

Ứng dụng BIM lập mô hình thông tin công trình cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bê tông cốt thép tại ngã tư 550, tỉnh Bình Dương

Ngô Thanh Thủy^{1,2}, Nguyễn Quốc Chương¹, Đỗ Minh Truyền^{1*},
Nguyễn Trường Giang¹, Nguyễn Xuân Việt¹, Huỳnh Xuân Tín^{1,2}

¹Công ty TNHH Kỹ thuật và Công nghệ V7

²Trường Đại học Giao thông Vận tải, Phân hiệu tại TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 22/6/2020; ngày chuyển phân biện 26/6/2020; ngày nhận phân biện 31/7/2020; ngày chấp nhận đăng 7/8/2020

Tóm tắt:

Hiện nay hầu hết các nước trên thế giới đã ứng dụng mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling - BIM) trong lĩnh vực giao thông vận tải do nhận thức được sự cần thiết của BIM trong xây dựng và những lợi ích to lớn mà BIM mang lại. Việt Nam cũng không nằm ngoài xu hướng đó, việc ứng dụng BIM được kỳ vọng sẽ giúp ngành giao thông vận tải Việt Nam giải quyết các thách thức và hướng tới phát triển bền vững. Việc lập BIM đã chứng minh được tính hiệu quả trong việc xây dựng và quản lý thông tin trong suốt vòng đời của dự án. Trong nghiên cứu này, các tác giả đề xuất ứng dụng BIM vào mô hình thông tin công trình cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bê tông cốt thép tại ngã tư 550, tỉnh Bình Dương.

Từ khóa: dữ liệu mô hình thông tin công trình, kỹ thuật xây dựng, mô hình thông tin công trình, mức độ phát triển thông tin.

Chỉ số phân loại: 2.1

Đặt vấn đề

Mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling - BIM) xuất hiện từ những năm 1970 và dần được biết đến rộng rãi khi Autodesk, một công ty phần mềm của Mỹ xuất bản báo cáo nghiên cứu khoa học về kỹ thuật số trong xây dựng vào những năm 1990. Đến nay, BIM đã trở thành công nghệ xây dựng chủ đạo ở nhiều nước trên thế giới. Tại châu Âu, các nước như Anh, Phần Lan, NaUy, Hà Lan, Đan Mạch, Pháp, Úc, Đức đã và đang ứng dụng BIM trong các lĩnh vực đầu tư công trong xây dựng. Trong khi đó tại châu Á, các nước như Hàn Quốc, Singapore... đã bắt buộc khu vực công phải ứng dụng BIM trong ngành xây dựng, và họ đều đã xây dựng được tiêu chuẩn và lộ trình thực hiện BIM. Việt Nam đã ban hành Quyết định số 1057/QĐ-BXD hướng dẫn tạm thời áp dụng mô hình BIM trong giai đoạn thí điểm và tổ chức các chương trình đào tạo về BIM cho các kỹ sư xây dựng cũng như các đơn vị quản lý. BIM được áp dụng trong nhiều lĩnh vực như thiết kế, xây dựng và quản lý dự án để giải quyết các vấn đề lãng phí vật liệu, năng suất thấp và trao đổi thông tin kém. BIM xác định tất cả thông tin liên quan đến toàn bộ vòng đời của công

trình, từ lập kế hoạch và thiết kế đến xây dựng, vận hành và bảo trì, về mặt công nghệ xây dựng, sản xuất, quản lý và sử dụng. Mô hình BIM được tạo ra như là một cấu trúc ảo được xây dựng với dữ liệu hình học 3D và dữ liệu phi hình học hoặc thông tin thuộc tính. BIM giúp giảm từ 5 đến 20% chi phí đầu tư ban đầu và khoảng 30% tổng chi phí vận hành và bảo trì. Bài viết này trình bày BIM trong giai đoạn thiết kế cho cầu vượt ngã tư 550, tỉnh Bình Dương bằng dầm thép hộp liên hợp bê tông cốt thép. Cầu được mô phỏng theo các mô hình thông tin 3D đến bước thiết kế kỹ thuật (LOD 350) để quản lý khối lượng vật liệu và thực tế ảo. Mô hình dự án BIM giúp kiểm soát chi phí chi, thi công an toàn và vận hành hiệu quả.

Xây dựng mô hình

Thiết kế phương án cầu bằng mô hình 3D

Mô hình BIM mở ra những quan điểm mới về quản lý vòng đời của một dự án. Phần mềm Revit là một sản phẩm của Autodesk được sử dụng trong nghiên cứu này. Mô hình thông tin 3D đã được áp dụng cho toàn bộ dự án cầu vượt dầm hộp thép liên hợp bản bê tông cốt thép tại ngã tư 550,

*Tác giả liên hệ: Email: dominhtruyen10497@gmail.com

BIM application for the steel box girder overpass with reinforced concrete slabs at 550 crossroad, Binh Duong province

Thanh Thuy Ngo^{1,2}, Quoc Chuong Nguyen¹,
Minh Truyen Do^{1*}, Truong Giang Nguyen¹,
Xuan Viet Nguyen¹, Xuan Tin Huynh^{1,2}

¹V7 Engineering and Technology Company Limited Co.Ltd

²University of Transport and Communications, Campus in Ho Chi Minh city

Received 22 June 2020; accepted 7 August 2020

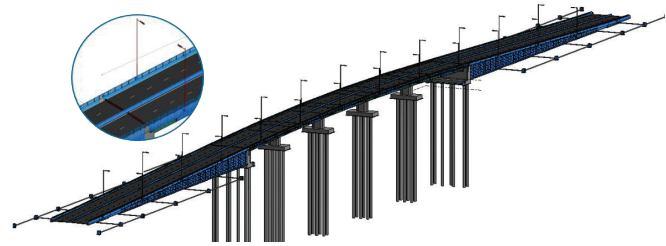
Abstract:

Currently, most countries in the world have applied BIM (Building information modeling) in the transportation field thank to being aware of the need for BIM in construction, and the great benefits brought by BIM. Vietnam is also not outside of that trend, the application of BIM in the transport sector is expected to help Vietnam's transportation industry to address challenges and move towards sustainable transport development. BIM has proven effectiveness in building and managing information during the project life cycle. In this study, the authors propose the BIM application for the steel box girder overpass with reinforced concrete slabs at 550 crossroad, Binh Duong province.

Keywords: BIM (Building information modeling), BIM data, construction engineering, Level of Development (LOD).

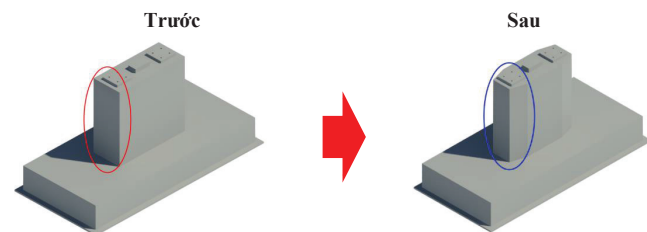
Classification number: 2.1

tỉnh Bình Dương (hình 1) gồm 5 nhịp 40 m, bề rộng toàn cầu 16 m. Mô hình dựa trên bản vẽ 2D được sử dụng để bóc tách khối lượng, đấu thầu xây dựng và sau đó để thi công và vận hành.



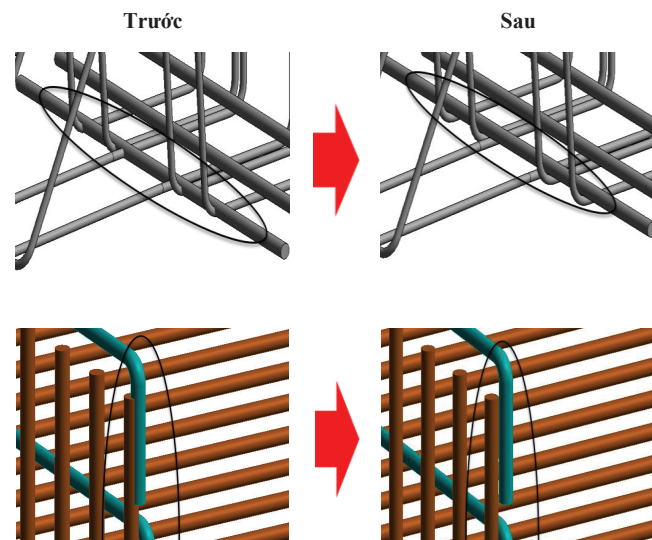
Hình 1. Mô hình 3D cầu vượt ngã tư 550, tỉnh Bình Dương.

Mô hình 3D cũng giúp kiểm tra và sửa các lỗi trong quá trình thiết kế. Trong hình 2, một số lỗi thiết kế đã được tìm thấy trong thiết kế sơ bộ cấu tạo trụ, được sửa đổi trực tiếp trên mô hình 3D với tọa độ, kích thước và thuộc tính chính xác mà ở bản vẽ 2D truyền thống còn nhiều hạn chế [1].



Hình 2. Hình dạng trụ cầu được thay đổi trên mô hình 3D.

Mô hình 3D cho các kết cấu bê tông cốt thép của toàn bộ dự án như móng, trụ, lan can, gờ chắn, bản mặt cầu, cọc khoan nhồi, giúp việc kiểm tra số lượng và cách bố trí các thanh cốt thép, kiểm tra xung đột, trích xuất khối lượng bê tông và cốt thép nhanh chóng và chính xác.

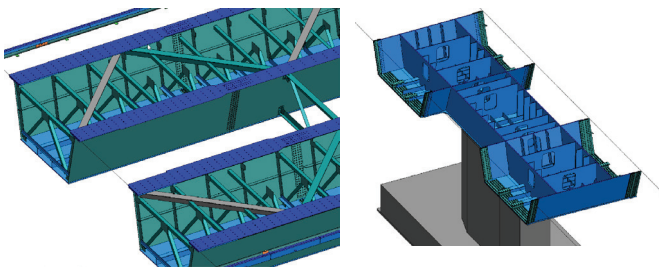


Hình 3. Kiểm tra và xử lý xung đột của các thanh thép trên mô hình 3D.

Hình 3 cho thấy, vị trí các thanh cốt thép tại trụ cắt nhau và được xử lý trực tiếp trên mô hình 3D, so với bản vẽ 2D lỗi này khó phát hiện. Chính vì vậy, việc phát hiện xung đột trên mô hình BIM giúp kiểm tra và báo cáo lỗi trong mô hình một cách hiệu quả, giảm rủi ro của thiết kế. Đối với thiết kế 2D truyền thống, lỗi thường được phát hiện ở bước thi công; nhưng bây giờ, với các công cụ phát hiện xung đột trên mô hình BIM, chúng có thể dễ dàng được phát hiện trong bước thiết kế [2, 3]. Điều này dẫn đến tiết kiệm thời gian, vật liệu và lực lượng lao động để khắc phục lỗi khi xây dựng.

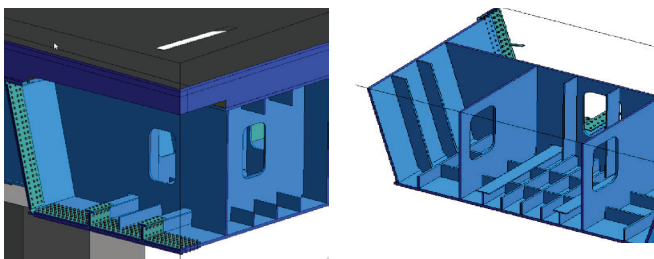
Thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350)

Mô hình BIM thể hiện một cách chính xác mức độ rõ ràng về thông tin và độ chi tiết của kết cấu dầm chủ, móng, trụ, cọc... thể hiện rõ về số lượng, kích thước, hình dáng, vị trí, hướng và sự liên kết với các hệ thống khác trong công trình [4]. Các thông tin phi hình học như đặc tính sản phẩm, thông số kỹ thuật sẽ được đưa vào mô hình tại bước thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350). Cung cấp đủ thông tin để bóc tách khối lượng chính xác và xuất đầy đủ các bản vẽ 2D và được phân chia các giai đoạn thi công (hình 4).



Hình 4. Cấu tạo chi tiết dầm thép ở bước LOD 350.

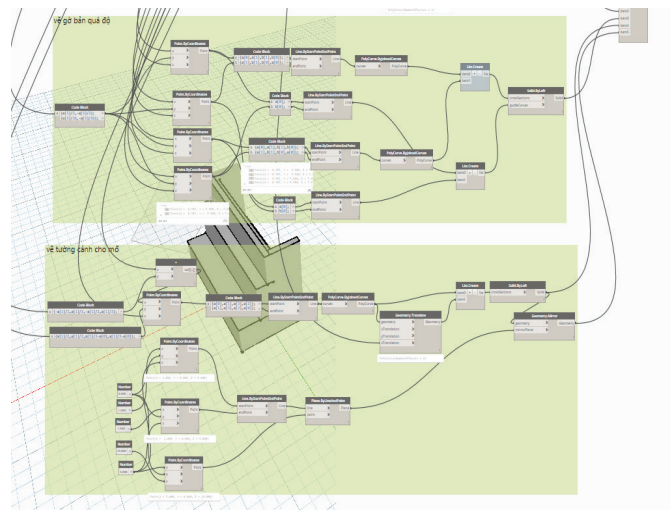
Cấu tạo chi tiết dầm thép ở bước thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350) với các thông số kỹ thuật về số lượng sườn tăng cường, đinh neo, diện tích đường hàn (hình 5), cung cấp đủ thông tin để thực hiện thi công tại công trường.



Hình 5. Cấu tạo chi tiết dầm thép tại đỉnh trụ.

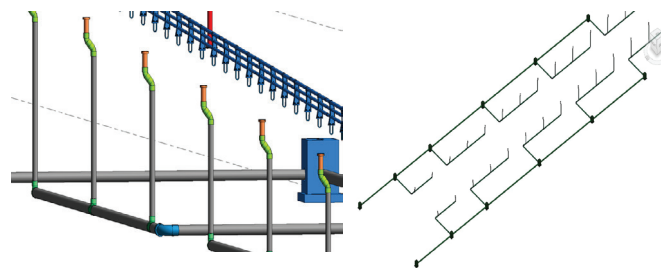
Mô hình mô cầu được bố trí cốt thép chi tiết bằng việc sử dụng lập trình Dynamo và phần mềm Revit (hình 6). Dynamo là một giải pháp nhằm nâng cao tính hiệu quả của việc áp dụng BIM vào giai đoạn thiết kế của dự án. Phương pháp thiết kế tham số sử dụng công cụ lập trình trực quan

như Dynamo giúp duy trì các ý tưởng thiết kế ban đầu và cải thiện quá trình chuyển đổi từ ý tưởng thành thiết kế sau này. Cụ thể, các vấn đề tạo dựng hình học phức tạp, thiết kế tinh vi, thực hiện thao tác lặp đã được giải quyết. Từ đó, các phương án thiết kế được đánh giá một cách chính xác trong thời gian ngắn. Vì vậy, việc thiết kế chi tiết mô sử dụng Dynamo sẽ có lợi trong việc thực hiện hai nhiệm vụ: tùy biến các đối tượng hình học tham số và giao tiếp với cơ sở dữ liệu ngoài. Trong giai đoạn thiết kế, việc kết hợp giữa Dynamo và Revit là thực sự phù hợp, vì Revit được xem là một bộ cơ sở dữ liệu với đầy đủ các tham số hình học [5, 6].



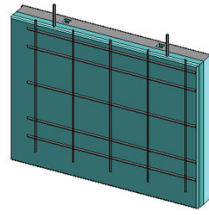
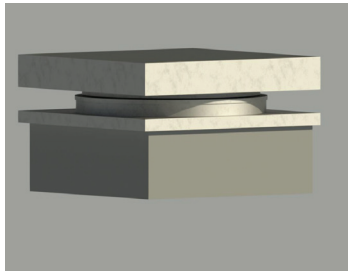
Hình 6. Cấu tạo chi tiết mô cầu sử dụng lập trình Dynamo.

Hệ thống thoát nước trên cầu được thiết kế và bố trí hợp lý (hình 7). Một số hạng mục liên quan đến hệ thống này như ống thoát nước, hố ga, lưới chắn rác... được xây dựng và quản lý thông tin dữ liệu một cách chặt chẽ, có hệ thống, góp phần phục vụ cho giai đoạn khai thác, vận hành và bảo trì [7].

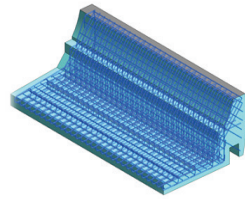
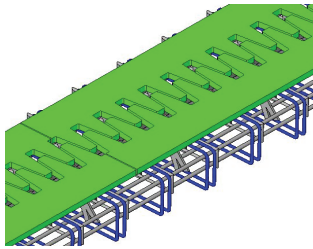


Hình 7. Thiết kế hệ thống thoát nước trên cầu.

Ngoài ra, một số cấu kiện như gối cầu, tấm panel, khe co giãn, gờ lan can... được thiết kế chi tiết và gán các tham số kỹ thuật, thông tin phi hình học vào mô hình. Từ đó, cung cấp đầy đủ các thông tin như cấp bê tông, loại thép, kích thước... phục vụ cho việc bóc tách khối lượng và dễ dàng hình dung cấu kiện khi thi công ngoài công trường (hình 8 và hình 9).



Hình 8. Cấu tạo chi tiết gói cầu và tấm panel tường chắn.

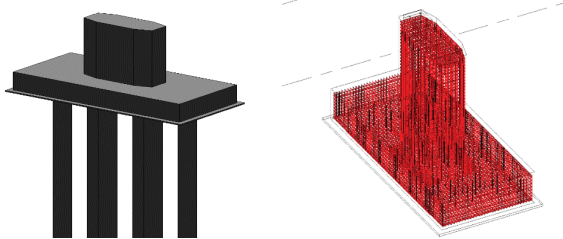


Hình 9. Cấu tạo chi tiết khe co giãn và gờ lan can.

Đo bóc khối lượng công trình xây dựng

Đo bóc khối lượng có vai trò rất quan trọng và là nhu cầu thiết yếu khi triển khai bất kỳ dự án xây dựng nào. Dự án cầu vượt ngã tư 550, tỉnh Bình Dương bao gồm nhiều hạng mục như móng, trụ, dầm chủ, lan can... mỗi hạng mục gồm nhiều công tác khác nhau, ứng với mỗi công tác sẽ có khối lượng tương ứng để hoàn thành việc thi công [8].

Mô hình trụ cầu được bố trí cốt thép chi tiết và đưa các thông tin phi hình học vào trong mô hình, giúp việc bóc tách khối lượng trở nên dễ dàng (hình 10 và hình 11).

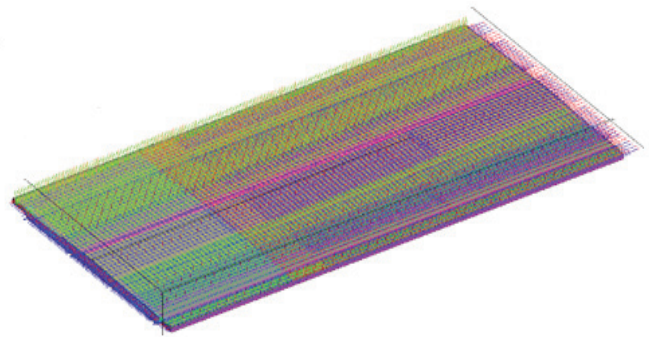


Hình 10. Mô hình trụ cầu và bố trí cốt thép trụ.

A	B	C	D	E	F	G
Partition	Bar Diameter	MINIMUM LENGTH	MAXIMUM LENGTH	Total Bar Length	Count	Mass
B1	32 mm	10850 mm	10850 mm	358050 mm	33	2259.35 kg
B1a	32 mm	7978 mm	8326 mm	282322 mm	34	1781.50 kg
B2	25 mm	4850 mm	4850 mm	354050 mm	73	1363.59 kg
B3	16 mm	5185 mm	5185 mm	82957 mm	16	130.87 kg
B4	16 mm	1549 mm	1549 mm	102218 mm	66	161.25 kg
B5	20 mm	10850 mm	10850 mm	358050 mm	33	882.56 kg
B6	20 mm	4850 mm	4850 mm	344350 mm	71	848.79 kg
B7	16 mm	10850 mm	10850 mm	173600 mm	16	273.86 kg
B8	16 mm	1549 mm	1549 mm	227850 mm	147	369.13 kg
B9	16 mm	3221 mm	3260 mm	351946 mm	108	555.21 kg
T1	32 mm	6469 mm	6864 mm	468598 mm	72	2956.92 kg
T2	16 mm	11134 mm	11134 mm	434208 mm	39	684.98 kg
T3	16 mm	4635 mm	4635 mm	111234 mm	24	175.46 kg
T4	16 mm	4384 mm	4384 mm	52608 mm	12	82.99 kg
T5a	25 mm	4567 mm	4567 mm	73069 mm	16	281.42 kg
T5b	25 mm	3831 mm	3831 mm	15326 mm	4	59.03 kg
T5c	25 mm	2831 mm	2831 mm	11326 mm	4	43.62 kg
T6a	20 mm	1811 mm	2143 mm	52554 mm	28	129.54 kg
T6b	20 mm	2144 mm	2144 mm	68605 mm	32	169.10 kg

Hình 11. Bảng khối lượng cốt thép trụ xuất từ Revit.

Ứng dụng BIM vào việc đo bóc khối lượng các công trình có những ưu điểm vượt trội như có thể liên kết trao đổi thông tin 2 chiều với các phần mềm khác như Microsoft Excel, Project... Nếu trong quá trình tính toán có sự thay đổi về thiết kế, sẽ tự điều chỉnh lại những thay đổi và khối lượng đo bóc sẽ tự động cập nhật những thông tin thay đổi đó, vì thế sai sót trong quá trình xác định, tính toán khối lượng cấu kiện sẽ được giảm đến mức tối thiểu. Bên cạnh đó, thời gian cần thiết phục vụ cho công tác đo bóc khối lượng cũng giảm một cách đáng kể [9, 10]. Như hình 12 cho biết cấu tạo chi tiết bản mặt cầu được bố trí cốt thép và gắn tham số kỹ thuật. Hình 13 và hình 14 là bảng xuất khối lượng, cho biết loại thép, chiều dài, khối lượng và số lượng thanh cốt thép cần bố trí.



Hình 12. Mô hình bản mặt cầu.

A	B	C	D	E	F	G
Partition	Bar Diameter	MINIMUM LENGTH	MAXIMUM LENGTH	Total Bar Length	Count	Mass
B1a	14 mm	11700 mm	11700 mm	2433600 mm	208	2939.30 kg
B1b	14 mm	9815 mm	9815 mm	510380 mm	52	616.44 kg
B1c	14 mm	9255 mm	9255 mm	481260 mm	52	581.27 kg
B2a	22 mm	11700 mm	11702 mm	2386963 mm	204	7119.19 kg
B2b	22 mm	4733 mm	4733 mm	970265 mm	205	2893.84 kg
B3a	20 mm	1489 mm	1489 mm	11909 mm	8	29.35 kg
B3b	20 mm	1515 mm	6037 mm	2428255 mm	403	5985.41 kg
B4a	20 mm	3947 mm	3947 mm	793280 mm	201	1955.36 kg
B4b	20 mm	11654 mm	11654 mm	46617 mm	4	114.91 kg
B4c	20 mm	2865 mm	2865 mm	11462 mm	4	28.25 kg
B5a	14 mm	11700 mm	11700 mm	2281500 mm	195	2755.60 kg
B5b	14 mm	9815 mm	9815 mm	412230 mm	42	497.89 kg
B5c	14 mm	9255 mm	9255 mm	518280 mm	56	625.98 kg
B5d	14 mm	1515 mm	1522 mm	130768 mm	86	157.94 kg
B6a	18 mm	1439 mm	1439 mm	578417 mm	402	1154.85 kg
B6b	18 mm	1880 mm	1880 mm	755933 mm	402	1509.27 kg
B7a	12 mm	224 mm	280 mm	77304 mm	300	68.60 kg
B7b	12 mm	326 mm	326 mm	290508 mm	892	87.96 kg
B7c	12 mm	400 mm	400 mm	99121 mm	248	87.96 kg
B7d	12 mm	594 mm	600 mm	10113 mm	17	8.97 kg
G1	16 mm	678 mm	678 mm	277991 mm	410	438.54 kg
G2	16 mm	698 mm	698 mm	286235 mm	410	451.55 kg

Hình 13. Bảng khối lượng cốt thép bản mặt cầu xuất từ Revit.

A	B	C	D	E	F
Family	Material Area	Material Name	Material Volume	Mark	Count
BMC nhíp biến	523 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC nhíp biến	467 m²	Concrete C35	161.58 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp	308 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp	286 m²	Concrete C35	95.88 m³	BMC	1
BMC nhíp biến	523 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC nhíp biến	467 m²	Concrete C35	161.58 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp	308 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp	286 m²	Concrete C35	95.88 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp 2	304 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp 2	290 m²	Concrete C35	95.88 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp 2	298 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa tru và nhíp 2	295 m²	Concrete C35	95.64 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	376 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	349 m²	Concrete C35	115.14 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	376 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp1	349 m²	Concrete C35	115.14 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp2	377 m²	Steel	0.00 m³	BMC	1
BMC giữa nhíp2	350 m²	Concrete C35	115.46 m³	BMC	1

Hình 14. Bảng khối lượng bản mặt cầu toàn cầu xuất từ Revit.

Mô phỏng 3D

Mô hình cầu được nhập vào phần mềm mô phỏng 3D với thiết kế trực quan để phân tích hiệu ứng hình ảnh mà không phải xây dựng lại mô hình. Kết xuất thực tế cao cũng như hiệu ứng đặc biệt giúp cho người thiết kế dễ dàng thiết kế và chủ đầu tư thấy được dự án sau khi hoàn thiện. Với công nghệ này, việc phân tích lưu lượng giao thông cũng như việc cung cấp các thông tin phục vụ quản lý giao thông trong phạm vi công trình trở nên dễ dàng (hình 15) [11, 12].



Hình 15. Mô phỏng giao thông nút giao tại ngã tư 550, tỉnh Bình Dương.

Kết luận

Việc ứng dụng BIM lập mô hình thông tin cầu vượt dầm hộp thép ngã tư 550, tỉnh Bình Dương, đặc biệt trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật thi công (LOD 350) đã giúp các kỹ sư có thể hoàn thành thiết kế, mô phỏng và quản lý thông tin trong các giai đoạn của dự án. Ngoài ra, BIM còn giúp cho các đơn vị quản lý có cái nhìn trực quan về công trình, với cách tiếp cận BIM như vậy giúp các nhóm thiết kế có thể chỉnh sửa trong giai đoạn thiết kế sơ bộ hoặc thiết kế kỹ thuật mà không phải bắt đầu công việc lại từ đầu. Kết quả triển khai thực tế tại cầu vượt 550, tỉnh Bình Dương đã chứng minh tính khả thi của việc ứng dụng BIM trong lĩnh vực giao thông vận tải, góp phần vào việc áp dụng rộng rãi BIM trong các dự án cầu tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hyun Cho, Ki Hwan Lee, Song Hyon Lee, Ta Lee, Hyun Jun Cho, Sung Hoon Kim, Sang Hyeok Nam (2011), *Introduction of Construction Management Integrated System Using BIM in the Honam*

High-Speed Railway Lot No. 4-2, The International Association for Automation and Robotics in Construction, Seoul, Korea.

[2] Wenping Liu, Hongling Guo, Heng Li and Yan Li (2014), "Using BIM to improve the design and construction of bridge projects: a case study of a long-span steel-box arch bridge project", *Int. J. Adv. Robot Syst.*, **11**, pp.1-11, DOI:10.5772/58442.

[3] Zita Sampaio (2015), "The introduction of the BIM concept in civil engineering curriculum", *International Journal of Engineering Education*, **31(1B)**, p.305.

[4] Bộ Xây dựng (2017), *Quyết định 1057/QĐ-BXD công bố hướng dẫn tạm thời áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong giai đoạn thi điểm*.

[5] Nguyễn Mạnh Tuấn (2018), "Ứng dụng Dynamo cho dự án BIM trong giai đoạn thiết kế ý tưởng", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, **12(1)**, tr.71- 76.

[6] Jaehyun Park, Hyundong Lee, Pilljae Kwak (2015), "Case study on the application of BIM in Korea's civil engineering and improvement of interoperability of BIM models", *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, **10**, pp.29-38.

[7] K. Sears, G. Sears, and R. Clough (2008), *Construction Project Management: A Practical Guide to Field Construction Management (5th Edition)*, John Wiley and Son, Inc., Hoboken, New Jersey.

[8] Hồ Văn Võ Sĩ, Hoàng Nhật Đức, Vũ Duy Thắng và Nguyễn Thị Bích Thủy (2016), "Ứng dụng mô hình thông tin xây dựng (BIM) vào việc đo bóc khối lượng công trình xây dựng", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Duy Tân*, **4(17)**, tr.68-74.

[9] Yanran Wang, Gougang Wang, Jingru Wang (2017), *Research on the Application of BIM Technology in the Project Management of Hospital Construction*, The Pacific Association of Quantity Surveyors, <http://www.paqs.net/node/151>.

[10] Huỳnh Xuân Tín, Đỗ Minh Truyền, Nguyễn Xuân Việt, Nguyễn Trường Giang, Bùi Vĩ và Võ Minh Khoa (2019), *Nghiên cứu lập mô hình thông tin công trình cầu cho bước thiết kế kết cấu nhịp cầu vượt ngã tư 550 - Bình Dương*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, tr.3-7.

[11] Adam Strafaci (2008), "What does BIM mean for civil engineers? Road and highway projects can benefit from design using building information modeling", *CE NEWS*, **10**, pp.62-65.

[12] Nguyễn Việt Hùng (2015), *Nghiên cứu xây dựng lộ trình áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế, xây dựng và quản lý công trình tại Việt Nam*, Báo cáo kết quả nghiên cứu đề tài khoa học mã số RD 03-14, Bộ Xây dựng.