



# XXIV

XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna  
Szczecin-Międzyzdroje, 26-29 maja 2009

# awarie budowlane

---

Prof. PIOTR D. MONCARZ, Ph.D., [moncarz@exponent.com](mailto:moncarz@exponent.com)  
Consulting Professor, Stanford University  
Corporate Vice President Exponent<sup>®</sup>, USA

## NOWOCZESNE ZARZĄDZANIE PROJEKTEM BUDOWLANYM NIEZBĘDNYM ELEMENTEM JAKOŚCI, TERMINOWOŚCI I ZGODNEGO Z BUDŻETEM PRODUKTU

ADVANCED MANAGEMENT INDISPENSIBLE IN ASSURANCE OF QUALITY, TIME,  
AND BUDGET CONTROL OF CONSTRUCTION PROJECTS

**Streszczenie** Niniejszy referat przypomina ważką rolę awarii w rozwoju materiałów, systemów konstrukcyjnych i rozwiązań architektonicznych po to, aby pokazać jak wciąż ewoluujące budownictwo lądowe staje przed nowym ogromnym zadaniem wdrożenia nowego pokolenia materiałów, nowych metod projektowania, konstruowania oraz wykonawstwa. W tym coraz szybszym tempie wprowadzania usprawnień technologicznych zarządzanie projektem budowlanym przestaje być ekstrapolacją starych metod i wiedzą nabywaną przez doświadczenie, a staje się bardzo istotnym elementem procesu realizacji projektu. Referat pokazuje, jak tradycyjny dylemat projektu budowlanego: jakość i sprawność obiektu – koszt realizacji – tempo realizacji stają się tym bardziej istotne, gdy narzędzia informatyczne pozornie pozwalają na monitorowanie aktualnego stanu realizacji i kosztów po stronie zarządzania, jak również otrzymywania informacji o procesie podejmowania i wdrażania decyzji po stronie projektowania.

**Abstract** To start with this paper reminds us of important role failures of constructed facilities played in the development of new construction materials, structural systems, and architectural solutions. At the times of rapid evolution of the construction industry which is facing a daunting task of implementation of new generations of materials, new methods of analysis, design, and construction technologies, construction failures cannot be the milestones of changes and new solutions. In the ever increasing rate of technological change, project management can no-longer evolve through extrapolation based on experience of old proven methods, but rather it also has to undergo major changes to assure its elevation to the position of an integral part of the project development and execution. The paper shows how the principal conflict in the constructed facility project process, namely quality and performance of the constructed facility – cost of execution – and time of implementation, becomes even more pronounced, when information technology tools, only seemingly allow the monitoring of the actual execution progress of the project as well as cost-to-date, to collect and provide access to information about the decision process at the design stage, and at the construction planning phase, demands new tools to draw rapid conclusions from the data and to provide timely management decisions. Those tools have to be a part of modern engineering and construction education.

### 1. Wstęp

Referat sugeruje bliższą współpracę między wszystkimi kluczowymi stronami zaangażowanymi w realizację projektu i to od samego jego zarania aż do zakończenia. Tradycyjny model podwykonawców angażowanych tylko na czas konkretnych etapów projektowania lub wykonawstwa nie sprawdza się bowiem, gdy dopływ informacji wymaga, aby była ona

odbierana przez zespoły najbardziej predysponowane do jej zrozumienia. Tworzenie zespołów projektowych i wykonawczych, których członkowie pracują w różnych strefach geograficznych, językowych i kulturowych staje się normą w przypadku wielkich projektów czy to przemysłowych czy też komercyjnych. Szkolone dziś kadry następnego pokolenia profesjonalistów otrzymują zbyt małe przygotowanie do kreatywnego rozwoju tego konceptu. Uczelnie techniczne i szkoły zarządzania muszą podjąć to wezwanie jeśli ich ambicją jest przygotowywania liderów nowoczesnego przemysłu budowlanego.

## 2. Awarie i progres

Dziesięć spotkań mających na celu obniżenie prawdopodobieństwa awarii w obiektach budowlanych to ważny jubileusz dla polskiego budownictwa. Gdy ponad dwadzieścia lat temu rozpoczynałem mój kurs na Stanford University zatytułowany „Perforamce and Failure of Structures”, tylko garstka uczelni amerykańskich oferowała podobny przedmiot. Dziś trudno sobie wyobrazić, aby nauka budownictwa i inżynierii lądowej mogła się odbywać bez oparcia na przykładach niepowodzeń i błędów, a raczej bez uznania kolejnych etapów awarii i sprowokowanych przez nie poprawek systemowych jako części iteracyjnego procesu wprowadzania innowacji do naszej tak bardzo konserwatywnej dziedziny technologii i gospodarki.

Każda z dziedzin budownictwa posiada serię awarii, którym można by przypisać znaczący wkład do jej postępu. Prawdopodobnie po wielu katastrofach gotyckich katedr, które leżą u podstaw nowoczesnej statyki budowli, wiodącą rolę w rozwoju mechaniki budowli przejęły katastrofy w budownictwie mostowym. Rola, jaką mosty zaczęły odgrywać z rozwojem transportu kolejowego a później drogowego narzucała zapotrzebowanie na coraz odważniejsze rozwiązania z jednocześnie coraz mniejszym wyrozumieniem dla awarii tych kluczowych konstrukcji. I stąd też odważne ponad miarę układy kratownicowe, które zmusiły kolejne ulepszenia w dziedzinie modelowania statycznego układu nośnego mostu doprowadzając do perfekcji metody graficzno-numeryczne obliczania przepływu sił w tych pięknych konstrukcjach. I gdy już zdawało się nie było tajemnic w statyce tych układów, pojawił się dylemat zachowania indywidualnych elementów: stabilność na wyboczenie, wpływ imperfekcji na rozkład sił i stateczność elementu. Stąd też po kilku głośnych awariach końca XIX i początku XX wieku powrócono do pogłębiania wiedzy na temat zachowania i właściwości indywidualnych elementów konstrukcji budowlanej. Teoria elastyczności stała się podstawowym elementem wykształcenia dobrego inżyniera. Wielkie nazwiska drugiej połowy XIX-go i pierwszych dekad XX-wieku ukształtowały nasze spojrzenie na pojęcia sił wewnętrznych, odkształceń i ich kompatybilności.

Od stosunkowo przejrzystych układów konstrukcji stalowych wkroczyliśmy w erę budownictwa żelbetowego, a później betonu sprężonego. I znów od makro-modelowania współpracy betonu ze zbrojeniem zaczęliśmy przechodzić do coraz bliższego realności modelu odkształceniowego. Awarie Budowlane stały się forum wielu wykładów i dyskusji na ten temat awarii w pozornie poprawnie zaprojektowanych i wykonanych obiektach. To właśnie korozja zbrojenia spowodowana nadmierną szerokością rys narzuciła potrzebę zgłębienia wiedzy o przyczepności czy też przenoszenia sił stycznych między betonem i prętem zbrojeniowym. Z elektrowniami atomowymi pojawiło się zapotrzebowanie na konstrukcje żelbetowe i z betonu sprężonego o coraz dokładniej obliczanej wytrzymałości na siły powodowane obciążeniem zewnętrznym jak i siły wewnętrzne, np. spowodowane skurczem czy zmianami temperaturowymi. Wymagane obliczenia wytrzymałości na zmęczenie i na zniszczenie betonu wykraczające poza dotychczasowe siłowo-naprężeniowe modele. Zniszczenia w strefie kotwiącej coraz to smuklejszych mostów z betonu sprężonego narzuciły potrzebę dokład-

niejszych obliczeń strefy kotwienia, w tym dokładniejszego modelowania charakterystyk wytrzymałościowych u reologii betonu w dwu- i trój-wymiarowym stanie naprężeń.

Każdy z powyższych przykładów to tylko namiastka podobnych doświadczeń w geotechnice, w budowie tam ziemnych, monolitycznych tam betonowych, czy eleganckich tam powłokowych. Ogromna liczba awarii nowoczesnych systemów dostaw wody transportowanej wielokrotnie dziesiątki czy nawet setki kilometrów kanałami i rurociągami, czy też systemów odprowadzania i oczyszczania ścieków miejskich i przemysłowych wpłynęła na rozwój wiedzy skupionej na specyfice tych konstrukcji. Pojawiło się zapotrzebowanie na praktyczne zastosowanie wiedzy o mikroskopijnych charakterystykach zapraw cementowych.

Demograficzna eksplozja XX-wieku spowodowała wzrost liczby ludności na terenach sejsmicznie aktywnych. Tragiczne katastrofy XX-go wieku miast i osiedli zniszczonych często doszczętnie w konsekwencji trzęsienia ziemi zmusiły kraje o zaawansowanym systemie gospodarczym położone w okręgach wysokiej seismiki do intensywnych badań i tworzenia nowej gałęzi wiedzy „Earthquake Engineering”. Wyścig między ekspertami od modelowania zachowania się konstrukcji podczas trzęsienia ziemi<sup>1</sup>, ekspertami od zachowania elementów i systemów konstrukcyjnych, ekspertów od prognostyki trzęsień ziemi i związanej z nią stochastyki i wielu innych dziedzin złożył się na jedną z najszybciej się rozwijającej i do tego weryfikowanej w terenie (trzęsienia ziemi) gałęzi wiedzy nowoczesnego budownictwa. Bez wiedzy o siłach inercji i dynamice budowli, która powstała w rezultacie studiów inżynierii sejsmicznej, dzisiejsze drapacze chmur Chin, Tajlandii, czy Abu-Dubi byłyby nieosiągalnymi marzeniami projektantów.

Druga połowa XX-go wieku to dynamiczny rozwój mega-drapaczy chmur. Ich rozwój byłby niemożliwy, gdyby nie tysiące iteracji w konstrukcji lekkich fasad służących zarówno celom estetycznym jak i zapewniającym ochronę klimatyczną budynku. Każda iteracja wiązała się z potrzebą usunięcia niedoskonałości poprzedniego rozwiązania, a często jego awarii.

Dzisiejsze wymogi przyjaznego środowisku naturalnemu budownictwa narzucają już teraz i niewątpliwie przyniosą ze sobą nie tylko zapotrzebowanie na nowe materiały czy też typy budowli mieszkalnych, komercyjnych i przemysłowych, ale również na metody ewaluacji ich zachowania w świetle początkowych oczekiwań.

### **3. Redukcja sytuacji awaryjnych przy wdrażaniu radykalnie nowych metod zarządzania projektem**

Potrzeba jak najszybszej budowy nowoczesnej infrastruktury urbanistycznej i transportowej dla dynamicznie rozwijających się centrów zamieszkania, w tym tzw. Megapolis, dla rosnącej i migrującej w zawrotnym tempie populacji Ziemi, to coraz istotniejszy element budownictwa lądowego ostatnich i wielu następnych dekad. Stąd też budownictwo staje przed zadaniem nie tylko tworzenia nowych systemów i rozwiązań, lecz również wdrażania ich w sposób nacechowany wysoką efektywnością i prowadzący do dużej niezawodności tych systemów. Z tym procesem pojawia się nowe zadanie na miarę już dziś rutynowo rozwiązywanych problemów konstrukcji mostów o wielkich rozpiętościach, czy też odpornych na trzęsienia ziemi drapaczy chmur: jak budować szybciej, taniej i bardziej niezawodnie? Odpowiedź na to wyzwanie wymaga mutli-dyscyplinarnego wysiłku wykraczającego poza tradycyjne dziedziny inżynierii lądowej. Wszystkie elementy interakcji człowieka z technologią muszą zostać wprzęgnięte w to zadanie. Od construction management ze wszystkimi jego elementami, poprzez ekonomię, dokładne zrozumienie charakterystyk materiałów jak również

---

<sup>1</sup> Newmark

uformowanych z nich elementów konstrukcyjnych, do najnowszego dodatku do tej listy, czyli środowiskowego od kołyski po re-utylicację. Tylko pełne zaangażowanie środowisk wyższego wykształcenia, środowisk badawczych i liderów przemysłu budowlanego może dać efekt szybkiej restrukturyzacji metod zarządzania projektem od koncepcji planistycznej po oddanie obiektu użytkownikowi. Powstające modele tworzenia takich klastrów nowego pokolenia projektów budowlanych będzie elementem prezentacji referatu.