

ĐÁNH GIÁ ĐỘ BỀN VÀ ĐẬP CỦA TẤM KẾT CẤU VỎ TÀU COMPOSITE BỞI TRỌNG VẬT RƠI TỰ DO

A DROP TEST GENERATION ON THE FRP HULL STRUCTURES

Huỳnh Văn Vũ

Khoa Kỹ thuật Giao thông, Đại học Nha Trang

vuhv@ntu.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo công bố kết quả đánh giá độ bền và đập của tấm kết cấu vỏ tàu composite dưới tác dụng của trọng vật rơi tự do, tấm vỏ tàu composite được nghiên cứu ở cả hai dạng không có nẹp gia cường và có nẹp gia cường với hình dáng khác nhau. Kết quả nghiên cứu được thực hiện bằng phương pháp thực nghiệm trên thiết bị thí nghiệm đo va đập tại Khoa Kỹ thuật Giao thông – Trường Đại học Nha Trang, với kích thước tính toán của tấm composite là 600x600 mm, chiều cao khi bắt đầu rơi của trọng vật ở 0,5 và 1,0 m, trọng vật có khối lượng 42 kg và hình dạng lưỡi dao. Ngoài ra kết quả thực nghiệm được so sánh với kết quả mô phỏng bằng Abaqus CAE qua chuyển vị tại hai điểm có giá trị lớn nhất.

Từ khóa: tấm vỏ tàu composite, va đập, thực nghiệm, mô phỏng, độ bền, biến dạng.

Chỉ số phân loại: 2.1

Abstract: The paper publishes the results of drop test generation on the Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) hull structures, the FRP structures were considered including the stiffened plate and unstiffened plate with several shapes of cross section. The experiment was conducted by the drop test equipment at the Faculty of Transportation Engineering – Nha Trang University, the plate dimension is 600x600 mm, the struck high is 0.5 and 1.0 m, the gravity of struck is 42 kg with knife shape. The results will be compared with Abaqus simulation at the largest displacement points.

Keywords: The FRP hull structures, drop test, experiment, simulation, displacement.

Classification number: 2.1

1. Giới thiệu

Va đập là hiện tượng thường xuyên gặp trong đời sống, va đập xảy ra khi một vật di chuyển có vận tốc và có tác động va chạm vào một vật khác [2], các va đập có thể là một cái búa và cái đinh, tay đâm vào bao cát hoặc là các tai nạn khi tham gia giao thông...[3]. Trong lĩnh vực tàu thủy, nghiên cứu về va đập của kết cấu tàu luôn được quan tâm đặc biệt và có tầm quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền tàu. Các trường hợp tàu gặp tai nạn trên biển xảy ra như hai tàu đang lưu thông trên biển, hay bốc dỡ hàng hóa trên tàu... đều rất nguy hiểm [4]. Do đó việc đánh giá, xác định được lực va đập tác dụng lên kết cấu tàu gây biến dạng có thể giúp tính toán, chế tạo được kết cấu tàu đạt độ bền tốt nhất.

Va đập với nghiên cứu ở đây được gây ra bởi trọng vật rơi tự do, tác động vào tấm kết cấu, trọng vật có vận tốc ban đầu bằng 0, được rơi từ độ cao nhất định, va đập vào tấm kết cấu gây ra biến dạng. Kết quả nghiên cứu dạng này đối với các kết cấu tàu vỏ thép đã được công bố nhiều [5], đặc biệt được tổng

hợp khá đầy đủ trong tài liệu của Paik [6]. Tuy nhiên đối với các kết cấu tàu vỏ composite thì chưa có nhiều nghiên cứu ở dạng va đập này được công bố. Chính vì vậy, bài báo này thực hiện nghiên cứu ứng xử của kết cấu tàu vỏ composite dưới tác dụng của sự va đập do tải trọng rơi tự do ở điều kiện thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm được so sánh với kết quả mô phỏng bằng phần mềm thương mại Abaqus CAE. Các mẫu thí nghiệm được chế tạo bằng tay, gồm một mẫu dạng kết cấu tấm phẳng không có nẹp gia cường (được ký hiệu là CSP), một mẫu dạng tấm có nẹp gia cường phẳng (CSP-FB), một mẫu tấm có nẹp gia cường dạng hộp (CSP-UB) và một mẫu tấm kết cấu có nẹp gia cường dạng chữ L (CSP-LB). Chiều cao trọng vật khi rơi là 0,5 m và 1,0 m. Trọng vật có hình dạng lưỡi dao và khối lượng là 42 kg.

2. Cơ sở lý thuyết

Bài toán va đập của trọng vật rơi tự do lên tấm kết cấu tàu thủy được mô tả như hình 1. Trọng vật có khối lượng m (kg), rơi tự do từ độ cao h (m) với vận tốc ban đầu bằng 0

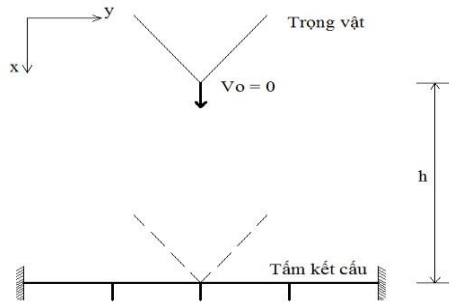
= 0, va chạm vào tấm kết cấu bên dưới với động năng va đập w (kJ) được xác định [2]:

$$w = mv^2/2 \quad (1)$$

Trong đó v (m/s) là vận tốc của trọng vật tại thời điểm bắt đầu va chạm với tấm kết cấu, được xác định bằng:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (2)$$

Với $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ là gia tốc trọng trường.



Hình 1. Sơ đồ biểu diễn bài toán va đập do trọng vật rơi tự do.

3. Mô tả thí nghiệm va đập do rơi tự do

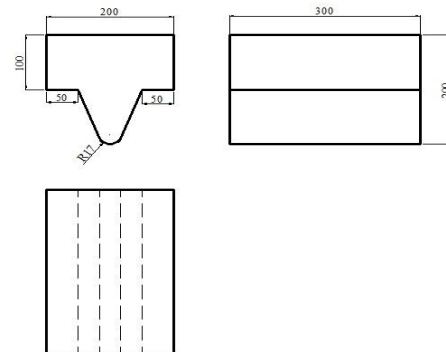
3.1. Giới thiệu về thiết bị thí nghiệm va đập

Thiết bị thí nghiệm va đập do rơi tự do của trọng vật được chế tạo tại Khoa Kỹ thuật Giao thông – Trường Đại học Nha Trang (hình 2). Trọng vật được giữ bằng nam châm điện, được nâng lên độ cao h ($h_{\max} = 2,2 \text{ m}$). Từ độ cao này, khi ngắt điện của nam châm, trọng vật sẽ rơi tự do không vận tốc ban đầu, va đập vào mẫu thử (là tấm kết cấu) được cố định lên bệ bên dưới thiết bị (kích thước lớn nhất của bệ là $760 \times 760 \text{ mm}$, khu vực trống không có gia cường để xét ảnh hưởng của sự va đập có kích thước lớn nhất là $600 \times 600 \text{ mm}$).



Hình 2. Thiết bị thí nghiệm va đập.

Trong nghiên cứu này, trọng vật được chọn có hình dạng lưỡi dao, kích thước như trình bày ở hình 3, khối lượng của trọng vật cân được là $m = 42 \text{ kg}$.



Hình 3. Hình dáng và kích thước của trọng vật.

3.2. Mẫu thí nghiệm

Mẫu thí nghiệm là các tấm kết cấu tàu vỏ composite thu nhỏ, có kích thước toàn bộ là $760 \times 760 \text{ mm}$, kích thước vùng chịu ảnh hưởng của hiện tượng va đập là $600 \times 600 \text{ mm}$ (hình 4), đây là kích thước lớn nhất của bộ gắn mẫu trên thiết bị thí nghiệm va đập). Kết cấu của tấm là dạng không có nẹp gia cường, nẹp gia cường phẳng, nẹp gia cường L và nẹp gia cường hộp như trình bày trong hình 5.

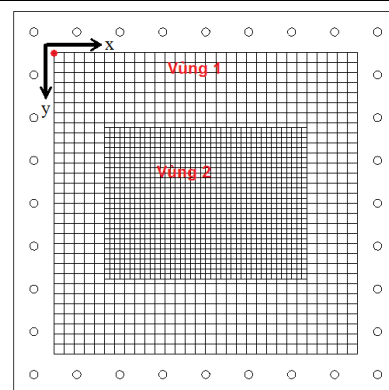
Bảng 1. Thông số cơ bản của tấm Mat.

Tỷ trọng	E1	E2	γ_{12}	G12	G13	G23
2,65E-9	4400	4400	0,34	1640	1640	1640

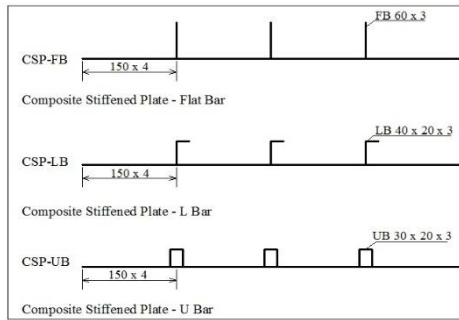
Mẫu kết cấu composite được làm 4 lớp, độ dày $d_{\text{Mat } 350} = 0,65 \text{ mm}$, $d_{\text{Vải } 330} = 0,76 \text{ mm}$. Thông số vật liệu được thể hiện ở bảng 1 và 2 [7].

Bảng 2. Thông số cơ bản của tấm vải.

Tỷ trọng	E1	E2	γ_{12}	G12	G13	G23
2,5E-9	22100	3800	0,2	13800	13800	5500



Hình 4. Kích thước của tấm kết cấu composite.



Hình 5. Kích thước mặt cắt ngang của tấm kết cấu composite có nẹp gia cường.

3.3. Mô tả thí nghiệm

Cố định tấm kết cấu vào bệ bằng bulong M16 (hình 6), các gờ gia cường được chế tạo từ thép AH32 hình chữ I (150x5/100x10 mm), các sườn gia cường với bệ thí nghiệm được cố định bằng phương pháp hàn đảm bảo độ đồng tâm giữa bệ và giá đỡ, điều này làm thiết bị dễ hiệu chỉnh cân bằng trước khi lắp đặt thí nghiệm. Trong quá trình gắn tấm kết cấu phải đảm bảo không tạo ra biến dạng nào do việc xiết bulong gây nên, tránh làm mờ các đường lưới chia vì đây là cơ sở để đo giá trị biến dạng của tấm sau khi quá trình va đập kết thúc.



Hình 6. Cố định tấm kết cấu vào bệ.

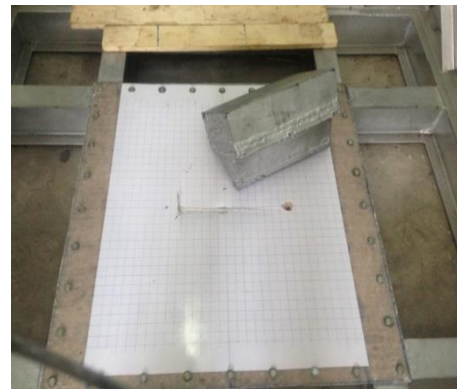
Căn chỉnh trọng vật (hình 7). Sử dụng nam châm điện nâng trọng vật lên độ cao h nhất định (như bảng 3, việc lựa chọn chiều cao rơi là 0,5m và 1,0m là ngẫu nhiên, có thể lựa chọn chiều cao rơi tùy ý với điều kiện duy nhất là nhỏ hơn 2,2m vì đó là chiều cao lớn nhất mà thiết bị thí nghiệm này nâng được), việc căn chỉnh được tiến hành sao cho hai đầu tiếp xúc của trọng vật đạt được độ cao cần thiết, cố định theo các hướng, sử dụng con dọi để căn chỉnh vị trí rơi.



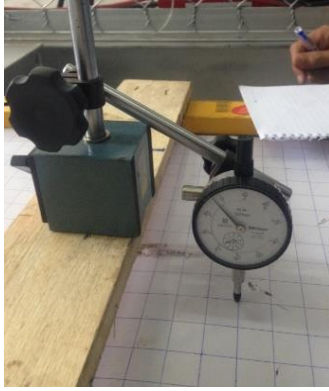
Hình 7. Căn chỉnh trọng vật.

Thả trọng vật (hình 8). Ngắt điện của nam châm, trọng vật rơi tự do va đập vào tấm kết cấu. Lưu ý đứng sau tấm lưới bảo vệ để đảm bảo an toàn.

Đo và ghi nhận giá trị biến dạng theo chiều cao tại các vị trí nút lưới chia bằng đồng hồ so (hình 9). Việc đo được thực hiện với đồng hồ so Mitutoyo, với thông số độ chia: 0,01 mm, phạm vi đo: 0 – 10 mm, sai số: $\pm 13 \mu\text{m}$. Để đảm bảo độ chính xác, trước khi đo kiểm tra bề mặt chuẩn của phần giá đặt đồng hồ so được tiến hành với thước thủy bình để đảm bảo giá đo phẳng và không nghiêng. Chọn góc chuẩn ở mép dưới, góc phải của tấm kết cấu nơi gần với sườn gia cường nhất, và việc đo được tiến hành liên tục với góc chuẩn đã chọn để đảm bảo sai số khi đo là ít nhất.



Hình 8. Thả trọng vật rơi tự do.



Hình 9. Đo biến dạng của tấm kết cấu tại các nút lưới chia bằng đồng hồ so.

4. Kết quả thí nghiệm

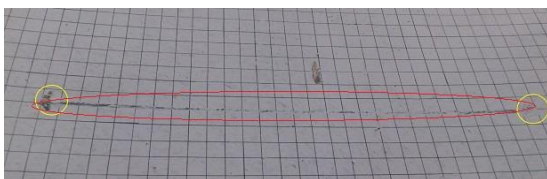
Thông số của các lượt thí nghiệm được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Thông số của các lượt thí nghiệm.

Tên mẫu	Chiều cao rơi h, [m]	Vận tốc va đập v, [m/s]	Động năng va đập w, [kJ]
CSP	0,5	3,130	205,7
CSP-FB	1,0	4,227	375,2
CSP-UB	1,0	4,227	375,2
CSP-LB	1,0	4,227	375,2

Một số nhận xét đối với kết quả thí nghiệm:

Kết quả thí nghiệm cho thấy tại hai vị trí mép ngoài cùng của trọng vật khi tiếp xúc với tấm kết cấu có biến dạng lớn nhất (như hai điểm được khoanh tròn ở hình 10), giá trị biến dạng tại hai điểm này được thể hiện ở bảng 4.



Hình 10. Vị trí tiếp xúc của trọng vật lên tấm kết cấu và hai vị trí đo biến dạng (hình khoanh tròn)

Bảng 4. Giá trị biến dạng của tấm kết cấu sau khi bị va đập

Tên mẫu	Biến dạng		Giá trị trung bình, [mm]
	Tại điểm 1 U_1 , [mm]	Tại điểm 2 U_2 , [mm]	
CSP	13,0	13,7	13,35
CSP-FB	8,80	8,89	8,845
CSP-UB	8,52	8,65	8,585
CSP-LB	11,60	11,65	11,625

Các tấm kết cấu có độ võng đều ở nhịp giữa, và các nẹp gia cường bị ảnh hưởng bởi

lực va đập của trọng vật nên có các vết nứt, gãy tại nhịp giữa của tấm kết cấu.

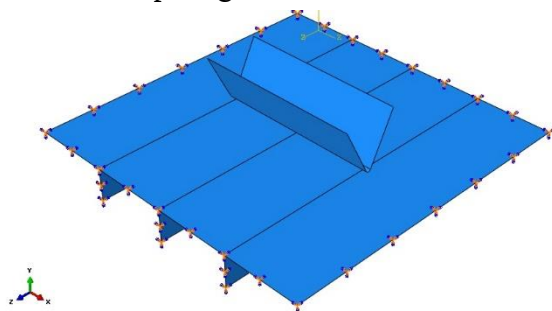
Đối với tấm kết cấu CSP-FB, bị biến dạng tương đối lớn khi các nẹp đứng không chịu được lực tác dụng từ trọng vật và bị rách phần mối nối giữa nẹp gia cường và tấm phẳng của kết cấu.

Đối với tấm kết cấu CSP-UB, bị biến dạng ít nhất so với hai tấm kết cấu có gắn nẹp đứng và nẹp chữ L. Trọng vật tác dụng lên tấm kết cấu làm xuất hiện độ võng ở các nẹp gia cường, nhưng sau khi cắt bỏ nẹp gia cường thì thấy xuất hiện gân gỗ bị gãy ở nhịp giữa của tấm kết cấu. Từ đó có thể cho thấy do độ cứng vững của gỗ đã làm giảm đi lực tác dụng của trọng vật lên tấm kết cấu và giảm độ biến dạng của tấm kết cấu.

Đối với tấm kết cấu CSP-LB, bị biến dạng lớn, các nẹp chữ L bị gãy ở nhịp giữa của tấm kết cấu. Xuất hiện một nẹp chữ L bị gãy ở ngoài khu vực nhịp giữa, có thể nguyên nhân do trong khi chế tạo độ dày của nẹp không được đồng đều nên ảnh hưởng đến lực tác dụng của trọng vật.

5. Kết quả mô phỏng

Nghiên cứu này sử dụng phần mềm thương mại Abaqus CAE [1] để mô phỏng quá trình va đập của trọng vật lên tấm kết cấu với các thông số đầu vào như thí nghiệm đã trình bày. Điều kiện biên của bài toán là fixed ($U_1 = U_2 = U_3 = UR_1 = UR_2 = UR_3 = 0$) tất cả các cạnh của tấm. Mô hình tính toán của bài toán mô phỏng được thể hiện ở hình 11.



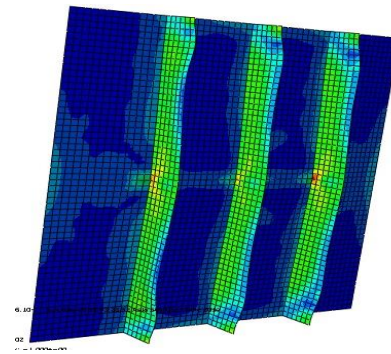
Hình 11. Mô hình tính toán của bài toán mô phỏng trong Abaqus

Kết quả mô phỏng được so sánh với kết quả thí nghiệm bằng hình ảnh của tấm kết cấu sau khi bị va đập và giá trị biến dạng tại hai điểm mép ngoài cùng của trọng vật khi tiếp xúc với tấm kết cấu (từ hình 12 đến hình 15).



$$U_1 = 8,8 \text{ mm},$$

$$U_2 = 8,89 \text{ mm}$$



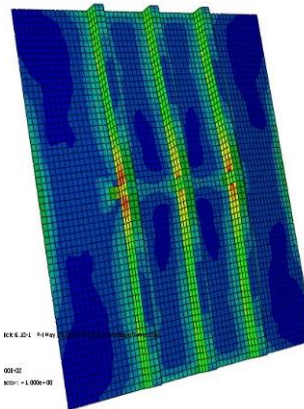
$$U_{MP-FB} = 9,2 \text{ mm}$$

Hình 13. Tấm có nẹp gia cường phẳng, CSP-FB.



$$U_1 = 8,65 \text{ mm},$$

$$U_2 = 8,52 \text{ mm}$$



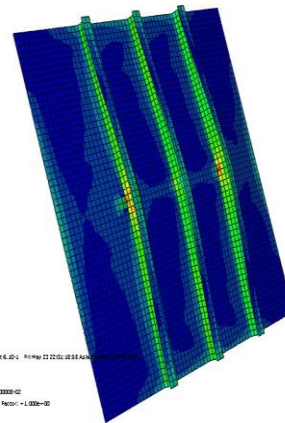
$$U_{MP-UB} = 9,18 \text{ mm}$$

Hình 14. Tấm có nẹp gia cường hộp, CSP-UB.



$$U_1 = 11,65 \text{ mm},$$

$$U_2 = 11,6 \text{ mm}$$



$$U_{MP-UB} = 12,34 \text{ mm}$$

Hình 15. Tấm có nẹp gia cường chữ L, CSP-LB.

Kết quả biến dạng tại hai điểm mép ngoài cùng của trọng vật giữa mô phỏng và thí nghiệm được tổng hợp ở bảng 5.

Kết quả mô phỏng tất cả các tấm kết cấu đều có biến dạng, đều ở hai đầu vị trí tiếp xúc của trọng vật và ở đây cũng chịu lực tác dụng lớn nhất. Tuy nhiên hình dạng mô phỏng của tấm kết cấu không chính xác như thí nghiệm.

Điều này là do dữ liệu về thuộc tính vật liệu composite của mô phỏng và thí nghiệm

chưa giống nhau, các điều kiện ngẫu nhiên trong quá trình chế tạo mẫu và thí nghiệm chưa được đưa trọn vẹn vào bài toán mô phỏng. Nhưng rõ ràng kết quả mô phỏng đã thể hiện được bản chất của quá trình va đập, điều này giúp thực hiện được nhiều kết quả đánh giá độ bền va đập của tấm kết cấu tàu vỏ composite dựa trên mô phỏng mà không cần phải thí nghiệm mất nhiều thời gian và kinh phí.

Bảng 5. Giá trị biến dạng của tấm kết cấu sau khi bị va đập tại hai điểm đang xét.

Tên mẫu	Biến dạng		
	Thí nghiệm, [mm]	Mô phỏng, [mm]	Sai số, [%]
CSP	13,0	12,34	5,1
	13,7	12,34	9,9
CSP-FB	8,80	9,2	4,5
	8,89	9,2	3,0
CSP-UB	8,65	9,18	6,1
	8,50	9,18	7,7
CSP-LB	11,65	12,34	5,9
	11,60	12,34	6,0

6. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu độ bền của bốn dạng tấm kết cấu tàu vỏ composite dưới tác dụng va đập do rơi tự do của trọng vật ở độ cao khác nhau trong điều kiện thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm cho biến dạng lớn nhất xảy ra tại hai điểm mép ngoài cùng của trọng vật tiếp xúc với tấm kết cấu khi va đập, nghĩa là động năng va đập tại vị trí này là lớn nhất. Ngoài ra, nghiên cứu cũng cho thấy độ bền va đập của tấm kết cấu không có nếp gia cường là thấp nhất, của tấm kết cấu có nếp gia cường dạng hộp là cao nhất, như vậy rõ ràng độ bền của tấm kết cấu được quyết định

bởi hình dạng và kích thước của nếp gia cường. Đồng thời nghiên cứu cũng đã mô phỏng được kết quả thí nghiệm va đập này bằng phần mềm Abaqus, điều này giúp các nguyên cứu về sau có được nhiều kết quả về quá trình va đập do trọng vật rơi tự do lên tấm kết cấu tàu vỏ composite mà không cần phải thí nghiệm mất nhiều thời gian và kinh phí □

Tài liệu tham khảo

- [1] Abaqus CAE 2010 Manual
- [2] Hayashi, T. & Tanaka, Y. (1988). *Impact Engineering*. Nikkan Kogyo Simbunsha, Tokyo.
- [3] Johnson, W. (1972). *Impact strength of materials*. Edward Arnold, London and Crane Rissak, New York.
- [4] Jones, N. (1997). *Structural Impact*. Paperback Edition, Cambridge University Press.
- [5] Paik, J.K. & Chung, J.Y. (1999). *A basic study on static and dynamic crushing behavior of a stiffened tube*. KSAE Transactions.
- [6] Paik, J.K. (2003). *Ultimate Limit State Design of Steel-plated Structures*. Impact mechanics and Design for Accidents. Wiley Publisher.
- [7] Young W. Kwon & David H. Allen (2008). *Multiscale Modeling and Simulation of Composite Materials and Structures*.

Ngày nhận bài: 8/4/2019

Ngày chuyển phản biện: 11/4/2019

Ngày hoàn thành sửa bài: 2/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 9/5/2019