

MỘT SỐ VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VỎ LÒ PHẢN ỨNG NHÀ MÁY ĐIỆN NGUYÊN TỬ

TS. NGUYỄN VÕ THÔNG

Viện KHCN Xây dựng

1. Đặt vấn đề

Trước nguy cơ các nguồn năng lượng hoá thạch ngày một cạn kiệt, đe dọa an ninh về năng lượng của thế giới, ngay từ đầu thế kỷ XX, nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu, tìm tòi các nguồn năng lượng mới. Một trong những nguồn năng lượng được phát hiện và có khả năng đảm bảo nhu cầu cho tương lai là năng lượng nguyên tử. Nhiều nước công nghiệp phát triển đã sử dụng nguồn năng lượng này để sản xuất điện. Đi đầu trong lĩnh vực xây dựng nhà máy điện nguyên tử (NMĐNT) phải kể đến các nước: Hoa Kỳ (1960), Canada (1962), Pháp (1959), Liên Xô (1959) [1]. Đến nay lịch sử xây dựng và phát triển NMĐNT đã có trên 40 năm. Nhiều thế hệ NMĐNT với công nghệ ngày một hoàn thiện đã ra đời. Các nhà máy này đóng một vai trò quan trọng trong tổng sản lượng điện năng của nhiều nước trên thế giới như ở Đức 33%; ở Thụy Điển 44%; ở Hoa Kỳ 20% [1].

Ở nước ta, công tác xây dựng NMĐNT là một lĩnh vực mới, cần được nghiên cứu và chuẩn bị kỹ để làm chủ được các vấn đề kỹ thuật then chốt, vì vậy từ năm 2003 - 2005, Bộ Xây dựng đã cho triển khai đề tài nghiên cứu "Nghiên cứu giải pháp vật liệu, kết cấu và công nghệ xây dựng công trình nhà máy điện nguyên tử ở Việt Nam" [1]. Bài báo này trình bày một số vấn đề liên quan tới nguyên tắc thiết kế, tải trọng - tác động và giải pháp kết cấu thường dùng đối với vỏ lò phản ứng nhằm phục vụ cho dự án xây dựng NMĐNT đầu tiên ở Việt Nam.

2. Nguyên tắc chung để thiết kế kết cấu vỏ lò phản ứng

Đối với NMĐNT, tất cả các hạng mục công trình đều phải được thiết kế với độ an toàn cao. Tuy nhiên, mức độ an toàn của các hạng mục là không giống nhau và được quy định cụ thể trong tiêu chuẩn chuyên ngành. Riêng với kết cấu vỏ lò phản ứng phải được thiết kế an toàn với mọi tình huống có thể xảy ra trong suốt tuổi đời thiết kế của NMĐNT, bao gồm trạng thái vận hành bình thường; trạng thái vận hành với các sự cố đã được dự đoán trước và trạng thái khi có sự cố nghiêm trọng.

Để tính toán thiết kế các kết cấu của NMĐNT nói chung và kết cấu vỏ lò phản ứng nói riêng, người ta vẫn sử dụng các nguyên tắc tính toán thiết kế truyền thống sao cho kết cấu thỏa mãn được các yêu cầu nghiêm ngặt ở các trạng thái giới hạn thứ nhất và thứ hai, ngoài ra còn phải tính toán thiết kế an toàn sinh học do tác động của phóng xạ để đảm bảo tuyệt đối an toàn cho con người và môi trường. Tùy theo trạng thái làm việc mà yêu cầu thiết kế về ứng suất, biến dạng và độ kín của kết cấu có những mức giới hạn khác nhau [2]:

- Mức 1: kết cấu làm việc giai đoạn đàn hồi, không có biến dạng thường xuyên hoặc phá hoại. Độ bền của kết cấu được đảm bảo với khoảng an toàn lớn.

- Mức 2: các biến dạng thường xuyên nhỏ. Xuất hiện các biến dạng và một vài hư hỏng cục bộ. Độ bền của kết cấu được đảm bảo, nhưng với khoảng an toàn nhỏ hơn so với mức 1.

- Mức 3: biến dạng thường xuyên lớn. Có một số hư hỏng cục bộ. Mức này không cho phép đối với vỏ lò phản ứng.

Về độ kín, có các mức yêu cầu sau:

- Mức 1: kết cấu kín. Các rò rỉ từ vỏ bảo vệ là dưới các giá trị thiết kế;

- Mức 2: độ rò rỉ có thể vượt quá giá trị thiết kế, nhưng trong giới hạn cho phép;

- Mức 3: tỉ lệ rò rỉ lớn và rất lớn mặc dù độ bền của vỏ lò vẫn được đảm bảo. Mức này không cho phép đối với kết cấu vỏ lò phản ứng.

3. Các tải trọng và tác động dùng để thiết kế vỏ lò phản ứng

Khi tính toán thiết kế vỏ lò phản ứng của NMĐNT phải dự trù hết các tải trọng và tác động có thể xảy ra. Ngoài các tải trọng thông thường như: tĩnh tải, hoạt tải, tác động của nhiệt độ, tải trọng do cầu trục, các tải trọng thi công, sửa chữa... thì cần phải kể đến nhiều tác động khác mà các tác động này có thể xảy ra ở bên trong hoặc bên ngoài kết cấu vỏ lò. Các tác động chính được phân thành hai nhóm [2]:

Nhóm 1, các tác động do con người gây ra như: máy bay đâm; cháy nổ và nổ; rò rỉ khí độc hoặc các chất khí gây ăn mòn; rò rỉ phóng xạ; va chạm của các vật thể lẫn trong nước ở các vị trí nhận và xả nước; va chạm của các thiết bị cơ giới; ảnh hưởng của sóng điện từ... và tất cả các tác động có khả năng xảy ra do hậu quả của các nguyên nhân trên (ví dụ như một vụ nổ gây ra cháy và phát sinh khí độc, khói).

Nhóm 2, các tác động do thiên nhiên gây ra như: yếu tố khí hậu (như nhiệt độ, mưa đá, sương giá, hạn hán, độ ẩm...); lụt (do thủy triều, do sự dao động của mặt nước trong hồ, sự dâng sóng do bão, mưa, vòi rồng, nước dâng do ngăn đập, do vỡ đập, do lở đất, do sự thay đổi dòng chảy và các tác động vào dòng chảy); gió bão, giông lốc; sét; động đất; sóng thần; biến dạng của nền đất; các tác động sinh học; va chạm của các mảnh vỡ (thiên thạch, mưa đá, cây cối)...

Các tổ hợp tải trọng thường dùng và yêu cầu thiết kế tương ứng khi tính toán kết cấu vỏ lò phản ứng quy định trong bảng 1 [2].

Việc tính toán vỏ lò chịu các tải trọng và tác động nêu trên phải được tính toán theo các tiêu chuẩn riêng, dưới đây là một số lưu ý đối với một số tác động đặc biệt.

Bảng 1. Các tổ hợp tải trọng thường dùng và yêu cầu thiết kế

	Thiết kế	Thử	Vận hành bình thường	Vận hành bình thường và gió cực đại	SL-2 ^a	Áp lực ngoài	SL-2 và DBA ^b	DBA	Máy bay đâm	Nổ bên ngoài
Tĩnh tải	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hoạt tải	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ứng lực trước (nếu có áp dụng)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Áp lực thử		x								
Nhiệt độ thử		x								
Áp lực thiết kế	x									
Nhiệt độ thiết kế	x									
Các tải trọng vận hành			x	x	x	x			x	x
Nhiệt độ vận hành			x	x	x	x			x	x
Các tác động của ống			x	x	x	x			x	x
Gió cực đại				x						
Áp lực ngoài						x				
Động đất SL-2					x		x			
Áp lực DBA							x	x		
Nhiệt độ DBA							x	x		
Tác động của ống DBA	x						x	x		
Máy bay đâm									x	
Nổ bên ngoài										x
Các tiêu chí thiết kế về bền	Ứng suất thiết kế	Ứng suất thử	I	I	II	II	II	I	II	II
Các tiêu chí thiết kế về độ kín	Độ kín thiết kế	I	I	I	II	II	N/A	I	N/A	N/A

Ghi chú: ^a SL - 2: động đất ở mức 2; ^b DBA: sự cố dự kiến khi tính toán thiết kế.

3.1. Tác động do động đất

Có hai mức động đất cần phải đưa vào để phân tích, tính toán khi thiết kế các hạng mục công trình của NMDNT [7]:

- Mức 1: ứng với cấp động đất thiết kế SL - 1. Ở cấp động đất này, các kết cấu phải được thiết kế sao cho nhà máy vẫn vận hành bình thường một cách an toàn.

- Mức 2: ứng với cấp động đất cao hơn - cấp SL - 2. Ở cấp động đất này nhà máy buộc phải dừng vận hành, các kết cấu phải được thiết kế an toàn, đảm bảo tuyệt đối không xảy ra sự cố. Tùy theo tầm quan trọng, mức độ nguy hiểm khi xảy ra sự cố của mỗi hạng mục công trình hay bộ phận kết cấu trong NMDNT mà cấp động đất thiết kế SL - 2 để tính toán là khác nhau.

Thứ tự ưu tiên các nhóm hạng mục công trình hay bộ phận kết cấu xét theo tầm quan trọng và mức độ nguy hiểm khi xảy ra sự cố theo hướng giảm dần là:

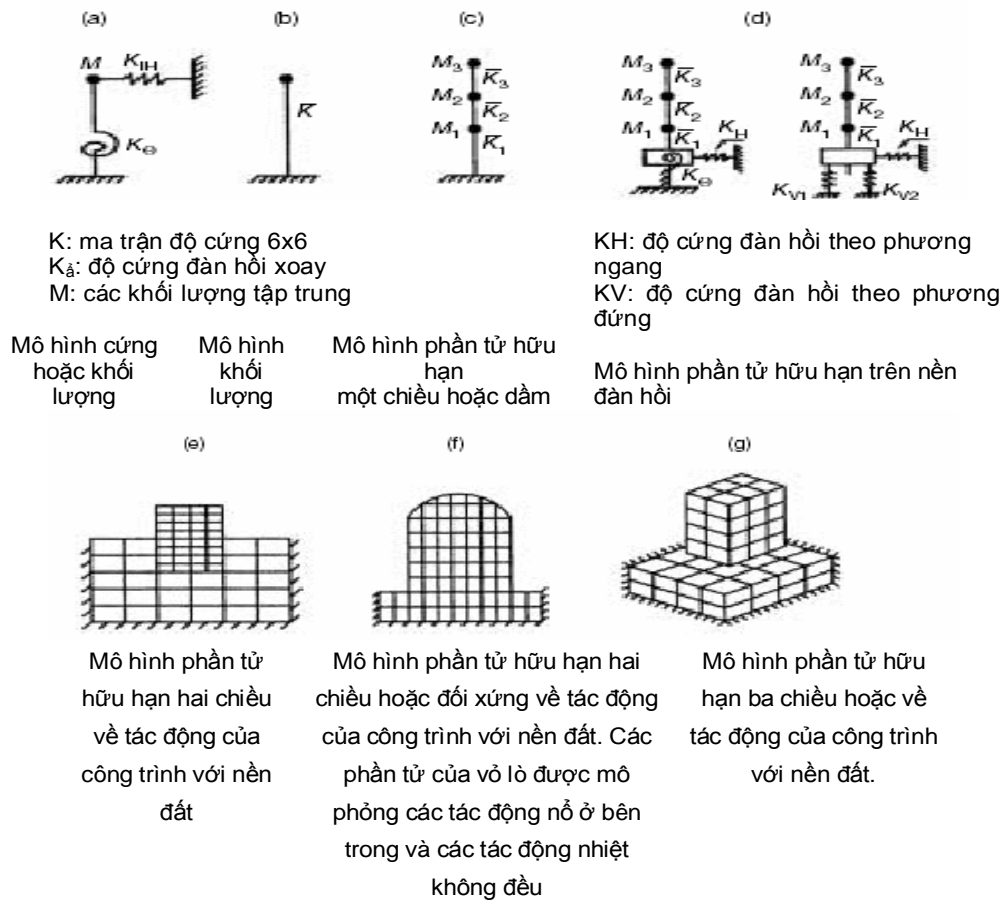
Nhóm 1: Các kết cấu liên quan đến việc bảo vệ, ngăn chặn rò rỉ phóng xạ của lò phản ứng (vỏ lò).

Nhóm 2: Các kết cấu liên quan đến các bộ phận: Ngừng hoạt động lò, bảo trì khi lò ngừng hoạt động, loại bỏ nhiệt lượng dư, quan sát và điều khiển các thông số cần thiết, nhà chứa nhiên liệu và chất thải phóng xạ....

Nhóm 3: Các hạng mục hay bộ phận kết cấu còn lại.

Đối với vỏ lò, cấp động đất thiết kế SL - 1 lấy theo bản đồ phân vùng động đất nhưng gia tốc nền không nhỏ hơn 0,1g. Cấp động đất thiết kế SL - 2 được xác định dựa trên khả năng và xác suất có thể xảy ra động đất cực đại ở khu vực xây dựng nhà máy. Xác suất xảy ra động đất cực đại sẽ do cấp thẩm quyền nhà nước quyết định nhưng không lớn hơn 0,01%.

Một số mô hình phân tích khi tính toán thiết kế kháng chấn cho vỏ lò NMDNT xem hình 1 [7].



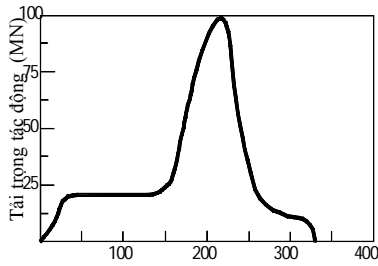
Hình 1. Một số mô hình phân tích tĩnh và động khi thiết kế kháng chấn cho vỏ lò NMDNT

3.2. Máy bay đâm

Lịch sử chưa ghi nhận một trường hợp nào NMDNT bị máy bay đâm, tuy nhiên đã có một vài vụ các vật thể bay đâm vào vùng lân cận nhà máy với khoảng cách 300m chỉ gây hư hại cho khu dân cư và khu công nghiệp lân cận. Khi máy bay đâm sẽ xảy ra các tác động: nổ, chấn động, cháy, các mảnh vỡ bị bắn ra...

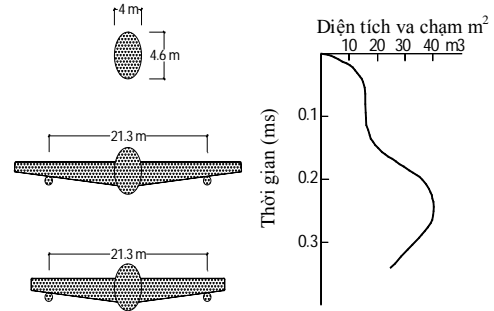
Tổ hợp tải trọng trong trường hợp này bao gồm: tải trọng tĩnh, tải trọng hoạt động, các tải trọng do ứng lực trước (nếu có), các tải trọng sinh ra trong quá trình vận hành, tác động của nhiệt độ trong vận hành, tác động của hệ thống các đường ống và các tác động do sự cố máy bay đâm. Để tính toán tác động do máy bay đâm vào vỏ lò, người ta sử dụng các quan hệ thực nghiệm giữa lực tác động và diện tích vùng va chạm với thời gian tác động khi máy bay đâm vào vỏ lò. Hình 2

và 3 cho các quan hệ thực nghiệm này của máy bay Boeing 707 - 320 tại vận tốc tiêu chuẩn khi cất cánh và hạ cánh (100m/s) [3, 4].



Thời gian (ms)

Hình 2. Quan hệ giữa lực tác động - thời gian khi máy bay Boeing 707-320 đâm vào vỏ lò



Hình 3. Quan hệ giữa diện tích vùng và chạm - thời gian tác động khi máy bay Boeing 707-320 đâm vào vỏ lò

3.3. Tác động do cháy

Cho đến nay, chỉ có một vài vụ cháy ở các cơ sở hạt nhân được ghi nhận, phần lớn vụ cháy này tác động đến vùng bên ngoài lò phản ứng hoặc đe dọa đến vùng trung tâm điều khiển. Các đám cháy này đều phát sinh ra khói, bụi và khí độc.

Các nguồn có thể gây cháy ở ngoài vỏ lò như: kho chứa nhiên liệu, xe tải hoặc các bụi cây, bãi than, gỗ... Do đó cần phải có một khoảng cách an toàn hoặc có đường ngăn lửa giữa các khu vực dễ bắt lửa. Cần có biện pháp ngăn ngừa như đốt dầu tràn trên biển để giảm nguy cơ gây cháy cho nhà máy gần bờ biển. Phải có vùng đề phòng khả năng máy bay rơi, cách ly với khu vực dễ bắt lửa. Có biện pháp ngăn ngừa khói và nhiệt với các hạng mục quan trọng liên quan. Phải bố trí hệ thống thông gió để làm giảm ảnh hưởng của khói và nhiệt. Máy phát điện diesel cần có không khí để hoạt động, vì vậy, khi thiết kế cần tính đến phương án để máy phát điện vẫn có thể hoạt động trong khi xảy ra cháy. Cháy cũng có thể xảy ra ngay bên trong vỏ lò do các sự cố kỹ thuật gây ra.

Tác dụng của một đám cháy có thể được mô hình hoá bằng một nguồn nhiệt với các hệ số như tốc độ, hướng lan và thời gian cháy. Các hiệu ứng đi kèm như khói, khí độc cũng được kể đến khi phân tích và tính toán sự cố [5, 6].

Giải pháp thiết kế: đối với kết cấu bê tông cốt thép khi được thiết kế đủ để chịu tải trọng do máy bay đâm vào thì nói chung là chịu được tác động do các đám cháy thông thường. Tuy nhiên do khả năng chịu lực của cốt thép khi bị cháy bị suy giảm rất nhiều. Vì vậy khi thiết kế, ngoài việc quan tâm đến khả năng chịu lực của kết cấu ứng với nhiệt độ của đám cháy (cốt thép đã được bảo vệ bằng sơn cách nhiệt hoặc bằng các lớp bảo vệ khác) còn cần quan tâm đến các hiệu ứng khác của đám cháy, ví như cháy gây ra nổ hay phát sinh sức ép hoặc các mảnh vỡ.

Có thể sử dụng tường bê tông hoặc các tấm vật liệu để bảo vệ kết cấu thép. Bê tông dùng để bảo vệ các kết cấu quan trọng phải có bề dày tối thiểu 15cm và chịu được tải trọng nhiệt tiêu chuẩn trong thời gian 3 giờ.

3.4. Tác động do nổ

Thực tế cho thấy, đã có nhiều vụ nổ xảy ra trong khu vực NMDNT. Nổ có thể xảy ra ở bên ngoài hoặc bên trong vỏ lò. Một vụ nổ cũng có thể phân tích như một vụ cháy gồm sức ép do áp lực nổ, sự gia tăng nhiệt độ do khí nóng và lửa, nhưng mức độ lớn hơn nhiều [5, 6]. Khi thiết kế chống tác động của nổ, cần quan tâm đến các dạng nổ sau:

- Nổ do hơi hoặc khí: có tác động đến toàn bộ khu vực. Vì thế cần có biện pháp để bảo quản, kiểm tra và kiểm soát áp lực khí, hơi có khả năng gây nổ. Ngoài ra tác động về nhiệt và cháy, cần quan tâm đến các hiệu ứng phát sinh như khói, chấn động, các mảnh vỡ văng ra...

- Nổ chất rắn: mặc dù ảnh hưởng tức thời trực tiếp của nó không nguy hiểm như nổ chất khí, tuy nhiên cần quan tâm đến các hiệu ứng do nổ gây ra.

Các thông số cần quan tâm của vụ nổ: áp lực trực tiếp và áp lực phản hồi; hướng của mảnh vỡ văng ra; sức nóng tỏa ra từ khí nóng và lửa.

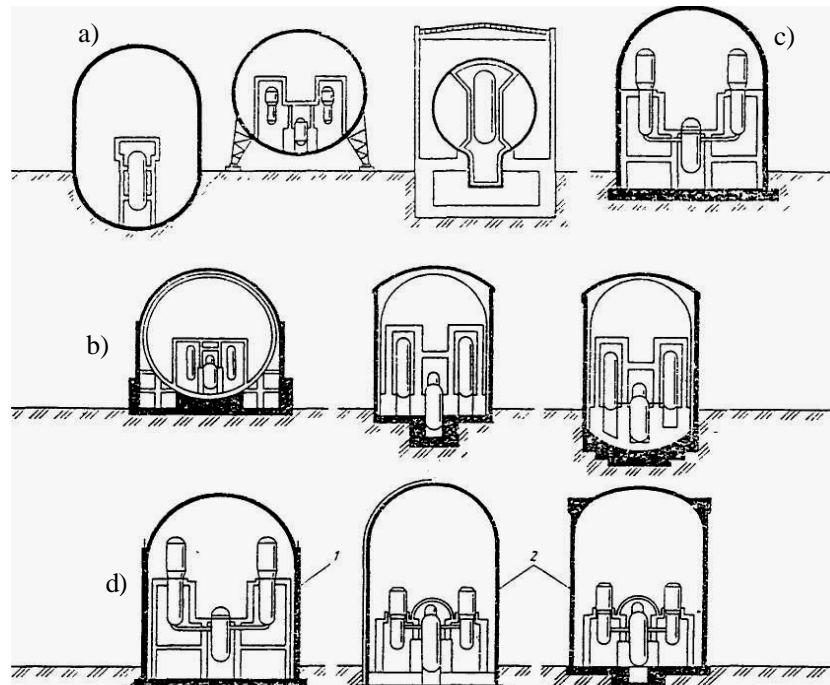
Giải pháp thiết kế: các kết cấu nhà máy điện thường được cấu tạo để phù hợp với các tác động mạnh như máy bay đâm, bão, áp lực lớn, va chạm của các vật thể hay động đất. Các kết cấu này thường sử dụng các tường bê tông dày tối thiểu 0,5m với những giải pháp cấu tạo và liên kết đặc biệt đủ khả năng để chịu các áp lực lớn của các vụ nổ thông thường.

3.5. Tác động do sự gia tăng nhiệt độ đột ngột khi có sự cố

Trong trường hợp lò phản ứng hoặc các hệ thống liên quan có sự cố thì có thể gây tăng nhiệt độ đột ngột ở bên trong vỏ lò phản ứng. Trong trường hợp này, sự gia tăng đột ngột nhiệt độ đồng thời với tăng áp lực ở bên trong vỏ. Tùy vào vào kiểu lò phản ứng và loại sự cố mà nhiệt độ gia tăng do sự cố được lấy để tính toán là khác nhau. Đối với các sự cố thông thường có thể lấy bằng 150°C và áp lực tính toán tương ứng là 0,4 MPa [3, 6, 8, 9]. Vì vậy, ngoài tính toán cho vỏ lò chịu tác động của nhiệt độ theo các chế độ vận hành thì còn phải tính toán với trường hợp gia tăng nhiệt độ đột ngột do sự cố.

4. Các giải pháp kết cấu thường dùng cho vỏ lò phản ứng

Có nhiều giải pháp kết cấu vỏ lò phản ứng. Thông thường, người ta sử dụng các vỏ có dạng cầu, trụ - cầu. Vật liệu có thể bằng thép, bê tông, cũng có thể sử dụng vỏ nhiều lớp, kết hợp lớp vỏ thép để đảm bảo độ kín và lớp vỏ bê tông để bảo vệ. Hình 4 giới thiệu một số dạng vỏ thường dùng trong NMDNT.



Hình 4. Một số giải pháp kết cấu vỏ lò phản ứng

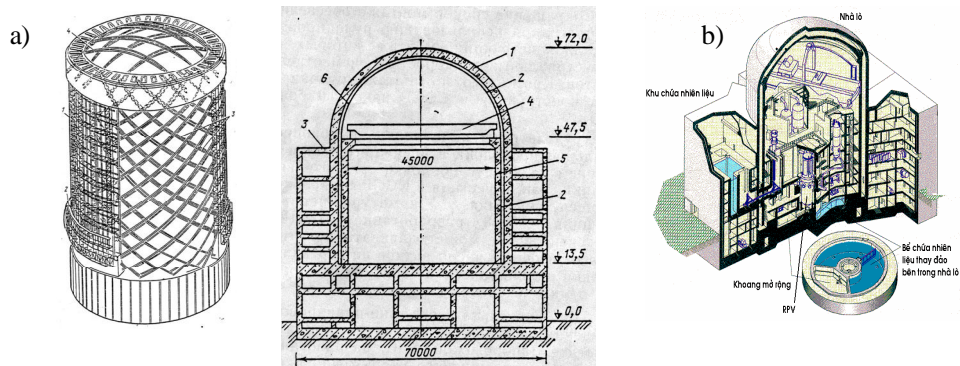
a- Vỏ thép; b- Vỏ nhiều lớp; c- Vỏ bê tông; d- Vỏ ứng lực trước,

1- ứng lực trước một phần, 2- ứng lực trước toàn bộ

4.1. Vỏ lò bằng BTCT và BTCT ứng lực trước

Có thể sử dụng vỏ lò bằng BTCT hoặc BTCT ứng lực trước, một lớp hay nhiều lớp. Do kết cấu BTCT ứng lực trước có nhiều ưu điểm nên giải pháp kết cấu vỏ bằng BTCT ứng lực trước được dùng nhiều trong các NMDNT. Về giải pháp cấu tạo vỏ thường có dạng hình trụ, liên kết cứng với móng. Để đảm bảo khả năng chịu lực, độ kín và an toàn về mặt sinh học, kích thước các kết cấu của vỏ thường rất dày. Lò phản ứng PWR - 1000 có đường kính bên trong của vỏ là 38 - 45m, chiều dày tường 1,35m. Chiều cao phần vỏ trụ khoảng 60 - 70m. Móng bằng BTCT dày 2,7 - 3m. Phía trên vỏ trụ là mái vòm dạng bán cầu dày 0,75 - 1m. Bán kính vòm cần lớn hơn 1,5 lần bán kính vỏ trụ để đảm bảo sự làm việc của các bó cốt thép ứng lực trước có hiệu quả nhất. Bê tông chịu lực dùng loại B40, trọng lượng riêng 2,5T/m³. Bê tông cần xạ dùng bê tông siêu nặng có trọng lượng riêng 3,6 - 4,2T/m³. Thép ứng lực trước sử dụng loại không bám dính. Giải pháp cấu tạo để ứng lực trước phải được thiết kế sao cho có thể kiểm tra trạng thái của bó sợi ứng lực trước cũng như thay thế chúng trong quá trình sử dụng. Mặt bên trong vỏ được ốp một lớp thép tấm dày 6,3mm cho đáy, dày 9,4mm cho thành vỏ trụ và 12,7mm cho mái vòm. Lớp vỏ thép này đóng vai trò không cho khí thấm qua vỏ [8, 9].

Vỏ BTCT ứng lực trước có ưu điểm là khả năng chịu lực tốt, tin cậy, trong một số trường hợp, thậm chí khi bị phá vỡ cục bộ thì không dẫn đến việc phá hủy kết cấu. Độ kín cao hơn so với vỏ BTCT có cùng chiều dày và do đó về chi phí vật liệu giảm hơn so với vỏ không ứng lực trước. Nhược điểm của giải pháp kết cấu này là tính toán phức tạp, thời gian thi công lâu.

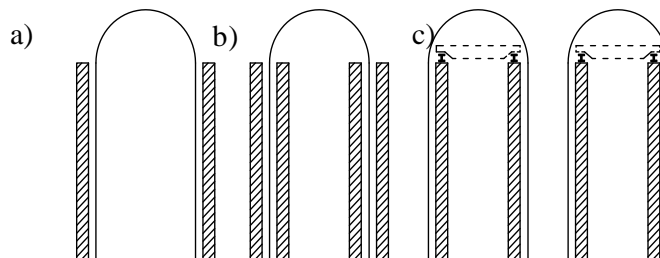


Hình 5. Vỏ lò phản ứng bằng kết cấu BTCT và BTCT ứng lực trước

a) Vỏ bằng BTCT ứng lực trước; b) Vỏ bằng BTCT

4.2. Vỏ lò bằng thép và thép ứng lực trước

Vỏ lò có thể sử dụng kết cấu vỏ thép hoặc vỏ thép ứng lực trước. Thường dùng vỏ có dạng hình trụ, mái là bán cầu hoặc elipsoid. Ở đây, vỏ thép là kết cấu chịu lực, để cản xạ có thể sử dụng lớp bảo vệ bằng bê tông siêu nặng với cốt thép đặt cấu tạo. Người ta sử dụng các máy cuộn thép để tạo các vỏ thép ứng lực trước. Tỷ lệ bán kính trên chiều dày vỏ thép nên nhỏ hơn 250. Chiều dày lớp bê tông được xác định bằng tính toán về sinh học để đảm bảo cản xạ được cả trong các trường hợp có sự cố, thông thường thành vỏ dày 1,2m, mái dày 1,5m. Tường bê tông của vỏ bảo vệ có thể nằm ngoài hoặc trong lớp vỏ thép. Cũng có thể thiết kế tường BTCT toàn khối ở bên trong vừa cản xạ vừa để đỡ cầu trục. Vỏ thép và vỏ bê tông có thể đặt tách rời hoặc gắn liền nhau. Trường hợp đặt tách rời, có thể bố trí cách nhau khoảng 0,9m. Ưu điểm của giải pháp này là có thể bảo dưỡng lớp vỏ thép và kiểm tra độ kín của vỏ dễ dàng. Nhược điểm là chiếm diện tích lớn, không tận dụng được sự làm việc đồng thời của cả hai lớp vỏ bê tông và thép. Trường hợp vỏ thép gắn chặt vào tường bê tông thì phải có các giải pháp cấu tạo nhằm đảm bảo sự làm việc đồng thời của cả hai lớp vỏ này. Sơ đồ các giải pháp kết cấu vỏ thép cho trong hình 6.



Hình 6. Sơ đồ kết cấu của vỏ lò bằng thép, có vỏ bảo vệ bằng BTCT.

a- BTCT ngoài; b- BTCT cả trong và ngoài; c- BTCT bảo vệ và đỡ cầu trục [8, 9]

Ưu điểm của vỏ thép và vỏ thép ứng suất trước là độ kín dễ đảm bảo, chất lượng dễ kiểm soát, thời gian thi công nhanh, chi phí nhân công nhỏ hơn 2 - 3 lần so với xây dựng vỏ bê tông cốt thép. Nhược điểm của giải pháp kết cấu này là giá thành vật liệu cao.

5. Kết luận

- Kết cấu vỏ lò nguyên tử là một dạng kết cấu đặc biệt. Để tính toán, thiết kế nó cần phải nắm được các nguyên tắc tính toán, tải trọng - tác động và các giải pháp cấu tạo cho phù hợp.

- Với các tải trọng thông thường, có thể sử dụng các phương pháp phân tích thiết kế để tính toán theo điều kiện bền và biến dạng. Tuy nhiên nhiều tác động cần phải phân tích, một cách hệ thống, xem xét tất cả các hậu quả mà tác động đó có thể gây ra để đưa vào tính toán và thiết kế.

- Kết cấu vỏ lò phải được thiết kế với độ an toàn cao. Ngoài việc tính toán, thiết kế để đảm bảo điều kiện bền và biến dạng thì còn phải tính toán để đảm bảo an toàn về mặt sinh học.

- Việc tính toán thiết kế vỏ lò phản ứng nói riêng và các kết cấu xây dựng nói chung của NMDNT cần phải tuân theo các tiêu chuẩn chuyên ngành, vì vậy cần đầu tư vào lĩnh vực nghiên cứu này để phục vụ kịp thời cho dự án xây dựng NMDNT đầu tiên ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN MẠNH KIỂM và các cộng tác viên, Nghiên cứu giải pháp vật liệu, kết cấu và công nghệ xây dựng công trình nhà máy điện nguyên tử ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện KHCN xây dựng, 12/2005.

2. IAEA, Design of Reactor Containment System for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.10, Printed by the IAEA in Austria, September 2004.
3. IAEA, External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.5, Printed by the IAEA in Austria, November 2003.
4. IAEA, External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-3.1, Printed by the IAEA in Austria, May 2002.
5. IAEA, Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Standards No. NS-G-1.11, Printed by the IAEA in Austria, September 2004.
6. IAEA, Protection against Internal Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.7, Printed by the IAEA in Austria, September 2004.
7. IAEA, Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.6, Printed by the IAEA in Austria, November 2003.
8. ДУБРОВСКИЙ В.Б. Строительство атомных электростанций. М., Энергоатом-издат, 1987, 247с.
9. ВЕСЕЛКИНА А.П., ЕРОПВА Ю.А. Инженерный расчет защиты атомных электростанций. М. Атомиздат, 1976.