

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG BIM TRONG TỰ ĐỘNG HÓA THIẾT KẾ MỐ CẦU BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TIÊU CHUẨN TCVN 11823:2017

## STUDYING AND APPLYING BIM IN THE DESIGN AUTOMATION OF REINFORCED CONCRETE ABUTMENTS BRIDGE ACCORDING TO TCVN 11823:2017 STANDARD

*Nguyễn Thạc Quang, Nguyễn Tân Thiên Vạn, Phạm Ngọc Bửu*

*Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, trường Đại học Giao thông vận tải*

**Tóm tắt:** Bài báo đề cập đến nghiên cứu ứng dụng hệ thống quản lý thông tin thông minh vào các bước thực hiện dự án từ thiết kế đến thi công công trình. Sử dụng các phần mềm máy tính hiện đại để mô phỏng các chi tiết của công trình trên mô hình 3D, trực quan và dễ kiểm soát. Nghiên cứu các công nghệ mô hình ứng dụng trong xây dựng hiện nay qua đó trở thành cơ sở cho việc ứng dụng mô hình BIM trong thiết kế mố cầu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 11823:2017 và phát hiện xung đột trong xây dựng. Thông qua việc xử lý bài toán thực tế để mô phỏng quy trình BIM theo đúng tiêu chuẩn kỹ thuật yêu cầu, từ đó đánh giá khả năng áp dụng và phân tích các lợi thế của mô hình trong quản lý thông tin công trình.

**Từ khóa:** Nghiên cứu ứng dụng BIM, BIM trong thiết kế mố cầu, thiết kế sáng tạo, thiết kế tính toán.

**Mã phân loại:** 11.2

**Abstract:** The article mentions the research and application of intelligent information management systems in project implementation steps from design to construction. Use modern computer software to simulate building details on 3D models, intuitive and easy to control. Researching the current modeling technology in construction, thereby serving as the basis for the application of BIM model in the design of reinforced concrete abutment according to TCVN 11823: 2017 and detecting conflict in construction. The topic resolved a real project by using the BIM process following the required technical standards, thereby evaluating the applicability and analyzing the advantages of the model in project information management.

**Keywords:** Studying and applying BIM, BIM in the design of reinforced concrete abutments, generative design, computational design.

**Classification number:** 11.2

### 1. Thực tế áp dụng mô hình thông tin xây dựng BIM

#### 1.1. Thực tế áp dụng mô hình thông tin xây dựng BIM trên thế giới và Việt Nam

Ở một số nước trên thế giới việc ứng dụng BIM trong quản lý xây dựng đã mang lại nhiều lợi ích từ giai đoạn thiết kế đến khai thác vì vậy các quốc gia đã nhanh chóng thành lập các tổ chức nghiên cứu phát triển BIM. BIM đang được xây dựng tiêu chuẩn và lộ trình ở một số nước như Mỹ, Anh, Pháp, Úc, Đức, Nhật Bản.... Tại Việt Nam, đề án áp dụng mô hình

thông tin công trình (BIM) đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt theo Quyết định số 2500/QĐ-TTg [4], qua đó giúp cho việc tiếp cận cũng như áp dụng các mô hình tiên tiến hiện đại vào hoạt động quản lý vận hành công trình của các công trình xây dựng trở nên thuận lợi và kịp thời. Theo lộ trình ban hành này, vào năm 2021, BIM sẽ trở thành một quy trình mang tính tiêu chuẩn trong giai đoạn chuẩn bị thực hiện của các công trình xây dựng, đây là một trong những bước tiến thay đổi quan trọng mang tính cách mạng và thời

sự tạo tiền đề cho cách mạng công nghiệp 4.0 có cơ hội thay đổi cơ bản các nội dung của ngành xây dựng.

## 1.2. Thực tế áp dụng BIM trong thiết kế công trình giao thông

Với công nghệ BIM, công trình xây dựng được thể hiện trên môi trường 3D; các đối tượng có thuộc tính về hình học và vật liệu; bản vẽ 2D được tạo từ mô hình 3D qua đó mô phỏng trình tự các bước thi công diễn ra tại công trình sẽ phát hiện các xung đột, có thể đề ra những phương án thiết kế và biện pháp thi công hợp lý cho công trình.

Không giống như phương pháp thiết kế truyền thống trên 2D mô tả các đối tượng qua các đường line (đường thẳng, cong, polyline...); mô hình BIM mô tả các đối tượng có thuộc tính. Các đối tượng có thể được tiêu chuẩn hóa, lấy từ thư viện hoặc internet. Các kỹ sư thuộc các bên khác nhau mô hình đối tượng theo nhiệm vụ của mình và có thể chia sẻ, phối hợp làm việc trên nền tảng dữ liệu

chung. Sự phát triển nhanh chóng của ngành khoa học máy tính đã tạo ra một hệ sinh thái đa dạng cho nhiều ngành nghề trong đó có ngành xây dựng. Với mục đích quản lý, thu thập thông tin liên quan đến các công đoạn trong những dự án xây dựng như thiết kế, thi công và khai thác các nhà đầu tư hoàn toàn có thể kiểm soát tốt mọi vấn đề xảy ra trong suốt vòng đời của một dự án đầu tư xây dựng thông qua mô hình BIM. Nhờ vào việc kết hợp các bản vẽ thiết kế kỹ thuật 3D, 2D và các cấu phần khác liên quan đến tổng thể công trình.

Với mô hình BIM, các thông tin được sắp xếp theo từng phạm vi và nội dung liên quan cụ thể, tập thông tin vì thế sẽ phức tạp hơn so với hệ thống thông tin 2D, 3D đơn thuần như trước đây. Các gói dữ liệu sẽ được kết nối với nhau trên cùng một mạng lưới vậy nên với mỗi thay đổi hay biến động nào cũng đều được cập nhật liên tục theo thời gian thực trong suốt vòng đời của một dự án.



Hình 1. Mô hình dự án ứng dụng BIM.

## 2. Ứng dụng BIM trong thiết kế móng cầu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 11823:2017

### 2.1. Giới thiệu dự án

Cầu A1 thuộc gói thầu A4 dự án xây dựng đường cao tốc Bến Lức – Long Thành. Kết cấu nhịp giản đơn bê tông cốt thép.

### 2.2. Trình tự tính toán thiết kế Móng cầu theo tiêu chuẩn TCVN 11823:2017

**Bước 1:** Phân tích các số liệu đầu vào: Khổ thông thuyền, tải trọng thiết kế, chiều dài nhịp, quy mô mặt cắt ngang, vật liệu xây dựng.

**Bước 2:** Căn cứ vào phương án cầu cụ thể để xác định các kích thước cơ bản của móng.

**Bước 3:** Tính toán các tải trọng tác dụng lên móng [1].

- + Tải trọng bản thân móng;
- + Áp lực thẳng đứng của tĩnh tải truyền xuống móng;
- + Áp lực thẳng đứng do hoạt tải đứng trên bản quá độ;
- + Áp lực đất tĩnh và áp lực đất do hoạt tải;
- + Các tải trọng khác như: Lực ly tâm (khi cầu nằm trên đường cong bằng), lực hãm xe, lực ma sát gối cầu, áp lực gió, lực thủy tĩnh...

**Bước 4:** Tổng hợp nội lực do tải trọng tác dụng lên từng mặt cắt theo các trạng thái giới hạn (TTGH) [1].

**Bước 5:** Tổ hợp tải trọng bất lợi nhất tác dụng lên từng mặt cắt.

**Bước 6:** Tính toán bố trí cốt thép và kiểm toán khả năng chịu uốn, chịu cắt và khả năng chống nứt của từng mặt cắt [1], [2], [3].

**Bước 7:** Tính toán bố trí cọc trong bê tông móng. Kiểm toán đất nền dưới đáy móng theo điều kiện về cường độ, khả năng chống lạt và chống trượt...

**Bước 8:** Tính toán các công trình phụ trợ phục vụ cho việc thi công móng.

- Khối lượng bê tông cần thiết;
- Khối lượng ván khuôn;
- Số lượng cọc ván cần cho hố móng;
- Chiều dày lớp bê tông bịt đáy...

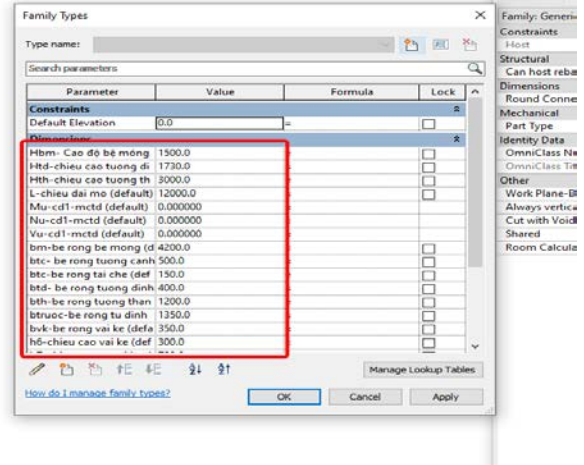
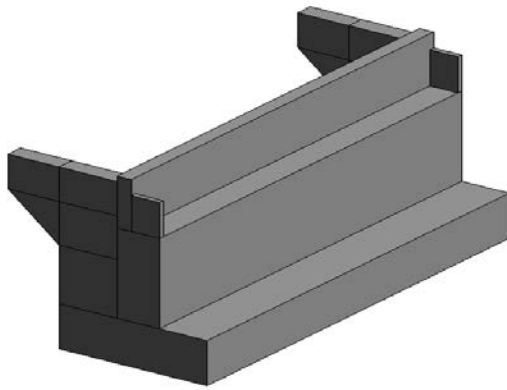
**Bước 9:** Hoàn thiện các bản vẽ thiết kế kỹ thuật và thiết kế tổ chức thi công.

### 2.3. Ứng dụng BIM trong thiết kế móng cầu bê tông cốt thép dự án cầu A1 thuộc gói thầu A4 tuyến đường cao tốc Bến Lức – Long Thành theo TCVN 11823:2017

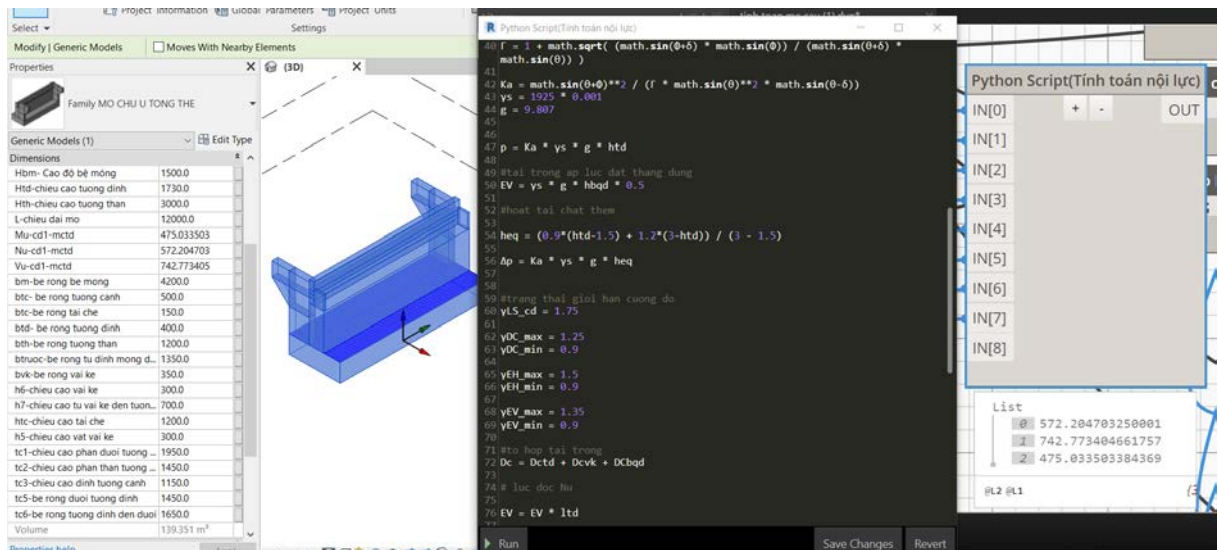
Khi bắt đầu một dự án sau giai đoạn khảo sát ta sẽ lựa chọn kích thước móng cầu sao cho phù hợp. Vì vậy để ứng dụng công nghệ BIM trước tiên ta xây dựng mô hình 3D móng cầu trên Revit bằng cách tạo dựng family có thể thay đổi các kích thước cơ bản của móng cầu.

Xây dựng tham số cho kết cấu móng cầu tích hợp trong một mô hình 3D bao gồm các thông số về hình học như: Chiều cao, chiều dài, chiều rộng,...

Từ đây khi ta cần thay đổi kích thước móng ta chỉ cần thay đổi chỉ số trong bảng tham số, mô hình 3D sẽ cập nhật thay đổi theo kích thước. Sau đó từ các kích thước đã chọn ta nhập vào dynamo Revit để xác định nội lực tại các mặt cắt tính toán bằng node Python.Script trong dynamo revit. Python.Script là node dùng lập trình Python, ta có thể lập trình để tính toán mặt cắt chịu lực của móng cầu, vì vậy ta sẽ lập trình tính toán nội lực thông qua tiêu chuẩn TCVN 11823:2017 [1]



Hình 2. Trường tham số phi hình học cho mô cầu.

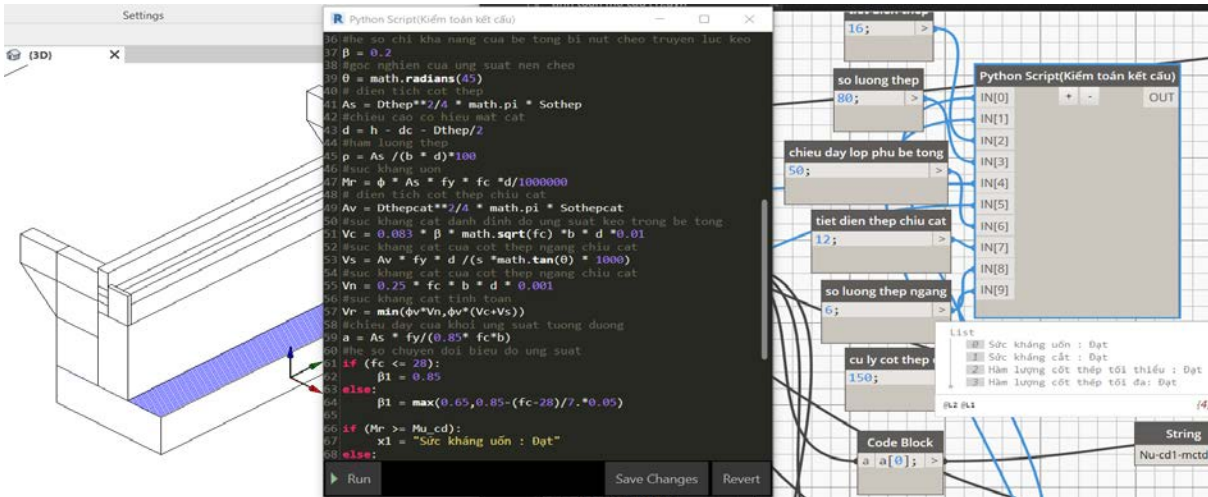


Hình 3. Tham số và xây dựng công thức tính toán tải trọng trong Revit+Python Script.

Đề xuất trường dữ liệu thông tin phi hình học cho mô cầu như: Hbm-Cao độ bệ móng; Htd-Chiều cao tường đỉnh; Hth-Chiều cao tường thân; L-Chiều dài móng; Mu-cd1-mctd; Nu-cd1-mctd; Vu-cd1-mctd; Bm-Bề rộng bệ móng; Btc-Bề rộng tường cánh; Btc-Bề rộng tai che; Btd-Bề rộng tường đỉnh; Bth-Bề rộng tường thân; Btruoc-Bề rộng từ đỉnh móng; Bvk-Bề rộng vai kê; H7-Chiều cao từ vai kê đến tường đỉnh; Htc-Chiều cao tai che; H5-Chiều cao vát vai kê; Tc1-Chiều cao phần dưới tường cánh; Tc2-Chiều cao phần thân tường; Tc3-Chiều cao đỉnh tường cánh; Tc5-Bề rộng dưới tường đỉnh; Tc6-Bề rộng tường đỉnh đến dưới bệ móng. Với các thông số này chương trình sẽ tự xác định khối lượng bê tông

(Volume =139.351m<sup>3</sup>). Sau khi nhập các thông số kích thước thông qua Nodes Python Script (tính toán nội lực) trong dynamo sẽ lập công thức tính áp lực ngang của đất như:  $p = Ka * \gamma_s * g * htd$  [1] trong đó:  $\gamma_s$  là dung trọng tự nhiên của đất;  $g = 9.807$  gia tốc trọng trường;  $htd$  là chiều cao tường đỉnh (chi tiết các công thức khác thể hiện trong hình 3).

Ta sử dụng các thông số Mu\_cd1-mctd, Nu\_cd1-mctd, Vu\_cd1-mctd (mô men, lực dọc, lực cắt ở trạng thái cường độ giới hạn) đã tính để gán lại vào family mô cầu. Các mục được gán vào sẽ hiện lên thông tin trong family mô cầu, tương tự ta sẽ gán tất cả giá trị nội lực vào mô cầu.



Hình 4. Xây dựng công thức kiểm toán và tự động bố trí cốt thép.

Ta nhập vào các giá trị biến số, hằng số và các công thức kiểm toán theo tiêu chuẩn TCVN 11823-2017 như:  $d = h - dc - D_{thép} / 2$  [1] trong đó:  $d$  là chiều cao mặt cắt tính toán;  $h$  là chiều cao mặt cắt;  $dc$  là lớp bê tông bảo vệ;  $D_{thép}$  là đường kính thép; chi tiết các công thức kiểm toán thể hiện như hình 4, để tính sức kháng uốn, sức kháng cắt, lượng thép cần thiết, v.v... Từ các công thức đã lập nên ta xuất được các giá trị *đạt* hay *không đạt* của số lượng thép ta nhập ban đầu, từ đó ta lựa chọn thép sao cho hợp lý và tiết kiệm.

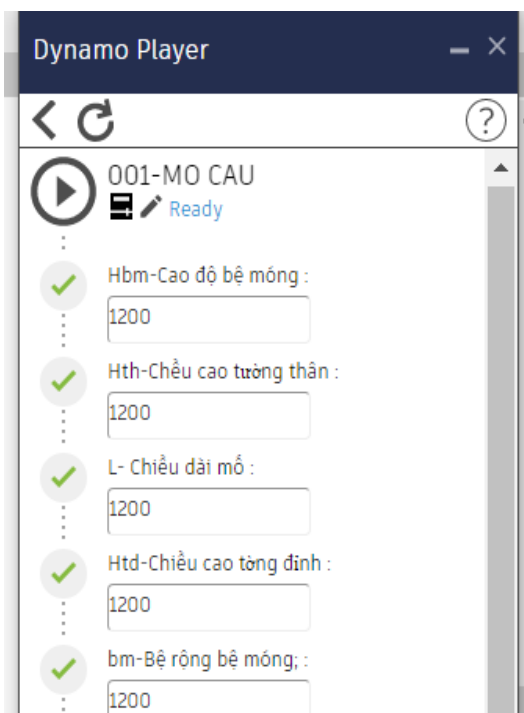
Tiếp đến ta lập trình từ Dynamo chọn mặt cắt bố trí cốt thép rồi lập trình tạo nên đường Curve, ta nhập từ số lượng thép đã đạt từ bước kiểm toán vào, sau đó từ đường Curve đã lập sử dụng node Create.FromCurves để vẽ thép từ những đường đã lập đó.

Người sử dụng sẽ kế thừa file Dynamo và nhập dữ liệu vào Dynamo Player giúp tiết kiệm được thời gian và tránh được sai số khi nhập số liệu tính toán trên excel, chuyển qua vẽ bằng Autocad truyền thống, cửa sổ nhập thông số trong Dynamo Player như hình 5.

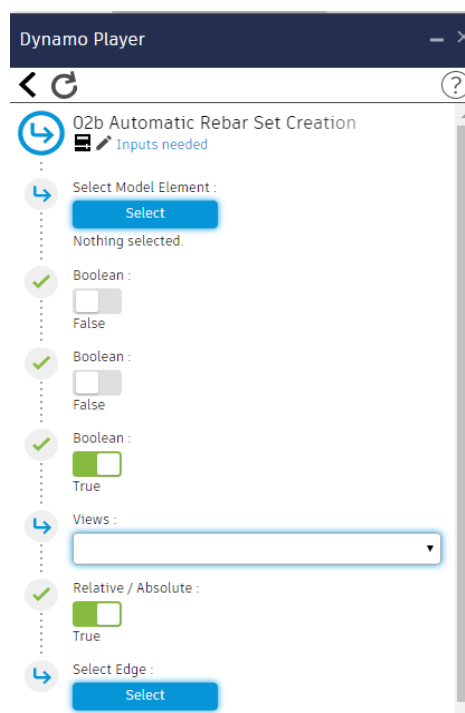
Như vậy sau này khi thiết kế ta chỉ cần chọn số thép, đường kính thép, bước thép là chương trình có thể tính toán cho ta được kết quả đạt hay không đạt và từ số thép ta chọn, chương trình tự động vẽ và bố trí thép lên

khung nhìn 3D như hình 7. Navisworks là phần mềm mô phỏng thông tin công trình ở cấp độ chi tiết hơn mô hình thông tin BIM thông thường. Khi kết hợp BIM cùng với thông tin về tiến độ thi công của các hạng mục (BIM 4D) và thông tin giá thành xây dựng công trình (BIM 5D) sẽ giúp dự án trở nên khả thi và ít rủi ro hơn. Các kỹ sư hoàn toàn có thể kết hợp giữa các mô hình và dữ liệu từ các nền tảng khác nhau (AutoCAD, Revit, Infracore, Sketchup, Tekla...) để đưa ra các giải pháp thi công cụ thể, phù hợp với thực tế kể cả chi phí xây dựng công trình. NavisWorks có ba chức năng lớn, được xem là chính yếu:

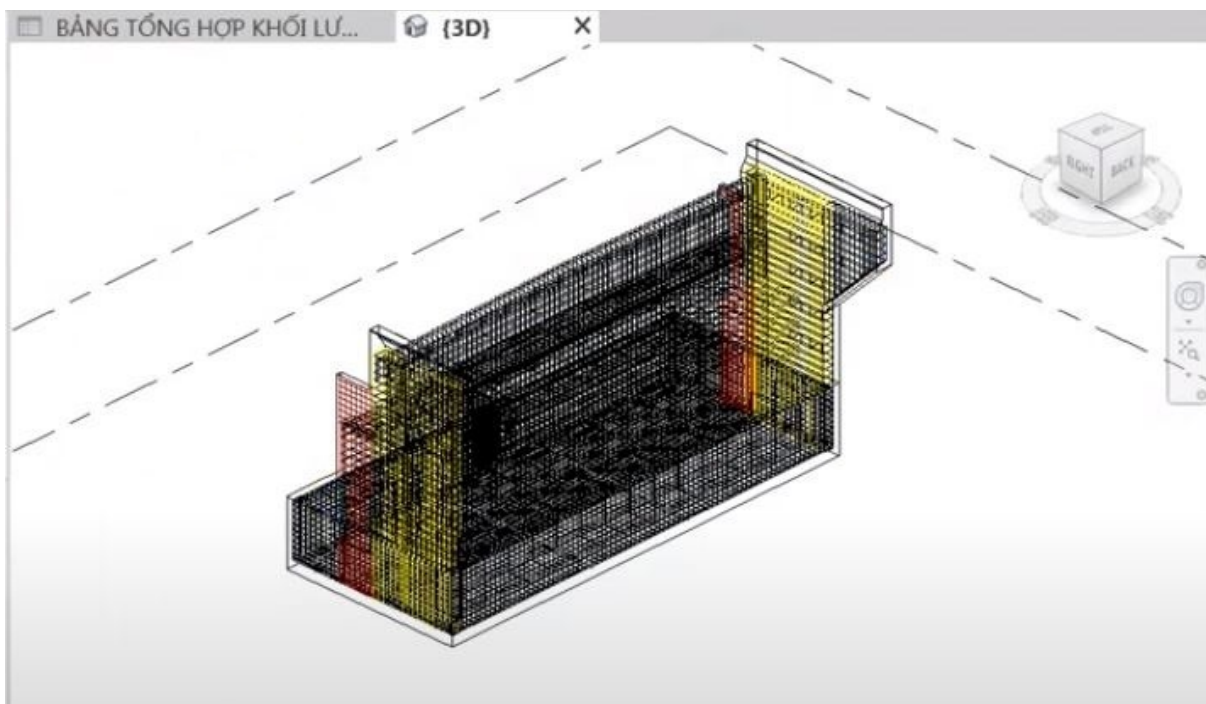
- **Phát hiện xung đột:** Kiểm soát chặt chẽ tiến độ, giảm thiểu các va chạm tiềm ẩn trong toàn bộ hệ thống [5]. Từ đó hạn chế tối đa rủi ro chậm tiến độ và xung đột giữa các bên nếu có.
- **Nhận được nhiều loại dữ liệu:** Liên kết và quản lý dữ liệu thiết kế từ các phần mềm khác nhau.
- **Phân tích và mô phỏng:** Bằng việc thiết lập tiến độ thi công trong Microsoft Project sau đó nhập vào Navisworks để mô phỏng tiến độ thi công của dự án. Hoặc tiến độ này người sử dụng có thể thiết lập trực tiếp trong Navisworks .



Hình 5. Cửa sổ DynamoPlayer nhập kích thước mô.



Hình 6. Dynamo Player bố trí thép tự động.



Hình 7. Mô hình mô cầu và bố trí cốt thép 3D Dự án Cầu AI trên Revit+Dynamo.

### Kiểm tra xung đột cốt thép trong mô hình mô và cọc bê tông cốt thép (BTCT) trong Naviswork

1-Nhập mô hình vào Navisworks: Vào Home\Append. Chọn file (.nwc). Open để đưa mô hình ta vừa xuất từ Revit vào Navisworks Manage.

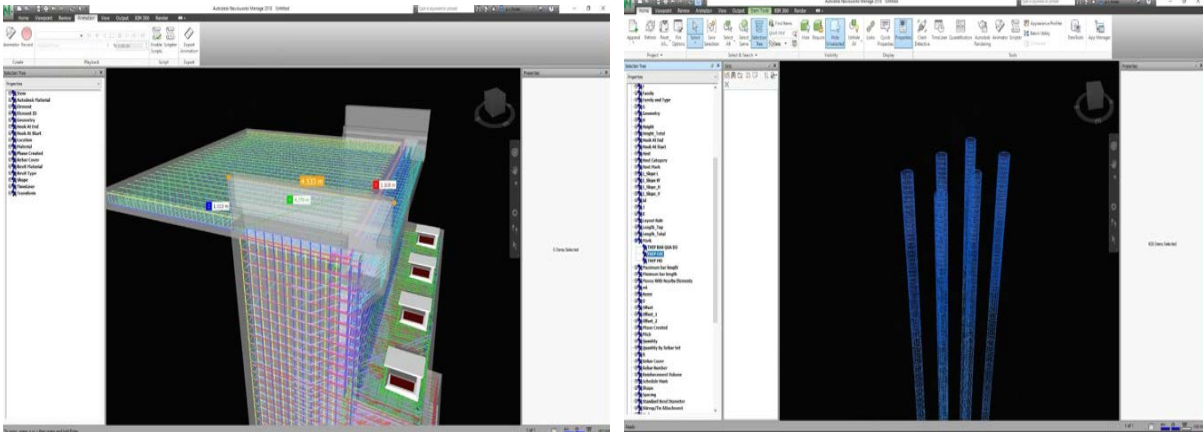
2-Sử dụng công cụ Clash Detective, công cụ Rule Test để thiết lập quy tắc kiểm tra.

3-Phân tích kết quả, xuất báo cáo: Vào Report Tab\, chọn nội dung cần xuất, chọn định dạng HTML\Write Report thông qua công cụ Results Tab.

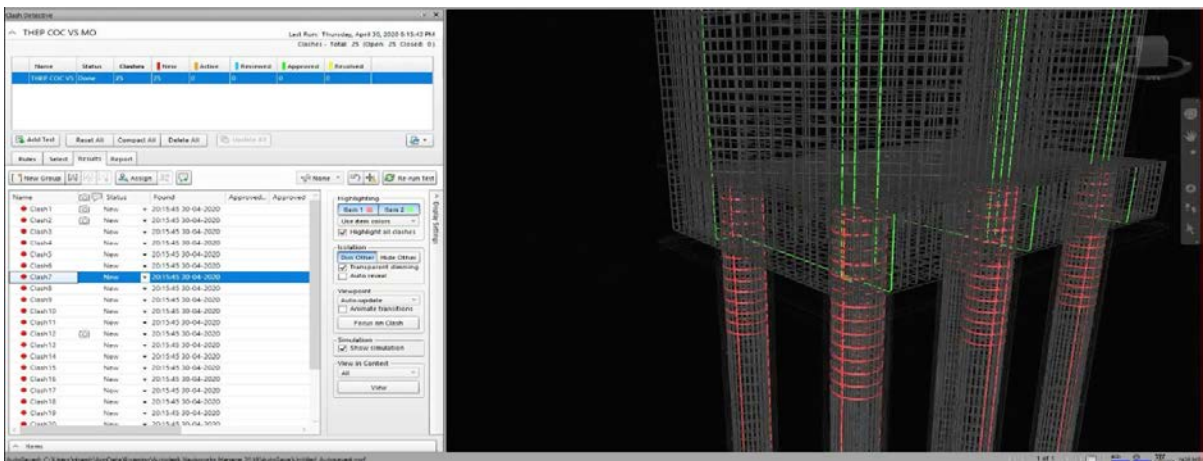
### Xuất khối lượng trên Revit

Nghiên cứu cho thấy công tác đo bóc khối lượng công trình áp dụng BIM có hiệu quả nổi bật về tiết kiệm thời gian tuy yêu cầu mức đầu tư ban đầu cao cho thiết bị và nhân lực. Đối

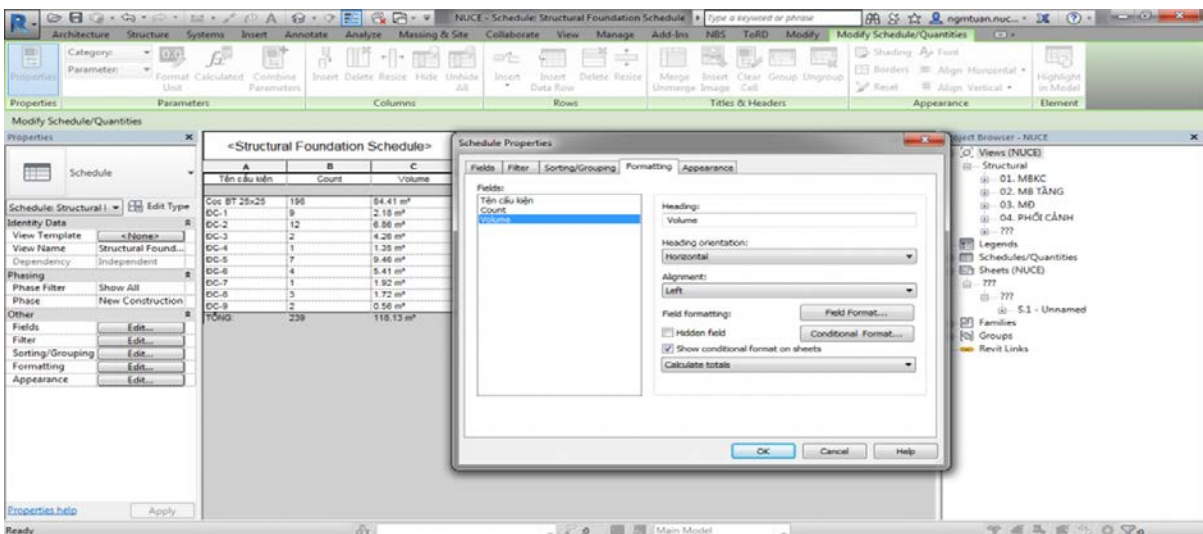
với các đơn vị thiết kế, nhà thầu, quản lý dự án cách tính khối lượng bê tông, cốt thép, ván khuôn là mối quan tâm đặc biệt về mức độ chính xác, vấn đề này có thể giải quyết theo công nghệ BIM điển hình là phần mềm Revit.



Hình 8. Chuyển Mô hình 3D Revit mô cầu dự án Cầu A1 sang Naviswork.



Hình 9. Phát hiện và kiểm tra xung đột bằng Naviswork.



Hình 10. Xuất khối lượng và để kết nối các mô hình BIM và trong Revit.

### 3. Kết luận

Ứng dụng BIM trong tự động hóa thiết kế mô cầu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 11823:2017 hoàn toàn thực hiện được trên phần mềm Revit + Dynamo. Đã đề xuất được trường dữ liệu thông tin phi hình học cho mô cầu phục vụ công tác quản lý khối lượng.

Ứng dụng Dynamo kết hợp PythonScript người thiết kế sẽ lập trình được các file Dynamo để sử dụng lại cho các dự án tương tự thông qua công cụ nhập dữ liệu Dynamo Player sẽ tiết kiệm thời gian và giảm sai sót so với cách truyền thống. Hướng nghiên cứu tiếp theo sẽ thành lập các file Dynamo để tính toán cho kết cấu còn lại của cầu như dầm, cọc, bản mặt cầu...

Qua tính toán bằng Revit, có thể kiểm soát công tác đo bóc khối lượng công trình áp dụng BIM một cách hiệu quả và rút ngắn về mặt thời gian. Đối với Navisworks, thông tin công trình được mô phỏng ở cấp độ chi tiết hơn mô hình thông tin BIM thông thường. Giúp phát hiện xung đột và kiểm soát chặt chẽ tiến độ, giảm thiểu các va chạm tiềm ẩn trong toàn bộ hệ thống như đã nói trên. Từ đó hạn chế tối đa rủi ro chậm tiến độ như trong thực tế hay diễn ra.

Bằng việc mở rộng mô hình BIM theo hướng quản lý cụ thể, chi tiết hơn như BIM 4D và BIM 5D sẽ giúp tối ưu hóa, xử lý các khiếm khuyết nếu có trước khi thực hiện dự án. Việc áp dụng và phổ biến công nghệ BIM tại Việt nam sẽ giúp các nhà xây dựng và các kỹ sư tương lai sớm tiếp cận, hưởng lợi trong công tác xây dựng và thiết kế công trình tại Việt Nam □

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Giao thông vận tải (2017), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu TCVN 11823:2017*;
- [2] Bộ Giao thông vận tải (2005), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-05* ;
- [3] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications- by the American Association of State Highway and Transportation Officials-2017;
- [4] Vương Tuấn Cường (2014), *Building Information Modeling (BIM)*, Bộ môn Công nghệ và quản lý xây dựng Đại học Xây dựng;
- [5] Trịnh Quốc Thắng (2007), *Các phương pháp sơ đồ mạng*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

**Ngày nhận bài: 18/06/2021**

**Ngày chuyển phản biện: 23/06/2021**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 14/07/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 21/07/2021**