

ĐẶC ĐIỂM KỸ THUẬT TRONG THI CÔNG GIÀN MÁI KẾT CẤU THÉP KHẨU ĐỘ LỚN NHÀ THI ĐẤU THỂ DỤC THỂ THAO THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

TS. VŨ ĐÌNH LUYẾN

Viện KHCN Xây dựng

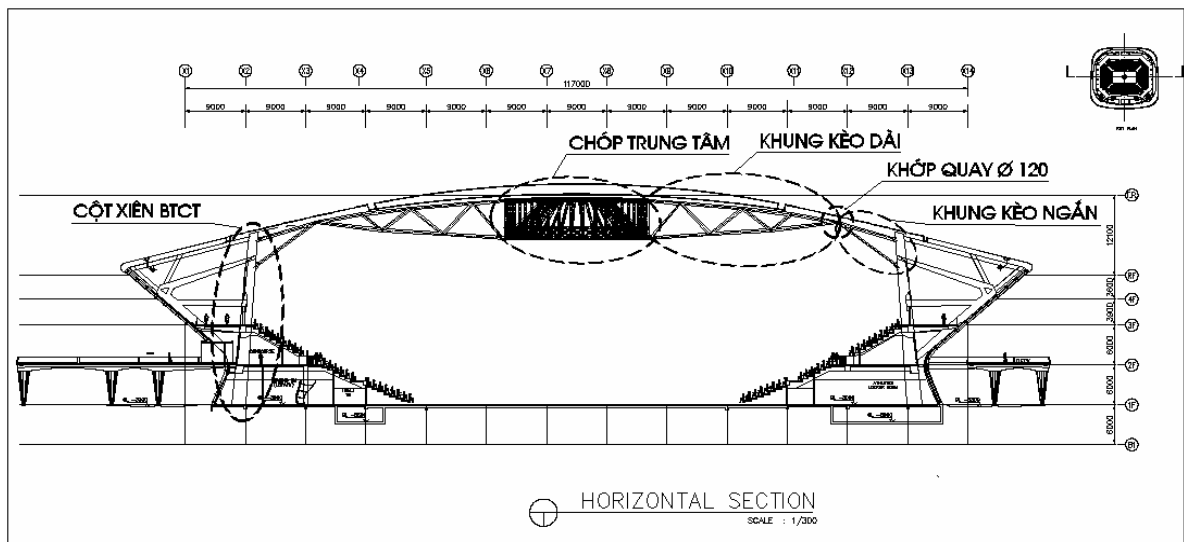
Tóm tắt: Từ tư liệu thực tế giám sát công trình, tác giả bài báo giới thiệu các đặc điểm gia công, lắp ráp và nghiệm thu giàn mái kết cấu thép của Nhà thi đấu thể dục thể thao Tp. Đà Nẵng; Mô tả một số sai lệch trong lắp ráp, đề xuất cải tiến biện pháp khắc phục các sai lệch tại hiện trường; Đưa ra khuyến nghị các kinh nghiệm để thi công và giám sát các công trình tương tự và đề xuất nghiên cứu tiếp một số vấn đề cụ thể nhằm hoàn thiện công tác thiết kế và thi công các giàn mái kết cấu thép khẩu độ lớn ở Việt Nam.

Nhà thi đấu thể dục thể thao (TDTT) Tp. Đà Nẵng do Công ty Aum & Lee Architects Associateed Co., Ltd. (Hàn Quốc) thiết kế, Tổng Công ty Cổ phần Sông Hồng thi công, Viện KHCN Xây dựng thẩm tra thiết kế và giám sát, được đưa vào sử dụng từ cuối tháng 12 năm 2010. Đây là công trình có quy mô vào loại lớn nhất Đông Nam Á hiện nay với sức chứa 7 240 chỗ, tổng mức đầu tư 826 tỷ đồng, giải nhì Giải thưởng Kiến trúc Quốc gia 2010. Ở Việt Nam, việc gia công, lắp ráp hệ thống khung kết cấu thép khẩu độ lớn như giàn mái của công trình này luôn được coi là một kỹ thuật thi công tốn kém và đòi hỏi trình độ tay nghề cao. Tổng hợp tư liệu từ thực tế giám sát công trình, tác giả bài báo mô tả và phân tích các đặc điểm kỹ thuật gia công, lắp ráp giàn mái kết cấu thép Nhà thi đấu TDTT Tp. Đà Nẵng nhằm đưa ra khuyến nghị đối với việc thi công và nghiệm thu các công trình tương tự.

1. Giới thiệu giải pháp thiết kế giàn mái công trình

Giàn mái công trình (hình 1) cao 31,6m, dốc về phía sau khoảng 4 %, mặt bằng có hình ovan, các cột xiên bê tông cốt thép đối xứng cách nhau khoảng 100m.

Chóp trung tâm có 80 mặt bích (gồm 40 mặt bích trên và 40 mặt bích dưới), liên kết với 80 mặt bích tương ứng của 40 khung kèo dài, phân bố đều xung quanh chóp, mỗi khung kèo dài liên kết với một khung kèo ngắn bởi khớp quay Ø 120 (tổng số 40 khung kèo ngắn), mỗi khung kèo ngắn được liên kết chặt bằng bulông neo cấp bền 8.8 với một cột xiên qua 2 chân đế trên và dưới (tổng số 40 cột xiên).



Hình 1. Mặt cắt giàn mái công trình

2. Đặc điểm gia công kết cấu thép

a. Các loại thép hình sử dụng

Kết cấu khung thép ống nhập từ Hàn Quốc có đường kính từ 190 mm đến 500 mm, độ dày từ 7 mm đến 12mm. Giằng làm từ thép góc nhập từ Trung Quốc. Toàn bộ bulông liên kết M20, M24, M30 và bulông neo M30 có cấp bền 8.8.

b. Pha cắt phôi kim loại

Việc pha cắt phôi kim loại được thực hiện trên máy CNC.

c. Kiểm soát chất lượng thi công hàn

Tư vấn giám sát (TVGS) kiểm soát chặt quá trình hàn từ vật liệu đầu vào (que hàn mác KISWEL, nhập từ Hàn Quốc) đến sấy que hàn (ở nhiệt độ $300^{\circ}\text{C} \div 350^{\circ}\text{C}$ trong thời gian 1 giờ trước khi sử dụng), kích thước mối nối và vệ sinh vát mép, quy cách đường hàn (theo thiết kế và mẫu lưu). Sau khi hàn, đơn vị chức năng kiểm tra siêu âm 100 % số lượng mối hàn đối đầu, khi bề dày thép từ 8 mm trở lên và kiểm tra tất cả các mối hàn còn lại bằng phương pháp từ tính.

d. Thi công sơn Epoxy

Sơn Epoxy 2 thành phần yêu cầu rất khắt khe về vệ sinh bề mặt sản phẩm sơn, nhiệt độ và độ ẩm môi trường, quy trình sơn, thiết bị sơn cũng như kỹ năng của thợ sơn. Nhà thầu phải tuân thủ nghiêm các yêu cầu của thiết kế, Tiêu chuẩn áp dụng [4] và của nhà sản xuất sơn. Khi sơn lớp 1 ngoài trời ở nhiệt độ cao thường xuất hiện nhiều lỗ châm kim trên bề mặt sơn, TVGS đã cùng nhà thầu và nhà sản xuất sơn phối hợp thử nghiệm nhiều lần và đã tìm ra được quy trình khắc phục như sau:

- Dùng giấy nhám thô vừa phải đánh sạch bề mặt bị châm kim;
- Pha loãng sơn lớp 2, phun lớp mỏng lên bề mặt vừa làm sạch, chờ khô hẳn;

Sơn lớp 2 như bình thường.

Những vị trí bề mặt sơn bị hỏng (và những vị trí có mối hàn) phải vệ sinh sạch và trám bằng loại sơn chuyên dùng cho mục đích dậm vá (Intergard 670).

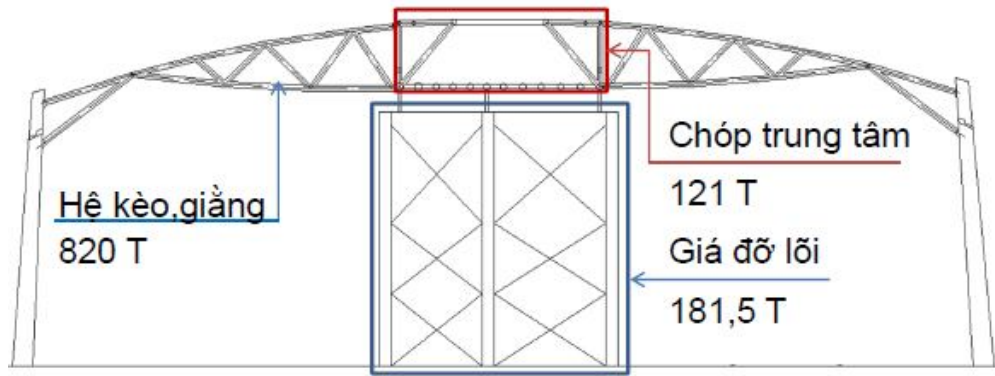
3. Đặc điểm các bước lắp ráp chính

a. Lập biện pháp thi công

Có 2 phương án lắp ráp giàn mái kết cấu thép Nhà thi đấu. Phương án thứ nhất là lắp ráp chóp trung tâm trên một sàn thao tác được đỡ bởi khung kết cấu thép gọi là giá đỡ lõi và phương án thứ hai là lắp ráp trực tiếp mà không dùng sàn thao tác. Sau khi thảo luận kỹ, các bên liên quan đã quyết định chọn phương án thứ nhất để lập biện pháp thi công.

b. Xác định tải trọng móng giá đỡ lõi

Tải trọng tính toán móng giá đỡ lõi được nhà thầu xác định gồm 2 thành phần là trọng lượng giá đỡ lõi 181,5 T và trọng lượng chóp trung tâm 121 T. Tuy nhiên, TVGS đã yêu cầu bổ sung thêm thành phần thứ 3 từ một phần trọng lượng của hệ kèo và giằng mà tổng trọng lượng khoảng 820 T (hình 2).



Hình 2. Xác định tải trọng móng giá đỡ lõi

c. Lắp ráp chóp trung tâm

Đỉnh chóp được gia công liền khối, sau đó chia thành 8 phần giống nhau tại xưởng (đặt ở Quảng Ngãi, cách công trường khoảng 100 km), chuyển đến chân công trình tổ hợp thử dưới mặt đất bằng phẳng và cầu lên sàn thao tác bằng cầu 50 T, lắp đặt, căn chỉnh trên 16 gối đỡ và hàn lại với nhau.

d. Lắp đặt cụm bulông neo vào cốt thép của cột xiên

Nhà thầu dùng dưỡng (chế tạo riêng cho mỗi cặp mặt bích chân kèo ngắn) để xác định vị trí cố định bulông neo, đảm bảo vị trí các bulông neo phù hợp với vị trí thực tế các lỗ mặt bích.

e. Kiểm soát chất lượng siết bulông giàn mái

Sau khi lắp đặt kèo ngắn, kèo dài cùng hệ giằng và chèn vữa không co chân đế kèo ngắn, nhà thầu tiến hành siết bulông giàn mái. Các bulông này có cấp bền 8.8 được chỉ định siết theo quy trình Tiêu chuẩn AISC của Mỹ [7] với lực siết như trong bảng 1. Sau đó, TVGS đã kiểm tra lực siết bằng clê lực đối với khoảng 50 % (mặc dù Tiêu chuẩn yêu cầu là 10 %) tổng số bulông giá đỡ lõi và bulông giàn mái.

Bảng 1. Yêu cầu siết bulông

Đường kính bulông	Cấp bền	Lực siết theo AISC	Số lượng bulông	Đường kính bulông	Cấp bền	Lực siết theo AISC	Số lượng bulông
Giàn mái			11 992	Giá đỡ lõi			3 928
M20	8,8	412 Nm	4 952	M20	8,8	412 Nm	3 480
M24	8,8	711 Nm	4 480	M24	8,8	711 Nm	304
M30	8,8	1422 Nm	2 560	M20	5,6	-	144

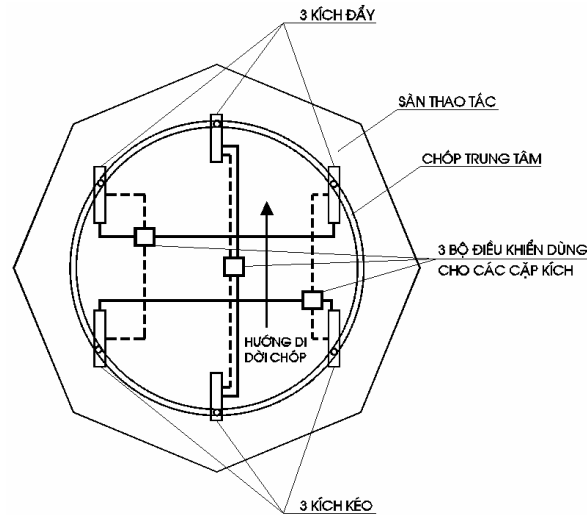
4. Một số sai lệch lắp ráp và đề xuất cải tiến biện pháp xử lý hiện trường

4.1 Di dời chóp trung tâm 121T về tọa độ thiết kế

Trong quá trình thi công, do không kịp thời cập nhật bản vẽ tọa độ mặt bích nên chóp trung tâm đã bị dựng lệch so với thiết kế 248 mm về phía trước và nhà thầu bắt buộc phải bổ sung biện pháp di dời chóp về tọa độ thiết kế. Hành trình di dời, ban đầu nhà thầu đề xuất là lùi 195 mm và sang trái 30 mm nhưng TVGS đã yêu cầu tính toán lại, so sánh tọa độ thực tế của tâm chóp (xác định theo kết quả trắc đạc tọa độ 40 mặt bích dưới) với tọa độ thiết kế, từ đó thu được là lùi 274 mm và sang phải 20 mm.

Biện pháp di dời chóp nhà thầu đề xuất ban đầu là dùng 8 palăng 20 T treo chóp kết hợp điều chỉnh từng cặp tăng-đỡ cáp đối xứng. Ưu điểm của biện pháp này là tận dụng được các loại thép ống hoặc thép V có sẵn và việc lắp dựng giá đỡ cũng nhanh chóng, tuy nhiên nhược điểm là khó huy động được 8 palăng 20 T theo yêu cầu và khó điều chỉnh tăng-đỡ cáp để đạt được độ di dời lớn như mong muốn.

Để tránh các nhược điểm trên, TVGS và nhà thầu đã thảo luận, quyết định chọn biện pháp khác, đó là bố trí 6 kích thủy lực (gồm 3 kích đẩy và 3 kích kéo), đầu nối từng cặp 2 kích chung một bộ điều khiển, đỡ bên dưới chóp trung tâm theo hướng cần di dời. Sơ đồ đầu nối từng cặp 2 kích do nhà thầu đề xuất chưa đạt nên TVGS đã yêu cầu thay đổi sơ đồ này nhằm triệt tiêu các mômen xoay chóp có thể phát sinh khi lực của các cặp kích không đều nhau (hình 3). Hệ thống 8 dây neo an toàn được hàn với dầm I 500 của sàn thao tác trước khi tiến hành di dời.



Hình 3. Sơ đồ bố trí 6 kích và đầu nối từng cặp 2 kích theo nhà thầu (đường đứt đoạn) và theo yêu cầu của TVGS (đường liền)

Để kiểm soát độ di dời, theo đề xuất của TVGS, song song với việc dùng quả rọi thả từ chóp xuống mặt sàn thao tác nhà thầu còn bố trí máy toàn đạc để kiểm soát liên tục sự thay đổi vị trí của các mặt bích dưới của chóp ngay trong quá trình di dời nên đã kịp thời dừng hoạt động của kích thủy lực đúng lúc các mặt bích trở về vừa tới vị trí thiết kế, khi quả rọi còn cách điểm cuối của hành trình tính toán khoảng 20 mm. Quá trình di dời thực tế đã hoàn thành sau khoảng 20 phút.

4.2 Xử lý mặt bích hở tại hiện trường

Trong việc lắp ráp các khung kèo ngắn, khung kèo dài và hệ giằng, do lỗ liên kết bulông thiết kế 100 % là hình tròn, không có lỗ bầu dục nên nhiều bản mã chịu sai số thi công tích lũy đã không cho phép xiên bulông qua lỗ và nhà thầu đã phải xử lý tại hiện trường. Ngoài ra, liên kết các mặt bích giữa kèo dài và chóp trung tâm được lắp sau cùng nên chịu ảnh hưởng của sai lệch tích lũy, kết quả là có $48/80 = 60\%$ tổng số mặt bích liên kết bị hở (bảng 2). Liên kết mặt bích chóp và kèo dài chỉ bị hở mà không bị đôi chứng tỏ di dời chóp đã được dừng đúng lúc, đạt yêu cầu sửa chữa là ít nhất.

Bảng 2. Số lượng mặt bích và độ hở liên kết chóp và kèo dài

Vị trí	Khít	Hở 80 mm ÷ 90 mm	Hở 15 mm ÷ 40 mm
40 mặt bích trên	17	12	11
40 mặt bích dưới	15	11	14

Biện pháp sửa chữa các mặt bích hở 80 mm ÷ 90 mm là thay đoạn ống bị hụt bằng đoạn ống dài hơn (khi nối ống có lót ống bên trong). Giàn giáo phục vụ sửa chữa lắp dựng ở rìa sàn thao tác. Theo đề xuất của TVGS, việc thay ống làm theo nguyên tắc “đuôi”, cắt ống trước để lắp cho vừa ống sau đã tránh được chi phí và thời gian tháo ra hàn lại các tấm tăng cường cho 11 trong tổng số 12 chân kèo dài.

Biện pháp sửa chữa các mặt bích hở 15 mm ÷ 40 mm là tháo lỏng các đai ốc, dùng cầu kéo nhẹ khớp nối kèo ngắn và kèo dài, đệm không quá 20 mm giữa 2 mặt bích và siết lại toàn bộ bulông.

4.3 Hạ chóp trung tâm

Việc hạ chóp phải vừa đảm bảo mức chuyển vị nằm trong phạm vi tính toán thiết kế đưa ra là 100 mm, vừa đảm bảo an toàn tuyệt đối cho công trình. Ban đầu nhà thầu đề xuất biện pháp chế tạo 32 cơ cấu visme nâng hạ, sức nâng 40T/cơ cấu để bố trí tại 16 gối đỡ chóp, mỗi vị trí 2 cơ cấu visme kèm 1 con đẩy (kích thủy lực) 50T. Quy trình hạ chóp bắt đầu bằng việc kích con đẩy lên cao từ 3 mm đến 5 mm, đủ để có thể quay tay hạ tất cả các visme xuống 10 mm, sau đó xả kích để chóp hạ xuống nằm khít visme, và cứ liên tục nhắc lại chu trình kích lên xả xuống như vậy cho đến khi chóp được hạ hết cỡ.

Tuy nhiên, TVGS đã cùng nhà thầu thảo luận cải tiến biện pháp trên chỉ dùng đèn gió đá mà không dùng visme nâng hạ và kích thủy lực nên giảm được nhiều chi phí chế tạo và thời gian thi công. Quy trình hạ chóp (chỉ tiến hành sau khi đã nghiệm thu hoàn thành công việc siết bulông toàn bộ giàn mái) bao gồm việc cắt tất cả 16 gối đỡ, lần lượt từng đôi đối xứng qua tâm chóp, mỗi lần cắt chỉ 10 mm từ phía dưới sau đó kiểm tra kỹ mức độ an toàn của hệ thống để xử lý mọi sự bất thường (nếu có). Chu trình cắt gối đỡ và sau đó kiểm tra độ an toàn liên tục nhắc lại cho đến khi chóp hạ hết cỡ. Trên thực tế, hạ chóp theo biện pháp này đã không có bất kỳ sự cố nào xảy ra.

Bảng 3. Mức chuyển vị xuống của chóp trung tâm

Vị trí	Mức chuyển vị thực tế (mm)	Mức thực tế so với tính toán (mm)	Vị trí	Mức chuyển vị thực tế (mm)	Mức thực tế so với tính toán (mm)
1	100	0	9	90	-10
2	100	0	10	80	-20
3	90	-10	11	80	-20
4	80	-20	12	70	-30
5	80	-20	13	70	-30
6	70	-30	14	100	0
7	70	-30	15	100	0
8	90	-10	16	100	0

Mức chuyển vị xuống của chóp trung tâm (bảng 3) trên thực tế nhỏ hơn mức tính toán. Điều đó chứng tỏ thiết kế đã tính toán chính xác và thi công cũng đã đạt yêu cầu, nhất là khâu siết bulông giàn mái. Sau khi chóp đã hạ, giá trị lực siết trong nhiều bulông liên kết bị thay đổi nên nhà thầu đã phải tiến hành siết lại bulông giàn mái và TVGS kiểm tra lực siết một lần nữa trước khi tháo giá đỡ lõi và mời đơn vị chức năng thử tải giàn mái.

5. Kết luận và khuyến nghị

5.1 Về kinh nghiệm thi công và giám sát công trình

a. Về biện pháp thi công: Thực tế đã cho thấy quyết định chọn biện pháp thi công giá đỡ lõi Nhà thi đấu TDTT Tp. Đà Nẵng là hoàn toàn cần thiết. Giá đỡ lõi với sàn thao tác rộng đã tỏ ra rất có tác dụng trong việc đảm bảo chất lượng thi công các mối hàn hiện trường, thi công siết bulông, lắp dựng giàn giáo để khắc phục sai lệch lắp ghép, đảm bảo an toàn cho quá trình thi công (và thực tế đã không xảy ra bất kỳ sự cố nào),... Kinh nghiệm rút ra là, các bên cần phải thảo luận kỹ khi lựa chọn biện pháp thi công vì biện pháp phù hợp làm cho công việc thi công phức tạp trở nên đơn giản hơn, an toàn hơn, hiệu quả hơn, nhưng biện pháp cũng phải được kịp thời sửa đổi, bổ sung trong quá trình thi công.

b. Về kinh nghiệm giám sát thi công sơn Epoxy: Sơn Epoxy 2 thành phần là hệ sơn đặc biệt đòi hỏi điều kiện thi công phải được giám sát chặt chẽ theo thiết kế, theo tiêu chuẩn áp dụng [4] và theo yêu cầu của nhà sản xuất.

Khi nhà thầu thi công nhập số lượng sơn lớn hoặc khi thi công phát hiện bất thường về chất lượng thì nên yêu cầu nhà sản xuất sơn cử cán bộ kỹ thuật xuống công trường để cùng phối hợp giám sát quá trình thi công.

c. Về vai trò phân biện, cảnh báo của TVGS: Sự phối hợp chưa tốt giữa các bên đã dẫn đến việc cập nhật bản vẽ không kịp thời nên lắp dựng chóp trung tâm lệch vị trí thiết kế. Ngược lại, khi TVGS góp ý kịp thời thì nhà thầu đã tránh được nhiều sai sót và cải tiến có hiệu quả các biện pháp xử lý hiện trường, cụ thể là:

- Tính toán thiết kế móng giá đỡ lõi đã bổ sung tải trọng từ trọng lượng của hệ kèo và giằng, đảm bảo độ an toàn cho giá đỡ lõi trong suốt quá trình thi công;

- Cải tiến biện pháp di dời chóp trung tâm, chuyển sang dùng hệ thống kích thủy lực, vừa hiệu quả, vừa an toàn hơn;

- Tính toán một cách khoa học để tránh sai lầm khi xác định hành trình di dời chóp và có biện pháp kiểm soát tin cậy để dừng quá trình di dời đúng lúc, dẫn đến số lượng mặt bích cần sửa là ít nhất;

- Thay đổi sơ đồ nối các kích đẩy và kéo chóp, giúp triệt tiêu các mômen xoay, làm tăng độ chính xác và độ an toàn cho quá trình di dời;

- Thay ống mặt bích hờ làm theo nguyên tắc “đuôi”, tránh được chi phí và thời gian tháo ra hàn lại các tấm tăng cứng cho 11 trong tổng số 12 chân kèo dài;

- Cải tiến biện pháp hạ chóp, chỉ dùng đèn gió đá mà không dùng visme nâng hạ và kích thủy lực như đề xuất ban đầu đã giúp giảm nhiều chi phí chế tạo và thời gian thi công, mà vẫn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và yêu cầu an toàn cho hệ thống.

Kinh nghiệm rút ra từ đây là cần thiết phải có sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên, riêng TVGS phải luôn theo dõi sát và kịp thời phản biện, góp ý cảnh báo đối với mọi công việc thi công của nhà thầu.

d. Về kinh nghiệm kiểm tra, nghiệm thu: TVGS cần xuất phát từ các văn bản Nhà nước về quản lý và nghiệm thu chất lượng công trình ([1], [2], [3]), các yêu cầu của thiết kế và các tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng ([4], [5], [6], [7], [8],...) và phối hợp với nhà thầu phân tích quy trình thi công và điều kiện thực tế công trường để lập ra lý lịch kiểm tra hồ sơ và lý lịch kiểm tra mọi công đoạn thi công, tránh bỏ sót bất kỳ công đoạn nào; TVGS cũng phải yêu cầu nhà thầu nhất thiết cử cán bộ kỹ thuật có đủ năng lực thường xuyên tự kiểm soát quá trình thi công để chủ động kiểm tra nghiệm thu nội bộ mỗi bước thi công trước khi yêu cầu TVGS nghiệm thu. Mỗi công việc phức tạp thực chất bao gồm nhiều công việc đơn giản, cho nên khi TVGS phối hợp được với nhà thầu theo kinh nghiệm này thì việc kiểm soát mọi công việc phức tạp đều trở nên dễ dàng hơn.

5.2 Về một số vấn đề cần nghiên cứu thêm

a. Tìm giải pháp thiết kế triệt tiêu sai lệch kích thước lắp ghép: Giải pháp kết cấu Nhà thi đấu TDTT Tp. Đà Nẵng là liên kết cứng bao gồm một bên là các cột xiên bê tông vốn được thi công với độ chính xác không cao (theo dung sai ngành xây dựng) và bên kia là giàn mái kết cấu thép khẩu độ lớn, lại lắp ghép từ rất nhiều chi tiết cơ khí đa dạng với nhiều sai lệch tất yếu. Hai bên được liên kết cứng với nhau thành một chuỗi lắp ghép khép kín, tuy cấu tạo có khớp quay nhưng không cho phép trượt đã dẫn tới sai lệch lắp ghép tích lũy quá lớn, gây lãng phí nhiều thời gian và kinh phí để khắc phục. Giải pháp liên kết cứng này cũng còn nhược điểm nữa là chưa triệt tiêu được các giãn nở nhiệt sẽ gây ứng suất và biến dạng có hại cho công trình. Để hoàn thiện giải pháp thiết kế, cần thiết phải nghiên cứu bổ sung vào liên kết một chi tiết có khả năng tự điều chỉnh để luôn khép kín kích thước chuỗi lắp ghép (có vai trò tương tự con lăn tại trụ đỡ băng tải đá vôi của Nhà máy xi măng Cẩm Phả). Riêng đối với giải pháp đã áp dụng, nên xác định chiều dài ống nối các mặt bích của chóp trung tâm để hàn cố định chúng với chóp chỉ sau khi đã biết chính xác độ hở lắp ghép. Ngoài ra, bản vẽ thiết kế nên chỉ định các lỗ bulông hình bầu dục cho liên kết giằng để giảm bớt khó khăn lắp ráp so với lỗ bulông tròn.

b. Hoàn thiện tiêu chuẩn kết cấu thép của Việt Nam: Tiêu chuẩn Việt Nam [5] chưa đưa ra giá trị lực siết bulông cường độ cao, trong khi các tiêu chuẩn nước ngoài [7], [8] vừa quy định chi tiết giá trị lực siết bulông vừa đưa ra quy trình siết và nghiệm thu siết tương đối dễ thực hiện. Vì vậy, bên cạnh việc áp dụng các tiêu chuẩn nước ngoài, chúng ta cũng nên nghiên cứu hoàn thiện tiêu chuẩn của Việt Nam cho phù hợp hơn với yêu cầu gia công, lắp ráp và nghiệm thu kết cấu thép khẩu độ lớn đang ngày càng được ưa chuộng ở nước ta.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nghị định số 209/2004/NĐ-CP Về quản lý chất lượng công trình xây dựng.
2. Thông tư số 27/2009/TT-BXD Hướng dẫn một số nội dung về Quản lý chất lượng công trình xây dựng.
3. TCVN 371:.... (TCXDVN 371:2006) Nghiệm thu chất lượng thi công công trình xây dựng (Đang chuyển ngang).
4. TCVN 334:2005 Quy phạm sơn thiết bị và kết cấu thép trong xây dựng dân dụng và công nghiệp.
5. TCVN 170: 201... (TCXD 170:1989) Kết cấu thép – Gia công, lắp ráp và nghiệm thu – Yêu cầu kỹ thuật (Đang chuyển ngang).
6. TCVN 309:201...(TCXDVN 309:2004) Công tác trắc địa trong xây dựng công trình – Yêu cầu chung (Đang chuyển ngang).
7. AISC American Institute of Steel Construction.
8. JASS6 (1993) Structural Steelwork Specification for Building Construction.

