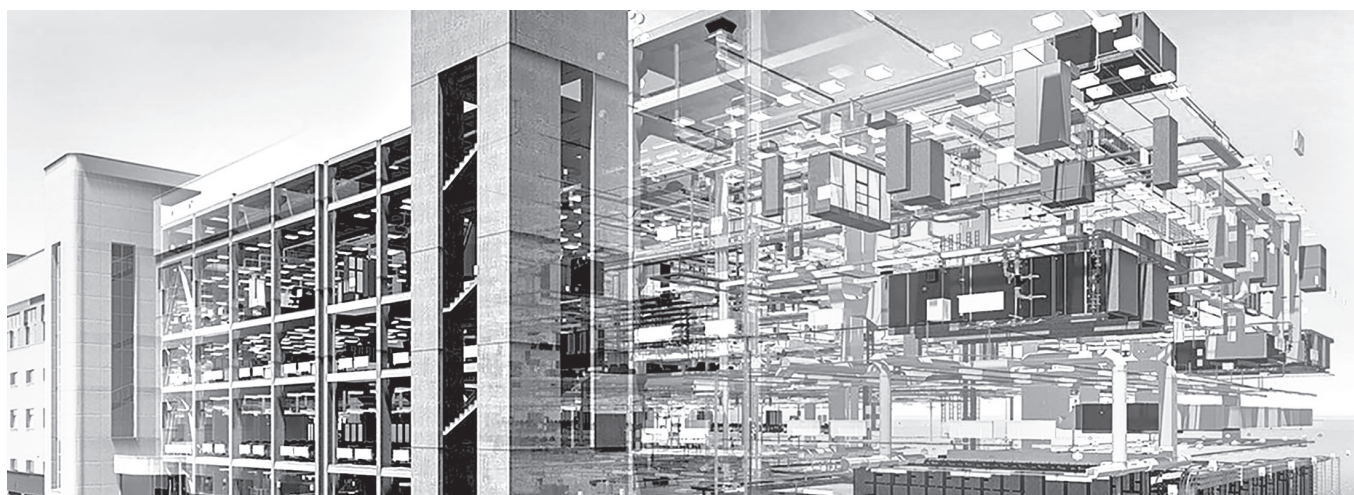


ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THÔNG TIN CÔNG TRÌNH (BIM) TRONG MÔ PHỎNG TIẾN ĐỘ VÀ CHI PHÍ CHO CÔNG TRÌNH NHÀ CAO TẦNG

APPLICATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN
SIMULATING SCHEDULE AND COST FOR HIGH-RISE BUILDING PROJECTS



Ths. Vũ Thị Khánh Chi¹ | Ths. Nguyễn Thanh Tùng²

Tóm tắt: Mô hình thông tin công trình (BIM) là một công cụ hỗ trợ quản lý xây dựng hiện đại, cho phép tích hợp dữ liệu thiết kế, tiến độ và chi phí trên cùng một nền tảng mô hình hóa. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã ứng dụng BIM để xây dựng mô hình 3D, tích hợp tiến độ (4D) và chi phí (5D) cho hạng mục móng của một công trình nhà cao tầng. Việc triển khai mô hình BIM 5D không chỉ góp phần nâng cao tính trực quan và khả năng phối hợp giữa các bộ phận mà còn giúp kiểm soát tiến độ, ngân sách và phát hiện sớm các xung đột trong thi công. Kết quả nghiên cứu là cơ sở thực tiễn để khuyến nghị mở rộng ứng dụng BIM trong các dự án xây dựng dân dụng có quy mô lớn.

Từ khóa: BIM, mô hình 4D, mô hình 5D, tiến độ thi công, nhà cao tầng.

Abstract: Building Information Modeling (BIM) is a modern construction management tool that allows the integration of design data, schedule, and cost on a single modeling platform. In this study, the authors applied BIM to develop a 3D model, integrating schedule (4D) and cost (5D) for the foundation component of a high-rise building project. The implementation of the BIM 5D model not only contributes to enhancing visualization and coordination among departments but also helps control schedule, budget, and early detection of construction conflicts.

The research results serve as a practical basis for recommending the expansion of BIM application in large-scale civil construction projects.

Keywords: BIM, 4D model, 5D model, construction schedule, high-rise building.

Nhận bài ngày 05/10/2025, chỉnh sửa ngày 15/11/2025, chấp nhận đăng ngày 18/12/2025.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh ngành Xây dựng ngày càng phát triển và các công trình ngày càng trở nên phức tạp, nhu cầu nâng cao hiệu quả quản lý dự án, đặc biệt là về tiến độ và chi phí, đang đặt ra những yêu cầu cấp thiết. Đối với các công trình nhà cao tầng - vốn có quy mô lớn, thời gian thi công kéo dài và sự phối hợp giữa nhiều bộ môn - việc kiểm soát tiến độ thi công và chi phí xây dựng thường gặp nhiều khó khăn nếu chỉ sử dụng các phương pháp quản lý truyền thống.

Mô hình thông tin công trình (Building Information Modeling - BIM) được xem là một giải pháp hiệu quả để giải quyết những hạn chế này. BIM cho phép xây dựng mô hình 3D tích hợp dữ liệu thiết kế, tiến độ (4D), chi phí (5D), giúp cải thiện tính trực quan, nâng cao khả năng phối hợp và hỗ trợ ra quyết định chính xác hơn trong quá trình thi công. Bài báo tập

^{1,2} Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

*Email: khanhchi.ctt@vimaru.edu.vn



Ứng dụng BIM trong thi công xây dựng giúp tối ưu hóa thiết kế, lập kế hoạch chính xác, tăng cường hợp tác, giám sát tiến độ thực tế và quản lý tài sản hiệu quả

trung vào việc ứng dụng mô hình BIM để mô phỏng tiến độ và chi phí thi công cho một hạng mục điển hình thuộc công trình nhà cao tầng. Thông qua việc xây dựng mô hình BIM 3D, tích hợp tiến độ (4D) và chi phí (5D) bằng các phần mềm chuyên dụng như Autodesk Revit, Navisworks và Excel, nhóm nghiên cứu đề xuất một quy trình áp dụng BIM trong quản lý thi công, từ đó tiến hành mô phỏng và đánh giá hiệu quả so với phương pháp truyền thống.

Kết quả nghiên cứu nhằm góp phần làm rõ tiềm năng ứng dụng của BIM trong các công trình dân dụng có quy mô lớn, đồng thời cung cấp cơ sở thực tiễn cho việc triển khai rộng rãi công nghệ BIM tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là phương pháp mô hình hóa thông tin công trình (BIM), kết hợp với mô phỏng tiến độ và chi phí thi công trên cơ sở dữ liệu thực tế của công trình. Mục tiêu là xây dựng mô hình BIM tích hợp quản lý tiến độ (4D) và chi phí (5D) cho một hạng mục điển hình trong công trình nhà cao tầng, từ đó đánh giá hiệu quả ứng dụng so với quy trình quản lý truyền thống.

2.1. Quy trình nghiên cứu

Trong đề tài này, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính kết hợp mô phỏng, nhằm đánh giá tiềm năng ứng dụng của mô hình thông tin công trình (BIM) trong việc hỗ trợ quản lý tiến độ (4D) và chi phí (5D) cho giai đoạn thi công phần ngầm công trình nhà cao tầng. Quy trình nghiên cứu được xây dựng với định hướng mô phỏng các tình huống giả định có thể phát sinh trong thực tiễn thi công, từ đó đánh giá hiệu quả công cụ BIM thông qua so sánh tương đối với phương pháp quản lý truyền thống. Quy trình gồm năm bước chính:

Bước 1: Xác định phạm vi mô phỏng

Lựa chọn một hạng mục điển hình trong phần ngầm công trình nhà cao tầng, bao gồm các cấu kiện kết cấu chính (móng, đài, sàn tầng hầm) và hệ thống kỹ thuật cơ bản (cấp thoát nước, PCCC, thông gió, điện). Tiêu chí lựa chọn bao gồm: có bản vẽ thiết kế chi tiết, số liệu khối lượng rõ ràng, phù hợp để xây dựng mô hình BIM.

Bước 2: Mô hình hóa không gian 3D (BIM 3D)

Sử dụng phần mềm Autodesk Revit để xây dựng mô hình BIM 3D dựa trên bản vẽ 2D hiện có. Quá trình mô hình hóa tập trung vào độ chính xác hình học, mối liên hệ giữa các cấu kiện và khả năng tích hợp với dữ liệu tiến độ – chi phí. Mô hình 3D cũng đóng vai trò làm nền tảng để phát hiện xung đột thiết kế (clash detection) trong bước tiếp theo.

Bước 3: Mô phỏng tiến độ thi công (BIM 4D)

Mô hình BIM 3D được tích hợp với dữ liệu tiến độ thi công bằng phần mềm Navisworks Manage, phát triển thành mô hình BIM 4D. Mỗi hoạt động thi công được liên kết với các đối tượng tương ứng trong mô hình, tạo điều kiện để mô phỏng trình tự thi công một cách trực quan và nhận diện xung đột về không gian và thời gian giữa các công việc (công tác kết cấu, lắp đặt MEP, vận hành thiết bị,...).

Bước 4: Gắn dữ liệu chi phí và phát triển mô hình 5D

Từ mô hình Revit, các khối lượng thi công được trích xuất và liên kết với đơn giá (tạm tính) trong bảng Excel để hình thành mô hình BIM 5D. Mô hình này hỗ trợ việc theo dõi sự thay đổi chi phí theo thời gian và đánh giá tác động của các tình huống xung đột hoặc thay đổi tiến độ đến ngân sách thi công.

Bước 5: Phân tích và đánh giá hiệu quả mô phỏng

Mô hình BIM 5D hoàn chỉnh được sử dụng để mô phỏng toàn bộ quá trình thi công phần ngầm theo các kịch bản giả định (như xung đột kết cấu – MEP, chồng lấn tiến độ, sai khác cao độ...). Hiệu quả của mô hình được đánh giá theo phương pháp định tính, thông qua các tiêu chí:

- Khả năng phát hiện xung đột sớm trong thiết kế và thi công
- Mức độ hỗ trợ trong điều chỉnh kế hoạch tiến độ
- Tính trực quan, dễ hiểu trong truyền đạt thông tin cho các bên liên quan
- Tính linh hoạt khi cập nhật hoặc thay đổi thiết kế
- Khả năng kiểm soát và dự báo chi phí phát sinh

Kết quả mô phỏng được so sánh tương đối với phương pháp quản lý truyền thống (không sử dụng BIM) để đánh giá lợi ích tiềm năng của công nghệ BIM trong giai đoạn thiết kế và tổ chức thi công phần ngầm công trình.

2.2. Cách tiếp cận và đánh giá hiệu quả

Trong nghiên cứu này, việc đánh giá hiệu quả ứng dụng BIM được tiếp cận theo hướng định tính, dựa trên quá trình mô phỏng thực tiễn và phân tích tình huống giả định trong thi công phần ngầm. Mô hình BIM tích hợp 5D (gồm hình học 3D, tiến độ 4D và chi phí 5D) đóng vai trò trung tâm để kiểm nghiệm khả năng hỗ trợ quản lý thi công thông qua việc mô phỏng chuỗi công việc, phát hiện xung đột, và theo dõi biến động chi phí theo thời gian.

Sau khi hoàn thiện mô hình, nhóm nghiên cứu tiến hành tái hiện toàn bộ quá trình thi công phần ngầm trong môi trường BIM, bao gồm: Trình tự thi công, lắp đặt hệ thống kỹ thuật, di chuyển thiết bị, phân công tổ đội và mô phỏng các tình huống thay đổi bất ngờ (như chậm tiến độ, va chạm kỹ thuật, thay đổi thiết kế...).

Kết quả mô phỏng được đối chiếu với quy trình quản lý truyền thống (bản vẽ 2D, bảng tiến độ Gantt và bảng dự toán rời rạc), từ đó xác định mức độ cải thiện mà BIM mang lại. Quá trình đánh giá tập trung vào các chỉ tiêu định tính cốt lõi, được tổng hợp qua quan sát mô hình, phân tích hiệu ứng và phản hồi chuyên gia (nếu có).

Các tiêu chí đánh giá hiệu quả được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 1. Tiêu chí đánh giá hiệu quả ứng dụng BIM

Tiêu chí	Ý nghĩa và cách đánh giá
Khả năng kiểm soát tiến độ	Đánh giá mức độ rõ ràng, trực quan của trình tự thi công trong mô hình 4D; khả năng điều chỉnh lịch trình khi thay đổi phương án.
Độ chính xác trong kiểm soát chi phí	Phân tích mức độ chi tiết và khả năng cập nhật chi phí theo thời gian (mô hình 5D) so với bảng dự toán truyền thống.
Khả năng phát hiện xung đột	Ghi nhận số lượng và mức độ nghiêm trọng của các xung đột kỹ thuật (kết cấu – MEP) được phát hiện qua mô hình BIM mà bản vẽ 2D không thể hiện rõ.
Tính trực quan của mô hình	Mức độ dễ hiểu, dễ hình dung khi truyền đạt tiến độ và khối lượng công việc đến các bên liên quan.
Hiệu quả phối hợp liên bộ môn	Khả năng tích hợp thông tin từ các bộ môn kiến trúc, kết cấu, MEP trong một môi trường làm việc duy nhất.
Tính linh hoạt trong điều chỉnh kế hoạch	Mô hình có thể phản ánh kịch bản thay đổi (thời tiết, điều chỉnh thiết kế...) nhanh chóng hay không; khả năng phản ứng của hệ thống.

Cách đo lường (mức độ định tính) như sau:

- So sánh tương đối: Giữa mô hình BIM và phương pháp truyền thống trên cùng một kịch bản mô phỏng.
- Ghi nhận tình huống: Như số lượng xung đột phát hiện được, thời gian cập nhật tiến độ, khối lượng công việc phát sinh do sai sót thiết kế...
- Quan sát mô hình: Để đánh giá trực quan hóa và khả năng truyền đạt thông tin.
- Phân tích khả năng điều chỉnh: Đánh giá qua mô phỏng các tình huống thay đổi tiến độ hoặc thiết kế.

Như vậy, việc đánh giá không tập trung vào số liệu tuyệt đối, mà hướng đến việc làm rõ lợi ích tiềm năng của BIM trong việc nâng cao hiệu quả quản lý dự án thông qua các biểu hiện định tính dễ quan sát: Giảm xung đột, hỗ trợ ra quyết định nhanh, và tăng cường phối hợp giữa các bộ phận. Kết quả phân tích sẽ là cơ sở để đưa ra kiến nghị về khả năng áp dụng BIM cho các công trình tương tự trong thực tiễn.

3. NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN VỀ PHÂN TÍCH HIỆU QUẢ MÔ PHỎNG PHẦN NGẦM BẰNG BIM TRÊN MỘT CÔNG TRÌNH THỰC TẾ

3.1. Giới thiệu công trình nghiên cứu

Trong phạm vi nghiên cứu, nhóm tác giả tiến hành mô phỏng và tính toán cho hạng mục móng của tòa nhà HH1

thuộc dự án Chung cư Hoàng Huy – Đồng Quốc Bình, do Công ty Cổ phần Đầu tư Dịch vụ Tài chính Hoàng Huy làm chủ đầu tư. Công trình tọa lạc tại vị trí tiếp giáp hai trục đường lớn là Lạch Tray và Nguyễn Bình Khiêm, thành phố Hải Phòng. Dự án có quy mô gồm 29 tầng nổi và 1 tầng hầm, với tổng số 510 căn hộ và diện tích mặt bằng xây dựng khoảng 1.500m². Phương án kết cấu móng sử dụng hệ cọc khoan nhồi, đài cọc và dầm móng bằng bê tông cốt thép đổ tại chỗ. Kết cấu thân là hệ khung không gian kết hợp vách lõi, dầm, cột và sàn bê tông cốt thép toàn khối. Hệ thống bao che sử dụng tường gạch xây, giao thông đứng bố trí 12 thang máy chia thành 4 cụm cùng hệ thống thang bộ và hành lang giao thông ngang.



Hình 1. Phối cảnh tòa nhà HH1
– dự án chung cư Hoàng Huy Đồng Quốc Bình

3.2. Các xung đột được phát hiện khi áp dụng BIM

Sau khi tiến hành mô hình hóa và mô phỏng phần ngầm của công trình HH1 theo các cấp độ BIM bao gồm: Mô hình thông tin hình học (BIM 3D), mô phỏng tiến độ thi công (BIM 4D) và mô phỏng chi phí (BIM 5D), một số bất cập và sai lệch đã được phát hiện so với hồ sơ thiết kế và kế hoạch thi công ban đầu. Kết quả phân tích cho thấy, có ba xung đột lớn ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả triển khai dự án, bao gồm:

- Xung đột về trình tự thi công do điều phối tiến độ chưa hợp lý.
- Xung đột không gian giữa hệ thống thoát nước và dầm móng trong tầng hầm (BIM 3D)
- Phát sinh chi phí trong công tác đào – vận chuyển đất do thiếu phân kỳ hợp lý.

Các tình huống xung đột này được phân tích chi tiết dưới đây nhằm làm rõ vai trò của BIM trong việc hỗ trợ phát hiện, kiểm soát và đưa ra các giải pháp điều chỉnh kịp thời trong thực tế thi công.

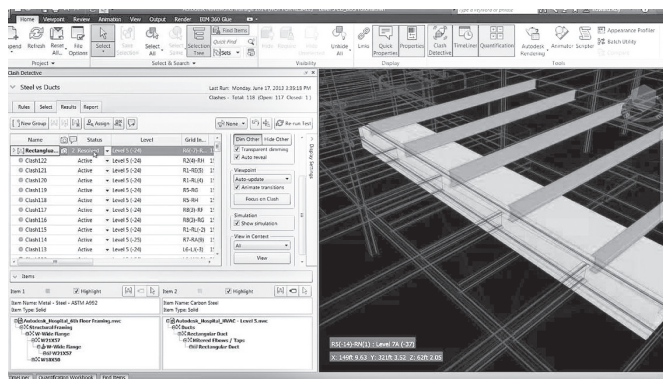
3.3. So sánh chi phí phát sinh do xung đột trong thi công phần ngầm giữa phương pháp BIM và phương pháp truyền thống

Việc triển khai mô hình BIM cho phần ngầm công trình HH1 đã cho phép phát hiện sớm các xung đột kỹ thuật và tổ chức thi công mà phương pháp truyền thống thường khó nhận diện từ giai đoạn lập kế hoạch. Bên cạnh việc thể hiện trực quan các xung đột, mô hình BIM còn hỗ trợ trích xuất khối lượng, đánh giá tiến độ và chi phí phát sinh một cách có

hệ thống. Trong mục này, các tình huống xung đột điển hình được phân tích dưới góc độ chi phí nhằm so sánh mức độ phát sinh khi sử dụng phương pháp truyền thống và khi có sự hỗ trợ của BIM. Kết quả so sánh là cơ sở để đánh giá hiệu quả của BIM trong việc giảm thiểu sai lệch và tối ưu hóa quản lý chi phí thi công phần ngầm.

3.3.1. Xung đột tiến độ do điều phối sai thứ tự thi công (BIM 4D)

Trong kế hoạch thi công phần móng, hạng mục thi công cọc khoan nhồi được dự kiến khi tính theo phương pháp truyền thống là 10 ngày. Tuy nhiên, do sự điều phối chưa hợp lý trong tiến độ tổng thể, công tác khoan cọc lại bị sắp xếp chồng chéo với giai đoạn đào đất tầng hầm diễn ra song song trong cùng khu vực. Việc thiếu mô phỏng trực quan trong giai đoạn lập tiến độ khiến các bên liên quan không nhận diện được xung đột không gian - thời gian này, dẫn tới việc thi công bị gián đoạn và kéo dài thực tế lên tới 16 ngày, chậm 6 ngày so với kế hoạch. Xét về chi phí, phần trễ tiến độ này làm phát sinh chi phí vận hành máy khoan (5 triệu đồng/ngày) với tổng cộng 30 triệu đồng, cùng với chi phí nhân công, giám sát và quản lý thi công (3 triệu đồng/ngày), tương ứng 18 triệu đồng; tổng chi phí phát sinh ước tính khoảng 48 triệu đồng. Việc mô phỏng tiến độ bằng BIM 4D (Navisworks) cho thấy nếu trình tự thi công được trực quan hóa từ giai đoạn lập kế hoạch, xung đột thi công này có thể được phát hiện và điều chỉnh sớm, qua đó tránh được tình trạng chồng chéo không gian làm việc, hạn chế gián đoạn thi công và giảm thiểu chi phí phát sinh.



Hình 2. Giao diện phần mềm Autodesk Navisworks Manage cho thấy mô hình mô phỏng phần ngầm công trình, với tính năng Clash Detection được kích hoạt

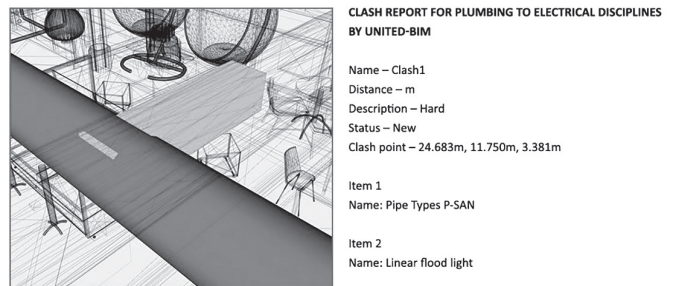
3.3.2. Xung đột không gian giữa hệ thống thoát nước và dầm móng trong tầng hầm (BIM 3D)

Một trong những xung đột kỹ thuật phổ biến trong giai đoạn thiết kế phần ngầm công trình cao tầng là sự giao cắt không hợp lý giữa hệ thống kỹ thuật cơ điện (MEP) và kết cấu chịu lực. Tại công trình HH1 - Chung cư Hoàng Huy Đồng Quốc Bình, mô hình BIM 3D cho tầng hầm được xây dựng và phối hợp giữa các bộ môn kết cấu và MEP đã giúp phát hiện sớm nhiều điểm va chạm giữa các tuyến ống thoát nước và hệ dầm móng. Cụ thể, có tổng cộng 10 vị trí được xác định là xung đột không gian, trong đó các đoạn ống thoát nước

chính có nguy cơ cắt qua dầm móng hoặc đài cọc, vi phạm nguyên tắc kỹ thuật và không thể thi công như thiết kế.

Trong phương pháp truyền thống, khi thiếu công cụ kiểm tra xung đột ba chiều, các bộ môn thiết kế thường triển khai độc lập trên bản vẽ 2D, khiến những va chạm như trên chỉ được phát hiện khi thi công đến hiện trường. Việc xử lý thường bao gồm đục phá cấu kiện, thi công lại tuyến ống, gia cố cục bộ hoặc điều chỉnh thiết kế khẩn cấp dẫn đến chi phí phát sinh và gián đoạn tiến độ. Với giả định chi phí xử lý trung bình cho mỗi điểm va chạm là 4 triệu đồng, tổng chi phí phát sinh trong tình huống này ước tính lên đến 40 triệu đồng.

Việc áp dụng mô hình BIM 3D trong giai đoạn thiết kế đã cho phép phát hiện toàn bộ xung đột nêu trên thông qua công cụ kiểm tra va chạm (Clash Detection) trong phần mềm Navisworks, từ đó hỗ trợ nhóm thiết kế điều chỉnh tuyến ống hợp lý trước khi thi công. Nhờ đó, công trình tránh được rủi ro sửa chữa ngoài hiện trường, tiết kiệm chi phí và đảm bảo chất lượng kết cấu móng. Đây là một minh chứng cụ thể cho giá trị của BIM trong việc kiểm soát xung đột kỹ thuật ở giai đoạn thiết kế phần ngầm - một khu vực có không gian hạn chế nhưng yêu cầu phối hợp kỹ thuật cao.



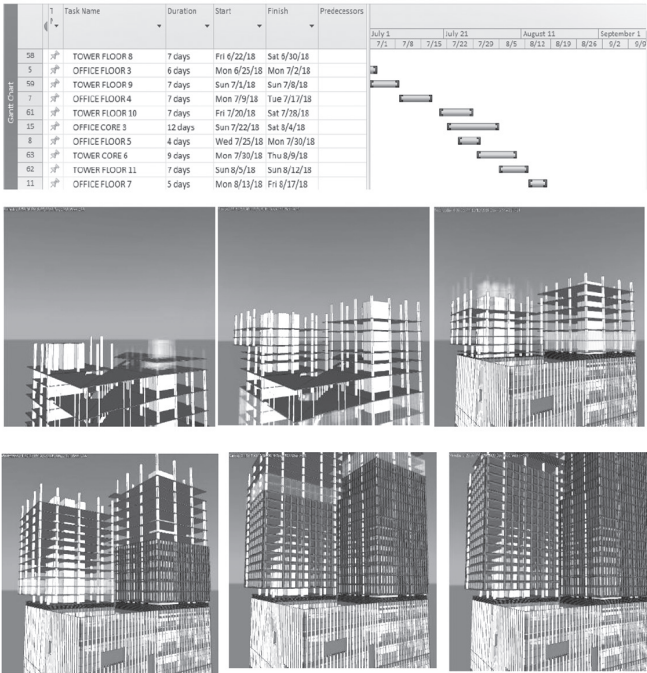
Hình 3. Báo cáo xung đột giữa hệ thống thoát nước với dầm móng trong naviswork

3.3.3. Phát sinh chi phí trong công tác đào và vận chuyển đất do thiếu phân kỳ thi công (BIM 4D + 5D)

Trong thi công tầng hầm công trình cao tầng, đặc biệt với diện tích lớn như tại công trình HH1- Chung cư Hoàng Huy Đồng Quốc Bình, công tác đào đất và vận chuyển chiếm tỷ trọng đáng kể trong chi phí phần ngầm. Một tình huống đáng chú ý được ghi nhận là việc thiếu mô phỏng phân kỳ hợp lý trong kế hoạch đào đất, dẫn đến việc tổ chức thi công đồng loạt toàn bộ diện tích tầng hầm thay vì chia thành các giai đoạn hợp lý theo khả năng vận chuyển và mặt bằng thi công.

Do không có mô hình BIM 4D để mô phỏng trình tự thi công, đơn vị thi công đã huy động đồng thời nhiều máy móc và xe tải trong cùng một thời điểm, vượt quá khả năng xử lý thực tế của công trường. Hệ quả là hơn 700m³ đất bị đào vượt kế hoạch xử lý, gây quá tải bãi đổ, ùn tắc nội bộ và phát sinh chi phí vận hành không hiệu quả. Ngoài chi phí vận chuyển đất tăng cao, công trình còn phát sinh thêm chi phí thuê bãi lưu kho tạm, thời gian chờ thiết bị, và điều chỉnh kế hoạch thi công. Tổng chi phí phát sinh cho tình huống này ước tính khoảng 83 triệu đồng.

Ứng dụng mô hình BIM 4D kết hợp 5D cho phép mô phỏng trực quan trình tự đào đất theo từng giai đoạn, đồng thời tích hợp khối lượng với đơn giá thi công để kiểm soát chi phí theo tiến độ thực. Các phần mềm như Navisworks hoặc Synchro hỗ trợ tạo kịch bản thi công linh hoạt, giúp nhà thầu đánh giá trước khả năng huy động thiết bị – nhân lực phù hợp với điều kiện thực tế, từ đó tối ưu chi phí và tránh phát sinh ngoài kiểm soát. Đây là một minh chứng rõ ràng cho hiệu quả của BIM trong công tác lập và kiểm soát kế hoạch thi công phần ngầm, đặc biệt trong các dự án có không gian thi công hạn chế như HH1.



Hình 4. Mô hình BIM 4D minh họa phân kỳ thi công theo tiến độ

4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán thực tế cho thấy, khi ứng dụng BIM 5D để quản lý thi công công trình nhà cao tầng, tỷ lệ hao hụt vật

tư giảm khoảng 10% nhờ việc kiểm soát khối lượng một cách chính xác. Điều này đặc biệt quan trọng với những công tác thi công có thành phần chi phí lớn như thi công cọc khoan nhồi, thép và bê tông. Bên cạnh đó, những sai số dự toán thông thường được loại bỏ gần như tối đa. Cuối cùng, chi phí thi công được tiết kiệm do các lỗi thiết kế, xung đột kỹ thuật được phát hiện, dự báo sớm. Về mặt tiến độ, BIM 5D dự báo trước được các tình huống chậm trễ và đưa ra được biện pháp xử lý kịp thời nhờ đó rút ngắn được thời gia thi công so với tiến độ đề ra. Tóm lại, việc ứng dụng BIM 5D vào công tác quản lý thi công công trình nhà cao tầng chứng minh được khả năng giảm chi phí, rút ngắn tiến độ thi công và hạn chế các rủi ro phát sinh, từ đó góp phần nâng cao hiệu quả quản lý xây dựng. Tuy nhiên, hiện nay việc triển khai BIM vào thực tế thi công còn gặp nhiều khó khăn cần được tháo gỡ như chi phí đầu tư ban đầu cao, thiếu chuyên gia BIM tại Việt Nam. Để tháo gỡ những nút thắt này cần có sự chung tay của Nhà nước, các trường đại học, các doanh nghiệp và bản thân các nhà quản lý và kỹ sư xây dựng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học hàng Hải Việt Nam thông qua Đề tài mã số DT25-26.97

Tài liệu tham khảo:

[1] Nguyễn Văn Hiệp, Trần Thanh Hòa “Ứng dụng BIM trong quản lý tiến độ thi công công trình dân dụng”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng, (35), 45–52, 2020

[2] Lê Văn Hùng “Nghiên cứu ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong quản lý chi phí xây dựng”. Tạp chí Xây dựng Việt Nam, (3), 22–26, 2019

[3] Phạm Minh Đức, Nguyễn Thị Hà “Phân tích hiệu quả ứng dụng BIM 5D trong công tác dự toán xây dựng”. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, 73(4), 50–56, 2021

[4] Autodesk. (2022). Autodesk Revit User Guide. <https://help.autodesk.com>

