

# INNOWACJE BUDOWLANE

**Piotr D. Moncarz Ph.D., P.E., NAE**  
Adjunct Professor, Stanford University;  
Senior Fellow, Exponent Inc.

Jesteśmy skazani na innowacyjne budownictwo. Które z dzisiejszych eksperymentów staną się regułą w przyszłości, a które będą pamiętane jako nieudane próby na oryginalność, trudno dziś powiedzieć. Budownictwo to podstawowa dziedzina tworzenia warunków rozwoju nowych miast i światowych metropolii, infrastruktury transportowej i przemysłowej, a te rozwijają się w zawrotnym tempie wraz z kolejnymi fazami definiowanymi przełomowymi technologiami z jednej strony i nowymi strukturami socjalnymi z drugiej. Aby za nimi nadążyć, musimy również być innowacyjni, a nawet gotowi na ryzyko wdrażania przełomowych, a zatem jeszcze nie w pełni „gwarantowanych” rozwiązań.

Szklane domy są tak bardzo widocznym i zachwycającym przykładem innowacyjności budownictwa kreowanego przez współpracę wiedzy i talentu architekta, inżynierów i technologów budownictwa. A przecież innowacji budowlanych nie dostrzeganych przez świat zewnętrzny jest co niemiara. Betony samozagęszczające [8], cementy produkowane z wielokrotnym obniżeniem produkcji CO<sub>2</sub>, betony przewodzące światło, pochłaniające CO<sub>2</sub>, szalunki usuwalne bez usuwania podparcia młodej konstrukcji, systemy monitoringu obciążenia mostów i ich reakcji, budynki produkowane w systemie prefabrykacji osiągającej tolerancje produktu przemysłowego – oto krótka lista kilku przykładów innowacji budowlanych. Istnieje jeszcze lamus rozwiązań, które odeszły w zapomnienie, ponieważ zastosowano je przedwcześnie, gdy system projektowania, produkcji, montażu czy też monitorowania nie był jeszcze gotów na wymogi takiego rozwiązania. Przykładem może być choćby *lift-up-construction*, metoda, w której odlane jedna na drugiej żelbetowe lub sprężone płaskie stropy „wciągano” na właściwy poziom, używając poprzednio postawionych słupów i zamontowanych na ich szczycie lewarów. Trudności operacyjne tudzież niedopracowany system zabezpieczenia zamocowań podciągów w płycie doprowadziły do kilku katastrof z najbardziej znaną z L’Ambiance Plaza w Bridgeport, Connecticut, doprowadziły również do zarządzeń regulacyjnych, które praktycznie usunęły z rynku tę znakomitą, innowacyjną metodę budowy wysokich budynków biurowych i mieszkalnych [21]. Królujące w budownictwie okręgów sejsmicznych spawane konstrukcje ramowe popadły w niełaskę po trzęsieniu ziemi Northridge w Południowej Kalifornii, gdy okazało się, że węzły połączeń słupów z ryglami podatne są na pęknięcia spowodowane defektem inżyniersko-materiałowym [19, 20].

## Niezwykłe koncepcje innowacji budowlanych

Cóż motywowało Gaudiego w jego niezwykłych formach, które uciekają od natural-

nego przepływu sił? A jeszcze do niedawna bożyszcze nowoczesnych form betonowych Le Corbusier tworzył budowle niezwykle oryginalne, lecz odrzucone jako forma przez architektów i jako system nośny przez inżynierów i konstruktorów. Jakże wspaniałym wyjątkiem jest w tej walce o oryginalność Wacław Zalewski, znany jako twórca odporne go na zmiany mód estetyki architektonicznej Spodka katowickiego, zaś w świecie jako jeden z ojców nowoczesnego drapacza chmur. Chyba jednak najbardziej widocznym obszarem eksperymentu budowlanego były od zarania dziejów mosty [24]. Od najwcześniejszych rozwiązań „kładkowych” poprzez łukowe zmieniane i rozwijane od czasów rzymskich po XXI wiek, wiszące, sprężone, samosprężające, wstążkowe i wantowe. A przecież dopiero zaczynamy nieśmiało wchodzić w erę włókien węglowych, białkowych, nowych materiałów konstrukcyjnych [5], metod zabezpieczania ich przed przedwczesnym starzeniem, efektami zmęczenia czy też wysokimi temperaturami pożaru.

## Trendy rozwojowe w budownictwie

Zapewne bezpieczne będzie założenie, że projektowanie i przygotowanie obiektu budowlanego do konstrukcji jest w stadium rewolucji wniesionej przez informatyczne połączenie skodyfikowanej wiedzy inżynierskiej, nowoczesnych metod obliczeniowych i inteligentnych baz danych pozwalających na bieżącą koordynację równoległe wnoszonych do projektu przez różnych partycypatorów zmian w geometrycznej przestrzeni trójwymiarowej i w przestrzeni kosztu oraz czasu wykonania [26]. To, czym były skromne początki BIM-u, staje się dziś narzędziem równym lub lepszym od tego stosowanego przez projektantów i producentów megasystemów wielkich samolotów, łodzi podwodnych czy też skomplikowanych układów robotyki przemysłowej. A że trend ten jest nie tylko fascynujący i otwierający nowe potencjały rozwoju, daje się udowodnić na podstawie dotychczasowych doświadczeń. Że trend ten jest nie-



Fot. arch. PERI

zbędny, dostrzeżemy, patrząc na skutki niedoskonałego panowania nad ceną i harmonogramem w przypadku wielkich przedsięwzięć budowlanych, takich jak innowacyjne przedsięwzięcia mostowe, elektrownie jądrowe, przenoszenie transportu miejskiego do tuneli mieszczących się pod ulicami.

### Zaproponujmy własne innowacje

Czy zdanie „świata nie dogonimy, zaproponujmy własne innowacje” [2] może być prawdziwe w odniesieniu do polskiego budownictwa? W erze powszechnego dostępu do wszelkiej generowanej wiedzy naukowo-

-badawczej i informacji o wynikających z niej produktów nie ma potrzeby gonienia kogokolwiek. Punktem wyjściowym rozwoju musi być najlepszy poziom istniejący w dziedzinie czy w zagadnieniu, którym się zajmujemy. Śmieszne byłoby powtarzanie pierwszych kroków garażowej firmy Tesla przy rozwoju nowego samochodu elektrycznego. Równie śmieszne byłoby wymyślanie „od nowa” wieżowcowego „szklanego domu” i tutaj widzimy, jak świetnie potrafił zaadaptować istniejące rozwiązania polski przemysł budowlany. Imponujące budowle pojawiają się już w każdym mieście Polski, z rozwiązaniami opartymi na wiedzy zdobywanej przez B+R oraz z lekcji błędów i pomyłek światowych innowatorów. I tu pojawia się szansa dla polskich naukowców i inżynierów. Przecież przyprowadzają o dumę polskie firmy wdrażające do swych usług oferowanych poza granicami Polski technologie rozwijane w polskich laboratoriach i instytutach badawczych, że wymienniej techniki wzmacniania konstrukcji i rehabilitację po uszkodzeniach sejsmicznych, systemu wsparcia szyn w transporcie miejskim obniżającym hałas i wstrząsy, ulepszenia systemowego w światowej klasy produktach szalunków i rusztowań. Tylko takie podejście, wykorzystujące w pełni globalność

REKLAMA

 SOS WIOSKI  
DZIECIĘCE

# SZUKAMY RODZICÓW SOS

Zostań zastępczym rodzicem SOS w Wiosce Dziecięcej. Tutaj opuszczone i osierocone dzieci znajdują swój nowy dom i rodzinę. Pomóż zastąpić niezastąpionych.

Dowiedz się więcej na [www.rodzicesos.org](http://www.rodzicesos.org) lub zadzwoń 22 460 92 51

Partner medialny





Fot. arch. Strabag

Pierwsza świecąca ścieżka rowerowa w Polsce. Technologia wdrożona przez laboratorium TPA w Pruszkowie. Na zlecenie Zarządu Dróg Wojewódzkich w Olsztynie Spółka Strabag zrealizowała testowy odcinek ścieżki rowerowej, która nocą oddaje nagromadzone światło słoneczne i świeci w ciemności. Innowacyjny odcinek ma 100 m długości i 2 m szerokości, jego wykonanie trwało cztery dni i kosztowało 120 tys. zł netto. Ścieżka rowerowa powstała w okolicach Lidzbarka Warmińskiego i stanowi pierwsze tego typu przedsięwzięcie w Polsce.

wiedzy i technologii, pozwoli Polsce być poważanym partnerem globalnego rynku, a ten obejmuje również polskie mosty, tunele, samowystarczalne energetycznie budynki mieszkalne i biurowe, infrastrukturę budowlaną instalacji przemysłowych. Polska myśl techniczna, otwarta na świat bez żadnych politycznych i pseudopatriotycznych ograniczeń, mocno już dziś powiązana z ekonomią rynku jakości i wartości dodanej, daje Polsce szansę na poczesne miejsce w światowym rankingu innowacyjnego budownictwa. ■

Artykuł powstał na bazie referatu wygłoszonego podczas 63. Konferencji Naukowej KILIW PAN oraz KN PZITB „KRYNICA 2017”. Autor kieruje szczególne podziękowania do prof. Lecha Czarneckiego.

**Abstract. Construction innovations.** Based on the Silicon Valley experience, a definition of innovation and its specific nature as related to construction engineering is presented. The roots of building innovation, significance of innovation in construction, and assessment of risk related to the introduction of innovation in construction are discussed. The virtually unlimited potential of IT tools is highlighted; the BIM is presented as an integrator of technical knowledge, project management, and multi-dimensional digital modelling of the design and construction process. The goal of sustainable development remains superior to all other than life-safety and functionality requirements. The quest for scientific and technical excellence in construction is a complex process requiring new ways of delivering the university curriculum. Examples of contemporary construction engineering innovations are presented, with the emphasis on the need for bold adaptations of innovative concepts. It is hard to say which of the experiments will in the future be adopted as standards

and which will be remembered as attempts at originality? Regardless, construction engineering has been innovative and is doomed to continue to be innovative.

**Keywords:** construction engineering innovation, Silicon Valley, development of construction engineering, sustainable development

#### Bibliografia

- [1] Burton Henry V., Deierlein Gregory, Lallemand David and Lin Ting (2016), "Framework for Incorporating Probabilistic Building Performance in the Assessment of Community Seismic Resilience". JSE, 142(8), ASCE p.C4015007.
- [2] Chorowski Maciej, „Świata-nie-dogonimy, zaproponujmy-wlasne-innowacje” wywiad do „Pulsu Biznesu”, 05.10.2016.
- [3] Czarnecki Lech, Kaproń Marek: "Sustainable construction as a research area"; International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, 99-106, 2010.
- [4] Czarnecki Lech; Van Gemert D., "Scientific basis and rules of thumb in civil engineering: conflict or harmony?" Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences, 4/64, 665-673.
- [5] Czarnecki Lech, Sokolowska J.J., "Material model and revealing the truth", Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences, 1/63, 7-14.
- [6] Fruchter Renate, Schrottenboer Tim, Luth Gregory P., "From Building Information Model to Building Knowledge Model", Proceedings, International Workshop on Computing in Civil Engineering, 2009.
- [7] Kaszyńska Maria, "Effect of curing conditions on mechanical properties of high-performance concrete and self-consolidating concrete" – RILEM Proceedings PRO 46, "Concrete Durability and Service Life Planning (ConcreteLife 06)", 2006.
- [8] Kaszyńska Maria, "Effect of aggregate mix composition on light-weight self consolidating concrete", 6-th International RILEM Symposium on SCC and 4th North American Conference on the Design and Use of SCC, SCC2010 Montreal, 26-29 sept. 2010.
- [9] Krawinkler Helmut, Deierlein Gregory G. (2014), "Challenges Towards Achieving Earthquake Resilience Through Performance-Based Earthquake Engineering", Chapter 1 of Performance-Based Seismic Engineering: Vision for an Earthquake Resilient Society, M. Fischinger, Ed., Springer, ISBN 978-94-017-8874-8.
- [10] Lepech Michael D., Geiker M., Michel A. and Stang H. (2016), "Probabilistic Design and Management of Sustainable Concrete Infrastructure Using Multi-Physics Service Life Models", First International Confe-

- rence on Grand Challenges in Construction Materials. Eds. Bauchy, M., Sant, G.N., and DeShazo, J.R. March 17-18, 2016. Los Angeles, California, USA.
- [11] Lepech Michael D., Geiker M., Stang H., "Probabilistic design and management of environmentally sustainable repair and rehabilitation of reinforced concrete structures", Cement and Concrete Composites 47:19-31, 2014.
- [12] Liel Abbie B., Deierlein Gregory G., "Using Collapse Risk Assessments to Inform Seismic Safety Policy for Older Concrete Buildings," Earthquake Spectra, 28(4), 1495-1521, 2012.
- [13] Liel Abbie B., Deierlein Gregory G., "Cost-Benefit Evaluation of Seismic Mitigation Alternatives for Older Reinforced Concrete Frame Buildings", Earthquake Spectra, 29(4), 1391-1411, 2013.
- [14] Luth Gregory P., "VDC and the Engineering Continuum", Journal of Construction Engineering and Management, Volume 137, Issue 10, 906-915. October 2011.
- [15] Luth Gregory P., "Dramatic Cost and Schedule Control & Reduction, Using HD BIM, Complete Design, Case Studies", BIM Conference 2017.
- [16] Moncarz Piotr D., Bishop Cliff D., "The San Francisco-Oakland Bay Bridge: Innovation or blunder?", Proceedings, Awarie Budowlane, 27th Engineering Conference on Construction Failures, Szczecin – Międzyzdroje, Poland, May 20–23, 2015.
- [17] Moncarz Piotr D., Krstulovic-Opara Neven, "Tougher concrete structures for LNG facilities. Project Facilities and Construction, Society of Petroleum Engineers; 1(2), June 2006.
- [18] Moncarz Piotr, Emami Neysan, Wren Jon, "Micro-biological attack on deep foundation concrete"; Proceedings, 9th Internat. Conference on Piling and Deep Foundations, Nice, France, June 2002.
- [19] Moncarz Piotr, McDonald Brian, Caligiuri Robert, "Earthquake failures of welded building connections"; Proceedings, 6th Pan-American Congress of Applied Mechanics and 8th International Conference on Dynamic Problems in Mechanics, Applied Mechanics in the Americas, Vol. 7, Rio de Janeiro, Brazil, January 4–8, 1999.
- [20] Moncarz Piotr, McDonald Brian, Caligiuri Robert, "Earthquake failures of welded building connections", International Journal of Solids and Structures, Elsevier Science Ltd.; 38:2025–2032, January 2000.
- [21] Moncarz Piotr, Lahnert Brant, Hooley Roy, Osteraas John, "Analysis of stability of L'Ambiance Plaza lift-slab towers", American Society of Civil Engineers Journal of the Performance of Constructed Facilities, Vol. 6, No. 4; 232–245, November 1992.
- [22] Noakowski Piotr, Lahne Jense, Rost Marcus, "Innovative Strengthening of an Old Concrete Chimney", CICIND Report, 84th CICIND Conference, Gdansk, September 2015.
- [23] Noakowski Piotr, Harling Andreas, "The crack width prediction, Background, Method, Reliability, Appliance", CICIND Report, Spring Meeting 2017, Singapore.
- [24] Nowak Andrzej S.; Latsko Olga, "Revised load and resistance factors for AASHTO LRFD Bridge Design Specifications", PCI Journal, May-June 2017.
- [25] Radlinski Mateusz, Harris Nathan and Moncarz Piotr, "Sustainable concrete: impacts of existing and emerging materials and technologies on the construction industry", Proceedings, 2011 Architectural Engineering National Conference, Oakland, CA, March 30–April 2, 2011.
- [26] Staub-French S., Khanzode A., "3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned", ITCON, 12, 381–407, 2007.
- [27] Swensen Scott, Bishop Cliff, Moncarz Piotr D., "Risk-Based Analysis for Life-Safety Decisions", Proceedings, Awarie Budowlane, 28th Engineering Conference on Construction Failures, Szczecin – Międzyzdroje, Poland, May 22-26, 2017.
- [28] Tatum C.B., "Core Elements of Construction Engineering Knowledge for Project and Career Success", Journal of Construction Engineering and Management. 137(10), 745-750, 2011.