

# MÔ PHỎNG TRẬN ĐỘNG ĐẤT ĐIỆN BIÊN $M = 5,3$

TRẦN THỊ MỸ THÀN

## I. MỞ ĐẦU

Dịch chuyển nền đất trong động đất có thể mô phỏng bằng ba phương pháp khác nhau, đó là lý thuyết, bán thực nghiệm và thực nghiệm. Hai phương pháp đầu dựa vào điều kiện vật lý của chuyển động đứt gãy đối với nguồn địa chấn. Trong thực tế, cấu trúc địa chất từ nguồn tới điểm quan sát thường phức tạp hơn rất nhiều so với mô hình lý thuyết. Các phương pháp bán thực nghiệm như phương pháp hàm Green, giúp chúng ta giải quyết vấn đề này.

Phương pháp hàm Green thực nghiệm của K. Irikura năm 1983, 1986 [4, 5] cho phép mô phỏng băng gia tốc lý thuyết của trận động đất mạnh từ các băng ghi gia tốc của trận động đất nhỏ hơn gần kề. Khi đó, đặc trưng môi trường được phản ánh trong giản đồ trận động đất nhỏ. Về cơ bản phương pháp được xây dựng trên việc xác định mô hình động lực của nguồn phát sinh động đất. Theo Irikura có thể mô phỏng trận động đất mạnh dựa trên xác định hai tham số :

- Tham số biểu diễn tương quan giữa các đứt gãy của hai trận động đất N. Coi động đất mạnh xảy ra trên đứt gãy có chiều dài là L, chiều rộng là W, tương tự động đất nhỏ - dư chấn là l và w, tỷ số  $L/l = W/w = N$

- Tham số biểu diễn tương quan giữa hai trận động đất C. Coi  $\Delta\sigma_L$  là hàm suy giảm ứng suất của trận động đất mạnh, tương tự  $\Delta\sigma_S$  là hàm suy giảm ứng suất của trận động đất nhỏ - dư chấn, tỷ số  $\Delta\sigma_L/\Delta\sigma_S = C$ .

Hai tham số C và N được xác định từ hệ phương trình :

$$\frac{\tilde{U}_0}{\tilde{u}_0} = CN^3 \quad (1)$$

$$\frac{\tilde{A}_0}{\tilde{a}_0} = CN \quad (2)$$

$\tilde{U}_0$  và  $\tilde{u}_0$ ,  $\tilde{A}_0$  và  $\tilde{a}_0$  là giới hạn trên (đường mũ của phổ dịch chuyển và phổ vận tốc của trận động đất lớn và dư chấn).

Phương pháp hàm Green thực nghiệm đã được thể nghiệm thành công trong việc mô phỏng nhiều trận động đất mạnh ở các nước tiên tiến trên thế giới, như động đất Kobe (Nhật Bản), động đất Duzce (Thổ Nhĩ Kỳ,  $M_w = 7,1$ ) - 1999. Trong bài báo này, chúng tôi xin giới thiệu kết quả mô phỏng trận động đất mạnh Điện Biên ngày 19-2-2002 với  $M = 5,3$  từ băng ghi gia tốc dao động nền của dư chấn xảy ra sau kích động chính này.

## II. SỐ LIỆU BĂNG GIA TỐC DAO ĐỘNG NỀN

### 1. Băng ghi gia tốc dao động nền động đất Điện Biên và các dư chấn

Động đất Điện Biên ngày 19-2-2002 với  $M = 5,3$  xảy ra trên đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên trên vùng biên giới Việt - Lào. Kích động chính xảy ra lúc 15h51'34" ; sau kích động chính có nhiều dư chấn lớn nhỏ kéo dài tập trung trong khoảng thời gian từ ngày 19-2-2001 đến ngày 31-12-2001. Mạng lưới các trạm quan sát dao động động đất mạnh từ máy SSA-1, SSA-2 của viện Vật lý Địa cầu đã ghi được dao động nền đất (băng gia tốc của trận động đất Điện Biên và 16 dư chấn (bảng 1) [7]. Đây là tập hợp số liệu không thể thiếu trong lý thuyết mô phỏng băng gia tốc dao động nền động đất Điện Biên.

### 2. Lựa chọn băng gia tốc dùng trong mô phỏng

Từ tập hợp băng gia tốc (bảng 1) chúng tôi phân tích, lựa chọn băng gia của các dư chấn làm số liệu hàm Green dựa trên tiêu chuẩn sau :

a) Là băng ghi của dư chấn có magnitude nhỏ hơn trận động đất chính (theo kinh nghiệm khoảng 1 đơn vị là tốt nhất).

**Bảng 1. Kích động chính và 16 dư chấn của trận động đất Điện Biên (từ ngày 19-2-2001 đến ngày 05-03-2001)**

Stt	Ký hiệu	Ngày tháng năm	Giờ phút giây*	Vĩ độ	Kinh độ	M	Ghi chú
1	Dbien001	19 02 2001	15h51'34"	21.34	102.85	5.3	Kdc**
2	Dbien002	19 02 2001	15h57'02"	21.39	102.94	3	Dc***
3	Dbien003	19 02 2001	16h06'02"	21.38	102.93	3.1	Dc
4	Dbien004	19 02 2001	16h14'51"	21.41	102.93	3.3	Dc
5	Dbien005	19 02 2001	16h40'17"	21.42	102.9	4.2	Dc
6	Dbien006	19 02 2001	19h02'49"	21.4	102.88	4.8	Dc
7	Dbien007	19 02 2001	22h58'30"	21.42	102.86	3	Dc
8	Dbien008	21 02 2001	11h04'45"	21.42	102.9	3.8	Dc
9	Dbien009	22 02 2001	11h36'33"	21.43	102.92	3.4	Dc
10	Dbien010	23 02 2001	17h53'28"	21.42	102.87	3.2	Dc
11	Dbien011	23 02 2001	18h26'00"	21.48	102.98	3.1	Dc
12	Dbien012	24 02 2001	22h14'31"	21.36	102.92	4.2	Dc
13	Dbien013	04 03 2001	20h18'49"	21.39	102.86	4.7	Dc
14	Dbien014	04 03 2001	20h41'54"	21.39	102.86	3.4	Dc
15	Dbien015	05 03 2001	02h12'25"	21.44	102.85	3.5	Dc
16	Dbien016	05 03 2001	14h23'39"	21.42	102.95	3.2	Dc
17	Dbien017	05 03 2001	15h06'58"	21.48	102.84	3.7	Dc

\* GMT, \*\* kích động chính, \*\*\* dư chấn

b) Dư chấn có vị trí gần kề với trận động đất chính (giảm các hiệu ứng về đường truyền sóng cũng như hiệu ứng nền).

c) Dư chấn có băng ghi gia tốc dao động nên đạt chất lượng (nhiều không lớn hơn tín hiệu sóng địa chấn).

Sau khi phân tích chúng tôi lựa chọn được ba dư chấn có khả năng thỏa mãn tốt các yêu cầu trên : 1) dư chấn cùng ngày trận động đất chính, xảy ra hồi 16h06'02", toạ độ 21.38 N - 102.93 E độ sâu 6 km, M = 3,1 ; 2) dư chấn cũng cùng ngày và xảy ra hồi 16h40'17", toạ độ 21.42 N - 102.90 E độ sâu 5 km, M = 4,2 ; 3) dư chấn ngày 24 hồi 22h14'31", toạ độ 21.36 N - 102.92 E, độ sâu 5 km, M = 4,2.

### III. CÁC THAM SỐ DÙNG TRONG MÔ PHỎNG

#### 1. Kích thước mặt phẳng phá hủy

Một tham số quan trọng của mô hình nguồn động đất là diện tích mặt phẳng phá hủy (hay kích thước mặt phẳng phá hủy). Thông thường diện tích xác định trên thực tế nhờ các thiết bị quan trắc hay được tính nhờ hàm tương quan phụ thuộc vào năng lượng (độ lớn) của trận động đất như magnitud,... Theo quan điểm của K. Irikura [4] diện tích phá hủy động đất có thể tính từ các thông số của đô thị phổ dịch

chuyển, phổ gia tốc. I.N. Brune [1, 2] cho rằng nếu coi mặt phá hủy có dạng hình tròn thì diện tích bề mặt được tính theo công thức :

$$S = \pi \left( K \frac{V_s}{f_c} \right)^2 \quad (3)$$

trong đó  $V_s$  là vận tốc sóng ngang S (km/s), K là hệ số,  $f_c$  là tần số góc.

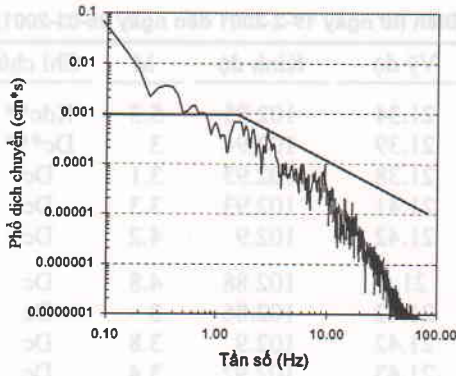
Có rất nhiều nghiên cứu tính hệ số K như Hiroe Myake [3], H. Kanamori [6] ... Ở đây chúng tôi sử dụng hệ số của [3], lấy K = 0,26. Lấy giá trị trung bình  $V_s = 0,28$ ,  $f_c$  được xác định theo đô thị phổ dịch chuyển, phổ gia tốc của động đất. Từ phổ dịch chuyển của dư chấn ngày 19-2-2001 hồi 16h40'17", toạ độ 21.42 N, 102.90 E, M = 4,2 (hình 1) có thể dễ dàng xác định được  $f_c \approx 1,0$ .

Trong bài toán hàm Green thực nghiệm mặt phẳng phá hủy là hình vuông có diện tích bằng diện tích hình tròn kể trên, dễ dàng tính được độ dài cạnh hình vuông

$$I = \sqrt{S} \approx 1,29 \quad (4)$$

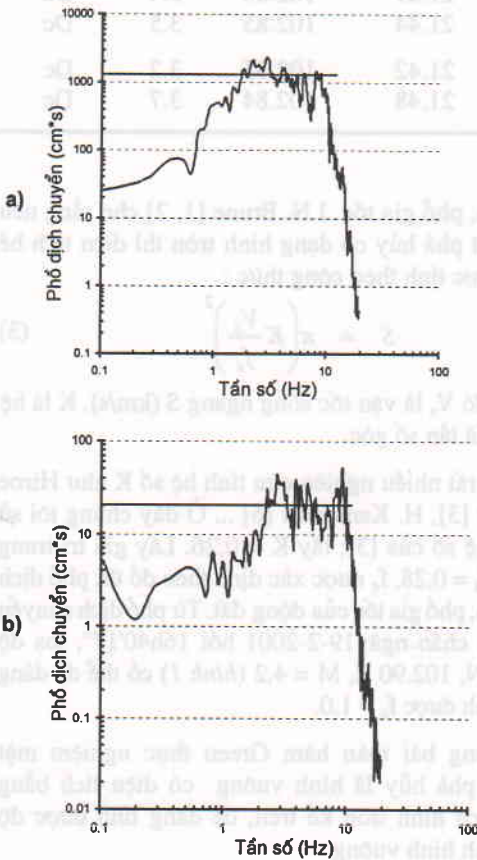
#### 2. Tham số tương quan giữa động đất mạnh và dư chấn

Theo như phần lý thuyết đã trình bày ở trên, chúng tôi tiến hành xác định 2 tham số chính :



Hình 1. Phổ dịch chuyển của trận dư chấn ngày 19-2-2001, M= 4,2

a) Tham số biểu diễn tương quan giữa các đứt gãy của hai trận động đất, N.

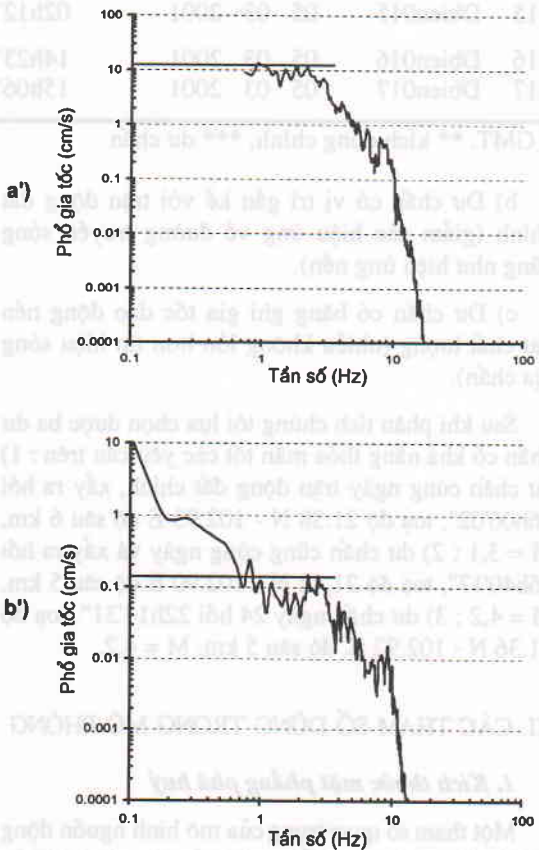


b) Tham số biểu diễn tương quan giữa hai trận động đất C.

Hai tham số này được xác định từ hệ phương trình (1) và (2). Các giá trị giới hạn trên (đường mức) của phổ dịch chuyển và phổ vận tốc của trận động đất lớn, dư chấn được xác định từ phổ năng lượng của động đất (hình 2). Để dàng nhận thấy :

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{U}_0}{\tilde{u}_0} &= CN^3 \approx 90 \\ \frac{\tilde{A}_0}{\tilde{a}_0} &= CN \approx 60 \end{aligned} \quad (5)$$

Từ (5) có thể xác định được giá trị gần đúng ba đầu của N và C đối với dư chấn ngày 19 tháng 2 M = 3,1. Làm tương tự với các dư chấn còn lại



Hình 2. Phổ dịch chuyển và gia tốc

a-a' : động đất chính 19 tháng 2, M = 5,3, b-b' : dư chấn 19 tháng 2, M = 3,1

### 3. Cơ cấu chấn tiêu động đất Điện Biên

Ngoài các tham số chính đã nêu để mô phỏng bằng gia tốc còn tính đặc trưng động lực, cơ cấu

chấn tiêu động đất. Động đất Điện Biên được tác giả Lê Tử Sơn xác định cơ cấu chấn tiêu bằng phương pháp dấu dịch chuyển của sóng P [8]. Để làm tăng



số trạm động đất, tác giả đã kết hợp giữa kích động chính và các dư chấn trong cùng một mô hình phân tích. Tức là coi động đất chính và các dư chấn xảy ra trên hệ đứt gãy có cùng cơ chế hoạt động. Chấn tiêu động đất tìm được nằm trên đứt gãy trượt bằng trái thuận có góc phương vị  $\Phi = 243$ , góc dốc  $\alpha = 51$  và góc trượt  $\lambda = -63$ . Cơ cấu chấn tiêu của động đất Điện Biên tương đối phù hợp với điều kiện địa chất trong vùng.

#### 4. Mô hình nguồn

Mô hình nguồn và băng ghi động đất nhỏ là các tham số đầu vào của phương pháp hàm Green thực nghiệm. Băng gia tốc lý thuyết cho trận động đất Điện Biên  $M = 5,3$  được so sánh với băng quan trắc để tìm ra mô hình nguồn phù hợp nhất với thực tế.

**Bảng 2. Tham số mô hình nguồn trận động đất chính và các dư chấn dùng trong tính toán**

Stt	Ngày	Giờ	Vĩ độ, N	Kinh độ, E	M	H, km	N	C	Điểm nổ
1	19-2-2006	15:51:34	21.34	102.85	5,3	12			
2	19 02 2001	16:06:02	21.38	102.93	3,1	6	3	28	2 × 2
3	19 02 2001	16:40:17	21.42	102.90	4,2	5	3	5,7	2 × 2
4	24 02 2001	22:14:31	21.36	102.92	4,2	5	3	3,9	2 × 2

#### IV. BĂNG GIA TỐC LÝ THUYẾT, KẾT QUẢ MÔ PHỎNG TRẬN ĐỘNG ĐẤT ĐIỆN BIÊN $M = 5,3$

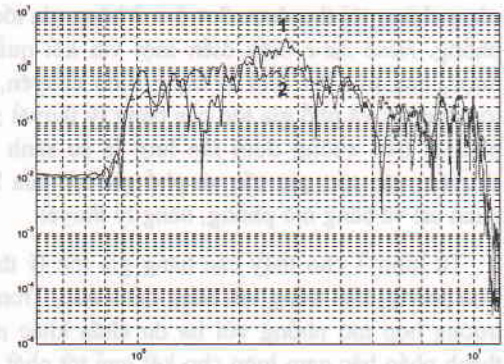
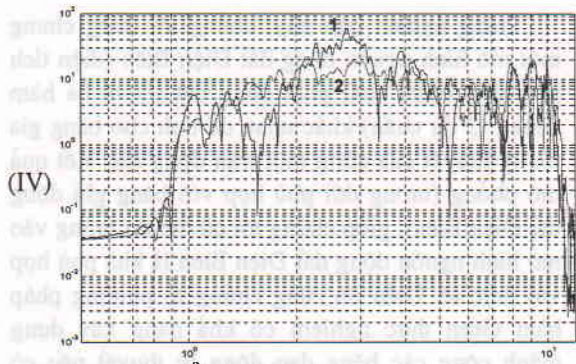
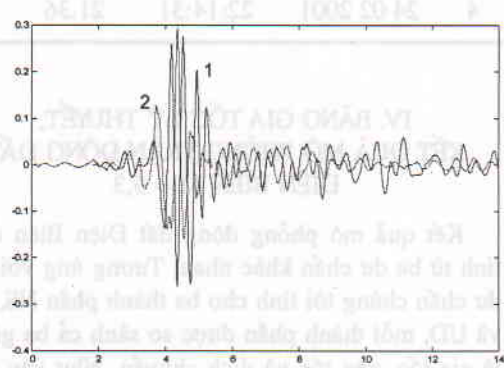
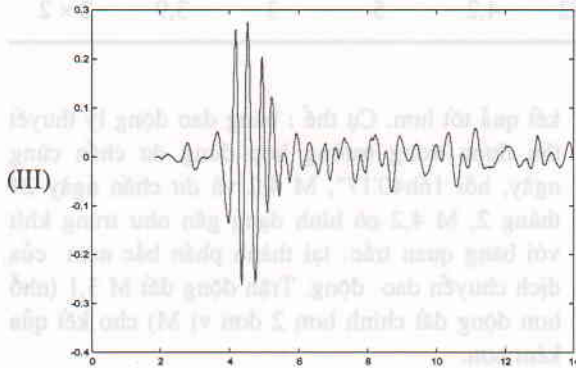
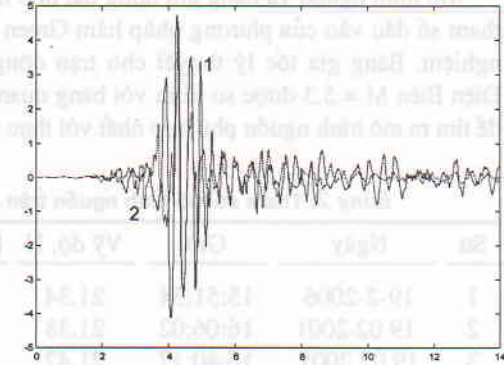
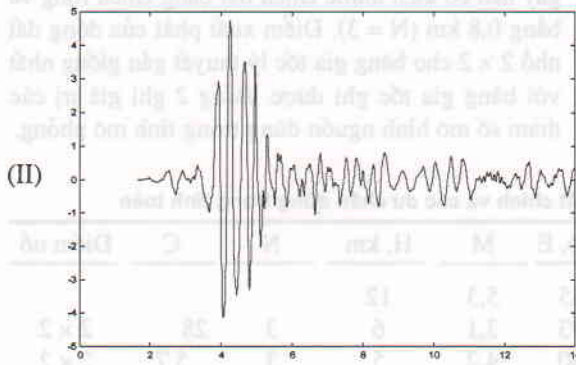
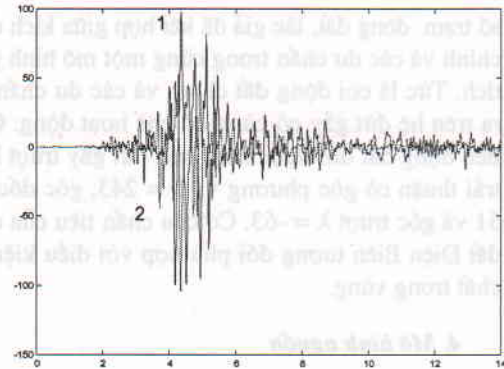
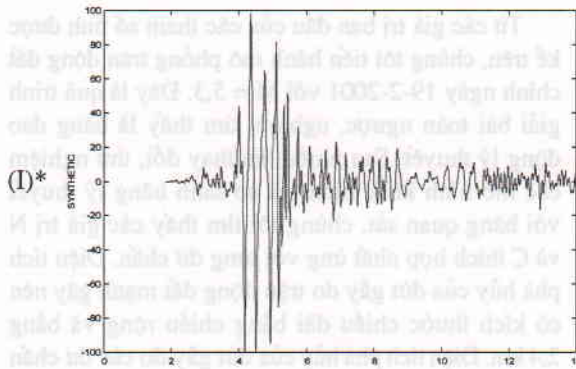
Kết quả mô phỏng động đất Điện Biên được tính từ ba dư chấn khác nhau. Tương ứng với mỗi dư chấn chúng tôi tính cho ba thành phần NS, EW và UD, mỗi thành phần được so sánh cả ba giá trị là gia tốc, vận tốc và dịch chuyển. Như vậy tổng cộng chúng tôi thu được  $3 \times 3 \times 3$  băng gia tốc mô phỏng. Hình 3a-c biểu diễn một vài kết quả thu được, bên trái lần lượt là băng dịch chuyển, vận tốc, gia tốc và phổ gia tốc của băng lý thuyết; bên phải từ trên xuống dưới lần lượt là so sánh dịch chuyển, vận tốc, gia tốc và phổ gia tốc của băng quan sát và băng mô phỏng, băng lý thuyết.

Từ hình 3 cho thấy các băng gia tốc lý thuyết (mô phỏng) khá trùng với băng quan trắc. Trong ba trường hợp mô phỏng với ba dư chấn khác nhau, thành phần bắc nam luôn cho kết quả tốt nhất. Các đường phổ lý thuyết và quan trắc giống nhau nhiều hơn giản đồ động đất. Trường hợp dùng dư chấn có chấn cấp xấp xỉ với chấn cấp của động đất mạnh cho

Từ các giá trị ban đầu của các tham số tính được kể trên, chúng tôi tiến hành mô phỏng trận động đất chính ngày 19-2-2001 với  $M = 5,3$ . Đây là quá trình giải bài toán ngược, nghiệm tìm thấy là băng dao động lý thuyết. Sau nhiều lần thay đổi, thử nghiệm các mô hình khác nhau và so sánh băng lý thuyết với băng quan sát, chúng tôi tìm thấy các giá trị N và C thích hợp nhất ứng với từng dư chấn. Diện tích phá hủy của đứt gãy do trận động đất mạnh gây nên có kích thước chiều dài bằng chiều rộng và bằng 2,4 km. Diện tích phá hủy của đứt gãy do các dư chấn gây nên có kích thước chiều dài bằng chiều rộng và bằng 0,8 km ( $N = 3$ ). Điểm xuất phát của động đất nhỏ  $2 \times 2$  cho băng gia tốc lý thuyết gần giống nhất với băng gia tốc ghi được. Bảng 2 ghi giá trị các tham số mô hình nguồn dùng trong tính mô phỏng.

kết quả tốt hơn. Cụ thể: băng dao động lý thuyết thu được trong trường hợp dùng dư chấn cùng ngày, hồi 16h40'17",  $M 4,2$  và dư chấn ngày 24 tháng 2,  $M 4,2$  có hình dạng gần như trùng khít với băng quan trắc tại thành phần bắc nam của dịch chuyển dao động. Trận động đất  $M 3,1$  (nhỏ hơn động đất chính hơn 2 đơn vị M) cho kết quả kém hơn.

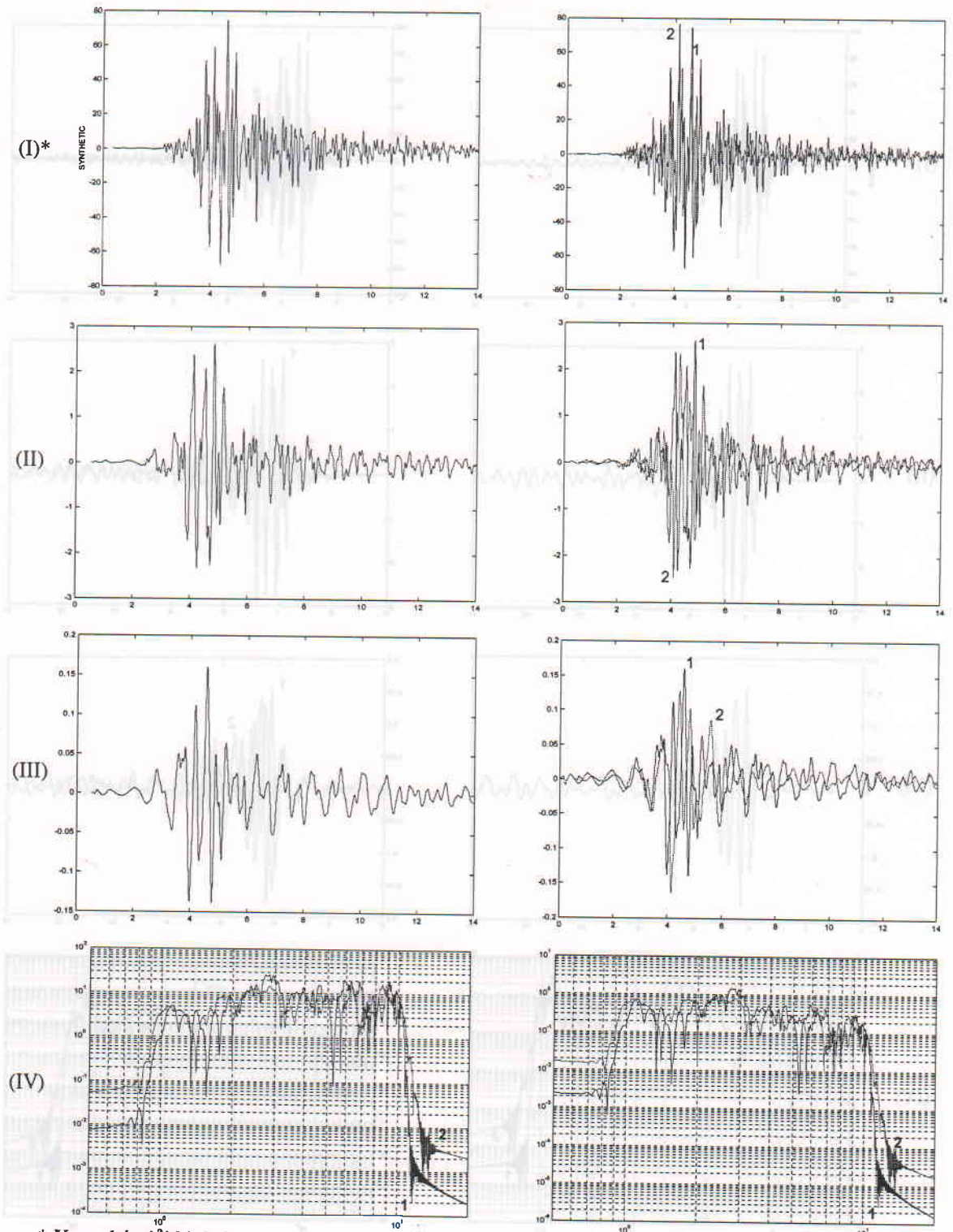
Trong nghiên cứu này, chúng tôi dùng chung một mô hình nguồn động đất Điện Biên (diện tích phá hủy, điểm xuất phát động đất,...) và ba hàm Green (3 dư chấn) khác nhau để tính cho băng gia tốc lý thuyết của cùng một trận động đất. Kết quả mô phỏng (tương đối phù hợp với băng ghi động đất Điện Biên), giúp chúng tôi có thể tin tưởng vào mô hình nguồn động đất Điện Biên là khá phù hợp với thực tế. Điều đó cũng chứng tỏ phương pháp hàm Green thực nghiệm có khả năng xây dựng thành công các băng dao động lý thuyết nếu có tham số nguồn động đất chính xác, góp phần quan trọng trong vấn đề bổ sung tập số liệu dao động động đất còn thiếu sót.



\* Xem chú giải hình 3c

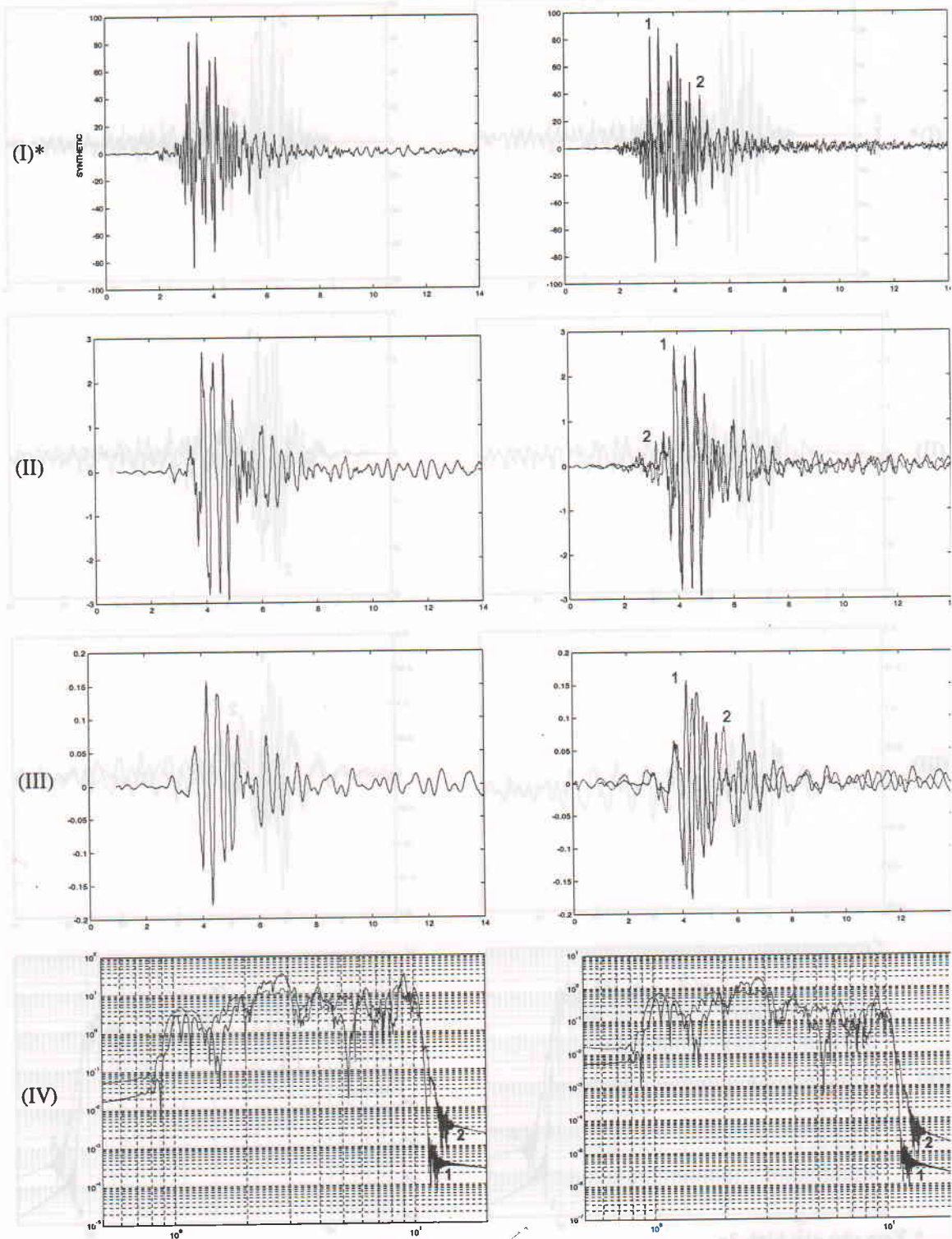
Hình 3a. Kết quả dùng dư chấn ngày 19-2-2001,  $M = 3,1$ ,  $C = 28$ ,  $N = 3$ ,  $l = 0,8$ , start  $2 \times 2$ .  
Thành phần đông tây (EW)





\* Xem chú giải hình 3c

Hình 3b. Kết quả dùng dư chấn ngày 19-2-2002,  $M = 4,2$ ,  $C = 5,7$ ,  $N = 3$ ,  $l = 0,8$ , start  $2 \times 2$ .  
Thành phần bắc nam



Hình 3c. Kết quả dùng dư chấn ngày 24-2-2002,  $M=4,2$ ,  $C=3,9$ ,  $N=3$ ,  $l=0,8$ , start  $2 \times 2$ . Thành phần bắc nam

\* 1) Băng gia tốc mô phỏng (lý thuyết), so sánh băng gia tốc mô phỏng (1) và băng gia tốc quan trắc (2) động đất Điện Biên. II) Băng vận tốc mô phỏng (1) và băng vận tốc quan

trắc (2) động đất Điện Biên. III) Bảng dịch chuyển mô phỏng, so sánh bảng dịch chuyển mô phỏng (1) và bảng dịch chuyển quan trắc (2) động đất Điện Biên. IV) So sánh phổ gia tốc mô phỏng (1) và phổ gia tốc quan trắc (2), phổ vận tốc mô phỏng (1) và phổ vận tốc quan trắc (2) động đất Điện Biên

### KẾT LUẬN

Các kết quả mô phỏng gia tốc dao động nền bằng phương pháp hàm Green thực nghiệm gần với băng quan trắc, giúp chúng ta chính xác lại các tham số động đất, cũng như làm rõ quá trình động đất. Phương pháp này cho phép xây dựng băng gia tốc mạnh mang tính dự báo khi biết chính xác các tham số đứt gãy, nguồn gây động đất. Ở Việt Nam, chúng ta có nhiều băng ghi động đất nhỏ và vừa, có thể áp dụng phương pháp hàm Green thực nghiệm để mô phỏng những trận động đất lớn mang tính chất dự báo.

Các băng gia tốc mô phỏng ứng với các giá trị magnitud khác nhau là nguồn số liệu quý giá giúp chúng ta khắc phục sự thiếu số liệu gia tốc dao động nền ở Việt Nam. Tập hợp băng gia tốc mô phỏng và băng gia tốc quan trắc là cơ sở giữ liệu quan trọng dùng trong thiết kế kháng chấn.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] I. N. BRUNE, 1970 : Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes, *J. Geophys. Res.*, **75**, 26, 4997-5009.

[2] I. N. BRUNE, 1971 : Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes, (connection) *J. Geophys. Res.*, **76**, 5002.

[3] HIROE MIYAKE, TOMOTAKA IWATA and KOJIRO IRIKURA, 2001 : Estimation of rupture propagation direction and strong motion generation from azimuth and distance dependence of source amplitude spectra. *Geophysical Research letters*, **28**, 14, 2727-2730.

[4] K. IRIKURA, 1983 : Semi-Empirical Estimation of Strong Ground Motions During Large Earthquakes, *Bull Disas. Prey. Res. Inst. Kyoto Univ.*, **33**, 63-104.

[5] K. IRIKURA, 1986 : Prediction of strong acceleration motion using empirical Green's function, *Proc. 7th Japan. Earthq. Eng. Symp.*, 151-156.

[6] H. KANAMORI and O.L. ANDERSON, 1975 : Theoretical basis of some empirical relations in seismology, *Bull Seis. Soc. Am.*, **65**, 1073-1096.

[7] LÊ TỬ SON, NGUYỄN QUỐC DŨNG, 2003 : Kết quả đầu tiên về quan sát gia tốc nền ở Việt Nam. *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, **25**, 1, 78-85.

[8] LÊ TỬ SON, 2004 : Động đất Điện Biên Ms = 5,3 ngày 19-02-2001. *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, **26**, 2, 112-121.

### SUMMARY

#### Simulation of the Dien Bien Earthquake M = 5.3

The method of applying Empirical Green Function by Irikura (1983, 1986) enable the simulation of the theoretical acceleration of a strong earthquake from records of acceleration of smaller earthquakes nearby. This method has been successfully tried on the simulation of strong earthquakes by other developed countries such as the earthquake in Kobe (Japan) and Duzce of Turkey.

In this paper, we will introduce the results of the simulation of the strong DeinBien earthquake on 19 February 2002 with M = 5.3 by using recorded acceleration of the aftershocks after the main earthquake.

Ngày nhận bài : 14-7-2007

*Viện Vật lý Địa cầu*