

mgr inż. Tomasz Howiacki^{1*)}
mgr inż. Błażej Legut²⁾

Konstrukcje żelbetowe: od deski kreślarskiej do praktycznego wykorzystania technologii BIM

*Reinforced concrete structures: from drawing board to practical
application of BIM technology*

DOI: 10.15199/33.2016.02.17

Streszczenie. Wykorzystanie komputerowych możliwości tworzenia dokumentacji wykonawczej konstrukcji budowlanych w programach CAD, ze względu na wiele zalet, takich jak czytelność czy możliwość łatwej edycji, skutecznie wyparło dotychczasowe rysunki tworzone w sposób odręczny. Kolejnym, bardzo ważnym krokiem do usprawnienia tego procesu oraz obecnym wyzwaniem, które stoi przed inżynierami i informatykami, jest wprowadzenie do powszechnego stosowania BIM, czyli modelowania informacji o budynku. W artykule przedstawiono nowe możliwości dotyczące analizy i tworzenia dokumentacji rysunkowej konstrukcji żelbetowych z wykorzystaniem integracji kilku programów, których celem jest przede wszystkim skrócenie czasu wykonywania rysunków oraz minimalizacja ryzyka popełnienia błędów.

Słowa kluczowe: technologia BIM, konstrukcje żelbetowe.

Abstract. Application of computer's possibilities to create executive documentation of building structures on the basis of CAD solutions, because of its many advantages such as clarity and the ability of easily edition, effectively supplanted the drawings created by hand. The subsequent, very important step on the way to improve this process and present challenge for engineers and IT specialists - is the widespread introduction of technology called building information modeling BIM. The article presents new opportunities for designers within the analysis and creation of drawing documentation of reinforced concrete structures, using the integration of several programs, which aim is primarily to reduce the duration of drawing and to minimize the risk of errors.

Keywords: BIM technology, reinforced concrete structures.

George E. P. Box, jeden z największych umysłów XX wieku związanych z rozwojem statystyki matematycznej, powiedział kiedyś: *Właściwie wszystkie modele są złe, ale niektóre mogą być użyteczne.* Zdanie to jest szczególnie istotne w dobie komputerów, które pozwalają na wykonywanie obliczeń i symulacji nawet bardzo skomplikowanych zagadnień. Powinno ono zawsze towarzyszyć inżynierom budowlanym.

Współcześnie, dzięki intensywnemu rozwojowi inżynierii lądowej, narzędzi matematycznych oraz ogólnie technologii informatycznych, zastosowanie w rozwiązywaniu praktycznych problemów inżynierskich znalazły programy wykorzystujące metodę elementów skończonych MES. Dostarczyła ona niespotykanych dotychczas możliwości symulowania pracy różnego rodzaju obiektów budowlanych i innych nietypowych zagadnień. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że ostateczna interpretacja wyników, a przede wszystkim odpowiedzialność za podejmowane decyzje, leży zawsze po stronie inżyniera.

¹⁾ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej

²⁾ BIM Service

^{*} Autor do korespondencji:
e-mail: howiacki.tomasz@gmail.com

Sama analiza statyczno-wytrzymałościowa konstrukcji nie wystarczy jednak do jej wykonania. Konieczne jest przygotowanie obszernej dokumentacji obejmującej m.in. rysunki konstrukcyjne, zestawienia materiałowe, harmonogramy prac i kosztów. Integracja modelu analitycznego z narzędziami umożliwiającymi automatyzację procesu tworzenia dokumentacji daje wiele korzyści, ale także wyzwań technicznych i informatycznych. W ostatnich latach coraz częściej obserwuje się dążenie do zapewnienia współpracy pomiędzy programami realizującymi różne funkcje, np. modelowanie, obliczenia statyczne, wymiarowanie, rysowanie itd.

BIM przełomem w modelowaniu konstrukcji żelbetowych?

Przełomowym etapem na drodze do usprawnienia procesu tworzenia dokumentacji rysunkowej oraz wyzwaniem, które stoi przed inżynierami i informatykami, jest wprowadzenie do powszechnego stosowania tzw. modelowania informacji o procesie budowania (ang. Building Information Modeling – BIM). Podejście to polega na stworzeniu kompleksowego, przestrzennego modelu konstrukcji, na którym pracować mogą przedstawiciele wszystkich branż zaangażowanych w proces budowlany [3]. Pojęcie BIM odnosi się również do modelowania ja-

ko procesu twórczego, w którym dane o konstrukcji generowane są i wykorzystywane na każdym etapie funkcjonowania inwestycji: począwszy od projektu, przez realizację, eksploatację, a na rozbiórce kończąc. Te same informacje w tym samym czasie powinny być dostępne dla wszystkich osób zaangażowanych w proces inwestycyjny dzięki zastosowaniu interoperacyjnych rozwiązań informatycznych [1]. Takie podejście usprawnia także organizację i kontrolę inwestycji przez tworzenie harmonogramów, zestawień materiałowych, wymianę informacji o składnikach aktywów oraz zarządzanie zasobami. W dalszej części artykułu omówiono elementy technologii BIM, istotne przede wszystkim z punktu widzenia projektanta konstrukcji żelbetowych.

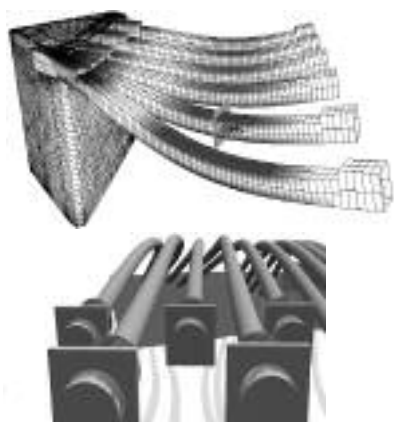
Współczesne narzędzia projektanta konstrukcji żelbetowych

Projektanci i wykonawcy konstrukcji żelbetowych dysponują obecnie dużą liczbą programów do tworzenia rysunków, modelowania geometrycznego obiektów, analizy statyczno-wytrzymałościowej oraz wymiarowania elementów konstrukcyjnych, a także różnego rodzaju modułami, umożliwiającymi tworzenie rysunków, harmonogramów czy zestawień. Szczególnie istotna jest

możliwość wykonywania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych na przestrzennym modelu konstrukcji, generowania na ich podstawie trójwymiarowego modelu zbrojenia zgodnego z wynikami obliczeń i stosowanymi normami (rysunek 1), a następnie tworzenia dwuwymiarowej dokumentacji, obejmującej zarówno zestaw rysunków technicznych, jak i wszystkie niezbędne zestawienia materiałowe związane z objętością betonu czy też stosowanymi prętami zbrojeniowymi. Automatyzacja projektowania i wykonywania konstrukcji żelbetowych powoduje:

- skrócenie czasu realizacji obiektu, szczególnie w przypadku dużych inwestycji;
- poprawę jakości dokumentacji (usprawnienie procesu zarządzania budową);
- minimalizację ryzyka popełnienia błędów (np. wykrywanie kolizji, automatyczne numeracje i zestawienia prętów zbrojeniowych, ograniczenie liczby danych i możliwości ich zdublowania, integracja modelu z poszczególnymi rysunkami);
- łatwość edycji i wprowadzania poprawek;
- optymalizowanie zużycia materiałów, a przez to minimalizowanie kosztów.

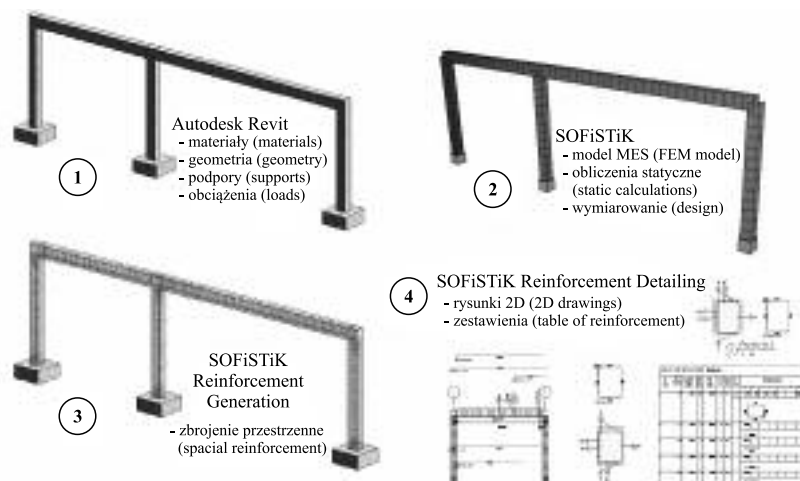
W procesie projektowania konstrukcji żelbetowych wg technologii BIM mamy do czynienia z pełnym przepływem informacji pomiędzy poszczególnymi etapami począwszy od definiowania geometrii i obciążeń, przez wykonywanie obliczeń i wymiarowanie, a na wizualizowaniu i tworzeniu dwuwymiarowych rysunków zbrojenia kończąc.



Rys. 1. Fragment modelu MES belek transferowych w budynku nad tunelem, wykonany w programie SOFiSTiK, umożliwiający generację trójwymiarowego zbrojenia i dokumentacji rysunkowej 2D oraz wizualizacja rozmieszczenia zakotwień [4]

Fig. 1. Part of FEM model of transfer beams in the building above the tunnel, made in the SOFiSTiK, which enables the generation of three-dimensional reinforcement and 2D documentation, and visualization of anchors distribution [4]

Na rysunku 2 zaprezentowano przykład ramy żelbetowej, którą zaprojektowano z wykorzystaniem pełnej integracji pomiędzy czterema programami. Model analityczny konstrukcji, polegający na zdefiniowaniu materiałów, geometrii, warunków brzegowych oraz schematów obciążeń, wykonano w programie Autodesk Revit. Następnie bazę danych wyeksportowano do programu SOFiSTiK, w którym przeprowadzono obliczenia statyczne w zakresie liniowo-sprężystym zgodnie z metodą elementów skończonych.



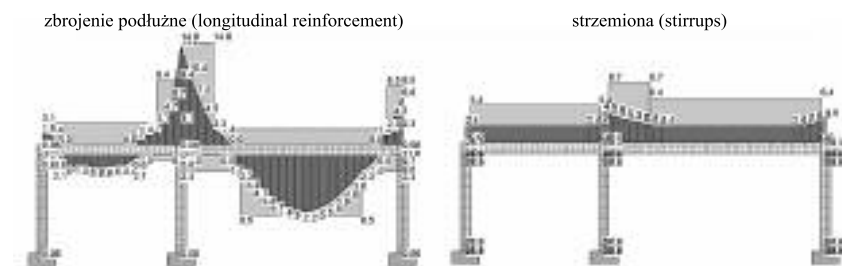
Rys. 2. Przykład integracji programów wykorzystujących elementy technologii BIM: Autodesk Revit → SOFiSTiK FEM → SOFiSTiK Reinforcement Generation → SOFiSTiK Reinforcement Detailing

Fig. 2. The example of software integration using elements of BIM technology: Autodesk Revit → SOFiSTiK FEM → SOFiSTiK Reinforcement Generation → SOFiSTiK Reinforcement Detailing

W kolejnym kroku wykonano superponowanie wyników zgodnie z zasadami kombinatoryki oraz obliczenia wymaganego pola zbrojenia belek i słupów. Istnieje także możliwość analogicznej analizy m.in. stóp fundamentowych i innych elementów konstrukcyjnych. Zaktualizowaną bazę danych ponownie przesłano do programu Revit. Z tego poziomu uruchomiono program SOFiSTiK Reinforcement Generation, dzięki któremu wygenerowano przestrzenne zbrojenie ramy, uwzględniające przyjęte w ustawieniach reguły związane m.in. ze stosowanymi średnicami, maksymalnymi rozstawami czy też sposobem rozmiesz-

czenia prętów w konstrukcji. W ostatnim etapie, przy wykorzystaniu programu SOFiSTiK Reinforcement Detailing, utworzono dwuwymiarowe rysunki obejmujące m.in. wybrane przekroje poprzeczne i podłużne oraz tabelaryczne zestawienie zastosowanych prętów zbrojeniowych.

Ciekawym rozwiązaniem umożliwiającym minimalizowanie ryzyka popełnienia błędów, ale także optymalizowanie konstrukcji, jest wizualizowanie zastosowanego zbrojenia. Na rysunku 3 przedstawiono



Rys. 3. Plość zbrojenia zapewnionego na tle zbrojenia wymaganego pozwala w łatwy sposób zidentyfikować istotne błędy [SOFiSTiK Reinforcement Generation]

Fig. 3. Provided Reinforcement against the required reinforcement allows for easily identification of significant errors [SOFiSTiK Reinforcement Generation]

Trudności i wyzwania

W przypadku narzędzi wykorzystujących elementy technologii BIM, stosowanych w modelowaniu konstrukcji żelbetowych, jednym z podstawowych problemów, nad którego rozwiązaniem trwają intensywne prace, jest zautomatyzowanie i zoptymalizowanie generowania przestrzennego zbrojenia węzłów konstrukcyjnych oraz innych miejsc nietypowych. Obecnie nie istnieje na rynku narzędzie, które nie wymagałoby kontroli i wprowadzania ręcznych poprawek przez inżyniera.

Mimo wielu zalet technologii BIM należy także zwrócić uwagę na obecne trudności i ograniczenia związane z jej stosowaniem, takie jak [7]:

- brak standardów i szczegółowych zasad współpracy w ramach tworzenia wspólnego modelu pomiędzy poszczególnymi uczestnikami procesu budowlanego;
- konieczność poniesienia nakładów finansowych na zakup odpowiedniego zaplecza programowo-informatycznego;
- konieczność przeszkolenia kadr, a także dostosowanie programów nauczania uczelni wyższych do odpowiedniego przygotowania merytorycznego studentów [5];

■ rzetelne uświadamianie urzędników i uczestników procesu budowlanego o korzyściach i ograniczeniach BIM.

Dzięki potencjalnym korzyściom wynikającym ze stosowania technologii BIM, warto podjąć wysiłek naukowy i inżynierski mający na celu zminimalizowanie pojawiających się ograniczeń.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono, na przykładach dostępnego oprogramowania, współczesne narzędzia umożliwiające projektantom sprawne obliczanie i wymiarowanie konstrukcji żelbetowych. Jest to zalety drobna składowa w całej, interdyscyplinarnej koncepcji modelowania informacji o budynku, ale niezwykle cenna dla inżyniera budowlanego. Inżynierska intuicja, dotychczasowe zastosowania, ale także uregulowania prawne Unii Europejskiej i rządów niektórych państw [2, 6, 8] wskazują, że rozwój technologii BIM oraz jej powszechne zastosowanie w budownictwie są tylko kwestią czasu. Współcześnie prym w tej kwestii wiedzie Wielka Brytania, w której od 2016 r. we wszystkich inwestycjach realizowanych w ramach zamówień publicznych musi być wykorzystywana technologia BIM. Dzięki temu

do 2025 r. planowane jest m.in. zmniejszenie ich kosztów o 33% oraz całkowitego czasu realizacji o 50% [6].

Literatura

- [1] Adamus Łukasz. 2012. „Modelowanie Informacji o Budynku (BIM) – Podstawy Teoretyczne”. Prace Instytutu Techniki Budowlanej – Kwartalnik 4 (164).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zamówień publicznych, uchylająca dyrektywę 2004/18/WE, Strasburg, 26 lutego 2014 r.
- [3] Foremny Andrzej. 2013. „Wykorzystanie BIM w fazie wykonawczej przedsięwzięć budowlanych”. *Materiały Budowlane* 496 (12): 82 – 83.
- [4] Legut Błażej. 2014. „Alternatywne rozwiązanie belek transferowych w budynku nad tunelem w centrum Warszawy z wykorzystaniem technologii BIM”. Politechnika Krakowska. Praca magisterska. Kraków.
- [5] Miecznikowski Piotr. 2013. „Edukacja dotycząca zintegrowanego projektowania i wykorzystania technologii BIM”. *Materiały Budowlane* 495 (11): 122 – 123.
- [6] Miecznikowski Piotr. 2014. „BIM – wyzwania w obszarze Prawa budowlanego oraz Ustawy o zamówieniach publicznych”. *Materiały Budowlane* 499 (3): 64 – 65.
- [7] Mikulicz-Traczyk Barbara. 2014. „Projektowanie przyszłości – czyli co z tym BIM-em?” Inżynier Budownictwa 13.05.2014.
- [8] NBS National BIM Report 2015.

Przyjęto do druku: 07.01.2016 r.

Powstał Polski Klaster Eksporterów Budownictwa

2 grudnia 2015 r. odbyła się w Warszawie uroczysta inauguracja działalności Polskiego Klastra Eksporterów Budownictwa, który powstał z inicjatywy firm budowlanych z polskim kapitałem, chcących rozwinąć działalność poza granicami naszego kraju. Jak stwierdził podczas uroczystości **Jan Mikołuszko** – prezes Zarządu Klastra, *obecnie polski rynek budowlany należy do najlepszych w Europie – trwają wielkie projekty infrastrukturalne, jest boom na mieszkania, powstają obiekty użyteczności publicznej. Z nowego budżetu Unii Europejskiej tylko na inwestycje infrastrukturalne przewidziano w najbliższych latach ok. 162 mld zł. Ten stan nie potrwa jednak długo. Jak stwierdził prezes Mikołuszko, za kilka lat firmy budowlane będą miały kłopoty z pozyskaniem nowych kontraktów na polskim rynku, ponieważ: zakończy się program budownictwa infrastrukturalnego; nie będzie dopływu nowych funduszy na inwestycje z Unii Europejskiej; zostaną zaspokojone podstawowe potrzeby mieszkaniowe społeczeństwa, a sytuacja demograficzna sprawi, że nie będzie popytu na nowe mieszkania.*

W związku z tym już obecnie polskie firmy powinny zacząć się przygotowywać do eksportu usług budowlanych. Aby wejść na obecne rynki, trzeba jednak mieć odpowiedni potencjał kadrowy, finansowy i organizacyjny. Łatwiej go uzyskać dzięki współpracy z firmami o podobnej strategii rozwoju, dlatego też postanowiono utworzyć Polski Klaster Eksporterów Budownictwa. Jak stwierdził prezes Mikołuszko, obecnie potencjał krajowych firm budowlanych jest niewielki i nawet w Polsce największe i najważniejsze kontrakty są dla nich trudno osiągalne m.in. z powodu małego kapitału własnego. Wygrywają je na ogół międzynarodowe koncerny, które na rynkach eksportowych korzystają m.in. ze wsparcia swoich rządów i banków.

Członkowie Klastra będą wymieniać się doświadczeniami i wiedzą, a także wspólnie prezentować swoje możliwości dużym zagranicznym zleceniodawcom i wspólnie działać w sytuacji, gdy samodzielnie nie miałoby szans na odniesienie sukcesu. Mimo że obecnie eksport polskich usług budowlanych stanowi tylko nieco powyżej 3% produkcji budowlano-montażowej, a więc praktycznie nie istnieje, to niemal wszyscy członkowie Klastra świadczą usługi za granicą. Były to na ogół małe i średnie kontrakty, ale doświadczenie i wiedza, którą zdobyli, to dobry fundament do rozwoju współpracy między firmami, składania wspólnych ofert i zdobywania lepszych i większych kontraktów na rynkach eksportowych.

Do Polskiego Klastra Eksporterów Budownictwa na etapie założycielskim przystąpiło 16 firm z całej Polski, które m.in. budują obiekty kubaturowe i prowadzą inwestycje infrastrukturalne na kolei, dostarczają szalunki czy wielkogabarytowe, specjalistyczne konstrukcje stalowe, a także firmy specjalizujące się w instalacjach sanitarnych, elektrycznych i teletechnicznych. Są to firmy: Elektrotim, F. B. I. Tasbud, Instal Białystok, JP Contracting, Palisander, PBG, Pol-Inowex, SEEN Holding, SN Strukton, Termika, Tines, Torpol, Unibep, Vistal Gdynia oraz Dorbud i Zeus z Grupy Elektrotim.

Sila jest w grupie – powiedział podczas inauguracji działalności Polskiego Klastra Eksporterów Budownictwa **Tomasz Szuba** – prezes Zarządu Tines Capital Group S. A., przewodniczący Rady Eksporterów Budownictwa – *a obecni członkowie tego stowarzyszenia zatrudniają przeszło 5500 osób, w tym ok. 1000 pracujących za granicą w kilkudziesięciu krajach świata.*

W I kwartale 2016 r. ma się odbyć kongres programowy Klastra, podczas którego zostaną określone m.in. zasady współpracy członków i kierunki ekspansji zagranicznej. **(kw)**