanie polegające na zamontowaniu kołków w stropie i obciążać je w takim samym przedziale czasowym jaki wystąpił w konstrukcji – od momentu wykonania stropu podwieszono (sufitu podwieszono) do jego katastrofy. Można by, np.; zamontować w stropie serię po 10 kołków i badać ich nośność co 1 miesiąc – po kolei mierzyć siłę. Badania takie można przeprowadzić w naturze przez 12 miesięcy bądź też przeprowadzić badania laboratoryjne w celu określenia funkcji relaksacji naprężeń. Dało by to odpowiedź na pytanie, o ile nastąpił spadek nośności kołka (z uwzględnieniem reologii w materiale) i wówczas znając wartość siły jaką może przenieść kołek, można dokładniej odpowiedzieć na postawione pytanie dotyczące zagrożenia osób i mienia znajdującego się w pomieszczeniu.

#### **4. Wnioski końcowe**

- Przyczyną katastrofy budowlanej stropu podwieszono (sufitu podwieszono) w pomieszczeniu basenowym przy ul. Warszawskiej 79A w Białymstoku w dniu 01.08.2004 roku były kołki rozporowe 6/40 mm wykonane z tworzywa sztucznego [1] P. *Dunaj*.
- Błędem było zastosowanie kołków z tworzywa sztucznego do mocowania wieszaków stropu podwieszono (pracujących na siły osiowe – wyciągające kołek z płyty stropowej).
- Do katastrofy budowlanej, na tym obiekcie, doszło drugi raz, po pół roku użytkowania stropów [2] R. *Dobrowolski*. Wcześniej doszło do zawalenia się części stropu podwieszono w sąsiednim pomieszczeniu oddanym do użytku około pół roku wcześniej.
- Konstrukcja stropu i użytych materiałów była identyczna (użyto kołków z tworzywa sztucznego 6/40 tej samej firmy R..) Nie wyciągnięto żadnych wniosków z poprzedniej katastrofy. Do naprawy skutków wcześniejszej katastrofy użyto kołków metalowych 6/40).
- Zobowiązać (bądź zaapelować do) producentów kołków rozporowych aby na opakowaniach informowali, że kołki z tworzyw sztucznych nie mogą być stosowane do mocowania wieszaków w stropach podwieszonych.
- Aby zapobiec dalszym, licznym awariom i katastrofom budowlanym stropów podwieszonych (sufitów podwieszonych), coraz chętniej stosowanych, należy wymagać opracowania projektu konstrukcyjnego wykonanego przez konstruktora. Związane to jest ze stosowaniem coraz powszechniej stropów podwieszonych na coraz większych powierzchniach.
- Procesy reologiczne w materiale tworzywa sztucznego powodują spadek nośności kołka. W zależności od reologicznych właściwości polimeru z którego wykonany jest kołek może występować spadek naprężeń na poboczu kołka. Fakt ten może mieć wpływ na wyjaśnienie przyczyn wyrwania kołków z płyty stropu żelbetowego i wyjaśnienie tego zjawiska – dlatego dopiero po kilku miesiącach (5–6 miesiącach) użytkowania stropów doszło do dwóch katastrof budowlanych na jednym budynku [4],[5].
- Na zakończenie. „Sufit” oznacza powierzchnię. Tak więc używanie pojęcia sufit podwieszony jest niezbyt poprawne, chociaż powszechnie stosowane. Powinno być używane pojęcie stropu podwieszono.

### **Literatura**

1. Dunaj P.: Ekspertyza techniczna dotycząca ustalenia przyczyny zawalenia się „sufitu podwieszonoego” w pomieszczeniu basenowym Klubu Maniac GYM przy ul. Warszawskiej 79A w Białymstoku w dniu 01.08.2004 roku, Białystok 2004.
2. Dobrowolski R.: Ekspertyza techniczna dotycząca sufitu podwieszonoego w części recepcyjno-barowej wraz z pomieszczeniami aerobiku, szatni i zaplecza zespołu sportowo-rekreacyjnego MANIAC-GYM przy ul. Warszawskiej 79A w Białymstoku, Białystok, sierpień 2004.
3. Dokumentacja budowlana, 16 tomów, Białystok 2002, 2003 i 2004 r.
4. Derski W., Ziemia S.: Analiza modeli reologicznych, PWN, Warszawa, 1968 r.
5. Nowacki W.: Teoria pęłzania, Arkady, Warszawa, 1963 r.