Oryginalny artykuł naukowy

mgr inż. Andrzej Szymon Borkowski[1)]

Model analityczny w technologii BIM

Analytical model in BIM technology

DOI: 10.15199/33.2017.08.59

Streszczenie. Aplikacje na bazie technologii BIM umożliwiają jednoczesne tworzenie modelu fizycznego i analitycznego w procesie projektowania budynków i/lub budowli. Podczas projektowania elementów fizycznych, takich jak stropy, belki, słupy, ściany, powstają elementy analityczne obiektów. W trakcie zmian projektu model analityczny można automatycznie aktualizować wraz z modelem fizycznym lub manualnie modyfikować. Powstały w ten sposób model analityczny może zostać wykorzystany do dalszych obliczeń stateczno-wytrzymałościowych. W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania aplikacji Revit do pracy z modelami analitycznymi hal i obiektów przemysłowych.

Słowa kluczowe: model analityczny; technologia BIM; konstrukcje stalowe; konstrukcje żelbetowe.

Abstract. BIM technology and BIM applications allows creation physical and analytical model in the design of buildings. When designing physical elements such as ceilings, beams, columns, walls etc. are also formed the analytical elements of these objects. During project changes, the analytical model can be automatically updated with the physical model or manually modified by the designer. The analytical model can be used for further stability calculations. The paper presents the possibilities of using Revit applications to work with analytical models of halls and industrial buildings.

Keywords: analytical model; BIM technology; steel structures; reinforced concrete structures.

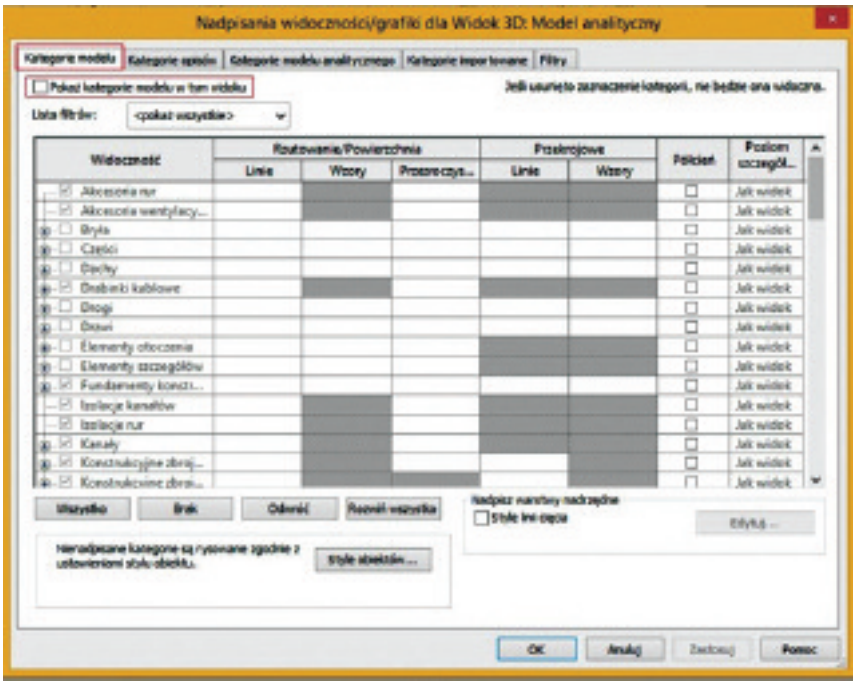
Od wielu lat obserwujemy rosnącą popularność technologii BIM w procesie projektowania architektury i konstrukcji budowlanych [8]. Moduł parametryczny zastosowany w aplikacjach pracujących w technologii BIM pozwala projektantowi nie tylko na szybkie projektowanie, ale również sprawne wprowadzanie zmian do projektu [9]. Zalet tej technologii jest wiele. Niezaprzeczalnie jedną z nich jest jednoczesna budowa modelu analitycznego, który towarzyszy budowie modelu fizycznego. Tworzone są modele analityczne następujących elementów konstrukcyjnych: słupów; elementów ram (np. belek i stężeń); stropów; ścian nośnych i elementów fundamentów. Pomimo tego, że model analityczny tworzony jest automatycznie w czasie budowy modelu fizycznego konstrukcji, można go modyfikować oddzielnie, bez zmiany modelu fizycznego. Przy skomplikowanych konstrukcjach, model analityczny zwykle wymaga dodatkowych zmian [4]. Model analityczny, który towarzyszy modelowi geometrycznemu, można eksportować do programu obliczeniowego, poszukując optymalnego schematu statycznego [3]. W modelu analitycznym istotne są w przede wszystkim osie elementów prętowych oraz płaszczyzny elementów powierzchniowych, a także warunki brzegowe, zarówno kinematyczne, jak i statyczne [2]. Obliczeń statycznych MES można dokonać w programach, które współpracują z technologią BIM, np. Robot Structural Analysis, Prosteel, ANSYS, Abaqus czy SOFiSTiK. Poprawnie sporządzony model analityczny w aplikacji BIM zdecydowanie ułatwia późniejsze obliczenia [7], skraca czas realizacji projektu, poprawia jakość dokumentacji, minimalizuje ryzyko popełniania błędów [5].

Budowa modelu analitycznego

Przedstawione w artykule projekty wykonano w aplikacji Revit – powszechnej na całym świecie aplikacji BIM. Budowę każdego projektu rozpoczęto od wyboru dyscypliny, która narzuca pewne ustawienia widoczności i wyświetlania poszczególnych elementów modelu. Dostępne dyscypliny umożliwiające automatyczne tworzenie modelu analitycznego wraz z modelem fizycznym, to architektura, konstrukcje, instalacje oraz projektowanie zagospodarowania terenu. Wybór dyscypliny konstrukcyjnej zapewnia wgląd w model analityczny, aczkolwiek na każdym etapie projektant może stworzyć model analityczny, powielając model fizyczny i zmieniając wyświetlanie jego grafiki (rysunek 1).

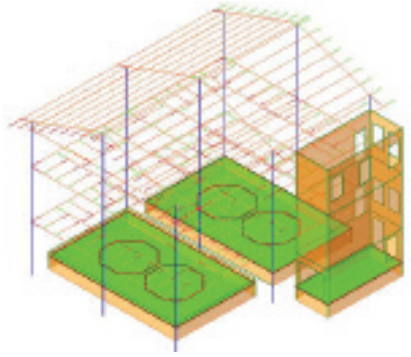
Podstawową różnicą pomiędzy dwoma modelami jest ich wygląd. Model fizyczny wiernie odwzorowuje efekt końcowy projektu, czyli wizualizację 3D ścian, belek oraz wszystkich innych zewnętrznych składowych tego widoku (rysunek 2). W zależności od wielkości projektu może ciągle przybywać elementów składowych, co wprowadza ogólny chaos oraz brak możliwości dokładnego oglądu wybranej części projektu. Dzieje się tak z powodu nakładających się na siebie kolejnych części, które bywają często niemożliwe do przeanalizowania. Korzystając z modelu analitycznego projektant może na bieżąco kontrolować jego poprawność. Ma bowiem znacznie lepszy wgląd w strukturę tego modelu niż modelu fizycznego, nie wprowadzając przy tym żadnych zmian. Projektant może poprawić czytelność modelu, zmieniając dowolnie kolory całych belek, ich początku oraz końca, a także kolory wyświetlania ścian czy stropów, z jednoczesną zmianą ich przezroczystości (rysunek 3). Przed rozpoczęciem pracy z modelem analitycznym warto również sprawdzić ustawienia konstrukcyjne, przede wszystkim automatyczne wykrywanie połączeń modelu

[1)] Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii; andrzej.borkowski@pw.edu.pl



Rys. 1. Okno edycji wyświetlania grafiki
Fig. 1. Visibility/Graphics overwrites

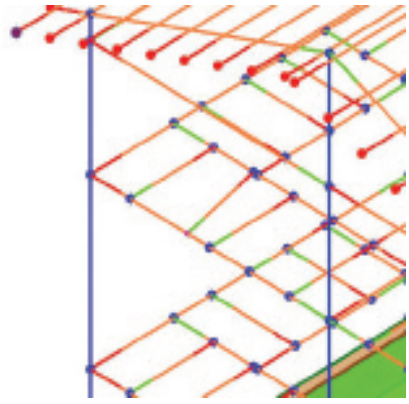
Rys. 2. Model fizyczny konstrukcji stalowej hali dwunawowej
Fig. 2. Physical model of a steel structure of a double-edged hall



Rys. 3. Model analityczny obiektu magazynowo-suszarniczego
Fig. 3. Analytical model of warehouse and drying facility

analitycznego. Wartość odległości, którą ustawia projektant, determinuje późniejsze zachowania elementów analitycznych, które mogą dopasowywać się wraz z zmienianym modelem fizycznym lub nie. Z mojego doświadczenia wynika, że wartość ta powinna wynosić co najmniej połowę najcieńszej przegrody użytej w projekcie.

W przypadku wykrycia niespójności modelu projektant może modyfikować węzły, osie prętów czy płaszczyzny stropów. W celu wykrycia elementów niepołączonych zastosowano filtry, które pozwalają na zlokalizowanie wszystkich węzłów (rysunek 4). Narzędzie filtrów wyświetla pręty wg zadanych reguł, np. węzły połączone automatycznie (niebieski), połączone manualnie (różowe) i rozłączone (czerwone), co pokazano na rysunku 5.

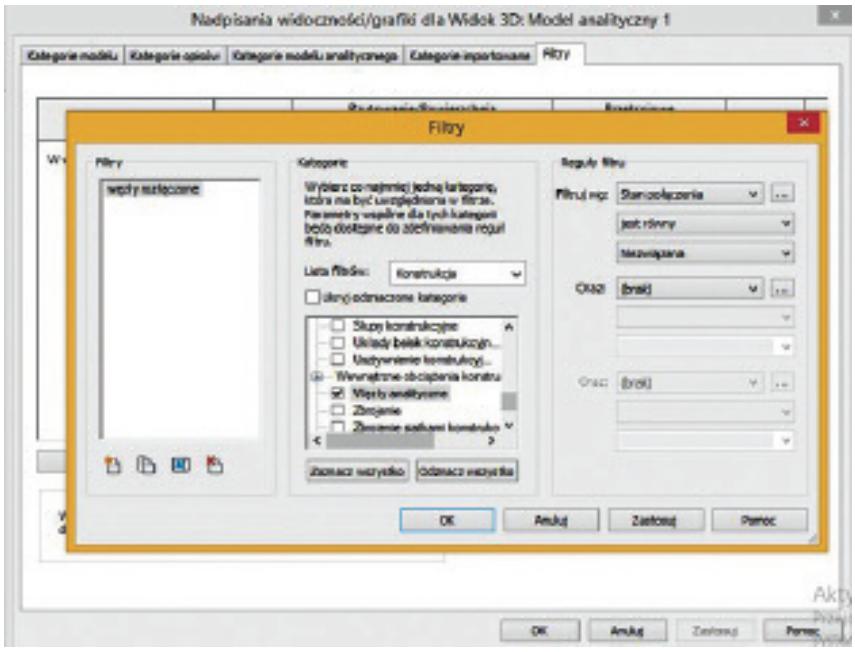


Rys. 5. Widoczność węzłów wg reguł
Fig. 5. Visibility of nodes by rules

Modyfikacja węzłów, osi i płaszczyzn

Rozłączone węzły można dopasować ręcznie, nie zmieniając modelu fizycznego (rysunek 6). Zaznaczając rozłączone punkty węzłowe, dopasowano je do istniejących osi i płaszczyzn, zapewniając tym samym spójność modelu.

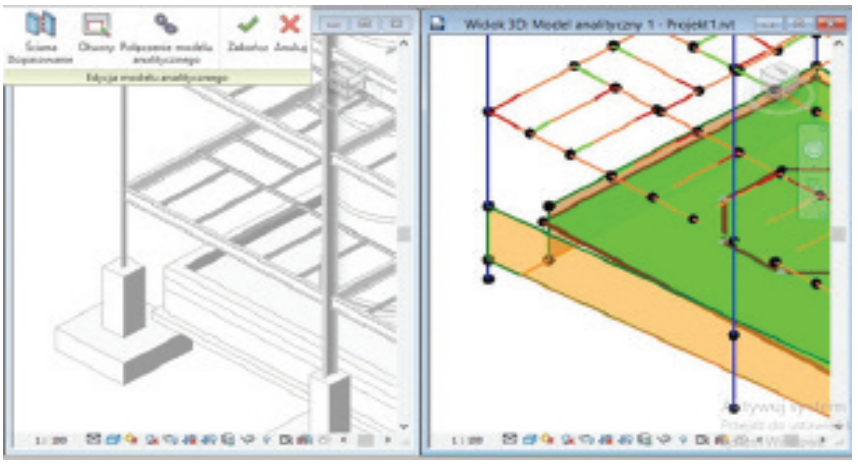
W podobny sposób Revit pozwala na edycję osi prętów czy płaszczyzn stropów. W przypadku stropu warstwowego płaszczyzna modelu analitycznego może powstać w środku symetrii lub



Rys. 4. Okno dodawania filtrów
Fig. 4. Filters

środku konstrukcji, a powinna być zlokalizowana na samej górze stropu. Zmiany wprowadza się ręcznie za pomocą uchwytów węzła (rysunek 7) lub przez zmianę położenia po osi Z. Istnieje również możliwość podświetlenia w modelu fizycznym zmian dokonanych w modelu analitycznym. W tym celu zmieniono opcje wyświetlania grafiki i włączono wyświetlanie kategorii modelu analitycznego.

Rys. 6. Ręczna edycja położenia węzłów
Fig. 6. Manually edition of the position of nodes



Rys. 7. Przesuwanie węzła płaszczyzny stropu
Fig. 7. Moving a floor plane node

Wykorzystanie spójnego modelu analitycznego

Przygotowany projekt hali przemysłowej (rysunek 8) wyeksportowano z aplikacji Revit do aplikacji Robot Structural Analysis Professional i dokonano w nim obliczeń. Obie aplikacje pozwalają na obustronny przepływ danych i informacji za pomocą rozszerzenia RTD lub IFC. Analizy statyczno-wytrzymałościowe można wykonać w aplikacji desktopowej Robot Structural Analysis Professional lub w aplikacji chmurowej Robot Structural Analysis 360 [1].

Opracowanie spójnego modelu analitycznego na podstawie modelu fizycznego przynosi wiele korzyści. Przede wszystkim inżynier konstrukcji otrzymuje osie, płaszczyzny, podpory oraz przekroje niezbędne do wykonania obliczeń. Z modelu BIM przenoszone są również informacje na temat właściwości fizycznych materiałów, obciążenia wraz z kombinacjami oraz warunki podparcia elementów. Zarówno architekt, jak i konstruktor mogą pracować na niezależnych modelach i swobodnie wymieniać się informacjami. Konstruktor może zmieniać elementy analityczne i sporządzać listę zmian przekrojów czy profili dla architekta. Architekt z kolei może sugerować konstruktorowi wprowadzanie nowych lub zmiany już istniejących elementów [6]. Rezultaty przeprowadzonych obliczeń analizy konstrukcji, takie jak geometria, profile elementów stalowych czy zbrojenie elementów żelbetowych, mogą być z kolei przekazywane dalej i tym samym umożliwiają szybkie przygotowanie dokumentacji warsztatowej dla wykonawców.

Rys. 8. Model fizyczny hali przemysłowej
Fig. 8. Physical model of the industrial hall

Podsumowanie

Model analityczny jest uproszczoną reprezentacją 3D pełnego opisu inżynierskiego dotyczącego konstrukcyjnego modelu fizycznego. Poprawnie wykonany model analityczny ułatwia pracę konstruktorowi i zawiera informacje na temat parametrów elementu, fizycznych właściwości materiału, pozycji domyślnej względem elementu konstrukcyjnego oraz położenia względem płaszczyzny rzutowania – umieszczonej lub dostosowanej. Używając aplikacji obliczeniowych, inżynierowie budowlani są w stanie również sprawdzać oraz projektować elementy konstrukcji zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami budowlanymi. Pracując w technologii BIM, projektanci mogą uniknąć błędów i kolizji dzięki ciągłemu wglądowi w modele 3D oraz sprawnej wymianie informacji.

Literatura

[1] Adach Krzysztof. 2013. „Spojrzenie na BIM firmy Autodesk". *Materiały Budowlane* 493 (9): 70 – 72.

[2] Chodor Leszek. 2011. „Kształcenie inżyniera budownictwa oraz architekta w nowej technologii inteligentnych systemów komputerowych BIM – 3D+". http://chodor-projekt.net/wp-content/uploads/2014/10/ART-Chodor-L.-Kształcenie-inżyniera-w-technologii-BIM.pdf (dostęp z 25.07.2017 r.).

[3] Drzazga Michał. 2016. „BIM – zapis informacji o przedsięwzięciu budowlanym (projektowanie 5d)". *Przegląd Budowlany* 9: 33 – 37.

[4] Eastman Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. 2011. „BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors". 2nd Edition. 648 s.

[5] Howiacki Tomasz, Błażej Legut. 2016. „Konstrukcje żelbetowe: od deski kreślarskiej do praktycznego wykorzystania technologii BIM". *Materiały Budowlane* 522 (2): 53 – 55. DOI: 10.15199/33.2016.02.17.

[6] „Integrating Revit Structure and Robot Structural Analysis Professional". 2010. Autodesk Inc. 20 s.

[7] „Revit Structure 2010. Samouczki oparte na jednostkach metrycznych". 2009. Autodesk Inc. s. 67.

[8] Tomana Andrzej. 2016. „BIM, Innowacyjna technologia w budownictwie". *Builder.* Kraków. 288 s.

[9] Węgierek Paweł, Andrzej Szymon Borkowski. 2015. *Revit Architecture. Podstawy projektowania.* Ośrodek Kształcenia Zawodowego ELPRO Sp. z o.o. Lublin. 58 s.

Przyjęto do druku: 04.07.2017 r.