

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA KÍCH THƯỚC VÀ VỊ TRÍ TƯỜNG CHỐNG NỔ ĐẾN ÁP LỰC SÓNG NỔ TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH BẰNG PHẦN MỀM ANSYS AUTODYN2D

Ngô Ngọc Thủy¹, Nguyễn Hữu Hà¹

¹ Học viện Kỹ thuật quân sự

Nhận ngày 02/11/2020, chỉnh sửa ngày 02/12/2020, chấp nhận đăng 10/01/2021

Tóm tắt:

Bài báo trình bày kết quả xác định giá trị áp lực lớn nhất của sóng nổ tác dụng lên tường trước, tường bên, nóc và tường sau của công trình trong các trường hợp thay đổi vị trí và kích thước tường chống nổ, bằng cách sử dụng phần mềm Ansys Autodyn2D, và rút ra một số nhận xét.

Từ khóa: Sóng nổ, tường chống nổ.

Abstract:

This paper presents the results of the valuation of the greatest pressure of explosion waves impact on the front wall, side wall, roof and back wall of the structure in case the change size and location of blats resistant wall, by using Ansys Autodyn2D software, and draw some comment.

Keywords: Blast, blast resistant wall.

1. Đặt vấn đề

Việc sử dụng phần mềm Ansys Autodyn2D để xác định giá trị áp lực sóng nổ tác dụng lên công trình và mô tả được các hình ảnh tương tác của sóng nổ qua tường chống nổ đến công trình là một vấn đề được các kỹ sư ngành xây dựng công trình quốc phòng luôn quan tâm và tìm hiểu. Trong bài báo sẽ trình bày việc sử dụng phần mềm Ansys Autodyn2D để xác định giá trị áp lực sóng nổ tác dụng lên công trình, trong các trường hợp thay đổi vị trí và kích thước của tường chống nổ.

2. Xác định giá trị áp lực sóng nổ tác dụng lên công trình trong các trường hợp thay đổi vị trí và kích thước của tường chống nổ

- Các giá thiết trong mô phỏng tải trọng nổ:

- + Tác nhân gây nổ tạo ra sóng nổ có dạng sóng phẳng;
- + Không xét đến tác động của mảnh vỡ sinh ra do tác nhân gây nổ đối với mục tiêu.

- Lựa chọn thông số vật liệu, kết cấu, môi trường:

Tiến hành khảo sát bài toán có lượng nổ đặt trên mặt đất cách công trình 4m. Lượng nổ: $C_{TNT} = 23,032$ kg; Đặt trên mặt đất. Môi trường: Không khí vô hạn. Công trình có kích thước công trình $L \times H = 4 \times 3$ (m), chiều dày nóc, tường, đáy bằng 0,25m; tường chống nổ hình chữ nhật có chiều dày 0,5 m; sử dụng vật liệu bê tông cốt thép có cường độ 35MPa, coi công trình và tường chống nổ là cứng và bất động. Khi nổ lượng nổ không phá hủy được kết cấu tường chống nổ.

- Lựa chọn vật liệu:

Môi trường không khí, thuốc nổ TNT được lựa chọn trong thư viện của phần mềm. Việc lựa chọn vật liệu cũng đồng thời với việc chọn kiểu phương trình trạng thái sử dụng cho loại vật liệu đó.

Đối với môi trường không khí: sử dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng [4],[5],[6].

$$P = (\gamma - 1)pe \tag{1}$$

trong đó: P - áp suất khí (Pa); γ - hằng số khí lý tưởng; ρ - mật độ khí (kg/m^3); e - nội năng riêng của khí (J/kg^0K).

Bảng 1. Các hệ số của phương trình trạng thái khí lý tưởng

Mật độ khí (g/cm ³)	Hằng số khí lý tưởng	Nhiệt độ(°K)	Nội năng riêng của khí (J/kg ⁰ K)
0,001225	1,4	288,200012	717,599976

Đối với sản phẩm nổ: sử dụng phương trình trạng thái của sản phẩm nổ Jones-Wilkens-Lee (JWL) để tính các giá trị áp lực của sản phẩm nổ, đây là phương trình bán thực nghiệm [4],[5],[6]:

$$p = A \left(1 - \frac{\omega}{R_1 V} \right) e^{-R_1 V} + B \left(1 - \frac{\omega}{R_2 V} \right) e^{-R_2 V} + \frac{\omega E}{V} \tag{2}$$

trong đó: Các hằng số A, B, R₁, R₂, ω đối với chất nổ TNT được trình bày trong (Bảng 2); Để xác định được các hằng số trên người ta sử dụng các thông số Chapman-Jouget; p là áp lực tạo ra bởi khối thuốc nổ (kPa); V = 1/ ρ_0 là thể tích riêng; ρ_0 là mật độ của khối thuốc nổ TNT ($\rho_0 = 1630$ kg/m³); E năng lượng trên đơn vị thể tích (E = 6,0e6 KJ/m³); Áp suất nổ P_{CJ} = 2,1e7 (kPa); Tốc độ nổ: v_{CJ} = 6930 (m/s).

Bảng 2. Các hệ số của phương trình trạng thái JWL

Chất nổ	Hệ số của phương trình trạng thái JWL					
	A kPa	B kPa	C kPa	R ₁	R ₂	ω
TNT	3,7377e8	3,7471e6	2,1e7	4,15	0,9	0,35

- Lựa chọn mô hình hình học:

Tiến hành giải bài toán theo mô hình 2D.

Mô hình được đặt toàn bộ trong môi trường không khí vô hạn. Khi đó ta sẽ tính được các giá trị áp lực sóng xung kích ở khoảng cách R so với tâm khối thuốc nổ TNT.

- Lựa chọn dạng lưới phần tử hữu hạn:

Do biến dạng của các phần tử trong bài toán là tương đối lớn nên ta chọn lưới Lagrange – Euler (ALE) cho bài toán. Mục đích của lưới ALE là phát huy tối đa ưu điểm của cả hai loại lưới Lagrange và lưới Euler.

- Đặt điều kiện đầu, điều kiện biên:

Điều kiện đầu của bài toán chính là sự không bị ảnh hưởng

của các yếu tố khác tới quá trình kích nổ cũng như nổ hoàn toàn, xem thuốc nổ được kích nổ từ tâm và tốc độ nổ ổn định. Điều kiện biên là sự không phản xạ, coi lớp không khí bao quanh là vô tận.

- **Đặt các bước thời gian, chu kỳ giải bài toán:**
- **Giải bài toán:** Trình tự các bước giải bài toán nêu ở hình 1.



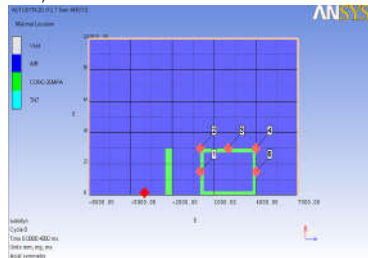
Hình 1. Các bước giải bài toán

- **Xử lý kết quả:** Xuất các kết quả tính toán cần thiết, tiến hành so sánh, rút ra kết luận.

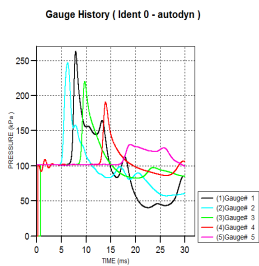
Các giá trị áp lực sóng nổ đo được trong các bài toán được thể hiện trong các nội dung nghiên cứu tiếp theo..

2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng về vị trí của tường chống nổ

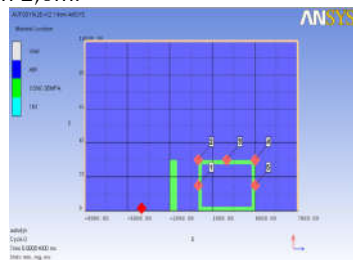
a. Tường chống nổ hình chữ nhật dày 0,5m, mép ngoài cách tường công trình 2,5m.



Hình 2. Sơ đồ bố trí tường HCN chiều dày 0,5m cách công trình 2,5m.

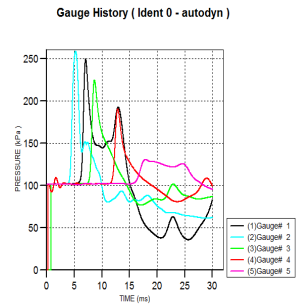


b. Tường chống nổ hình chữ nhật dày 0,5m, mép ngoài cách tường công trình 2,0m.

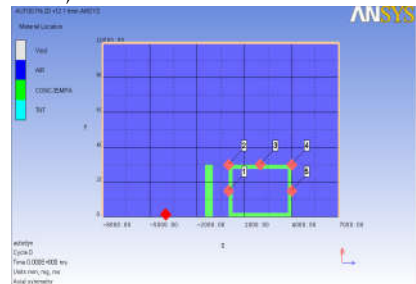


Hình 4. Sơ đồ bố trí tường HCN chiều dày 0,5m cách công trình 2m.

AUTODYN 2D v12.1 from ANSYS

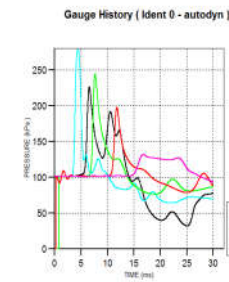


Hình 5. Biểu đồ giá trị áp lực tại các điểm 1,2,3,4,5. c. Tường chống nổ hình chữ nhật dày 0,5m, mép ngoài cách tường công trình 1,5m.



Hình 6. Sơ đồ bố trí tường HCN chiều dày 0,5m cách công trình 1,5m.

AUTODYN 2D v12.1 from ANSYS



Hình 7. Biểu đồ giá trị áp lực tại các điểm 1,2,3,4,5.

Bảng 3. Bảng so sánh giá trị áp lực P (kPa)

Điểm đo	So sánh giá trị áp lực P (kPa)			Ghi chú
	Tường cách công trình 2,5m	Tường cách công trình 2m	Tường cách công trình 1,5m	
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Điểm 1	159,430	145,820	122,890	
Điểm 2	143,270	154,750	174,800	
Điểm 3	116,660	121,000	140,860	
Điểm 4	87,250	86,750	94,020	
Điểm 5	26,860	26,900	28,010	
So sánh giá trị áp lực P (%)				
	(2) so sánh với (1)		(3) so sánh với (1)	
Điểm 1	8,54%		22,92%	
Điểm 2	-8,01%		-22,01%	
Điểm 3	-3,72%		-20,74%	
Điểm 4	0,57%		-7,76%	
Điểm 5	-0,15%		-4,28%	

Nhận xét:

Với ba cách bố trí vị trí tường chống nổ ở khoảng cách (1,5m;2,0m;2,5m) so với tường trước công trình, ta nhận thấy sự ảnh hưởng của tường chống nổ đến giá trị áp lực sóng nổ tác dụng lên công trình như sau:

- Đối với áp lực sóng nổ tác dụng lên tường trước, việc bố trí tường chống nổ càng gần công trình thì giá trị áp lực tại điểm giữa tường trước công trình càng giảm. Vị trí tường chống nổ ở khoảng cách 1,5m so với tường trước công trình giá trị áp lực tại điểm giữa tường trước giảm (22,92%) so với vị trí bố trí tường chống nổ ở khoảng cách 2,5m. Tuy nhiên giá trị áp lực tác dụng lên điểm 2 giữa nóc và tường công trình lại có giá trị áp lực tăng lên đến (22,01%).

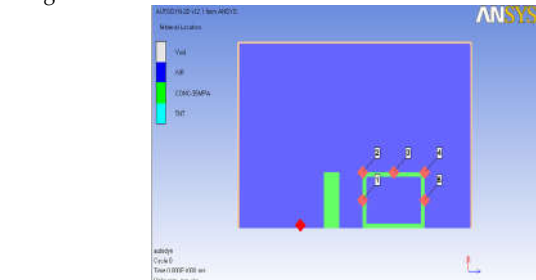
- Đối với áp lực sóng nổ tác dụng lên nóc, việc bố trí tường chống nổ càng gần công trình thì giá trị áp lực tại điểm giữa nóc công trình tăng lên. Giá trị áp lực lên điểm giữa nóc công trình tăng (20,74%)

- Đối với áp lực sóng nổ tác dụng lên tường sau, việc bố trí tường chống nổ càng gần công trình thì giá trị áp lực tại điểm giữa tường sau công trình có xu hướng tăng lên, nhưng giá trị áp lực tăng không đáng kể. Giá trị áp lực lên tường sau công trình có tăng nhưng không đáng kể (4,28%).

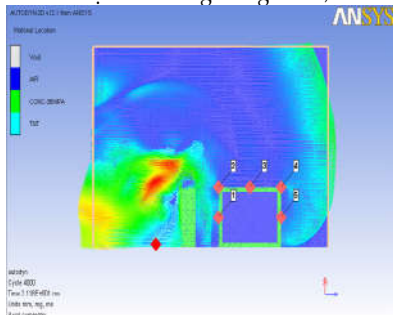
- Việc lựa chọn vị trí hợp lý tường chống nổ là một vấn đề có ý nghĩa hết sức cần thiết, để đạt được phương án lựa chọn tốt nhất và hiệu quả nhất. Qua 03 vị trí đặt tường chống nổ, tác giả nhận thấy vị trí đặt tường chống nổ tại khoảng cách 2m so với tường trước công trình là phương án hiệu quả và hợp lý hơn so với 02 phương án còn lại về giá trị áp lực tác dụng lên kết cấu công trình.

2.2. Nghiên cứu ảnh hưởng về kích thước của tường chống nổ.

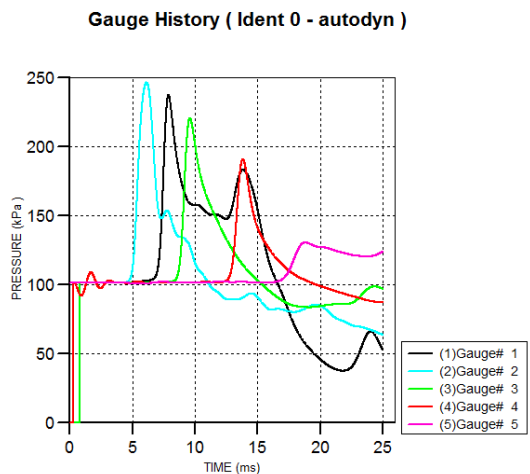
a. Tường chống nổ hình chữ nhật dày 0,5m, cao hơn nóc công trình.



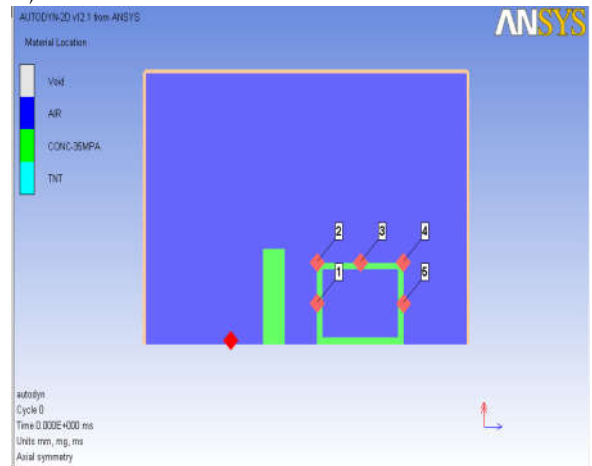
Hình 8. Sơ đồ bố trí lượng nổ và công trình (tường chắn hình chữ nhật cao bằng công trình).



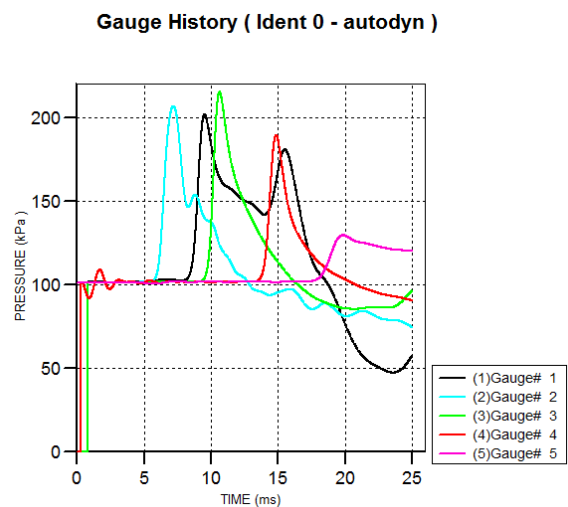
Hình 9. Mô phỏng quá trình lan truyền sản phẩm nổ tại thời điểm $t = 21,18$ ms.



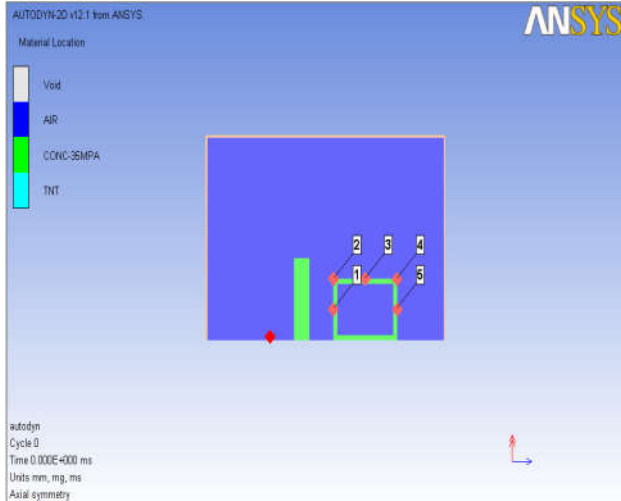
Hình 10. Biểu đồ giá trị áp lực tại các điểm 1,2,3,4,5. b. Tường chống nổ hình chữ nhật dày 0,5m, cao hơn nóc công trình 0,5m.



Hình 11. Sơ đồ bố trí lượng nổ và công trình (tường chắn hình chữ nhật cao hơn nóc công trình 0,5m).

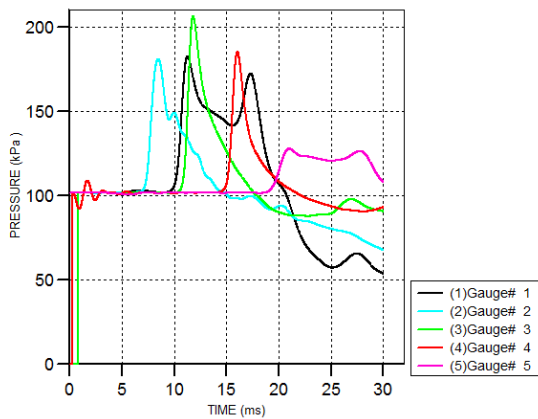


Hình 12. Biểu đồ giá trị áp lực tại các điểm 1,2,3,4,5. c. Tường chống nổ hình chữ nhật dày 0,5m, cao hơn nóc công trình 1,0 m.



Hình 13. Sơ đồ bố trí lượng nổ và công trình (tường chắn hình chữ nhật cao hơn nóc công trình 1m).

Gauge History (Ident 0 - autodyn)



Hình 14. Biểu đồ giá trị áp lực tại các điểm 1,2,3,4,5.

Bảng 4. Bảng so sánh giá trị áp lực P (kPa).

Điểm đo	So sánh giá trị áp lực P (kPa)			Ghi chú
	Tường cao bằng công trình	Tường cao hơn CT 0,5m	Tường cao hơn CT 1m	
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Điểm 1	133,970	98,590	79,270	
Điểm 2	143,270	103,520	77,610	
Điểm 3	117,310	111,920	103,050	
Điểm 4	87,420	86,050	81,750	
Điểm 5	26,980	26,100	24,290	
So sánh giá trị áp lực P (%)				
	(2) so sánh với (1)		(3) so sánh với (1)	
Điểm 1	26,41%		40,83%	
Điểm 2	27,74%		45,83%	
Điểm 3	4,59%		12,16%	
Điểm 4	1,57%		6,49%	
Điểm 5	3,26%		9,97%	

Nhận xét:

Kết quả tính toán cho thấy với cùng vị trí của tường chống nổ và điểm nổ so với công trình, khi thay đổi kích thước tường chống nổ có chiều cao tăng lên thì giá trị áp lực sóng nổ tác động lên công trình giảm xuống, giá trị áp lực sóng phản xạ ở tường trước giảm nhiều nhất tại điểm giữa tường trước là (40,83%), giá trị áp lực sóng xung kích tác dụng lên điểm giữa nóc công trình giảm (12,16%) và điểm giữa tường sau công trình có giảm nhưng giảm không nhiều (9,97%).

3. Kết luận

Bài báo đã trình bày việc tính toán giá trị áp lực sóng nổ tác dụng lên công trình bằng phần mềm Ansys Autodyn2D và so sánh một số trường hợp hình dạng tường chống nổ thay đổi để phục vụ cho việc đề xuất, lựa chọn giải pháp tường chống nổ cho hợp lý phục vụ cho quá trình thiết kế, thử nghiệm hiện trường. Ngoài ra, có thể sử dụng phần mềm Ansys Autodyn 2D khảo sát các kích thước, vị trí tường chống nổ khác nhau để làm cơ sở dự báo tính toán lựa chọn các giải pháp tường chống nổ cho phù hợp để người chỉ huy quyết định phương án tốt nhất khi xây dựng công trình phục vụ yêu cầu nhiệm vụ, đảm bảo hoàn thành tốt nhiệm vụ được giao.

Tài liệu tham khảo

- [1] Đặng Văn Địch, Vũ Đình Lợi (1995), *Giáo trình công sự tập 1*, Học viện KTQS, Hà Nội,
- [2] Đặng Văn Địch, Vũ Đình Lợi (2000), *Giáo trình công sự tập 2*, Học viện KTQS, Hà Nội,
- [3] Nguyễn Trí Tá, Đặng Văn Địch, Vũ Đình Lợi (2008), *Giáo trình công sự tập 1*, Học viện KTQS, Hà Nội,
- [4] AUTODYN help (2009), ANSYS WORKBENCH 14.5,
- [5] B, M, Dobratz; P, C, Crawford (1985), "LLNL Explosives Handbook: Properties of Chemical Explosives and Explosive Simulants", Ucl-52997, Retrieved 31 August 2018,
- [6] Баум Ф.А., и Орленко Л, П, (2002), *Физика взрыва том 1*, Москва,