

# MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CỦA ĐỘNG ĐẤT SÓNG THÂN KHU VỰC BIỂN ĐÔNG VÀ LÂN CẬN

NGUYỄN VĂN LƯƠNG, NGUYỄN ĐÌNH XUÂN,  
DƯƠNG QUỐC HUNG, BÙI THỊ XUÂN

## I. MỞ ĐẦU

Theo đánh giá của các nhà khoa học, phần lớn các sóng thần sinh ra bởi các biến động địa chất dưới đáy biển. Đó là các trận động đất mạnh có cơ chế trượt chồm (dip-slip faulting), tạo ra sự dịch chuyển năng/hạ đột ngột của đáy biển, các hoạt động núi lửa phun trào, tạo ra các khối dung nham chuyển động và trượt lở đất đá do các chấn động mạnh [13]. Các biến động này làm dịch chuyển đột ngột các khối nước lớn trong lòng đại dương và sóng thần được tạo thành khi các khối nước dao động về vị trí cân bằng. Năng lượng của sóng thần (yếu tố cơ bản quyết định quy mô và mức độ tàn phá) phụ thuộc vào thể tích các khối nước dịch chuyển, và vì vậy cũng phụ thuộc vào quy mô các biến động địa chất liên quan.

Kể từ thập niên 50 của thế kỷ trước cho đến nay, lịch sử thế giới đã ghi nhận 5 trận sóng thần với mức độ tàn phá đặc biệt lớn, tác động đến nhiều quốc gia thuộc các châu lục khác nhau. Đó là các sóng thần gây ra bởi động đất Kamchatka (Nga) năm 1952 ( $M = 9,0$ ), Andreanof Alaska (Mỹ) năm 1957 ( $M = 9,1$ ), Chi Lê năm 1960 ( $M = 9,5$ ), Prince William Sound Alaska (Mỹ) năm 1964 ( $M = 9,2$ ) và Sumatra (Indonesia) năm 2004 ( $M = 9,0$ ). Sóng thần từ động đất Chi Lê năm 1960 là nguyên nhân của sự chết chóc và tàn phá nặng nề tại nhiều quốc gia và các đảo thuộc Thái Bình Dương (làm 61 người chết tại đảo Hawaii, 200 người chết tại Nhật Bản...) [12, 13]. Sóng thần từ động đất tại Indonesia ngày 26-12-2004 tàn phá bờ biển của 11 quốc gia châu Á, châu Phi, làm thiệt mạng trên 289 nghìn người và hàng triệu người rơi vào cảnh màn trời chiếu đất, để lại những hậu quả nặng nề về môi trường và kinh tế - xã hội [13].

Có mức độ tàn phá quy mô khu vực là các trận sóng thần từ các động đất với  $7,5 \leq M \leq 8,5$  như đã

xảy ra ở Indonesia (1992, 1994, 1996), Philippin (1994) và Papua New Guinea (1998). Sóng thần từ động đất Indonesia năm 1992 ( $M_s = 7,5$ ) với độ cao trung bình 2-5 m, đạt cực đại 11-26 m tại một số điểm, đã làm ngập toàn bộ bờ biển phía bắc đảo Flores và hầu hết các đảo khác ở vùng biển này, làm chết 1.974 người, bị thương 2.126 người, phá huỷ gần 33.600 công trình xây dựng, nhà ở [6].

Xảy ra thường xuyên hơn là các sóng thần có quy mô tác động địa phương, được gây ra bởi các trận động đất  $M < 7,5$ , các hoạt động núi lửa và trượt lở đất dưới đáy biển. Năng lượng sóng thần từ các biến động địa chất loại này suy giảm khá nhanh, ít có khả năng gây tác động tới các vùng biển xa. Tuy nhiên, sóng thần loại này lại rất nguy hiểm do thời gian lan truyền từ nguồn vào đất liền quá ngắn để có thể phát tín hiệu cảnh báo kịp thời.

Ở Việt Nam, nhiệm vụ nghiên cứu sóng thần đã được đề cập từ cuối thập niên 90 trong thế kỷ XX và đặc biệt được đẩy mạnh sau thảm họa sóng thần từ động đất Indonesia ngày 26-12-2004. Trên cơ sở thu thập và tổng hợp các nguồn số liệu hiện có, Phạm Văn Thục (2000) đã thành lập danh mục các trận động đất gây sóng thần (ĐĐST) cho khu vực Biển Đông và lân cận, giai đoạn 1627-1995 [8]. Danh mục này bao gồm 71 ĐĐST, trong đó ĐĐST mạnh nhất,  $M \geq 8,0$ , đã 4 lần xảy ra tại ven biển phía tây Philippin vào các năm 1627 ( $M = 8,0$ ), 1645 ( $M = 8,0$ ), 1889 ( $M = 8,5$ ), 1889 ( $M = 8,6$ ) và ĐĐST yếu nhất được phát hiện ở ngoài khơi Quảng Bình - Hà Tĩnh năm 1992 ( $M = 3,7$ ,  $\varphi = 18^\circ$  N,  $\lambda = 108^\circ$  E).

Trong những thập niên gần đây, cùng với sự phát triển chung của khoa học địa chấn, hệ thống các phương pháp ghi và phân tích tài liệu động đất ngày càng được phát triển và hoàn thiện. Mạng lưới các trạm địa chấn quốc gia và quốc tế được tăng

chồng đáng kể về số lượng và chất lượng, cho phép mở rộng phạm vi quan sát và khai thác đầy đủ hơn các thông tin từ các biến cố động đất. Số liệu động đất và sóng thần trong thời gian này tương đối đầy đủ và có tính đại diện cao, cho phép nghiên cứu, làm sáng tỏ các đặc điểm biểu hiện động đất và sóng thần cũng như mối liên quan giữa chúng.

Trên cơ sở các số liệu động đất, núi lửa và sóng thần, giai đoạn 1900-2000, các tác giả bài báo này có mục tiêu phân tích, làm sáng tỏ một số đặc điểm đặc trưng như dải năng lượng (Magnitude), độ sâu chấn tiêu, cơ cấu chấn tiêu (CCCT) và tần suất ĐĐST trong khu vực Biển Đông và lân cận. Đây là những đặc điểm quan trọng, có thể xem là cơ sở cho việc nghiên cứu dự báo, cảnh báo sóng thần trên Biển Đông. Những kết quả đạt được trong bài báo cũng sẽ giúp độc giả có sự nhìn nhận đầy đủ và toàn diện hơn về các điều kiện phát sinh sóng thần trên Biển

Đông cũng như nguy cơ của chúng đối với vùng ven biển và hải đảo Việt Nam.

## II. DANH MỤC ĐĐST KHU VỰC BIỂN ĐÔNG VÀ LÂN CẬN GIAI ĐOẠN 1900-2000

### 1. Danh mục ĐĐST

Danh mục ĐĐST khu vực Biển Đông và lân cận ( $\varphi = 0^{\circ} - 25^{\circ} \text{ N}$ ,  $\lambda = 100^{\circ} - 130^{\circ} \text{ E}$ ) được thành lập trên cơ sở thu thập, tổng hợp và phân tích các số liệu động đất và sóng thần đã được công bố [2, 7-9, 12] hoặc chưa được công bố [4, 5, 10], số liệu từ các trung tâm dữ liệu địa chấn quốc tế NEIC, HRVD, ISC [11]. Danh mục này bao gồm 50 trận ĐĐST xảy ra trong thời kỳ 1900-2000, trong đó 20 trận xảy ra tại ven biển phía tây Philippin và 30 trận ở phía đông quần đảo này (bảng 1).

Bảng 1. Danh mục động đất sóng thần khu vực Biển Đông và lân cận giai đoạn 1900-2000

TT	Thời gian động đất (GMT)			Toạ độ chấn tâm		Độ sâu chấn tiêu H (km)	Magnitud (M)	Nơi xuất hiện sóng thần			
	N	Th	Ng	G	Ph				G	$\varphi^{\circ}$ (N)	$\lambda^{\circ}$ (E)
(1)	(2)			(3)		(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
1	1901/09/10					14.0	122.3	33		Luzon [8]	
2	1902/08/21					5.0	122.0			CELEBES [8]	
3	1905/12/08					11.0	123.5	33	6,5	Luzon [8]	
4	1907/03/30					3.0	122.0		7,2	[8]	
5	1909/08/21					6.3	123.6		7,2	CELEBES [8]	
6	1911/01/27					14.0	121.0			TAAL [8]	
7	1915/11/19					10.0	119.5	33	6,4	Luzon [7]	
8	1917/01/25					24.5	119.5		6,2	Đ.Trung Hoa [8]	
9	1917/01/31					5.6	124.8	33	6,4	Sulu [8]	
10	1917/05/06					23.2	121.6	33	5,8	Đ.Trung Hoa [8]	
11	1918/02/07					6.5	123.0		7,5	[8, 10]	
12	1921/11/11					8.0	127.0		7,5	Philippin [1, 10]	
13	1922/02/27					10.2	123.6			Luzon [8]	
14	1922/02/28					10.2	124.1		6,3	Luzon [1, 7]	
15	1922/03/01					9.0	123.2	33	6,0	[2, 8, 12]	
16	1923/03/02			16	48	36	6.0	125.0		7,2	[1, 10]
17	1924/05/06					16.0	119.0	33	6,9	Luzon [1, 8]	
18	1924/05/07					16.0	119.0		6,5	Luzon [7, 8]	
19	1924/06/02					16.2	119.7			Luzon [8]	
20	1925/05/05			10	06	00	9.3	122.7	33	6,8	Luzon [7, 10]
21	1925/05/25			03	43	00	12.2	123.1		6,2	Luzon [1, 10]
22	1925/11/13			12	14	40	13.0	124.7		7,3	Luzon [1, 10]
23	1928/06/15			17	16	10	12.4	120.9	33	7,0	Biển Đông [1, 8]
24	1928/12/19			11	37	00	7.0	124.5		7,3	Philippin [1, 10]
25	1929/06/13			09	24	34	8.5	127.0		7,2	Philippin [1, 10]

Bảng 1 (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
26	1934/02/14	03 59 41	17.4	119.0	33	7,6	Luzon [1, 8]
27	1937/08/20	11 59 15	14.5	121.5		7,5	Luzon [1, 8, 10]
28	1939/05/06	17 00 03	13.5	121.2		6,5	Biển Sulu [8, 10]
29	1948/01/24	17 46 43	10.9	122.1	33	8,3	Biển Sulu [8, 10]
30	1949/09/05		17.0	121.5		6,0	Philippin [8]
31	1949/11/05		17.0	121.5	80	6,0	Philippin [7, 10]
32	1949/12/29	03 03 50	18.0	121.0	33	7,2	Luzon [8, 10]
33	1952/03/19	10 57 11	9.5	126.7		7,8	Philippin [1, 10]
34	1966/03/12		24.2	122.7	42	7,8	Taiwan [2, 7]
35	1968/08/01	01 19 21	16.5	122.2	36	7,3	Luzon [2, 10, 12]
36	1968/08/15		23.0	119.8	23	7,8	[1, 2]
37	1970/04/07	34 06	15.8	121.7		6,5	Biển Đông [8, 10]
38	1970/09/30	52 23	20.6	122.0	33	5,3	Philippin [8, 10]
39	1972/01/25	41 24	22.5	122.3	33	7,5	Taiwan [2, 10]
40	1973/03/17	08 30 51	13.4	120.8	33	7,5	Luzon [1, 10]
41	1976/08/17	04 19 27	7.3	122.9	22	6,8	[1, 8, 10]
42	1978/07/23	14 42 36	22.3	121.5	17	7,4	Taiwan [1, 8, 10]
43	1983/08/17	12 17 56	18.2	120.9	28	6,5	Luzon [1, 10, 11]
44	1988/06/24	02 06 26	18.8	121.0	43	6,0	Hong kong [8, 11]
45	1990/12/13	03 01 48	23.9	121.6	12	6,7	Luzon [8, 10]
46	1991/06/15	07 39 09	15.4	120.1	10	6,0	Biển Đông [4, 11]
47	1991/06/16	02 07 49	15.2	120.4	15	6,3	Biển Đông [4, 11]
48	1992/01/05		18.0	108.0		3,7	[8]:Tsu Pro.p.773
49	1992/05/17	10 15 31	7.2	126.8	33	7,5	[1, 10]
50	1994/11/14	19 15 30	13.5	121.1	31	7,1	Luzon [10, 11]

## 2. Biểu hiện hoạt động sóng thần ở ven biển Việt Nam liên quan đến động đất phía tây Philippin

Tháng 5-2005, trong khuôn khổ đề tài khoa học cấp Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam "Nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm sóng thần trong các vùng ven biển Việt Nam và các giải pháp phòng chống giảm nhẹ thiên tai", các tác giả đã tiến hành chuyến khảo sát, điều tra các thông tin về lịch sử các trận sóng thần đã từng xảy ra trong đới ven biển, từ Đà Nẵng đến Mũi Cà Mau [4]. Với việc triển khai và hoàn thành chuyến khảo sát này, một số dấu hiệu hoạt động sóng thần ở ven biển Việt Nam lần đầu tiên được phát hiện tại một số điểm khảo sát. Đó là các sóng đặc biệt xuất hiện tại bãi biển Hòn Gôm, Khánh Hoà chiều 15-6-1991 (thông tin từ nhóm các nhà địa chất thuộc Viện Hải Dương học Nha Trang, Ts Nguyễn Đình Đản và nnk) và bãi biển Bình Hải, Bình Sơn, Quảng Ngãi sáng 16-6-1991 (thông tin từ các ông Võ Thanh Phấn, Phạm Văn Tài và nnk). Các sóng này có đặc điểm tương tự,

được bắt đầu bởi pha nước biển đột ngột rút xa bờ, kéo dài vài phút và sau đó là pha nước biển hồi phục ngang bằng hoặc lớn hơn mức nước cũ. Các sóng này có biên độ không lớn, chỉ gây hoang mang, lo sợ cho những người chứng kiến chứ không gây thiệt hại về người và của. Tiếp theo sự xuất hiện của sóng là đợt mưa tro bụi núi lửa Pinatupo diễn ra trong vài ngày tiếp theo trên toàn bộ vùng Trung Bộ và Nam Bộ Việt Nam.

Phân tích đối sánh thời gian xuất hiện các sóng đặc biệt kể trên với thời gian xảy ra các dư chấn mạnh kèm theo núi lửa Pinatupo trong các ngày 15-16/6/1991 cho thấy trong ngày 15-6-1991 vùng ven biển phía tây Philippin đã xảy ra 4 trận động đất vừa và mạnh vào 07h39'10" (M = 6,0, H = 10 km), 09h52'50" (M = 5,2, H = 10 km), 10h41'16.6" (M = 5,8, H = 10 km) và 11h15'28.3" (M = 6,2, H = 15 km). Phần lớn các động đất này đều kèm theo phun trào dung nham núi lửa. Trận động đất 11h15'28.3" (M<sub>b</sub> = 6,2, H = 15 km), được xem là



manh nhất trong số 4 trận động đất trên, làm thiệt mạng 137 người và gây hư hại nhiều công trình xây dựng, nhà ở tại tỉnh Zambales [11]. Tuy nhiên, xét tương quan về thời gian, thì động đất xảy ra lúc 07h39'10" (GMT) mới có thể gây nên các sóng thần truyền tới bán đảo Hòn Gôm, Khánh Hoà vào chiều ngày 15-5-1991 (theo giờ Việt Nam). Tương tự như vậy, động đất xảy ra lúc 02h07'49" (GMT) ngày 16-6-1991 (M = 6,3, H = 15 km) cũng có thể đã gây nên sóng thần lan truyền tới bãi biển Bình Sơn, Quảng Ngãi sáng ngày 16-6-1991 theo giờ Việt Nam [4].

### 3. Một số đánh giá sơ bộ về đặc điểm ĐĐST

#### a) Độ sâu tầng hoạt động ĐĐST

Trong số 28 giá trị độ sâu chấn tiêu ĐĐST (bảng 1), có 86 % chấn tiêu nằm trong dải độ sâu 10 km  $\leq H \leq 33$  km và chỉ 14 % ĐĐST có chấn tiêu ở độ sâu 33 km  $< H \leq 80$  km. Vì vậy, về trung bình, có thể nhận định tầng hoạt động ĐĐST ở khu vực nghiên cứu nằm trong dải độ sâu 10 km  $\leq H \leq 33$  km. Đồng thời, với cùng một giá trị magnitud M, động đất có độ sâu chấn tiêu càng nhỏ thì sóng thần được sinh ra có năng lượng càng lớn.

#### b) Magnitud của ĐĐST

Khác với nhận định của nhiều tác giả [10], ĐĐST trong khu vực nghiên cứu nằm trong dải Magnitud khá rộng. Trong số 43 trận động đất xác định được magnitud, 26 % động đất có  $M \geq 7,5$ , 42 % động đất có  $6,5 \leq M < 7,5$  và 32 % động đất có  $M < 6,5$ . Theo các số liệu thống kê, ĐĐST mạnh với  $M \geq 7,5$  có khả năng gây sóng thần quy mô tác động khu vực, còn ĐĐST yếu hơn,  $M < 7,5$  có thể gây sóng thần với quy mô tác động địa phương.

#### c) Cơ cấu chấn tiêu ĐĐST

Trong nghiên cứu trường ứng suất, cần phân biệt 3 dạng mô hình CCCT đặc trưng cho 3 kiểu tương tác giữa các khối tầng (hình 1) :

- Mô hình CCCT trượt bằng (strike-slip) trong trường hợp ứng suất nén và dẫn nằm ngang ( $\delta_{P,T} = 0$ ), ứng suất trung gian thẳng đứng ( $\delta_N = 90^\circ$ ). Các góc trượt  $\psi_{I,II} = 0^\circ$  hoặc  $\psi_{I,II} = 0^\circ \pm 180^\circ$ .

- Mô hình CCCT chồm nghịch (thrust dip-slip), khi ứng suất nén và ứng suất trung gian nằm ngang, còn ứng suất dẫn thẳng đứng ( $\delta_{P,N} = 0^\circ$ ,  $\delta_T = 90^\circ$ ) ; các góc trượt  $\psi_{I,II} = 90^\circ$ .

- Mô hình CCCT chồm thuận, khi ứng suất dẫn và trung gian nằm ngang, ứng suất nén thẳng đứng ( $\delta_{T,B} = 0^\circ$ ,  $\delta_P = 90^\circ$ ), các góc trượt  $\psi_{I,II} = -90^\circ$ .

Thực tế, phần lớn các CCCT ghi nhận được thường chứa đồng thời cả thành phần trượt bằng lẫn thành phần trượt chồm, vì vậy tính chất của chúng sẽ xác định tùy thuộc thành phần dịch chuyển nào chiếm ưu thế về độ lớn, trong đó độ lớn của các thành phần này có thể được đánh giá theo các biểu thức sau :

$$D_{TB} = D_0 \cos \psi_{I,II}$$

$$D_{TC} = D_0 \sin \psi_{I,II}$$

$$D_z = D_0 \sin \delta_{I,II} \cdot \sin \psi_{I,II}$$

trong đó,  $D_0$  - độ lớn vector dịch chuyển tại chấn tiêu.  $D_{TB}$ ,  $D_{TC}$  và  $D_z$  - các thành phần dịch chuyển trượt bằng, chồm nghịch theo phương thẳng đứng.

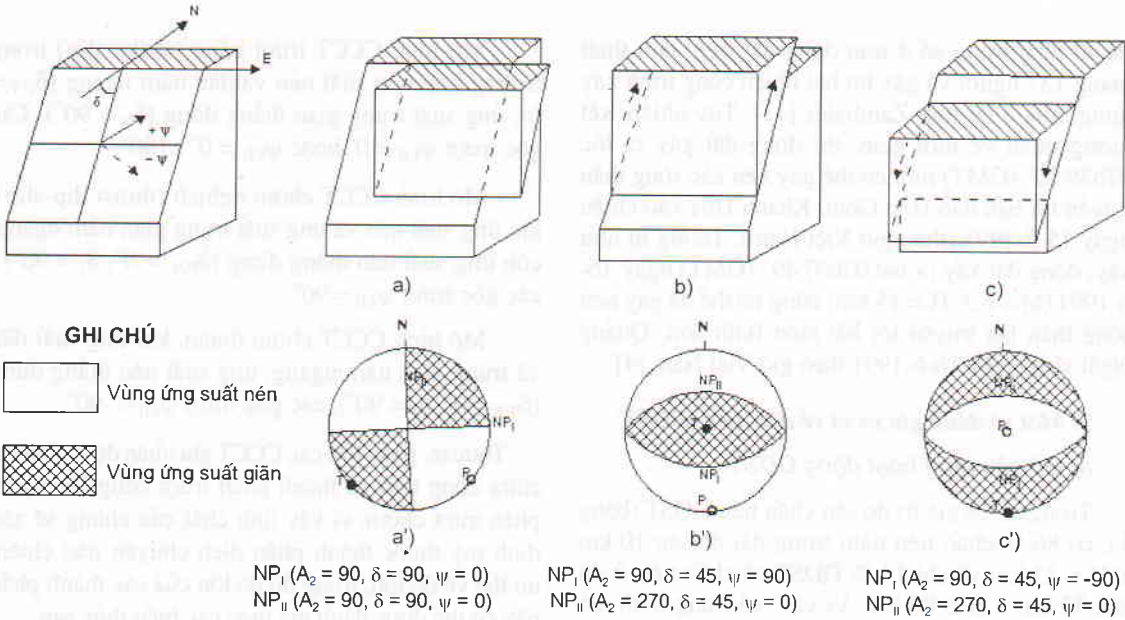
Trên cơ sở đối sánh các số liệu trong bảng 1 và các tài liệu trong [3, 5, 11], số liệu về CCCT của các trận ĐĐST 1983 (M = 6,5), 1988 (M = 6,0), 1991 (M = 6,3) và 1971 (M = 7,1) đã được xác định và trình bày trong bảng 2. Trên cơ sở áp dụng phương pháp thể hiện các thông số CCCT trên lưới chiếu Wulfa đã mô tả trong [3, 5], các mô hình CCCT của một số ĐĐST trong khu vực nghiên cứu thể hiện trên hình 2.

Bảng 2 và hình 2 cho thấy, các trận ĐĐST M = 6,8 (1983), M = 6,0 (1988) và M = 6,3 (1991) có

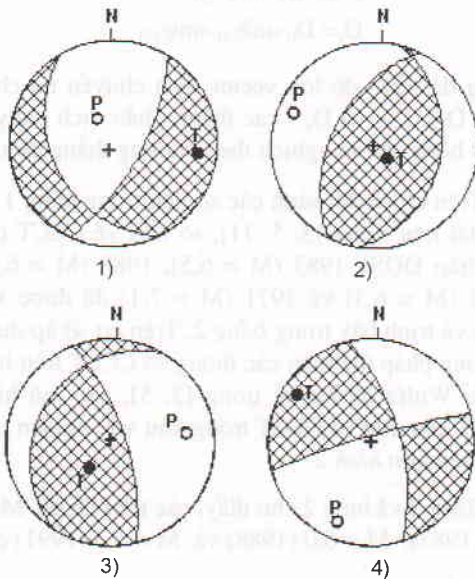
Bảng 2. Số liệu CCCT của một số ĐĐST trong khu vực Biển Đông và lân cận

Động đất	H	M	NPI			NPII			T (giãn)		N (Tr.g.)		P (nén)		Nguồn tài liệu
			Az <sub>I</sub>	$\delta_I$	$\psi_I$	Az <sub>II</sub>	$\delta_{II}$	$\psi_{II}$	Az <sub>T</sub>	$\delta_T$	Az <sub>N</sub>	$\delta_N$	Az <sub>P</sub>	$\delta_P$	
1983-8-17	28	6,5	149	35	-146	30	71	-60	98	21	199	28	337	54	HRVD*
1988-6-24	43	6,0	16	31	85	202	59	93	120	76	20	2	290	14	HRVD*
1991-6-16	10	6,3	339	80	73	220	20	149	229	52	342	17	83	33	HRVD*
1994-11-14	31	7,1	339	80	73	220	20	149	296	11	64	70	202	15	HRVD*
			156	84	-172	65	82	-6	291	1	193	80	21	10	NEIC*
			335	77	178	65	88	13	291	11			200	8	NEIC**

\* và \*\* tương ứng với các thông số CCCT động đất xác định theo phương pháp tensor moment địa chấn và phương pháp dấu sóng dọc P



Hình 1. Các kiểu dịch chuyển địa chấn và cơ cấu chấn tiêu cơ bản :  
 Trượt bằng (a, a'), chồm nghịch (b, b') và chồm thuận (c, c')



Hình 2. Một số mô hình cơ cấu chấn tiêu ĐĐST khu vực Biển Đông

CCCT gắn với các dạng trượt chồm, trong đó trận động đất đầu có thành phần trượt bằng lớn hơn cả. Động đất 16-6-1991 là một chuyển động chồm nghịch xảy ra trên bề mặt gãy dốc đứng ( $\delta_1 = 80^\circ$ ) phương bắc đông bắc ( $Az_1 = 339^\circ$ ). Chuyển động đột ngột theo cơ chế đặc biệt này ở độ sâu không lớn ( $H = 10$  km) có thể là nguyên nhân gây sóng thần với năng lượng đủ lớn để lan truyền tới bờ biển Việt Nam [4]. Những kết quả này lại một lần

nữa khẳng định các chuyển động địa chấn dạng trượt chồm dưới đáy biển, ở những độ sâu không lớn, có khả năng gây sóng thần cao và được xem là cơ chế chuyển động đặc trưng của ĐĐST.

ĐĐST 14-11-1994 ( $M = 7,1$ ) với ba phương án phân bố ứng suất xác định theo phương pháp Moment Tensor (HRVD và NEIC) và phương pháp dấu sóng P (NEIC) đều thể hiện là một chuyển động trượt bằng có chứa thành phần chồm nghịch không lớn ( $D_{TC} = D_0 \sin \psi_{I,II} \ll D_{TB} = D_0 \cos \psi_{I,II}$ ). Tuy nhiên động đất này cũng gây nên các sóng thần cục bộ tại Calapan và Puerto Galera, gây thiệt hại nặng về người và của đối với đảo Luzon và Mindoro [11].

#### 4. Tần suất động đất sóng thần khu vực Biển Đông và lân cận

Để đánh giá sơ bộ về tần suất ĐĐST khu vực Biển Đông và lân cận, một số khái niệm ban đầu được đưa ra như sau :

a) Tần suất xuất hiện ĐĐST trung bình,  $n^*_{TS}(M)$  :

$$n^*_{TS}(M) = N_{TS}(M) / T$$

trong đó  $N_{TS}(M)$  - tổng số ĐĐST xảy ra trong thời gian  $T = 100$  năm, 1900-2000 tương ứng với các khoảng  $M < 6,5$ ,  $6,5 \leq M < 7,5$  và  $7,5 \leq M < 8,5$ .

b) Hiệu suất ĐĐST,  $\eta_{TS}(M)$  tính theo % :

$$\eta_{TS} = N_{TS}(M) / N_{\Sigma}(M)$$

$N_{\Sigma}$  - tổng số các trận động đất xảy ra trong khu vực nghiên cứu giai đoạn 1900-2000, tương ứng với các khoảng magnitud  $5 \leq M < 6,5$ ,  $6,5 \leq M < 7,5$  và  $7,5 \leq M < 8,5$ . Khái niệm về hiệu suất gây sóng thần các tác giả đưa ra trong bài này tương tự như khái niệm xác suất xuất hiện sóng thần một số tác giả khác đã sử dụng [1, 7].

Các số liệu động đất [10, 11] và ĐĐST (bảng 1) cho thấy, trong giai đoạn 1900-2000, khu vực nghiên cứu đã xảy ra 5.091 động đất  $5 \leq M < 6,5$ , 188 động

đất  $6,5 \leq M < 7,5$  và 27 động đất  $7,5 \leq M < 8,5$ . Đối với vùng ven biển phía tây Philippin, các số liệu này lần lượt là 982, 54 và 9. Đồng thời, với 3 khoảng magnitud trên, số lượng ĐĐST tương ứng là  $N_{TS} = 20, 20$  và 10 (đối với toàn bộ khu vực) và  $N_{TS} = 9, 9$  và 5 (đối với ven biển phía tây Philippin) (bảng 3).

Trên cơ sở các phân tích thống kê, tần suất ĐĐST trong các khoảng magnitud  $M < 6,5$ ,  $6,5 \leq M < 7,5$  và  $7,5 \leq M < 8,5$  có giá trị  $n^*_{TS} = 0,2, 0,2$  và 0,1 đối với toàn khu vực và  $n^*_{TS} = 0,09, 0,09$  và

**Bảng 3. Một số đánh giá sơ bộ tần suất phát sinh ĐĐST khu vực Biển Đông và lân cận**

KV*	$M < 6,5$				$6,5 \leq M < 7,5$				$7,5 \leq M < 8,5$			
	$N_{\Sigma}$	$N_{TS}$	$n^*_{TS}$	$\eta_{TS}$	$N_{\Sigma}$	$N_{TS}$	$n^*_{TS}$	$\eta_{TS}$	$N_{\Sigma}$	$N_{TS}$	$n^*_{TS}$	$\eta_{TS}$
$V_{Wh}$	5.091	20	0,2	0,3	188	20	0,2	11	27	10	0,1	37
$V_W$	982	9	0,09	0,9	54	9	0,09	17	9	5	0,05	56

\*  $V_{Wh}$  và  $V_W$  - các ký hiệu chỉ toàn bộ khu vực nghiên cứu và riêng biệt cho các vùng ven biển phía tây Philippin

0,05 đối với vùng ven biển phía tây Philippin. Như vậy, về trung bình sóng thần địa phương (gây bởi động đất  $M < 7,5$ ) có thể xuất hiện với chu kỳ 2,5 năm một lần trong toàn khu vực và 5,6 năm một lần ở ven biển phía tây Philippin. Tương tự, các sóng thần khu vực (gây bởi động đất  $7,5 \leq M < 8,5$ ) xảy ra với chu kỳ 10 năm một lần trong toàn khu vực và 20 năm một lần tại các vùng ven biển phía tây Philippin.

Khác với quy luật thay đổi tần suất, trong khu vực nghiên cứu hiệu suất gây sóng thần của động đất tăng dần theo sự tăng của magnitud, đạt các giá trị  $\eta_{TS} = 0,3 \%, 11 \%$  và  $37 \%$  tương ứng với các khoảng magnitud  $M < 6,5$ ,  $6,5 \leq M < 7,5$  và  $7,5 \leq M < 8,5$ . Trong các vùng ven biển phía tây Philippin, thông số này có các giá trị tương ứng  $\eta_{TS} = 0,9 \%, 17 \%$  và  $56 \%$ . Như vậy, một trận động đất  $M \geq 7,5$  xảy ra tại các vùng biển phía tây Philippin, có tới 56 % khả năng là động đất gây sóng thần với quy mô tác động khu vực.

## KẾT LUẬN

Danh mục 50 trận ĐĐST, giai đoạn 1900-2000 đã được thành lập cho khu vực Biển Đông và lân cận,  $\varphi = 0^\circ - 25^\circ N$ ,  $\lambda = 100^\circ - 130^\circ E$ . Trong các khoảng thay đổi magnitud  $M < 6,5$ ,  $6,5 \leq M < 7,5$  và  $7,5 \leq M < 8,5$  số lượng ĐĐST quan sát được là  $N_{TS} = 20, 20$  và 10 đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu và  $N_{ST} = 9, 9$  và 5 đối với các vùng ven biển phía tây Philippin.

Phần lớn ĐĐST xảy ra trên các độ sâu 10-33 km (86 %), có CCCT trượt chồm (dip-slip) và thuộc loại động đất mạnh ( $6,5 \leq M < 7,5$  (42 %)) đến rất mạnh ( $7,5 \leq M < 8,5$  (26 %)). Tuy nhiên, trong những điều kiện thuận lợi (nông, gần bờ, kèm theo phun trào núi lửa hoặc trượt lở đáy biển dọc theo các bề mặt dốc đứng) thì động đất  $M < 6,5$  cũng có khả năng gây sóng thần năng lượng lớn.

Trong khu vực nghiên cứu ĐĐST xảy ra với tần suất khá cao, đạt  $n^*_{TS} = 0,4$  (chu kỳ lặp lại 2,5 năm) đối với động đất  $M < 7,5$  và  $n^*_{TS} = 0,1$  (chu kỳ lặp lại 10 năm) đối với động đất  $M \geq 7,5$ . Trong các vùng ven biển phía tây Philippin, tần suất ĐĐST  $n^*_{TS} = 0,18$  (chu kỳ lặp lại 5,6 năm) đối với động đất  $M < 7,5$  và  $n^*_{TS} = 0,05$  (chu kỳ lặp lại 20 năm) đối với động đất  $M \geq 7,5$ .

Tỷ lệ động đất gây sóng thần tăng theo độ lớn động đất (magnitud), với các giá trị  $\eta_{TS} = 0,3 \%$  đối với động đất  $M < 6,5$ , 11 % đối với  $6,5 \leq M < 7,5$  và 37 % đối với  $7,5 \leq M < 8,5$ . Tại các vùng ven biển phía tây Philippin các thông số này có các giá trị tương ứng bằng 0,9 %, 17 % và 56 %, cao hơn các giá trị trung bình của toàn khu vực.

Đề tài này được thực hiện nhờ sự hỗ trợ về kinh phí của Chương trình NCCB thuộc các lĩnh vực KHTN- Giai đoạn 2006-2008.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] H. KATO, 2002 : Explanatory Note of Eastern Asia Geological Hazards map ; Eastern Asia Natural



Hazards mapping Project Geological Survey of Japan, AIST.

[2] K. IIDA, 1984 : Catalog of tsunamis in Japan and its neighbouring countries, Aichi Institute of Technology, Yachigusa, Yakusa-cho, Toyota-shi, 470-03 Japan, 52p.

[3] NGUYỄN VĂN LƯƠNG và nnk, 2003 : Kết quả thành lập danh mục cơ cấu chấn tiêu động đất khu vực Biển Đông, Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển, T. VII, Nxb KH&KT Hà Nội, 51-61.

[4] NGUYỄN VĂN LƯƠNG và nnk, 2006 : Kết quả điều tra khảo sát sóng thần - động đất ven biển Việt Nam (Đà Nẵng - Cà Mau), Báo cáo chuyên đề, Đề tài KHCN cấp Viện KH&CN Việt Nam, 2005-2006.

[5] NGUYỄN VĂN LƯƠNG và nnk, 2006 : Kết quả thành lập danh mục cơ cấu chấn tiêu động đất khu vực Biển Đông và lân cận ( $0^{\circ}$ - $25^{\circ}$  N,  $100^{\circ}$ - $128^{\circ}$  E), Báo cáo chuyên đề, thực hiện Đề tài KHCN cấp Viện KH&CN Việt Nam, 2005-2006.

[6] P.J. PRIH HADJADI et al, 1994 : Observation of Flores earthquake and tsunami, December 12, 1992 and its aftershocks; Proceedings of Inter. Works. on Seismotec. And seis. Hazard in South East Sea, January 27-February 4, 1994, Hanoi, Vietnam.

[7] S.L.SOLOMEV, 1978 : Tsunami, the assessment and mitigation of earthquake risk, Natural hazards, Unesco, 118-139.

[8] PHẠM VĂN THỰC, 2000 : Đánh giá độ nguy hiểm sóng thần khu vực Biển Đông, Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển, T. VI, Nxb KH&KT Hà Nội, 31-46.

[9] PHẠM VĂN THỰC, 2001 : Những đặc điểm của sóng thần khu vực Biển Đông, Tạp chí KH & CN biển, T. II, 6, 40-56.

[10] PHẠM VĂN THỰC, 2005 : Danh mục động đất lãnh thổ Philippin và rìa phía đông Biển Đông, ( $\varphi = 0^{\circ}$ - $24^{\circ}$  N,  $\lambda = 118^{\circ}$ - $128^{\circ}$  E,  $M \geq 5$ , 1907-2005). Báo cáo chuyên đề, thực hiện Đề tài KHCN cấp Viện KH&CN Việt nam, 2005-2006.

[11] Bulletin of the International Seismological Center Database Access Program, (Within latitudes

$0^{\circ}$ - $24^{\circ}$  N and longitudes  $100^{\circ}$ - $128^{\circ}$  E, In the time period 1900-2000).

[12] International Tsunami Information Center, Tsunami Newsletter, Honolulu, Hawaii, published periodically, 1977-1983.

[13] Vietnamese Geosciences Group, <http://www.vngg.net>, 2005 : Động đất Sumatra và sóng thần Ấn Độ Dương 26-12-2004, Nhóm biên soạn VnGG, 48 tr.

## SUMMARY

### Some characteristics of tsunami earthquakes in the East Sea and adjacent areas

In this paper, a catalogue of 50 tsunami earthquakes has been established for the region,  $\varphi = 0^{\circ}$ - $25^{\circ}$  N,  $\lambda = 100^{\circ}$ - $130^{\circ}$  E, in the period 1900-2000. By analyzing this catalogue in comparison with available earthquake and focal mechanism data, some characteristics of tsunami earthquakes in the study region have been preliminarily set up. It is shown that, tsunami earthquakes are possibly generated in a relatively wide magnitude range. Among 50 observed tsunami earthquakes, there are 20 magnitude  $M < 6.5$ , 20 magnitude  $6.5 \leq M < 7.5$  and 10 magnitude  $7.5 \leq M < 8.5$  earthquakes. Most of these earthquakes occurred in 10-35 km depths and are characterized by focal mechanism of dip-slip type.

Tsunami earthquake occurrence Frequency,  $n_{TS}^*(M)$  defined to be the amount of M-magnitude tsunami earthquakes in a year is estimated statistically and of the values 0.4 (2.5 year repeat period) and 0.1 (10 year repeat period) corresponding to the magnitude ranges of  $M < 7.5$  and  $7.5 \leq M < 8.5$ . In the sea areas of West Philippines, these estimates are equal to 0.18 (5.6 year repeat period) and 0.05 (20 year repeat period) respectively.

Tsunami generation efficiency of earthquakes,  $\eta(M)$ , defined to be the ratio between the total of M-magnitude tsunami earthquakes and one of M-magnitude common earthquakes, observed in the same period of 100 year, is rather varied in dependence on M-magnitude value. In the ranges of  $M < 6.5$ ,  $6.5 \leq M < 7.5$  and  $7.5 \leq M < 8.5$  this parameter is respectively equal to 0.3 %, 11 % and 37 % for the whole study region and 0.9 %, 17 % and 56 % for the sea areas of West Philippines.

Ngày nhận bài : 12-12-2006

Viện Địa chất và Địa vật lý biển,  
Viện Vật lý Địa cầu