

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM TÁC DỤNG GIẢM CHẤN CỦA CÔNG TRÌNH CHỊU TẢI TRỌNG SÓNG XUNG KÍCH DƯỚI NƯỚC Ở QUẦN ĐẢO TRƯỜNG SA

Vũ Đình Lợi, Tô Đức Thọ*, Nguyễn Trương Lai, Lê Anh Tuấn, Nguyễn Công Nghị

Viện Kỹ thuật Công trình Đặc biệt-Học viện Kỹ thuật Quân sự

*E-mail: ductho352032@gmail.com

Ngày nhận bài: 12-9-2014

TÓM TẮT: Nghiên cứu về vấn đề giảm chấn của công trình dưới tác dụng của sóng xung kích trong các môi trường nói chung và môi trường nước nói riêng đều quan trọng và cần thiết đối với công trình quân sự và dân sinh. Nếu được thiết kế hợp lý và có các biện pháp làm giảm tác dụng của sóng nổ thì sức sống của công trình được tăng lên rõ rệt, khả năng bị phá hủy giảm. Một trong những giải pháp giảm tác dụng của sóng nổ là dán lớp vật liệu có khả năng hấp thụ sóng nổ lên kết cấu công trình. Các công trình lý thuyết và thực nghiệm về vấn đề này hiện ít được công bố do nhiều nguyên nhân khác nhau. Bài báo trình bày mô hình và kết quả thí nghiệm nổ dưới nước từ đề tài KC09.06/11-15 tại khu vực Trường Sa nhằm xác định tác dụng giảm chấn của mô hình công trình được thiết kế lớp vật liệu đặc trưng trên bề mặt.

Từ khóa: Giảm chấn, nổ dưới nước, sóng xung kích, thực nghiệm nổ, Trường Sa,...

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh thế giới hiện nay, các vụ tấn công, xung đột có liên quan đến sử dụng vũ khí chứa thuốc nổ gây ra hư hại cho khá nhiều công trình gồm cả quân sự và dân sinh. Những thiệt hại từ những vụ nổ đó gây hậu quả nặng nề đến công trình, nhà cửa, con người ... Vấn đề làm giảm thiệt hại do nổ đã được bàn đến nhiều như xây dựng các công trình kiên cố, công trình sâu dưới lòng đất, lòng biển, công trình bí mật ... đã được bàn luận nhiều nhưng đều gặp phải những thực tế khó khăn như điều kiện địa lý, điều kiện kinh tế và bao gồm cả những điều kiện kỹ thuật dẫn đến không thể thực hiện được. Các công trình dù nằm trong đất, hay dưới nước khi đối mặt với vụ nổ đều phải chịu xác suất bị phá hủy rất lớn. Điều này làm cho nhiều nhà khoa học về nổ trên thế giới tìm kiếm giải pháp kỹ thuật làm giảm tác dụng nổ lên công trình.

Một số nhà khoa học về nổ trên thế giới đã tiến hành các nghiên cứu cả về lý thuyết và thực

nghiệm nhằm tìm ra một giải pháp nâng cao sức sống của công trình dưới tác dụng của sóng nổ. Trong đó, một số nghiên cứu của Úc, Mỹ, Nga [1-3] ... đã thực hiện ở các mô hình trên cạn đem lại kết quả rất khả quan cho lĩnh vực này. Tuy nhiên, các nghiên cứu với công trình dưới nước hoặc chi tiết về các nghiên cứu đối với công trình trên cạn vẫn chưa được công bố rộng rãi và mang nặng tính thương mại.

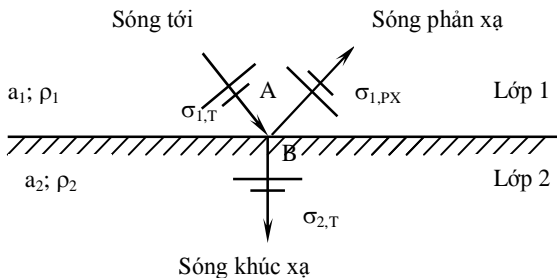
Nước ta là một đất nước biển, trong tình hình tranh chấp biển đảo trong khu vực Biển Đông đang căng thẳng thì bên cạnh các giải pháp đấu tranh hòa bình, việc xây dựng, củng cố hệ thống phòng ngự biển đảo, trong đó có các công trình trên đảo là điều mang tính cấp thiết nhằm bảo vệ chủ quyền biển đảo. Các công trình trên quần đảo Trường Sa hay các công trình trên biển nói chung cần phải được bổ sung, tăng cường sức sống trước điều kiện tự nhiên nhưng quan trọng hơn cả phải chịu được các cuộc tấn công có thể xảy ra. Trong đó, sức sống của công trình với tải trọng nổ

là vấn đề khoa học còn mới lạ ở nước ta và cần được ưu tiên hàng đầu trong nghiên cứu công trình trên biển đảo hiện nay. Với tính bức thiết như vậy, nhóm thực hiện đề tài cấp Nhà nước KC09.06/11-15 đã nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình công trình có thiết kế lớp giảm chấn nhằm bước đầu đánh giá tác dụng giảm chấn của vật liệu gắn trên công trình dưới tác dụng của tải trọng nổ dưới nước.

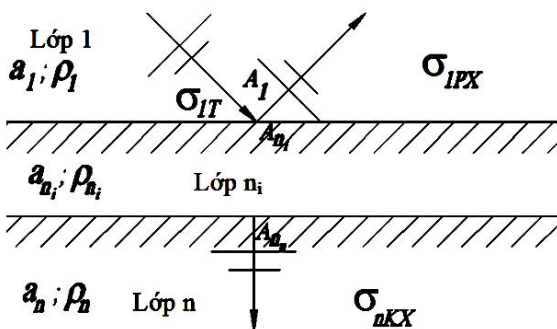
CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ SỰ LAN TRUYỀN SÓNG NỔ TRONG MÔI TRƯỜNG NHIỀU LỚP [4]

Sóng nén truyền trong môi trường nước khi gặp mô hình chướng ngại công trình một lớp sẽ bị phản xạ trở lại. Với mô hình chướng ngại công trình có thiết kế thêm một lớp vật liệu nhằm tác dụng giảm chấn thì tính chất cũng có thay đổi. Lớp giảm chấn sẽ hấp thụ sóng nhiều hơn.

Khi sóng nén 1 truyền lan trong môi trường có nhiều lớp khác nhau thì ở mặt phân cách giữa 2 lớp sẽ xuất hiện sóng phản xạ và sóng khúc xạ như trên hình 1 và 2.



Hình 1. Sóng tới, sóng phản xạ và khúc xạ trên mặt phân cách (hai lớp)



Hình 2. Sóng tới, sóng phản xạ và khúc xạ trên mặt phân cách (nhiều lớp)

Cường độ và tốc độ dịch chuyển của các hạt trong sóng phản xạ 1 và khúc xạ vào môi trường nước. Cường độ và tốc độ dịch chuyển của các hạt trong sóng phản xạ 1 và khúc xạ được xác định từ điều kiện liên tục đối với ứng suất và tốc độ trên mặt phân cách, đối với trường hợp phản xạ thẳng góc, được xác định theo phương trình:

$$\begin{cases} \sigma_T + \sigma_{PX} = \sigma_{KX} \\ u_T + u_{PX} = u_{KX} \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: $\sigma_T, \sigma_{PX}, \sigma_{KX}$ lần lượt là trị số ứng suất trong sóng tới, sóng phản xạ và khúc xạ; u_T, u_{PX}, u_{KX} lần lượt là trị số tốc độ dịch chuyển của các hạt trong sóng tới, sóng phản xạ và khúc xạ.

Ứng suất trong sóng lan truyền ở mỗi thời điểm và mỗi điểm trong môi trường được rút ra từ định luật bảo toàn xung lượng:

$$\begin{aligned} \sigma &= \pm \rho \times c \times u \\ u &= \frac{\pm \sigma}{\rho \times c} \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó: dấu (+) và (-) tương ứng với ứng suất nén và ứng suất kéo; ρ là mật độ chướng ngại công trình; c là tốc độ âm lan truyền trong chướng ngại công trình.

Từ (1), (2) và (3) ta được:

$$\frac{\sigma_T}{\rho_{cn} \times c_{cn}} - \frac{\sigma_{PX}}{\rho_{cn} \times c_{cn}} = \frac{\sigma_{KX}}{\rho_{cn} \times c_{cn}} \quad (4)$$

Trong đó: $\rho_{cn}, \rho_n, c_{cn}$ lần lượt là mật độ và tốc độ âm tương ứng trong chướng ngại và trong nước.

Giải hệ phương trình (1) và (4) ta được:

$$\sigma_{PX} = \frac{\rho_n \times c_n - \rho_{cn} \times c_{cn}}{\rho_n \times c_n + \rho_{cn} \times c_{cn}} \sigma_T = -K_{PX} \sigma_T \quad (5)$$

$$\sigma_{KX} = \frac{2\rho_n \times c_n}{\rho_n \times c_n + \rho_{cn} \times c_{cn}} \sigma_T = K_{KX} \sigma_T \quad (6)$$

Trong đó: $-\frac{\rho_n \times c_n - \rho_{cn} \times c_{cn}}{\rho_n \times c_n + \rho_{cn} \times c_{cn}} = K_{PX}$ gọi là hệ số phản xạ, đặc trưng cho giá trị ứng suất trong sóng phản xạ 1; $\frac{2\rho_n \times c_n}{\rho_n \times c_n + \rho_{cn} \times c_{cn}} = K_{KX}$ gọi là

hệ số khúc xạ, đặc trưng cho giá trị ứng suất trong sóng phản xạ.

Vì độ cứng âm học của nước nhỏ hơn của chướng ngại công trình, do đó sóng phản xạ từ mặt phân cách nước và chướng ngại vào môi trường chướng ngại sẽ là sóng dẫn (ứng suất mang dấu âm). Đá có độ bền kéo rất nhỏ so với độ bền nén, cho nên sóng phản xạ sẽ có tác dụng phá hủy rất mạnh mặc dù ở đó có thể sóng nén không còn đủ cường độ để phá hủy chướng ngại công trình.

Từ (5) và (6) cho thấy rằng biên độ trong sóng phản xạ và khúc xạ phụ thuộc vào tỷ số giữa độ cứng âm học của môi trường chướng ngại và nước, tỷ số này càng lớn thì ứng suất trong sóng phản xạ càng lớn và ngược lại

Trong mô hình thí nghiệm thực hiện tại đảo Sơn Ca, quần đảo Trường Sa, Việt Nam, lớp vật liệu giảm chấn được lựa chọn có khối lượng riêng nhỏ hơn vật liệu mô hình bê tông. Trong nghiên cứu này, mục đích là làm thực nghiệm để sáng tỏ tính giảm chấn của mô hình công trình có gắn lớp giảm chấn. Lớp này là vật liệu composite có tên là Tyfo[®]SCH-11UP gồm keo Tyfo[®]S và vải sợi tăng cường Tyfo[®]SCH-11UP do công ty Fyfe Co. LLC có trụ sở tại Mỹ sản xuất. Một số dữ liệu về vật liệu trên được thể hiện trong các bảng 1, 2, 3 [2].

Như vậy, qua các phân tích về cơ sở lý thuyết và lớp vật liệu Tyfo[®]SCH-11UP có thể thấy rằng, sóng xung kích phản xạ lên công trình dưới nước có gắn lớp giảm chấn phụ thuộc vào các yếu tố chính sau: tốc độ truyền âm của lớp giảm chấn, mật độ của lớp, chiều dày của lớp. Với một lớp giảm chấn là loại vật liệu kê trên được gắn vào bề mặt công trình và mật độ, tốc độ âm cũng như độ cứng của vật liệu giảm chấn nhỏ hơn vật liệu của chướng ngại công trình thì sóng xung kích hấp thụ vào lớp giảm chấn này khá nhiều và phản xạ ra ngoài, phần khúc xạ vào công trình giảm đi, làm cho công trình tăng thêm tuổi thọ khá lớn.

Bảng 1. Đặc tính vật liệu sợi khô

Cường độ chịu kéo	3,79 GPa
Mô đun kéo	230 GPa
Độ giãn dài giới hạn	1,70%
Khối lượng riêng	1,8 g/cm ³
Khối lượng trên m ²	315 g/m ²

Bảng 2. Đặc tính vật liệu keo

Ninh kết 72 giờ sau khi ninh kết ở nhiệt độ 60 độ C		
Đặc tính	Phương pháp ASTM	Giá trị thí nghiệm
T _g	D-4065	82°C
Cường độ chịu kéo	D-638, Kiểu 1	72,4 Mpa
Mô đun kéo	D-638, Kiểu 1	3,18 Gpa

Bảng 3. Đặc tính tấm sợi Composite

Đặc tính	Phương pháp ASTM	Giá trị thí nghiệm	Giá trị thiết kế
Cường độ chịu nén giới hạn theo hướng chính của tấm sợi	D-3039	986 MPa	834 Mpa
Độ giãn dài khi phá hoại	D-3039	0,93%	0,79%
Mô đun kéo	D-3039	105,4 Gpa	89,6 Gpa
Cường độ chịu nén giới hạn theo phương vuông góc với phương sợi	D-3039	0	0
Chiều dày tấm	D-3039	0,51 mm	0,51 mm

THÍ NGHIỆM NỔ XÁC ĐỊNH TÁC DỤNG GIẢM CHẤN CỦA MÔ HÌNH CÔNG TRÌNH DƯỚI TÁC DỤNG CỦA SÓNG NỔ DƯỚI NƯỚC TẠI QUẦN ĐẢO TRƯỜNG SA

Thiết bị thí nghiệm

Thí nghiệm nổ được thực hiện tại đảo Sơn Ca, thuộc quần đảo Trường Sa vào tháng 6 năm 2013 và thuộc đề tài cấp nhà nước KC06.09/11-15 do GS. TS. Vũ Đình Lợi chủ trì.



Hình 3. Tấm bê tông mô hình không có lớp vật liệu giảm chấn



Hình 4. Tấm bê tông mô hình gắn lớp vật liệu giảm chấn dày 0,6 - 0,8 cm

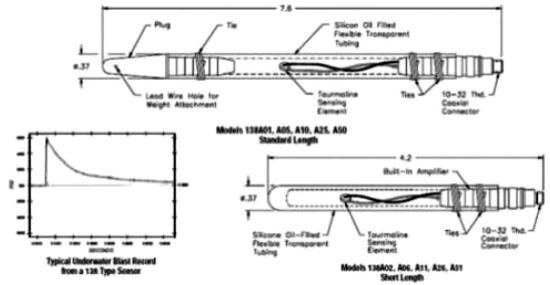
Để làm rõ tính giảm chấn đối với mô hình công trình các thí nghiệm được thực hiện trên các tấm bê tông cốt thép giống nhau về cơ tính, có cùng kích thước $100 \times 60 \times 6$ cm và độ bền B22,5. Kích thước và các thông số của tấm mô hình chường ngại được thể hiện theo các hình 3, 4.

Máy đo động đa kênh NI SCXI-1000DC với đầu đo áp lực kiểu tinh thể áp điện PCB 138A01 có độ nhạy và độ chính xác cao được gắn chặt vào tấm bê tông để đo áp lực phản xạ. Đầu đo làm việc theo nguyên lý sử dụng tinh thể gốm áp điện cho phép đo nhanh, chính xác và tin cậy. Máy đo được điều khiển hoàn toàn bằng máy tính thông qua kết nối USB và có các loại cạc đo được gia tốc, biến dạng, chuyển vị, điện áp ...

Hình dạng, cấu tạo của các thiết bị được thể hiện theo hình 5, 6.

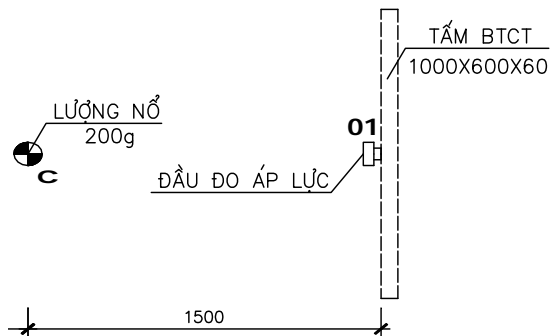


Hình 5. Máy đo động đa kênh NI SCXI-1000DC



Hình 6. Đầu đo tinh thể áp điện PCB138A01

Bố trí thí nghiệm



Hình 7. Sơ đồ thí nghiệm nổ 200 g TNT dưới nước cách đầu đo áp lực phản xạ 1,5 m



Hình 8. Bố trí lượng nổ dưới nước (trước và cách tấm mô hình bê tông 1,5m)

Thí nghiệm nổ đo áp lực sóng xung kích được thực hiện với khá nhiều lượng nổ TNT có khối lượng khác nhau. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả giới thiệu kết quả 3 thí nghiệm tiêu biểu đại diện cho chuỗi thí nghiệm đo sóng xung kích dưới nước có kết quả cách xa nhau,

sử dụng lượng nổ 200 g TNT trong cả hai trường hợp: tấm bê tông thường và tấm có lớp vật liệu giảm chấn dày 0,6 - 0,8 cm. Các đầu đo được gắn trên bề mặt các tấm bê tông.

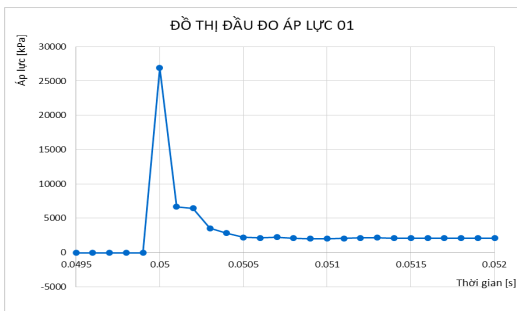
Lượng nổ bố trí ở độ sâu nổ khoảng hơn 1 m trong khu vực có độ sâu khoảng 1,6 - 1,7 m. Sơ đồ bố trí thí nghiệm sử dụng các lượng nổ 200g đặt cách đầu đo 1,5 m được thể hiện trong hình 7 [5]. Hình 8 và 9 cho thấy các lượng nổ được bố trí dưới nước và các thử nghiệm nổ diễn ra thành công, an toàn.



Hình 9. Các thử nghiệm nổ đều diễn ra thành công, an toàn

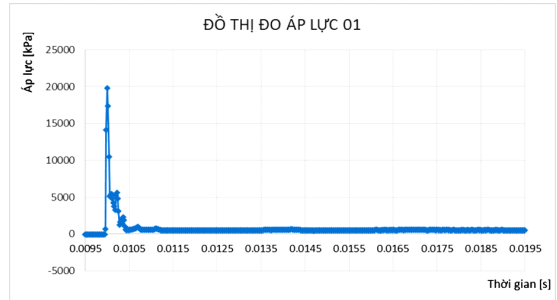
KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

Giá trị áp suất sóng xung kích đo được từ thí nghiệm là giá trị áp suất đầu đo 1 thu được từ thí nghiệm thực tế. Tại các lần thí nghiệm với lượng nổ TNT 200 g, cách đầu đo 1,5 m, ta thu được kết quả sóng xung kích tác dụng lên tấm mô hình bê tông thường thể hiện ở đồ thị thí nghiệm 1 hình 10 [5].

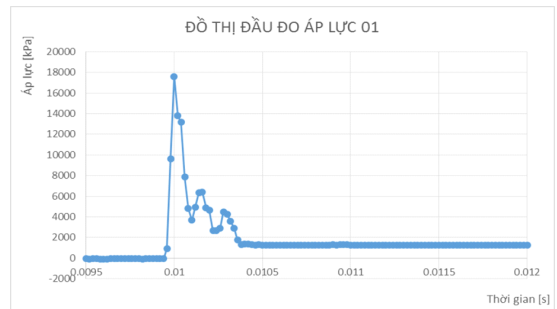


Hình 10. Đồ thị đồ sóng xung kích từ TN1 (đầu đo gắn trên bề mặt tấm bê tông thường)

Tương tự, nhiều thí nghiệm có kết quả sát với thí nghiệm 2 và 3 với lượng nổ 200 g, cách đầu đo sóng xung kích 1,5 m được thể hiện theo hình 11 và 12 [5].



Hình 11. Đồ thị đồ sóng xung kích từ TN2 (đầu đo gắn trên bề mặt tấm bê tông có lớp giảm chấn)



Hình 12. Đồ thị đồ sóng xung kích từ TN3 (đầu đo gắn trên bề mặt tấm bê tông có lớp giảm chấn)

Kết quả sóng phản xạ lớn nhất qua các lần thí nghiệm thể hiện trong bảng 4 [5].

Bảng 4. Giá trị lớn nhất của sóng phản xạ thu được trên đầu đo qua các thí nghiệm

Khối lượng thuốc nổ TNT thí nghiệm, m (g)	200 g		
Khoảng cách từ lượng nổ đến chướng ngại (đặt đầu đo), r (m)	TN 1	TN 2	TN 3
	1,5	1,5	1,5
Áp lực sóng xung kích phản xạ, P_{sxk} (Kpa)	26.884	19.832	17.596
Tỷ lệ áp lực giữa thí nghiệm có và không có lớp giảm chấn, (%)		73,77%	65,45%

Nhận xét: Kết quả thí nghiệm trên thực tế thể hiện qua bảng 1 cho thấy, giá trị sóng xung kích đo được trên các lần thí nghiệm với tấm bê

tông không có lớp giảm chấn đều lớn hơn hẳn so với tấm có lớp giảm chấn. Giá trị lớn nhất mà đầu đo thu được trong các trường hợp có lớp giảm chấn được thể hiện qua thí nghiệm 2. Tuy nhiên cũng cách khá lớn so với giá trị đo được trong trường hợp không có lớp giảm chấn. So sánh hai trường hợp có và không có lớp vật liệu giảm chấn nhận thấy rằng, tuy lớp giảm chấn Tyfo®SCH-11UP gắn trên mô hình công trình là khá mỏng nhưng có hiệu quả khá tốt trong việc làm giảm giá trị tác dụng của sóng xung kích từ 26,23% đến 34,55% hay giá trị áp lực sóng xung kích phản xạ đo được chỉ bằng 73,77% và 65,45% so với trường hợp không có lớp giảm chấn.

KẾT LUẬN

Tác dụng giảm chấn là vấn đề cần được nghiên cứu trong bảo vệ các công trình dưới tác dụng của tải trọng nổ hiện nay. Nghiên cứu thực hiện đối với mô hình là tấm bê tông với lớp giảm chấn chỉ bằng khoảng 1/10 chiều dày tấm, tuy nhiên, hiệu quả giảm chấn thấy rõ qua việc đầu đo áp lực thu được các trị số nhỏ hơn nhiều so với trường hợp không có lớp vật liệu. Nghiên cứu này cũng đặt ra vấn đề nghiên cứu về vật liệu giảm chấn hợp lý, có giá thành rẻ, dễ chế tạo, thuận tiện cho lắp ghép trong các công trình thực tế, hơn nữa là vấn đề tính toán,

thiết kế chiều dày và số lượng lớp vật liệu để hiệu quả giảm chấn đạt giá trị lớn nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Cole, R. H., 1965.* Underwater explosions. Dover Publications, New York.
2. *Vũ Văn Thành, Tô Giang Lam.* Giải pháp sửa chữa và gia cường khẩn cấp để đảm bảo giao thông cho nhịp 6 cầu Châu Ô, Km 1.036+275 QL1A, tỉnh Quảng Ngãi. Tạp chí Cầu đường Việt Nam ISSN1859-459X. Số 3-2013. Tr. 40-48.
3. *Olenko. L. P., Schechter B. I., 2002.* Vật lý nổ. Nxb. Tư liệu vật lý và toán học quốc gia, Moscow. (Tiếng Nga).
4. *Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyển, Hoàng Tuấn Chung, 2010.* Nổ hóa học, lý thuyết và thực tiễn. Nxb. KH & KT.
5. *Vũ Đình Lợi, Tô Đức Thọ, Lê Anh Tuấn, Phạm Công Nghị, 6/2014.* Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm nổ trong vùng nước nông tại khu vực Trường Sa. Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học kỹ thuật toàn quốc, Tập 2. Cơ học vật rắn biến dạng, Hà Nội.
6. *Xalamakhin T. M., 1967.* Giáo trình hướng dẫn giải lý thuyết va đập nổ. Nxb. Matxcova. (Tiếng Nga).

EXPERIMENTAL STUDY ON LOAD - DAMPING EFFECTS OF THE STRUCTURES IN UNDERWATER SHOCK WAVES IN TRUONG SA ARCHIPELAGO

Vu Dinh Loi, To Duc Tho, Nguyen Tuong Lai, Le Anh Tuan, Nguyen Cong Nghi

Institute of Technique Special Engineering-Military Technical Academy

ABSTRACT: *Research on the problem of load damping of the structures under the effect of shock waves in environment generally and in water particularly is important and necessary for military structures and buildings of inhabitants. If properly designed and having solution to reduce the effects of the blast wave, general structures will be increased markedly and reduce ability of being destroyed. One of the solutions to reduce the effects of the blast wave is to glue layers of material having capable of absorbing blast waves onto the structures. The theoretical and empirical studies are currently less pronounced due to many different reasons. This paper presents modeling and experimental results from the underwater explosion topic KC09.06/11-15 in Truong Sa*

Vũ Đình Lợi, Tô Đức Thọ, ...

archipelago to determine the damping effect of the structure modeling is designed with layers of featured material on its surface.

Keywords: *Damping, underwater explosions, shock waves, explosive experiments, Truong Sa, ...*