

# XÂY DỰNG BĂNG GIA TỐC DAO ĐỘNG NỀN LÝ THUYẾT BĂNG PHƯƠNG PHÁP HÀM GREEN THỰC NGHIỆM

TRẦN THỊ MỸ THÀNH

## I. MỞ ĐẦU

Nguyên nhân chính gây nên hậu quả nghiêm trọng trong động đất do công trình xây dựng không được thiết kế theo quy phạm kháng chấn để phòng chống động đất, hoặc đã không đánh giá đúng mức độ độ nguy hiểm động đất ở khu vực xây dựng. Một trong những tham số chính giúp các nhà xây dựng chọn cấp thiết kế kháng chấn phù hợp, tham số quan trọng cần xác định trong việc đánh giá độ nguy hiểm động đất là các băng gia tốc dao động nền tại điểm khảo sát. Ở nước ta cũng như một số nước trên thế giới do thiếu số liệu quan sát về băng gia tốc nên việc đưa ra băng gia tốc cũng là một vấn đề khó. Thường các tác giả chọn băng ghi có sẵn của một vùng nào đó được coi là có điều kiện địa chất kiến tạo, điều kiện nền đất gần giống vùng nghiên cứu để dùng. Tuy nhiên các dao động sóng địa chấn lại mang đậm tính địa phương nên việc "mượn" những băng gia tốc của vùng khác không tránh khỏi có những sai số.

Các nghiên cứu địa chấn tiên tiến và hiện đại đã đưa ra nhiều phương pháp có thể giảm thiểu những sai lệch do thiếu số liệu gây nên như phương pháp xây dựng băng gia tốc dao động nền lý thuyết hay còn gọi là phương pháp mô phỏng băng gia tốc nền. Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu phương pháp xây dựng băng gia tốc lý thuyết thu nhiều thành công, đã và đang được áp dụng ở các nước tiên tiến, phương pháp hàm Green thực nghiệm (Empirical Green's Function Method) của giáo sư Irikura [5, 6]. Phương pháp cho phép xây dựng băng gia tốc dao động nền lý thuyết gắn với băng gia tốc quan sát từ băng ghi gia tốc của trận động đất nhỏ hơn trong khu vực nghiên cứu.

## II. LÝ THUYẾT PHƯƠNG PHÁP HÀM GREEN THỰC NGHIỆM

Ý tưởng về phương pháp hàm Green thực nghiệm được khởi nguồn từ Hartzell năm 1978 [3].

Ông thử mô phỏng trận động đất mạnh từ một vài băng ghi dao động của các dư chấn. Tuy nhiên trong thử nghiệm này tỷ lệ về kích thước nguồn phát sinh của trận động đất mạnh và các dư chấn chưa được xem xét đến. Sau này Irikura phát triển, hoàn thiện và công bố phương pháp hàm Green thực nghiệm năm 1983 - 1986 [5, 6] 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. Về cơ bản phương pháp được xây dựng trên việc xác định mô hình động lực của nguồn phát sinh động đất. Ông đã đưa ra 2 giả thuyết cơ bản.

*Giả thiết thứ nhất* là tương quan giữa các tham số đứt gãy của 2 trận động đất. Coi động đất mạnh xảy ra trên đứt gãy có chiều dài là  $L$ , chiều rộng là  $W$ , tương tự với động đất nhỏ là  $l$  và  $w$ .

Giả sử tỷ số  $L/l = W/w = N$ .

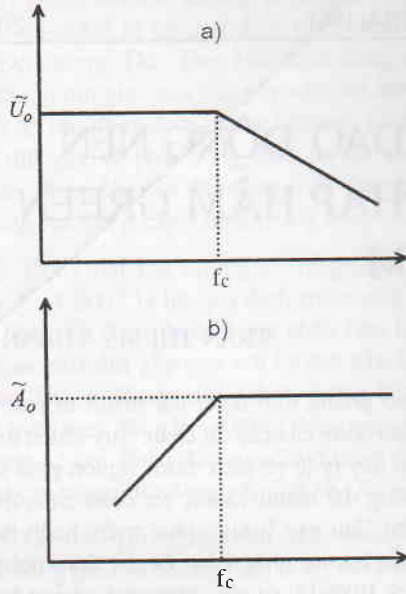
Khi đó tỷ số diện tích phá huỷ sẽ là :

$$S/s = N^2 \quad (1)$$

*Giả thiết thứ hai* về tương quan giữa hai trận động đất, ông đã giả sử tỷ số hai hàm suy giảm ứng suất của động đất mạnh và yếu là một hằng số  $C$ . Tức là nếu  $\Delta\sigma_L$  là hàm suy giảm ứng suất của trận động đất mạnh, tương tự  $\Delta\sigma_s$  hàm suy giảm ứng suất của trận động đất nhỏ hơn.

$$\text{Ta có tỷ số } \frac{\Delta\sigma_L}{\Delta\sigma_s} = C \quad (2)$$

Ông cũng giả thiết hai trận động đất, trận lớn sẽ được mô phỏng và trận nhỏ hơn dùng để tính toán, tuân theo quy luật  $\omega^{-2}$  [1, 2], có nghĩa là nếu động đất tuân theo mô hình  $\omega^{-2}$  thì các tham số động lực của nguồn động đất (tần số góc, moment địa chấn, suy giảm ứng suất) có thể xác định được từ phổ năng lượng (hình 1). Khi đó tần số góc  $\omega$  được tính theo công thức :



Hình 1. Phổ dịch chuyển (a) và phổ gia tốc (b) của động đất tuân theo quy luật  $\omega^{-2}$

$$f = k \left( \frac{\Delta\sigma}{M_0} \right)^{1/3} \quad (3)$$

trong đó k - hệ số và được tính  $k = (1/0,49\beta)^3$ ,  $\beta$  - vận tốc sóng ngang.

Phổ gia tốc  $\tilde{A}$  được tính bởi công thức :

$$\tilde{A}(f) = \tilde{k} f^2 \tilde{U}(f) \quad (4)$$

$\tilde{U}$  - phổ dịch chuyển.

Moment địa chấn ( $M_0$ ) tính theo công thức :

$$M_0 = \frac{16}{7\pi^{3/2}} \Delta\sigma S^{3/2} \quad (5)$$

Nếu chúng ta coi  $M_0$  là moment địa chấn của động đất lớn,  $m_0$  là moment địa chấn của trận động đất nhỏ. Xét tỷ số moment địa chấn của 2 trận động đất ta được :

$$\frac{M_0}{m_0} = \frac{\Delta\sigma_L S^{3/2}}{\Delta\sigma_S S^{3/2}} \quad (6)$$

Thay (1) và (2) vào (6) ta được :

$$\frac{M_0}{m_0} = CN^3 \quad (7)$$

Ngoài ra  $\tilde{U}$  và  $M_0$  được liên hệ bởi biểu thức.

$$\tilde{U} = kR_{\theta\phi} M_0 \exp(-k_1 Q) \quad (8)$$

$R_{\theta\phi}$  là hàm phân phối mô hình bức xạ của sóng địa chấn và  $Q$  là hằng ứng đường truyền. Từ (8) thay các giá trị  $\tilde{U}_1$  và  $\tilde{U}_2$  là giá trị giới hạn trên của phổ tương ứng với 2 trận động đất lớn và nhỏ. Xét tỷ số giữa phổ dịch chuyển của 2 trận động đất ta được biểu thức :

$$\frac{\tilde{U}_1}{\tilde{U}_2} = \frac{M_1}{M_2} \quad (9)$$

Ở đây chúng ta xét hai trận động đất chính và động đất nhỏ nằm gần nhau nên mô hình nguồn bức xạ cũng như hướng ứng ứng đường truyền có thể coi như nhau.

Tương tự ta xét tỷ số phổ gia tốc của 2 trận động đất này và sử dụng công thức (7) và (9) vào (4) ta sẽ thu được :

$$\frac{\tilde{A}_1}{\tilde{A}_2} = CN \quad (10)$$

Như vậy với hai giả thiết Irikura đã thu được mối liên hệ giữa trận động đất mạnh và trận động đất yếu. Từ các biểu thức (7) và (10) chúng ta có thể tính được hằng gia tốc của trận động đất mạnh.

Phương pháp hàm Green thực nghiệm đã được thể nghiệm thành công trong việc mô phỏng lại nhiều trận động đất mạnh như động đất Kobe (Nhật Bản), động đất Duzce (Thổ Nhĩ Kỳ, Mw : 7,1) - 1999. Trong nghiên cứu này chúng tôi chọn dư chấn lớn của động đất Chi Chi, Đài Loan để thử nghiệm phương pháp hàm Green thực nghiệm này.

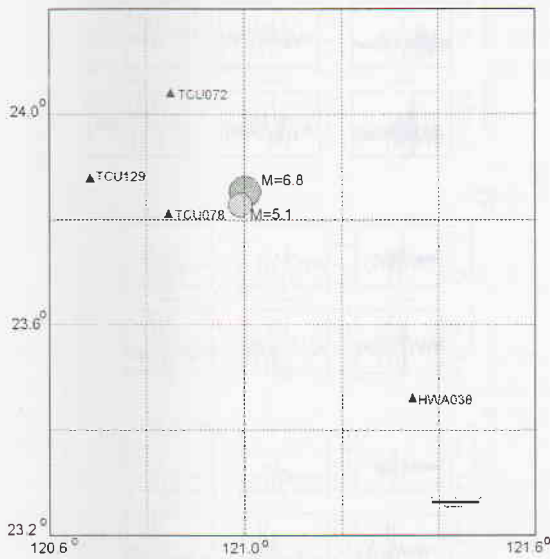
### III. ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP HÀM GREEN THỰC NGHIỆM MÔ PHỎNG DƯ CHẤN CHÍNH CỦA TRẬN ĐỘNG ĐẤT CHI CHI

Động đất Chi Chi (Đài Loan) xảy ra ngày 20 tháng 9 năm 1999 với  $M_w = 7.6$ . Đây là trận động đất lớn, gây nhiều thương vong về người và của. Sau kích động chính có hàng ngàn dư chấn xảy ra, trong đó có 3 dư chấn lớn với  $M_w > 6.0$ . Trong nghiên cứu này chúng tôi chọn 1 trong 3 dư chấn ấy, dư chấn có toạ độ 23.854 N - 121.002 E xảy ra hồi 23h 52 phút 49.63 giây ngày 25-9-1999, với  $M_L = 6,8$ , độ sâu  $h = 17$  km là trận động đất lớn. Việc xây dựng lại bằng ghi lý thuyết của trận động đất này được tiến hành dựa trên bằng ghi của trận động đất nhỏ hơn gần kề, toạ độ 23.829 N - 120.991 E xảy ra hồi 18h 32 phút 55.07 giây, ngày 20-9-1999, có  $M_L = 5,1$  và độ sâu  $h = 12$  km. Số liệu các bằng gia tốc dao động nền

đất lấy từ Trung tâm Quan sát Địa chấn, Đài Loan (CWB) [7, 8].

Cơ cấu chấn tiêu của trận đất lớn đã được Honn Kao và Jacques Angelier công bố [4] : góc phương vị là 49.8, góc dốc là 44.4 và góc trượt là 129.5. Với trận động đất nhỏ cơ cấu chấn tiêu chưa được xác định, chúng tôi coi như có cùng cơ cấu chấn tiêu với động đất lớn.

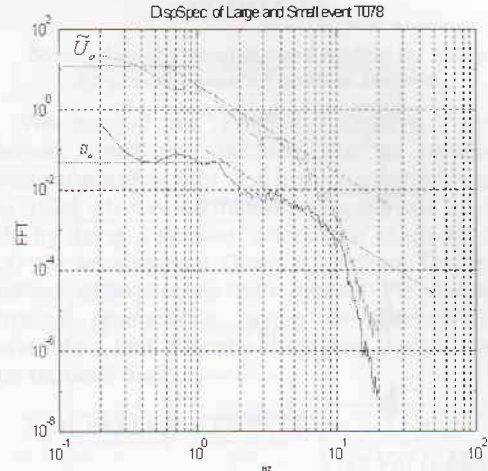
Có rất nhiều trạm động đất đã ghi đồng thời cả hai trận động đất này, Phân tích tỷ số phổ của tín hiệu có ích chia cho nhiều chúng tôi chọn được băng gia tốc của một số trạm có đủ chất lượng dùng để tính toán. Hình 2 xác định vị trí của hai trận động đất và các trạm dùng trong nghiên cứu.



Hình 2. Vị trí hai trận động đất và các trạm dùng trong tính toán

Vận dụng mô hình  $\omega^{-2}$  vào động đất lớn (hình 3) chúng tôi đã tìm được tần số góc  $F_c = 0,6$ . Diện tích phá huỷ được tính nhờ công thức của Andrew và bán kính được xác định là 4,0 km. Áp dụng công thức (7) và (10) vào hình 3, dễ dàng tính được  $N \sim 4-5$  tương ứng với  $C \sim 4-3$ .

Sau nhiều lần thay đổi mô hình và so sánh chúng tôi tìm thấy với giá trị  $N = 5$ ,  $C = 2,8$  và điểm xuất phát của động đất nhỏ là  $3 \times 3$  thì cho băng gia tốc lý thuyết gần giống nhất với băng gia tốc ta đã ghi được. Kết quả mô phỏng của 4 trạm được trình bày trên hình 4. Tương ứng với mỗi trạm có 3 thành phần, mỗi thành phần được so sánh cả 3 giá trị đó là gia tốc, vận tốc và dịch



Hình 3. Áp dụng mô hình  $\omega^{-2}$  đối với 2 trận động đất

chuyển. Để tiện so sánh số liệu quan trắc được đặt ở trên và băng lý thuyết - băng mô phỏng ở phía dưới. Với đường ghi dịch chuyển chúng ta dễ dàng nhận rõ hơn sự sai lệch cũng như sự trùng khớp của băng lý thuyết và băng quan trắc. Băng gia tốc lý thuyết ở trạm TCU078 là gần trùng với băng quan trắc nhất do trạm này gần với chấn tâm động đất hơn so với các trạm còn lại nên hiệu ứng đường truyền là ít nhất.

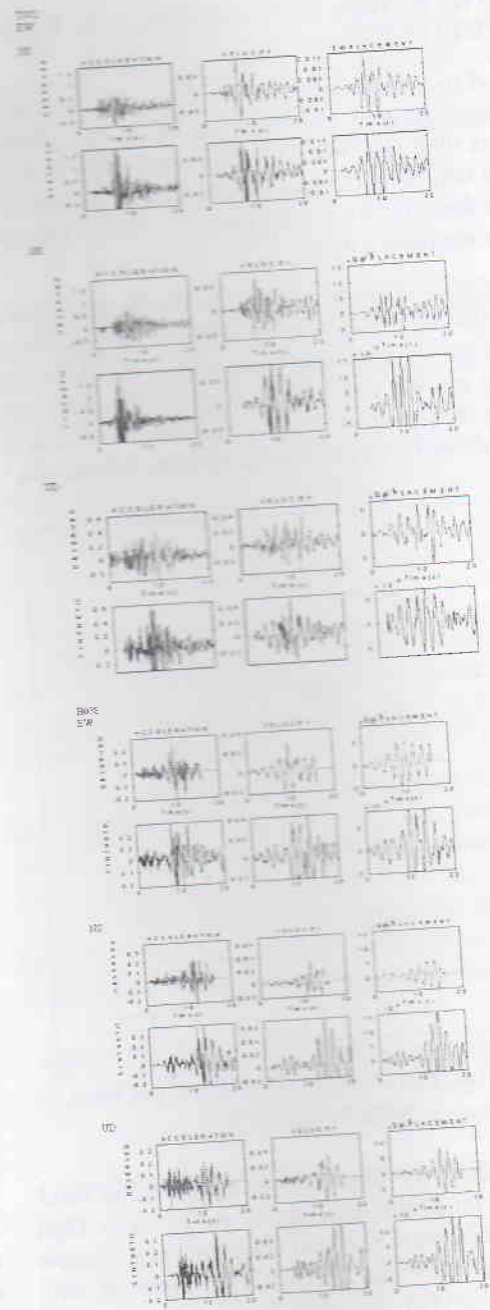
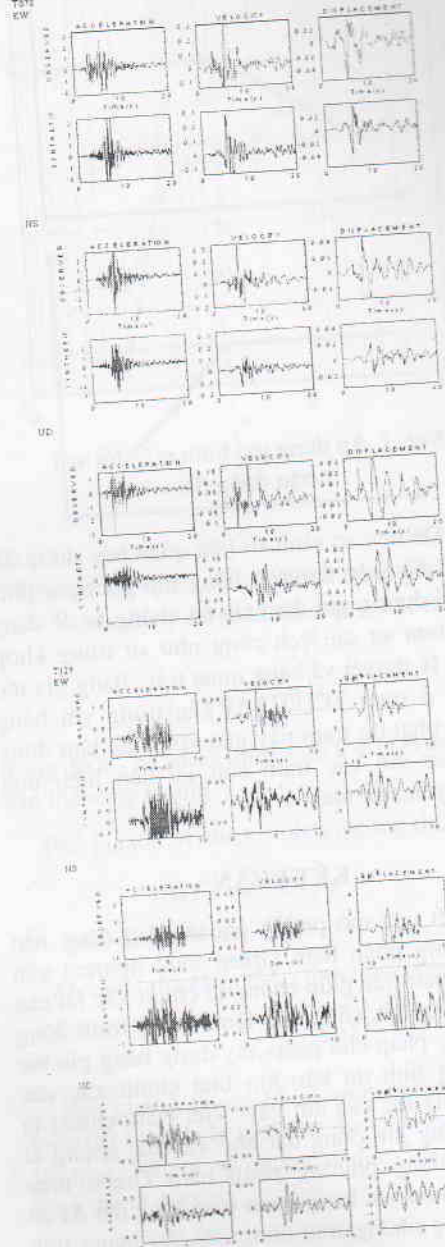
## KẾT LUẬN

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 cho phép xây dựng băng gia tốc mạnh mang tính dự báo khi biết chính xác các tham số động lực của đứt gãy. Việt Nam chúng ta có nhiều băng ghi động đất nhỏ và vừa, chúng ta có thể áp dụng phương pháp hàm Green thực nghiệm kết hợp với băng quan trắc động đất đã có để mô phỏng những trận động đất lớn mang tính chất dự báo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] I.N. BRUNE, 1970 : Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes, J. Geophys. Res., 75, 4997-5009.
- [2] I.N. BRUNE, 1971 : Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes, (connection) J. Geophys. Res., 76, 5002.

Chi-Chi earthquake, 1999, N 089 E, Dist. 344  
 T022  
 EW



Hình 4. So sánh kết quả băng gia tốc lý thuyết với băng gia tốc quan trắc

[3] S.H. HARTZELL, 1978 : Earthquake after-shocks as Greens functions, J. Geophys. Res. 5, 14.

[4] HONN KAO, JACQUES ANGELIER, 2001 : Stress Tensor inversion for the Chi-Chi earthquake sequence and its implications on regional collision, Bull. Seism. Soc. Am., V. 91, 5, 1028-1040.

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

[6] K. IRIKURA 1986 : Prediction of strong acceleration motion using empirical Green's

function, Proc. 7th Int. Conf. Earthq. Eng. Symp., 151-156.

[7] W.H.K. LEE, T.C. SHIN, K.W. KUO, K.C. CHEN and C.F. WU, 2001a : CWB Free-Field Strong-Motion Data from the 921 Chi-Chi Earthquake : Processed Acceleration Files on CD-ROM, Strong-Motion Data Series CD-001, Seismological Observation Center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan.

[8] W.H.K. LEE, T.C. SHIN, K.W. KUO, K.C. CHEN and C.F. WU 2001b : CWB Free-Field Strong-Motion Data from the 921 Chi-Chi Earthquake on CD-ROM, Bull. Seism. Soc. Am., V. 91, 5, in press.

## SUMMARY

### Simulation of strong ground motion by using Empirical Green's Function Method

We applied the Empirical Green's Function Method, developed by IRIKURA to synthesize strong ground motion for the major aftershock of the 1999 Chi-Chi earthquake (September 25,  $M_1 = 6.8$ ) by using a smaller aftershock (Sep. 20,  $M_1 = 5.1$ ) as an empirical Green's function. Using this method seismologists can explain the nature of physical phenomena, trying to determine the parameters that describe them and the processes that regulate them.

Ngày nhận bài : 16-11-2005

Viện Vật lý Địa cầu