

Most Randselva – zaprojektowany i zbudowany bez papierowych rysunków

tekst: **mgr inż. KRZYSZTOF WOJSŁAW**, Sweco Norway, BIM Corner, **dr hab. inż. MAREK SALAMAK**, prof. PŚ, Politechnika Śląska

Tekst inauguruje serię artykułów poświęconych projektowi mostu Randselva w Norwegii. Ten betonowy most o całkowitej długości 634 m ma zostać oddany do użytku w 2022 r. Niestety pandemia znacząco opóźniła prace projektowe. Do budowy zasadniczych przęseł zastosowano metodę wspornikową. I nie byłoby w tym nic zaskakującego, gdyby nie fakt, że inwestycję zrealizowano bez papierowych rysunków. Podstawą była metodyka BIM i modele 3D, z których – już raczej tylko na potrzeby różnych publikacji – generowana była tradycyjna dokumentacja.

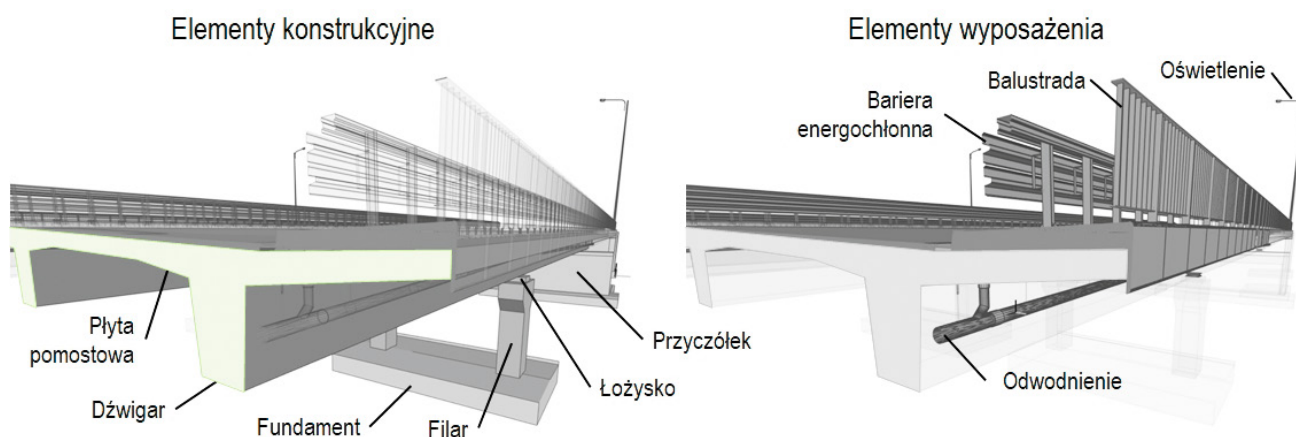
Metodyka BIM w inżynierii mostowej

Obserwując rozwój metodyki BIM (*Building Information Modeling*), należy zauważyć, że jest ona znacznie dłużej stosowana i lepiej rozwinięta w budownictwie kubaturowym niż liniowym. Korzystają z niej głównie architekci i współpracujące z nimi branże, np. konstrukcyjne i instalacyjne. Z użyciem tej technologii powstają wielobranżowe modele budynków użyteczności publicznej, takie jak szpitale, lotniska, biurowce, hotele itp. Znacznie później BIM pojawił się w projektach infrastrukturalnych przy budowie dróg, linii kolejowych, mostów i tuneli oraz instalacji przesyłowych. Przyczyn tego opóźnienia można szukać w wielu uwarunkowaniach związanych z planowaniem i realizacją zadań w infrastrukturze, ale też ewolucją narzędzi informatycznych.

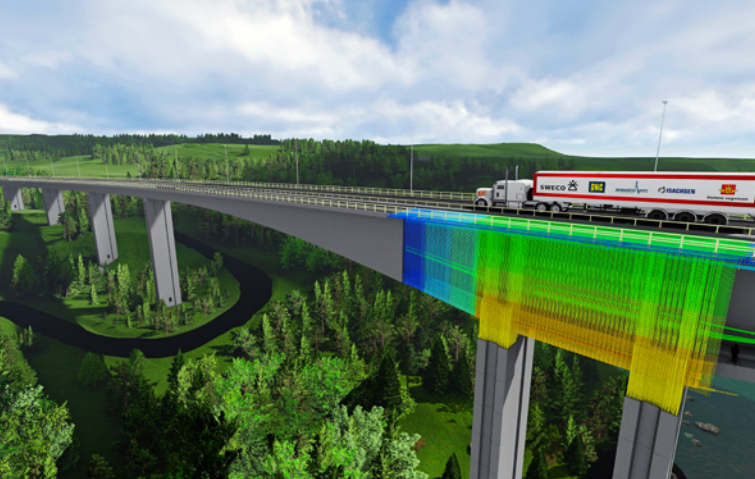
Trzeba również zauważyć, że dostępne obecnie narzędzia BIM wciąż nie są w pełni rozwinięte w zakresie niestandardowej geometrii mostów. Chodzi m.in. o nakładanie się geometrii przęseł zarówno w planie, jak i na wysokości w pionie jako rezultat występowania krzywych przejściowych, spadków i przechyleń oraz poszerzeń czy pogrubień. Problem ten dotyczy szczególnie monolitycznych mostów betonowych. Nie są też rozwiązane zagadnienia modelowania dźwigarów stalowych zakrzywionych w planie lub posiadających krzywizny w układzie pionowym.

Z tych powodów coraz częściej w przypadku nowych narzędzi do modelowania konstrukcji mostowych stosuje się zamienny termin kojarzony ze skrótem BrIM (*Bridge Information Modeling*). W rozwój tych narzędzi zaangażowane są zarówno duże korporacje, jak i mniejsze firmy programistyczne. Chodzi głównie o zaspokojenie specyficznych potrzeb projektantów, wykonawców, a także właścicieli infrastruktury mostowej. W ten sposób odróżnić można systemy przeznaczone specjalnie dla mostów od ich odpowiedników skoncentrowanych na budownictwie kubaturowym.

Te same opóźnienia dotyczą standardów BIM i formatu IFC (*Industry Foundation Classes*), który obecnie rozwija stowarzyszenie buildingSMART. Jest to jeden z najszerzej na świecie stosowanych standardów tzw. openBIM, czyli otwartego i uniwersalnego podejścia do zespołowego projektowania, realizacji i utrzymania obiektów budowlanych. Takie podejście zapewnia też najlepszą zgodność z wymaganiami i regulacjami rynku zamówień publicznych. W 2017 r. powołano zespół ekspertów z całego świata, którego zadaniem było rozszerzenie standardowego formatu IFC tak, aby mógł także służyć do wymiany cyfrowych danych opisujących obiekty mostowe. Ten międzynarodowy projekt nazwany IFC-Bridge został już zakończony i opublikowany.



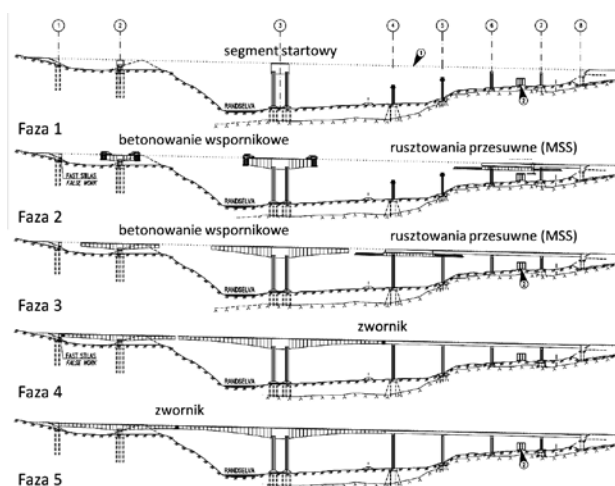
Ryc. 1. Podział mostu na elementy konstrukcyjne i na wyposażenie, autor M. Salamak



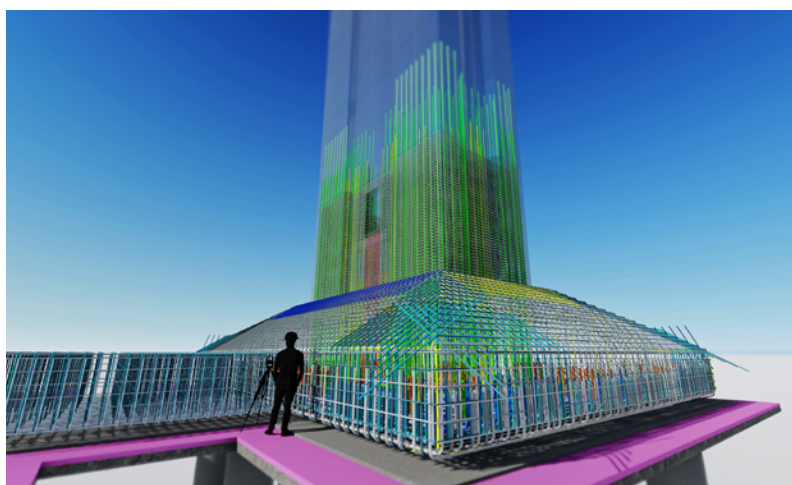
Ryc. 2. Model 3D mostu, autor K. Wojsław, Ø. Ulvestad – Sweco Norway



Ryc. 3. Geometria mostu Randselva, źródło: Ø. Ulvestad – Sweco



Ryc. 4. Fazy budowy mostu i zastosowane metody, źródło: Armando Rito



Ryc. 5. Model ze zbrojeniem fundamentu najwyższej podpory mostu, autor K. Wojsław, Ø. Ulvestad – Sweco

Obiekt mostowy można traktować jako zbiór pojedynczych elementów (ryc. 1), takich jak przyczółki, filary, przęsła, pomost, dźwigary, stężenia, łożyska, bariery itd. Niektóre z nich, np. przyczółki i filary, składają się z mniejszych komponentów: pali, ław, słupów, trzonów, oczepów, ciosów, skrzydeł itd. Wszystkie te pojedyncze elementy można opisać za pomocą stosunkowo niewielkiej liczby parametrów i wzajemnych zależności. Każdą bryłę o określonej geometrii można przekształcić w wybrany komponent mostu, nadając mu pewien zestaw parametrów i danych potrzebnych do jego pełnego opisu.

Specyfika projektu mostu Randselva

Most Randselva w Norwegii uważany jest za najdłuższy na świecie most, który został zaprojektowany i zbudowany bez papierowych rysunków (ryc. 2). Wszyscy interesariusze tej inwestycji świadomie zrezygnowali z tradycyjnej dokumentacji na rzecz modeli 3D, które potraktowane zostały jako źródło oficjalnej dokumentacji projektowej i wykonawczej. Zarówno wykonawca, jak i zamawiający nie otrzymali od projektantów tradycyjnych rysunków. Stosowane one były jedynie doraźnie, głównie między często konsultującymi się zespołami obliczeniowym i modelującym. Wykorzystano do tego najnowsze dostępne oprogramowanie, które pomogło przezwyciężyć wyzwania związane ze złożoną i smukłą geometrią mostu oraz ze skomplikowanym systemem sprężenia, który wynikał z zastosowanych technologii budowy. Dokładny model zbrojenia i sprężenia znacząco ułatwił wykrywanie kolizji, co zapewniło szybszą i bardziej efektywną pracę na etapie realizacji.

Był to kontrakt typu projektuj i buduj, w którym zamawiającym był Statens Vegvesen, czyli norweski odpowiednik naszej

GDDKiA. Głównym wykonawcą mostu była austriacka firma PNC, w Polsce znana pod nazwą PORR. Projektantami byli:

- oddziały firmy Sweco z różnych krajów Europy: norweski (koordynacja modelu BIM i kontrola jakości), duński (projektowanie parametryczne zbrojenia), fiński (projektowanie parametryczne deskowania i sprężenia), polski (modelowanie zbrojenia w programie Tekla),
- portugalskie biuro projektowe Armando Rito (obliczenia statyczno-wytrzymałościowe),
- norweski Multiconsult (niezależny weryfikator).

Most znajduje się w ciągu drogi E16 w pobliżu miasta Hønefoss, ok. 50 km na północny zachód od stolicy Norwegii. Droga przebiega w tym miejscu łagodnym łukiem w planie nad głęboką doliną rzeki Randselva (ryc. 3). W najwyższym punkcie znajduje się ona 55 m nad poziomem terenu, co sprawia, że mamy do czynienia z wysokimi na ponad 40 m filarami. Rozpiętości przęseł są zróżnicowane i wynoszą kolejno 75 + 194 + 137 + 3 x 60 + 48 m przy całkowitej długości 634 m. Przekrój poprzeczny stanowi jednokomorowa skrzynka o zmiennej wysokości i z pionowymi środnikami o całkowitej szerokości 14,6 m (razem ze wspornikami).

Do budowy mostu zdecydowano się zastosować dwie różne metody (ryc. 4). Najdłuższe przęsła wykonano często stosowaną w Norwegii metodą betonowania wspornikowego. W pozostałych wykorzystano rusztowania przesuwne z urządzeniem typu MSS (*Movable Scaffolding System*). Trudne warunki gruntowe sprawiły, że posadowienie było dużym wyzwaniem dla projektantów i wykonawcy, szczególnie największej podpory przęsła nurtowego (ryc. 5).

