XXV Konferencja Naukowo-Techniczna, Międzyzdroje 24-27 maja 2011
awarie budowlane 2011

STANISŁAW KAJFASZ

AWARIE JAKO PROBLEM ZAWODNOŚCI OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH W TRAKCIE WIELOLETNIEJ EKSPLOATACJI

BUILDING FAILURES OF ENGINEERING OBJECTS DURING LONG TERM EXPLOITATION

Streszczenie Referat przedstawia sześć przypadków awarii obiektów inżynierskich w trakcie wieloletniej eksploatacji. Charakteryzuje te przypadki okoliczność, że pojawiły się sygnały ostrzegawcze o złym stanie technicznym obiektów, z których nie wyciągnięto należytych wniosków. Można zauważyć u inwestorów preferencyjne kierowanie posiadanych środków finansowych na realizację nowych obiektów niż na utrzymanie istniejących.

Abstract The paper discusses the cases of six engineering objects subjected to serious failures daring long-term exploitation. The characteristic circumstance was, the object signalled warnings on approaching accident, without adequate reaction from responsible authorities. In case of limited finastial means there is a tendency among investors to give preference to new objects instead of upgrading the existing ones.

1. Wstęp

Obiekty budowlane „zużywają się” w miarę upływu lat, pogarszają się ich charakterystyki. Właściwości materiałów konstrukcyjnych obniżają się wskutek starzenia, zmęczenia, korozji. Cechy ustroju konstrukcyjnego ulegają niekorzystnym zmianom. Zmieniają się warunki podparcia, warunki posadowienia, wytrzymałości, jakości złączy. Powstają nieodwracalne deformacje, uszkodzenia, ubytki przekrojów.

Równocześnie wzrasta na ogół intensywność eksploatacji, wielkość i liczba obciążeń, na przykład ciężar, liczba i prędkość pojazdów poruszających się po obiekcie.

Na właścicielu obiektu, a pośrednio na władzach gospodarczych, administracyjnych, politycznych ciąży obowiązek okresowej kontroli stanu posiadanego majątku, sposobu jego eksploatacji i, w miarę potrzeby, okresowych napraw. Władze publiczne mają na ogół świadomość zmieniającej się na niekorzyść sytuacji eksploatacyjnej obiektu budowlanego, konieczności odnowienia i unowocześnienia infrastruktury transportowej, postępującej urbanizacji, gospodarki wodnej (powodzie), zadośćuczynienia wymogom ochrony środowiska, itd. Na przeszkodzie stoi brak środków finansowych. Tak się składa, że władza woli przeznaczyć z natury ograniczone środki na – przynoszącą chwałę – budowę nowych obiektów niż utrzymanie już istniejących. Brak środków prowadzi do ograniczenia ilości i jakości kontroli i w konsekwencji przyczynienia się do powstania sytuacji awaryjnych wywołanych niedoinformowaniem o stanie obiektu (obiektów). W tej sytuacji zwiększają się zadania dla środowiska inżynierskiego. Umiejętność określania stanu technicznego obiektu inżynierskiego jest zadaniem odmiennym od jego zaprojektowania.

W dalszym ciągu przedstawione zostaną przykłady zagrożeń wywołanych niedostatecznym rozeznaniem stanu obiektu. Zostały one wybrane z angielskiego czasopisma

technicznego New Civil Engineer International, 2007÷2010. Istotne informacje poszerzające temat uzyskał Autor od Profesora Ryszarda Kowalczyka, opiniodawcy pracy i wyraża Mu podziękowanie. Położono nacisk w omawianych przykładach na eksponowanie reakcji inwestorów i użytkowników obiektów na sygnały o możliwości (prawdopodobieństwie) zbliżania się awarii. Mniej uwagi poświęcono szczegółowej informacji technicznej o przyczynach awarii.

2. Zawalenie 19 wiecznego, murowanego, filaru mostu kolejowego na trasie Dublin-Belfast w Republice Irlandii (2009 r.)

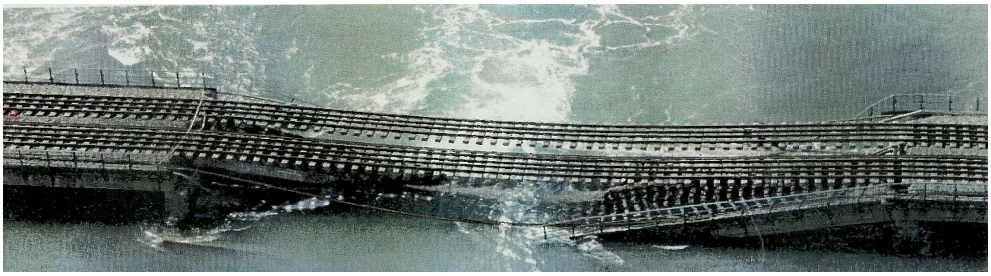
Jedenastoprzęsłowy most o rozpiętości przęseł ok. 16 m, przebudowywany, posiada przęsła z betonu sprężonego, prefabrykowane, wykonane w 1966 roku. Pomiędzy filarami jest zbudowany próg neutralizujący różnice wysokości pomiędzy poziomem płynącej od strony lądu wody i poziomami odpływu i przypływu morza.

Przyczyną katastrofy filara była erozja podłoża fundamentowego wywołana kaskadą płynącej wody, rys. 1.

Władze kolejowe zostały powiadomione przez przygodnego wioślarza, ze filar budzi zastrzeżenia. Posłana natychmiast kontrola nie stwierdziła (wizualnie) niczego niepokojącego na dzień przed katastrofą. Alarm podniósł, zaniepokojony obniżeniem jezdni, kierowca ostatniego pociągu, który zdążył przejechać przez most.

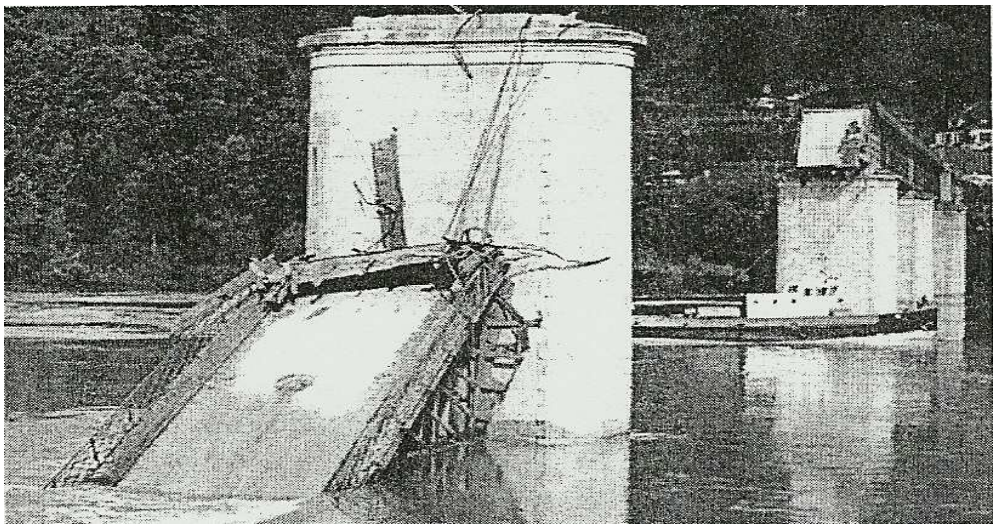
Przeprowadzona w 1998 roku kontrola całej sieci kolejowej w Irlandii przez International Management Services wyraziła obiekcje odnośnie bezpieczeństwa wiaduktu (40% „*safety inadequacy*”).

Odbudowa obiektu ma polegać na wykonaniu w przeciągu paru miesięcy nowego filara i wzmocnienia dwóch sąsiednich.



Rys. 1. Zawalenie wiaduktu kolejowego Belfast – Dublin

Podobna w przyczynach i skutkach katastrofa nastąpiła w roku 2001 w Portugalii na moście Hintze Ribeiro w Castello de Paiva. Nielegalnie wydobywany przez dziesięciolecia piasek z koryta rzeki poniżej mostu wywołał podmycie filarów mostowych i utratę ich stateczności. Okolicznością obciążającą był fakt, że przygodnie kąpiące się w rzece osoby informowały władze o nielegalnym procederze. Zginęło 70 osób znajdujących się na moście.



Rys. 2. Most w Portugalii zniszczony eksploatacją piasku z koryta rzeki

3. Zawalenie się fragmentu trybuny stadionu sportowego Fonte Nova w Brazylii (2007 r.)

Podczas meczu piłki nożnej na 56-letnim, 60-tysięcznym, stadionie zawaliła się sekcja górnego tarasu o konstrukcji betonowej. Stało się to podczas manifestacji kibiców. Wskutek upadku z wysokości 15 m zginęło 7 osób. Dodatkową okolicznością obciążającą wypadek jest fakt, że wszystkie duże stadiony Brazylii zostały ostatnio poddane kontroli i surowej ocenie, gdyż w 2014 roku Brazylia będzie gościć mistrzostwa świata w piłce nożnej (*World Cup*).

Specjalnie powołana komisja scharakteryzowała stadion Fonte Nova jako znajdujący się w „pożałowania godnym" stanie z „trybunami w ruinie". Wypadek nie spowodował cofnięcia decyzji powierzenia Brazylii organizacji mistrzostw.

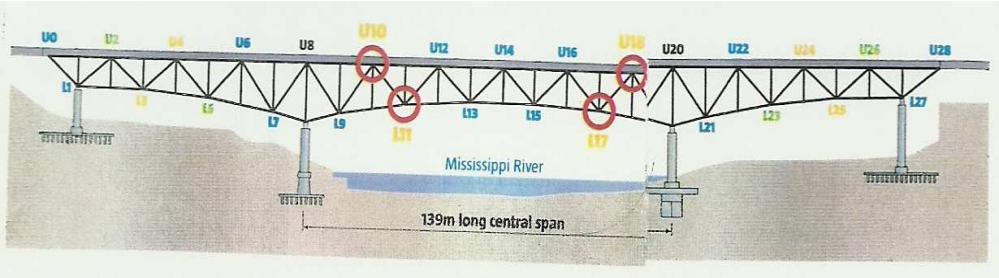
Stadion zostaje zamknięty do czasu wyjaśnienia przyczyn awarii.

4. Katastrofa stalowego kratowego mostu I-35W przez Missisipi w Minneapolis w 2007 r.

Most otwarty w roku 1967 został przebudowany w roku 1987 przez zwiększenie liczby pasów jezdni z 6 do 8 i pogrubieniu żelbetowej płyty jezdni o 5 cm, co oczywiście zwiększyło ciężar własny mostu. Badanie w roku 2003 wykazało, że węzły kratownicy są zbyt słabo zwymiarowane i uległy zbytnim odkształceniom (*buckling*) widocznym gołym okiem. Nie wykonano żadnych wzmocnień. Podczas renowacji mostu w roku 2007 obejmującej połowę jezdni (4 pasy) druga połowa mostu służyła jako pomost roboczy obciążony sprzętem i zgromadzonymi materiałami (wymiana płyty żelbetowej).

W czasie remontu nastąpiła (jak wykazały późniejsze obliczenia) katastrofa postępująca rozpoczynająca się od węzłów wywołana przeciążeniem od prowadzonych robót. Zginęło 13 osób. W wyniku katastrofy zarządzono kontrolę wszystkich 25 mostów podobnego typu w Minnesocie (USA).

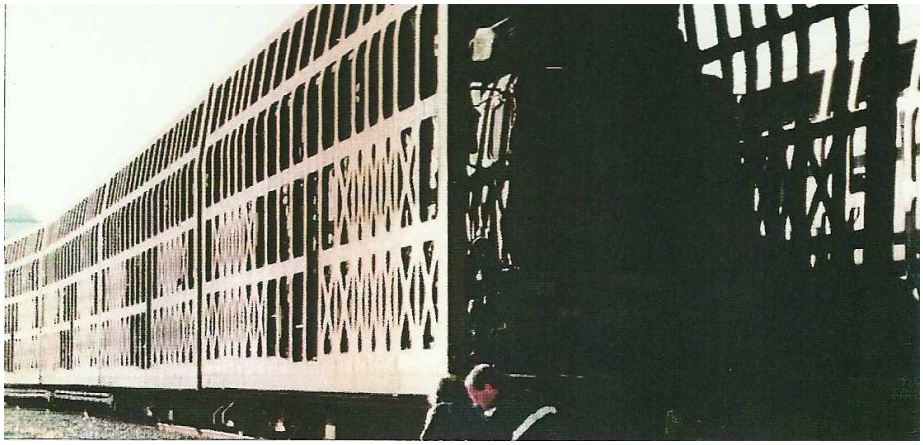
Most został odbudowany systemem nawisowym, z betonu sprężonego w przeciągu jednego roku.



Rys. 3. Kratowy most stalowy przez Missisipi o długości 385 m

5. Powtarzające się pożary w eksploatowanych obiektach

Trzeci pożar w Eurotunelu pod kanałem La Manche. Powstał 9/2008, poprzednie dwa 6/2006, 11/2006. Zagrożeniem są pojazdy ciężarowe przewożone przez tunel w specjalnych ażurowych wagonach, rys. 4. Rozważana po pierwszych pożarach instalacja natrysków wody w pociągu nie została zaaprobowana ze względów ekonomicznych. Zaopatrzenie pociągu w automatyczne gaszenie, prowadzenie pojazdu za zbiornikiem wody było zbyt kosztowne dla międzypaństwowej komisji (*Channel Tunnel Safety Authority*). Kłopoty finansowe obiektu spowodowały, ze tunel otwarty w 1994 roku stał się dochodowy dopiero w 2008 roku. Ostatni pożar wagonu z chemikaliami trwał 17 godzin, zniszczył 6 pojazdów i żelbetową obudowę tunelu na długości 700 m przez wywołanie odprysków (*spalling*) betonu. Zdaniem ekspertów rozsądniejszy byłby wyjazd z tunelu palącego się pociągu. Należy wspomnieć, że wszystkie nowe pociągi przejeżdżające przez tunele szwajcarskie i austryjackie musza być zaopatrzone w urządzenia do rozpylania mgły wodnej.



Rys. 4. Wagony kolejowe do przewożenia pojazdów w Eurotunelu

Problemy bezpieczeństwa przeciwpożarowego

Istnieją tendencje zaostrzenia przepisów bezpieczeństwa pożarowego we wszystkich odpowiedzialnych obiektach, zwłaszcza wysokich. Przyczynił się do tego atak terrorystyczny na World Trade Center. Wszystkie budynki wyższe od 280 m. Muszą mieć odporne na pożar windy, zwiększoną liczbę klatek schodowych. Zaostrzone przepisy powodują utratę 3÷5% powierzchni komercyjnej. Wymaga się usztywnienia konstrukcji nośnej budynku wysokiego,

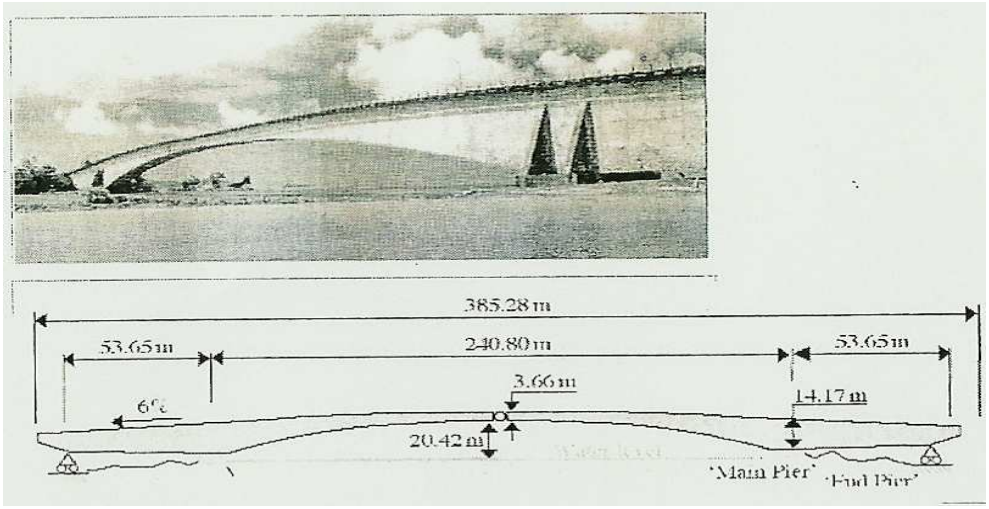
tak by zapobiec katastrofie postępującej przez pożar i spadające stropy. Przepisy spotykają się z krytyką jako niepotrzebne i kosztowne. Opracowanie realistycznych scenariuszy pożaru uwzględniających sposób rozprzestrzeniania się ognia, działania przegród ochronnych, zmiany w czasie trwania pożaru cech materiału i konstrukcji jest zadaniem trudnym, zwłaszcza, gdy wiąże się to z oceną zdolności ewakuacyjnej w obiekcie.

Przykładem powtarzających się pożarów jest wieża telewizyjna w Ostankino (Rosja), najwyższy obiekt europejski. Wieża paliła się już kilka razy, ostatnio w 2007 roku. Pożar wywołały prace spawalnicze. Ogień został opanowany w przeciągu godziny.

6. Most Koror – Babaldaob łączący dwie wyspy małego archipelagu na Pacyfiku

Zbudowany w 1978 roku belkowy, skrzynkowy most z betonu sprężonego o rozpiętości przęsła 240 m (ówcześnie rekordowej), posiadał schemat konstrukcyjny jak na rys. 5. Po 18 latach eksploatacji wykazywał nadmierne ugięcie środka przęsła wznoszące 1200 mm. Po wielu dyskusjach postanowiono zmienić schemat statyczny mostu przez likwidację przegubu w środku rozpiętości i zmieniając ustrój w statycznie niewyznaczalną belkę ciągłą. Zabieg spowodował dociążenie przekroju podporowego przez dodatkowe siły sprężające. Po trzech miesiącach od wykonania zabiegu zmiany schematu w roku 1996 most zawalił się bez ostrzeżenia i nie do końca wyjaśnionych przyczyn: beton?, sprężenie?, zabieg zmiany schematu statycznego?.

Przez 9 lat trwają już spekulacje na temat przyczyn katastrofy. Wypadek pobudził badania naukowe na temat przepowiadania długotrwałego skurczu i pełzania betonu.
Na miejsce zniszczonego mostu firmy japońskie zbudowały drugi most, ale o zmienionej konstrukcji mostu podwieszonego.



Rys. 5. Podstawowe wymiary mostu Palau /Koror – Babaldaob

7. „Stary most” w Mostarze nad Neretwą (Bośnia i Hercegowina)

Zbudowany w 16 wieku łączył 2 części miasta: zachodnią – chorwacką i wschodnią – bośniacką, Rys. 6. W czasie działań wojennych (1992÷1995) most został zniszczony przez artylerię chorwacką. Most jest na liście UNESCO zabytków światowych (*world heritage*). Odbudowany ze środków międzynarodowych w 2004 roku.

Most o długości 27 m. I wysokości 21 m. posiada przyczółki i łuk wykonane z bloków wapiennych pochodzenia lokalnego. Po 3 latach od odbudowy most zarysował się po obu stronach łuku. Szerokość rys jest rzędu 10 mm. Przypuszcza się, ze zarysowania zostały wywołane niewielkimi wstrząsami sejsmicznymi, które pojawiły się w 2007 roku.

Rys. 6. Kamienny most w Mostarze

8. Rozstrzyganie prawne skutków awarii budowlanych (dysputy, arbitraż, postępowanie sądowe)

Nieodłączną częścią awarii i niepowodzeń budowlanych jest rozstrzyganie konfliktów, jakie mogą powstać pomiędzy inwestorem, projektantem i wykonawcą. Ważnym jest przyjęcie pragmatycznych rozwiązań, bez uciekania się do postępowania sądowego, powolnego i kosztownego mechanizmu. Obserwuje się tendencje wśród inwestorów oskarżania firm konsultacyjnych (projektowych) o wywołanie strat. Potrzebne jest szerokie wprowadzenie zasad zarządzania ryzykiem. Kryzys ekonomiczny powoduje, że coraz trudniejsze staje się znalezienie ochrony ubezpieczeniowej.