

ỨNG DỤNG GIẢI PHÁP BÁN LẮP GHÉP CHO CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ CHIỀU CAO LỚN TRONG THI CÔNG NHÀ CÔNG NGHIỆP

APPLICATION OF SEMI PRECAST SOLUTIONS FOR TALL REINFORCED CONCRETE COLUMNS IN INDUSTRIAL BUILDING CONSTRUCTION

Nguyễn Đăng Tuấn¹, Đỗ Văn Điệp²

^{1,2}Công ty TNHH Tập đoàn Xây dựng DELTA

Email: ¹ tuandn@deltagroup.vn, ² diep.dv@deltagroup.vn

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses1-28>

TÓM TẮT: Hiện nay, kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) lắp ghép đúc sẵn trong nhà máy chưa được áp dụng rộng rãi đặc biệt là với nhà công nghiệp. Với số lượng nhà máy sản xuất cấu kiện BTCT đúc sẵn còn hạn chế, thì việc áp dụng các giải pháp bán lắp ghép tại công trường phù hợp với hiện trạng từng dự án là một sự lựa chọn hợp lý và cần thiết. Giải pháp bán lắp ghép cột BTCT có chiều cao lớn trong thi công nhà công nghiệp đã được Công ty TNHH Tập đoàn Xây dựng DELTA áp dụng cho dự án nhà công nghiệp ở Hà Tĩnh là giải pháp hiệu quả về nhiều mặt như: chất lượng, tiến độ, an toàn lao động và kinh tế.

TỪ KHÓA: cột BTCT, bán lắp ghép, nhà công nghiệp

ABSTRACTS: Now, precast reinforced concrete (RC) structures prefabricated in factories haven't been widely applied especially for industrial buildings. With the limited number of factories producing precast RC components, the application of semi precast concrete at the construction site suitable to each project is a suitable choice and needs to be replicated. The solution of tall semi precast columns in industrial building construction, applied by DELTA Group to a factory project in Ha Tinh is an effective solution in many aspects such as: quality, progress, safety and economy.

KEYWORDS: RC column, semi precast column, industrial building

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Giải pháp cột BTCT cho nhà công nghiệp [1]

Hiện nay, giải pháp cột BTCT kết hợp với kèo thép cho nhà công nghiệp ngày càng được sử dụng rộng rãi hơn với các lý do sau:

- Cột BTCT có khả năng chống cháy tốt hơn so với cột thép thông thường (chưa có giải pháp chống cháy). Với sự ra đời của **Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 06:2022/BXD An toàn cháy cho nhà và công trình** [2] thì giải pháp phòng cháy chữa cháy cho nhà công nghiệp càng trở nên quan trọng.

- Kết cấu BTCT có khả năng chống ăn mòn cao, đặc biệt là đối với các xưởng có chứa hóa chất.

- Kết cấu BTCT có độ bền và độ ổn định cao hơn so với kết cấu thép, đặc biệt là khu vực có máy móc trọng lượng lớn khi hoạt động sinh ra rung động.

Tuy nhiên, nếu sử dụng giải pháp cột BTCT thì công đồ tại chỗ thì thời gian thi công sẽ bị kéo dài vì chiều cao cột lớn phải chia thành nhiều đợt đổ và chịu ảnh hưởng nhiều của thời tiết.

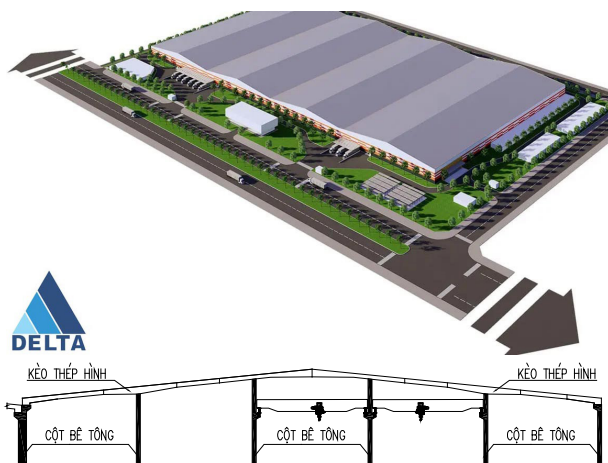
1.2. Giới thiệu về dự án áp dụng giải pháp

Dự án nhà công nghiệp có địa chỉ tại khu kinh tế

Vũng Áng, thị xã Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh.

Đặc điểm của dự án:

- Diện tích dự án tương đối lớn: 126,150.07 m².
- Dự án bao gồm nhà xưởng chính và các hạng mục phụ trợ: Nhà xưởng chính có diện tích 81,669 m².
- Kết cấu nhà xưởng chính: Cọc bê tông ly tâm, móng bê tông cốt thép, cột bê tông cốt thép và kèo thép mái.



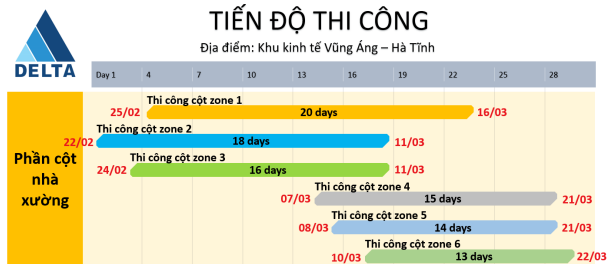
Hình 1. Hình ảnh dự án

- Đặc điểm của cột BTCT: cột có chiều cao lớn từ 9.0m đến 13.7m, bao gồm loại cột có vai cột và loại cột không có vai cột. Tiết diện cột: 500x600(mm), 500x700(mm), 500x800(mm), 600x600(mm). Trên đỉnh cột và vai cột có các cụm bu lông đặt chờ liên kết với kèo thép mái và dầm cầu trục.

- Dự án ở xa trung tâm khó khăn trong việc vận chuyển vật tư thiết bị và huy động nhân lực (cán bộ kỹ thuật và công nhân). Thời tiết mưa rét gây ảnh hưởng không nhỏ đến tiến độ.

- Dự án vừa điều chỉnh thiết kế vừa thi công, cập nhật bản vẽ liên tục gây khó khăn cho công tác dự trù vật tư.

- Khối lượng thi công lớn, thời gian thi công ngắn: 29 ngày (chủ đầu tư yêu cầu) cho riêng phần thi công cột (525 cột cao).

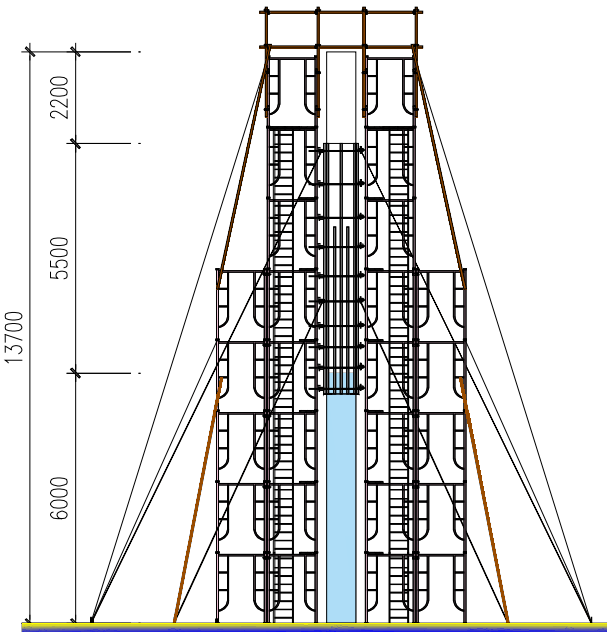


Hình 2. Tiến độ phân cột BTCT

Chính vì những đặc điểm trên mà dự án cần một giải pháp mới nhằm rút ngắn được tiến độ thi công mà vẫn đảm bảo được chất lượng và an toàn lao động.

2. GIẢI PHÁP THI CÔNG CỘT BTCT CÓ CHIỀU CAO LỚN ĐỔ TẠI CHỖ [3]

Theo quan điểm về mặt thi công, cột BTCT



Hình 3. Biện pháp thi công cột đổ tại chỗ

được xem là cột có chiều cao lớn là cột khi thi công bê tông đổ tại chỗ thì phải đổ từ 02 đợt đổ trở lên (thông thường cột có chiều cao > 5m).

2.1. Đặc điểm

Cột đổ bê tông (cao từ 9m - 13.7m) chia làm 2 ÷ 3 đợt đổ (có khoảng thời gian lắp đặt cốt thép, ghép cốp pha chờ đổ bê tông).

Lắp đặt giáo công tác, sàn thao tác xung quanh cột và hệ thống thanh chống, cáp giữ ổn định cho hệ giáo, chiều cao giáo hoàn thiện phải cao hơn chiều cao cột.

2.2. Hạn chế

Chiều cao đổ 1 đợt lớn có thể tới $h = 5 \div 6m$ gây khó khăn cho công tác kiểm soát chất lượng bê tông.

Công trường cần huy động một khối lượng vật tư lớn (giáo hoàn thiện, cáp thép, thép ống, thép hộp, ván khuôn...) và số lượng nhân công phải đông để thi công cột. Đồng thời, đây cũng có thể là một trong những nguyên nhân gây ra việc tăng chi phí thi công.

Công nhân làm việc nhiều trên cao có nguy cơ mất an toàn cao.

Công tác phối hợp lắp dựng hệ bu lông neo liên kết chân kèo thép gặp khó khăn khi làm việc trên cao. Bản mã định vị bu lông gây khó khăn cho việc đổ bê tông đầu cột.



Hình 4. Đổ bê tông cột cao tại công trường

3. GIẢI PHÁP LẮP GHÉP CỘT BTCT CÓ CHIỀU CAO LỚN ĐÚC SẴN TRONG NHÀ MÁY

3.1. Đặc điểm

Cấu kiện cột BTCT đúc sẵn trong nhà máy được cung cấp bởi các đơn vị có nhà máy sản xuất chuyên dụng (khu vực miền Bắc có nhà máy sản xuất cấu kiện BTCT đúc sẵn ở Hà Nội và Vĩnh Phúc đáp ứng được yêu cầu của dự án). Sau đó, cấu kiện đúc sẵn được vận chuyển tới công trường và tiến hành lắp ghép (xem Hình 5).

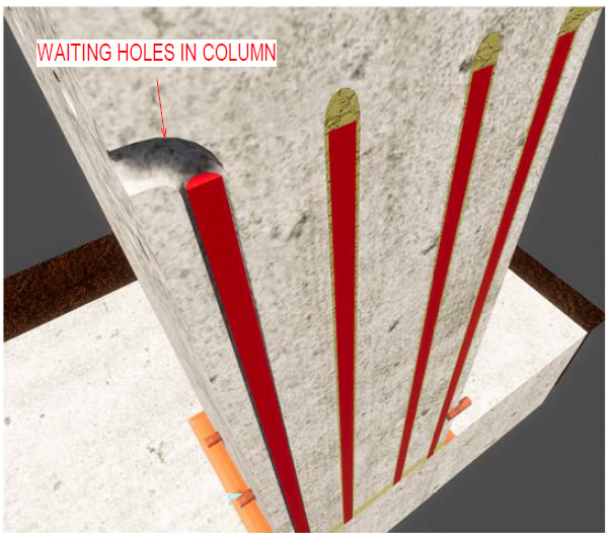
Một số giải pháp liên kết cột BTCT lắp ghép với móng (xem Hình 6, Hình 7, Hình 8).

3.2. Hạn chế

Giá thành cao do thêm chi phí vận chuyển từ nhà máy đến công trường thi công, vận chuyển từ bãi tập kết cấu kiện đến vị trí thi công. Thông thường, nhà máy và công trường xây dựng cách xa nhau và các cấu kiện cột BTCT có chiều dài và kích thước lớn gây khó khăn cho công tác vận chuyển cấu kiện BTCT đúc sẵn.



Hình 5. Lắp ghép cột bê tông (đúc sẵn trong nhà máy)



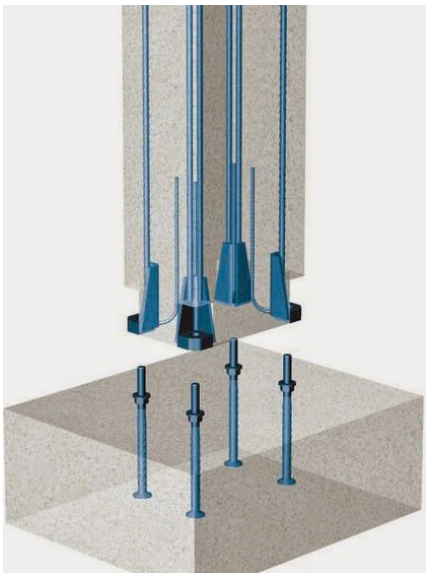
Hình 6. Giải pháp liên kết chân cột BTCT lắp ghép bằng cốt thép và vữa không co [4]

4. GIẢI PHÁP BÁN LẮP GHÉP CỘT BTCT CÓ CHIỀU CAO LỚN [3]

4.1. Yêu cầu đặt ra đối với giải pháp

Nhằm khắc phục những hạn chế của giải pháp thi công cột đổ tại chỗ và giải pháp lắp ghép cột đúc sẵn trong nhà máy, Công ty TNHH Tập đoàn Xây dựng DELTA đã nghiên cứu và đưa ra giải pháp thi công bán lắp cột BTCT tại công trường với các tiêu chí:

- Không làm thay đổi tính chất hệ kết cấu: không làm thay đổi tính chất liên ngàm giữa cột BTCT và móng BTCT. Việc này đã được chủ đầu tư và nhà thầu Tư vấn thiết kế đồng thuận về mặt kỹ thuật.



Hình 7. Giải pháp liên kết chân cột BTCT lắp ghép bằng bu lông và vữa không co



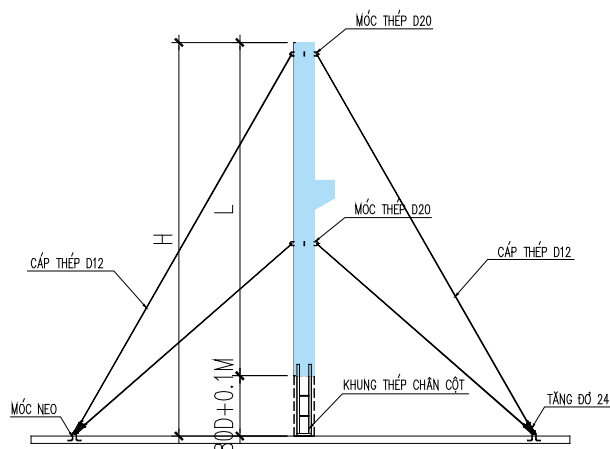
Hình 8. Giải pháp liên kết chân cột BTCT lắp ghép bằng móng cọc

- Giải pháp phải khả thi về mặt triển khai thi công tại công trường.
- Giải pháp phải đảm bảo được tiến độ, chất lượng và an toàn lao động.
- Giải pháp phải đảm bảo chi phí thi công nhỏ hơn hoặc bằng chi phí của giải pháp thi công cột BTCT đổ tại chỗ và giải pháp cột BTCT đúc sẵn trong nhà máy.

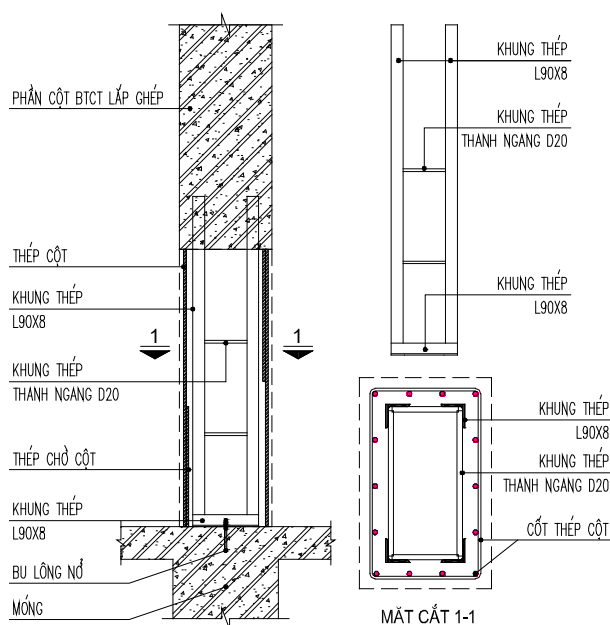
4.2. Thiết kế biện pháp thi công

Cấu kiện cột BTCT lắp ghép gồm 2 phần:

- Phần bê tông cốt thép: theo thiết kế có chiều dài $L=H-(80d+0.1m)$. Trong đó H là tổng chiều cao cột và d là đường kính thanh thép dọc.
- Phần khung thép góc L chống tạm: có tác dụng đỡ cột trong quá trình thi công cầu lắp và khi cột thẳng đứng mà phần bê tông chân cột chưa đảm bảo khả năng chịu lực.



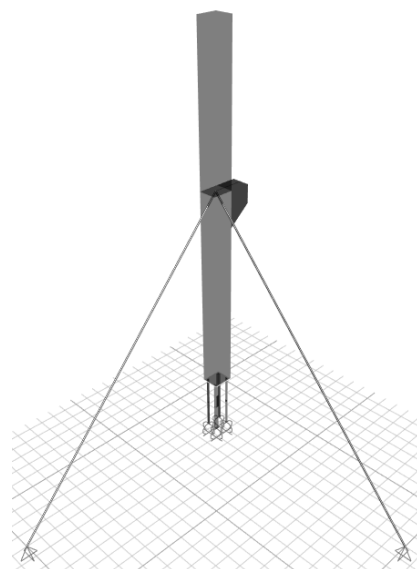
Hình 9. Bán lắp ghép cột BTCT có chiều cao lớn



Hình 10. Khung thép chống tạm phần chân cột

Thiết kế biện pháp lắp dựng cần tính toán kiểm tra [5]:

- Kiểm tra khả năng chịu lực cột BTCT trong quá trình vận chuyển cầu lắp và khi phần bê tông chân cột chưa đảm bảo khả năng chịu lực.
- Kiểm tra độ an toàn của hệ cáp (dây cáp, móc neo, tăng đỡ) giữ cột thẳng đứng từ khi cầu tự hành không còn giữ cột cho đến khi phần bê tông chân cột đủ khả năng chịu lực.
- Kiểm tra độ an toàn của cột BTCT và hệ dây cáp có xét độ lệch tâm nhất định của cột (độ lệch tâm thi công) và tải trọng gió.



Hình 11. Mô hình cột BTCT bán lắp ghép bằng phần mềm Etabs

Tổ hợp tải trọng [6]:

Tổ hợp tải trọng về cường độ:

$$ULS = 1.1DL + 1.2LT + 1.2WL$$

Tổ hợp tải trọng về chuyển vị:

$$SLS = DL + LT + WL$$

Trong đó:

DL: Tải trọng bản thân;

LT: Tải trọng gây ra do độ lệch tâm của cột BTCT;

WL: Tải trọng gió.

4.3. Quy trình thi công

Quy trình thi công chia làm 10 bước như sau:

Bước 1: Chuẩn bị vật tư, máy móc thi công: cốp pha, cốt thép, thép góc L, dây cáp thép, tăng đỡ ... Cầu tự hành bánh lốp 50 (hoặc 70 tấn), cầu thùng 15 tấn hỗ trợ...

Bước 2: Lắp dựng cốp pha và cốt thép: Cốp pha và cốt thép được lắp dựng ngay gần vị trí cột hoặc bãi gia công.



Hình 12. Lắp dựng cốt thép, cốp pha

Bước 3: Đổ bê tông.



Hình 13. Đổ bê tông cột tại mặt đất

Bước 4: Tháo ván khuôn cột, lắp đặt trước các dây cáp thép vào móc thép trên thân cột.



Hình 14. Tháo ván khuôn và chuẩn bị cầu lắp

Bước 5: Khi bê tông đạt 70% cường độ thiết kế thì tiến hành lắp dựng (đã được tính toán kiểm tra trong mục 4.2).

- Kiểm tra tìm cốt, thép chờ, vệ sinh mặt sàn móng.

- Sử dụng 02 cầu: 01 cầu tự hành 50 (hoặc 70 tấn) và 01 cầu thùng 15 tấn chuyển cột từ trạng thái nằm ngang sang trạng thái thẳng đứng.



Hình 15. Chuyển cột từ trạng thái nằm ngang sang trạng thái thẳng đứng

- Cầu tự hành giữ cột thẳng đứng trong quá trình định vị, căn chỉnh sơ bộ cột và lắp dựng hệ dây cáp thép neo giữ cột theo 4 phía.



Hình 16. Cầu tự hành giữ cột thẳng đứng



Hình 17. Cố định chân cột bằng liên kết hàn hoặc liên kết bu lông

Bước 6: Bật máy laser và căn chỉnh độ thẳng đứng của cột bằng tăng đỡ cỡ lớn hoặc pa lăng. Thông báo cho nhà thầu kết cấu thép và TVGS tiến hành nghiệm thu.



Hình 18. Bật mực và căn chỉnh cột

Bước 7: Lắp dựng cốt thép (cốt đai) và cốt pha phần chân cột



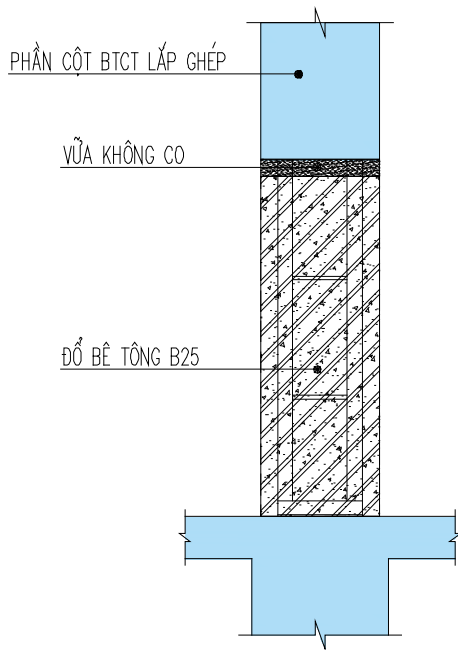
Hình 19. Ghép cốt pha phần chân cột phía dưới

Bước 8: Đổ bê tông cột đến cao độ cách đáy cột đúc sẵn khoảng 10cm.



Hình 20. Hình ảnh đã đổ bê tông chân cột

Bước 9: Đổ vữa không co ngót vào khe hở giữa 2 phần bê tông (khoảng 10cm), được tiến hành sau khoảng 03 ngày tính từ khi đổ bê tông (bước 8).

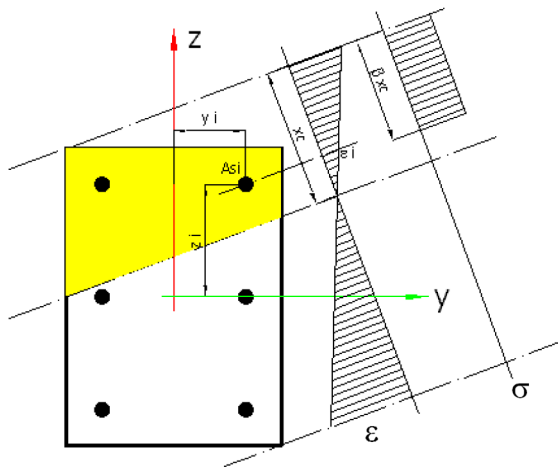


Hình 21. Đồ bê tông chân cột

Bước 10: Tháo dỡ hệ dây cáp thép, cắt bỏ các móc thép và tiến hành defect cột.

4.4. Giải pháp không làm thay đổi tính chất của hệ kết cấu

Giải pháp không làm thay đổi tính chất của hệ kết cấu là liên kết ngầm giữa cột BTCT và móng BTCT bởi các lý do sau:



$$\sigma_{3i} = E \cdot \varepsilon_i$$

$$N = \sum_{i=1}^m \sigma_{s_i} \cdot A_{s_i} + \int_{A_{cc}} \sigma_c dA$$

$$M_y = \sum_{i=1}^m \sigma_{si} \cdot A_i \cdot z_i + \int_A (\sigma_e \cdot z) dA$$

$$M_z = \sum_{i=1}^m \sigma_{zi} \cdot A_i \cdot y_i + \int_{Acc} (\sigma_c \cdot y) dA$$

Hình 22. Minh họa khả năng chịu lực dọc và momen của cột BTCT

- Đảm bảo tính liên tục của cốt thép theo thiết kế: Cốt thép được neo và nối theo đúng các tiêu chuẩn BTCT hiện hành.

- Đảm bảo tính liên tục của bê tông cột bằng việc sử dụng vữa không co ngót kết nối giữa phần bê tông đúc sẵn và phần bê tông đổ tại chỗ, tại các vị trí mạch ngừng thi công có quét chất kết dính bê tông.

- Liên kết chịu được lực dọc, lực cắt và momen (bê tông chịu nén và cốt thép chịu kéo).

5. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA CÁC GIẢI PHÁP

5.1. So sánh giải pháp bán lắp ghép với giải pháp đổ tại chỗ

Chỉ tiêu so sánh	Giải pháp đổ tại chỗ	Giải pháp bán lắp ghép
Tiến độ	Thời gian thi công 1 cột trung bình là 10 ngày. Do khối lượng vật tư, nhân công lớn cần có công tác chuẩn bị và vận chuyển phụ thuộc vào nhà cung cấp.	Thời gian thi công 1 cột trung bình là 6 ngày. Do thi công được cơ giới hóa và có thể tiến hành đổ bê tông cầu kiện trước khi thi công móng và khi chưa đổ sàn nền.
Chất lượng	Khó kiểm soát chất lượng bề tông do chiều cao đổ lớn. Khó kiểm soát chất lượng bề mặt cột (có thể tăng chi phí defect cột).	Kiểm soát chất lượng bề tông tốt hơn. Do công tác bề tông được tiến hành ở trên mặt đất, chiều cao đổ không lớn (khoảng dưới 1.0m). Chất lượng bề mặt cột được kiểm soát tốt hơn (dẫn đến chi phí defect cột giảm).
An toàn lao động	Nhiều công tác thi công trên cao có nguy cơ gây mất an toàn lao động đặc biệt là nguy cơ ngã cao.	Đa phần các công tác được tiến hành dưới mặt đất giảm thiểu các nguy cơ mất an toàn lao động Cần chú ý an toàn khi cầu lắp cầu kiện BTCT và an toàn của hệ neo giữ.
Chi phí trực tiếp (theo khái toán của nhà thầu [3])	Cột 600x600x9000: 12.219 triệu Cột 600x600x11200: 17.533 triệu Cột 500x800x13700: 24.905 triệu	Cột 600x600x9000: 13.870 triệu Cột 600x600x11200: 17.307 triệu Cột 500x800x13700: 23.186 triệu Cột càng cao và càng phức tạp (có 1 hoặc 2 vai cột) thì chi phí nhỏ hơn so với giải pháp đổ tại chỗ.

5.2. So sánh giải pháp bán lắp ghép với giải pháp lắp ghép toàn bộ cột (sản xuất trong nhà máy)

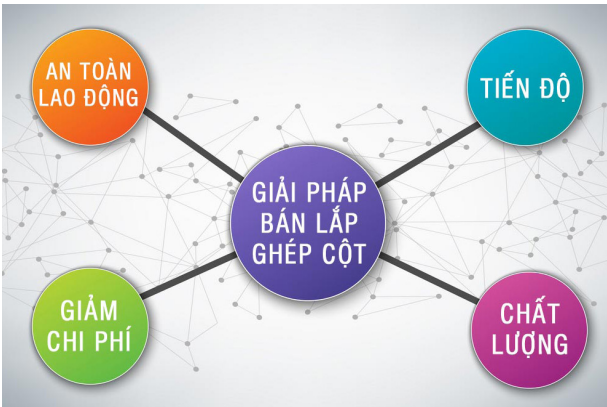
Về tiến độ và chất lượng của giải pháp bán lắp ghép và giải pháp lắp ghép toàn bộ cột là tương đương nhau.

Chỉ tiêu so sánh	Giải pháp lắp ghép toàn bộ (sản xuất trong nhà máy)	Giải pháp bán lắp ghép
Kỹ thuật	Cấu kiện cột bê tông được đúc sẵn trong nhà máy (khu vực Hà Nội) và vận chuyển vào Vũng Áng – Hà Tĩnh lắp dựng.	Cấu kiện cột bê tông được đúc sẵn tại hiện trường. Tận dụng được vật tư, vật liệu và nhân công địa phương.
	Cấu kiện lắp ghép được đúc toàn bộ chiều dài cột H (trừ khe hở dưới chân cột 5cm). Sau đó đổ bù vữa không co vào các khe hở cốt thép và khe hở cột.	Cấu kiện lắp ghép được đúc phần bê tông ngắn hơn chiều cao cột H từ 1.7 đến 2.4m tùy vào đường kính cốt thép cột.
	Đường kính thép chờ lớn hơn so với thiết kế do cốt thép đặt chờ được đẩy vào phía trong tiết diện cột để đảm bảo kích thước của các lỗ chờ sẵn và dễ dàng lắp đặt.	Đường kính thép chờ bằng đường kính thép thiết kế.
	Có 04 bản thép dày 5cm kê chân cột.	Có bổ sung hệ khung thép góc chống tạm chân cột.
	Khối lượng vữa không co lớn và quy trình bơm vữa phức tạp hơn do có các khe hở nhỏ.	Khối lượng vữa không co không lớn, thi công đơn giản.
	Thêm chi phí vận chuyển từ nhà máy đến bãi tập kết công trường, vận chuyển từ bãi tập kết đến vị trí thi công.	Tận dụng mặt bằng đổ luôn tại vị trí gần cột, không có chi phí vận chuyển.
Chi phí thi công	Chi phí dự kiến lớn hơn gần 2 lần so với giải pháp bán lắp ghép	

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

6.1. Kết luận

Giải pháp bán lắp ghép cột BTCT có chiều cao lớn trong nhà công nghiệp được Công ty TNHH



Hình 23. Hiệu quả của giải pháp bán lắp ghép

Tập đoàn Xây dựng DELTA áp dụng tại dự án nhà công nghiệp ở Hà Tĩnh là giải pháp hiệu quả về nhiều mặt như: chất lượng, tiến độ, an toàn lao động và kinh tế. Ngoài ra, giải pháp này không làm thay đổi tính chất liên kết của hệ kết cấu.

Giải pháp bán lắp ghép cột BTCT áp dụng cho cột có chiều cao càng lớn thì giải pháp càng đem lại hiệu quả cao về mặt kinh tế so với giải pháp cột đổ bê tông cốt thép tại chỗ. Giải pháp bán lắp ghép cột BTCT nên được áp dụng cho các cấu kiện có số lượng lớn và độ tương đồng cao về hình dạng kết cấu. Giải pháp này nên được áp dụng cho những dự án có chiều cao cột BTCT lớn hơn 9m (hoặc 10m) chiếm tỉ lệ lớn để đảm bảo tính hiệu quả về mặt kinh tế và tiến độ (so với giải pháp cột BTCT đổ tại chỗ).

Khi thi công theo giải pháp bán lắp ghép cột BTCT, các đơn vị thi công cần chú ý đến các biện pháp đảm bảo an toàn khi cẩu lắp cấu kiện BTCT và an toàn của hệ cáp neo giữ, đặc biệt là khi thời tiết có gió lớn.

6.2. Kiến nghị

Trong giai đoạn hiện nay, kết cấu BTCT lắp ghép đúc sẵn trong nhà máy chưa được áp dụng rộng rãi, số lượng nhà máy sản xuất cấu kiện BTCT đúc sẵn còn hạn chế, thì việc áp dụng các giải pháp bán lắp ghép tại công trường xây dựng phù hợp với hiện trạng từng dự án là một sự lựa chọn hợp lý và cần nhân rộng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Trịnh Kim Đạm, Lê Bá Huế (2006). *Khung bê tông cốt thép*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.

[2] Bộ Xây dựng Việt Nam (2022). *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 06:2022/BXD An toàn cháy cho nhà và công trình*.

[3] Công ty TNHH Tập đoàn Xây dựng DELTA (2022). *Hồ sơ thiết kế biện pháp thi công dự án nhà máy công nghiệp tại Khu kinh tế Vũng Áng, thị xã Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh (bao gồm cả biện pháp thi công cột BTCT đổ tại chỗ và cột BTCT bán lắp ghép)*.

[4] Công ty Cổ phần Tư vấn Thiết kế Xuân Mai (2019). *Precast concrete column connection and transportation method*.

[5] Nguyễn Đình Thám, Tạ Thanh Bình (2001). *Thiết kế biện pháp kỹ thuật thi công lắp ghép nhà công nghiệp 1 tầng*. Nhà xuất bản Xây dựng.

[6] Tiêu chuẩn Việt Nam (2011). *TCVN 2737:1995 Tải trọng và Tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*. Nhà xuất bản Xây dựng.