PHÂN ĐOẠN ĐỨT GÃY TRONG ĐÁNH GIÁ ĐỘNG ĐẤT CỰC ĐẠI Ở VIỆT NAM

CAO ĐÌNH TRIỀU[1], NGUYỄN ĐỨC VINH[2]

[1]*Viện Vật lý Địa cầu, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, A8/18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội*
[2]*Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội*

Tóm tắt: *Trên cơ sở phân tích các thông số địa chất, địa vật lý, địa hình trong vùng nguồn phát sinh động đất Tuần Giáo năm 1983 và đối sánh với các tài liệu hiện có, bài báo này đưa ra các dấu hiệu nhận dạng tính phân đoạn của đứt gãy hiện đại để làm cơ sở tính toán động đất cực đại. Kết quả nghiên cứu cho thấy:*

1. Đoạn đứt gãy được phân định đóng vai trò là ranh giới phân chia các khối cấu trúc vỏ Trái đất có thành phần và đặc tính địa vật lý khác nhau, phân chia trường trọng lực và từ có mức độ tương phản. Đó là ranh giới thay đổi đột ngột về độ sâu và thế nằm của các mặt ranh giới cơ bản trong vỏ Trái đất và các lớp trầm tích. Chúng thể hiện rõ nét trên địa hình hiện đại, trên ảnh vệ tinh hoặc bản đồ DEM, tạo ra các yếu tố địa hình, địa mạo đặc biệt hoặc khống chế sự thành tạo hoặc hình thành các trũng tích tụ trầm tích Đệ tứ và hiện đại và có các biểu hiện động đất, trượt lở và các biến dạng tân kiến tạo và hiện đại.

2. Có thể sử dụng công thức quan hệ tương quan giữa chiều dài đứt gãy với động đất cực đại của Cao Đình Triều (2002) (log L (km) = 0,6 Ms_{max} - 2,5) và của Wells và Copersmith (1994) (M = 4,38 + 1,49 log L) trong đánh giá giá trị động đất cực đại cho lãnh thổ Việt Nam.

MỞ ĐẦU

Xác định giá trị động đất lớn nhất có thể xảy ra trên lãnh thổ Việt Nam là vấn đề nan giải mà các nhà địa chấn luôn gặp phải. Một hướng phân tích khá phổ biến ở Việt Nam nhằm đánh giá động đất lớn nhất trong thời gian qua là sử dụng các công thức thực nghiệm quốc tế cũng như của các nhà địa chấn Việt Nam trên cơ sở quan hệ giữa chiều dài đứt gãy và độ lớn động đất [3-7, 14-16, 20]. Khi áp dụng các công thức thực nghiệm nhằm xác định giá trị động đất lớn nhất có thể xảy ra, điều quan trọng là phải xác định được một cách chính xác nhất chiều dài của đứt gãy có nguy cơ phát sinh động đất (đoạn đứt gãy). Đây là một nhiệm vụ khó khăn, cần giải quyết nhằm đưa ra được giá trị động đất lớn nhất cho khu vực nghiên cứu, phục vụ đánh giá độ nguy hiểm động đất và độ rủi ro động đất.

Theo các tài liệu thống kê hiện có, số liệu động đất lịch sử và số liệu động đất điều tra trong nhân dân ở Việt Nam chỉ có được từ thế kỷ XII tới nay và cũng chỉ ghi nhận được khoảng trên 100 trận có M_S >5,0 độ Richter [3, 5, 6]. Theo tài liệu quan trắc của Viện Vật lý Địa cầu thì chỉ có 2 trận động đất mạnh hơn 6,0 ghi nhận được là: động đất Điện Biên năm 1935 (M_S = 6,8) và động đất Tuần Giáo năm 1983 (M_S = 6,7). Các số liệu động đất ở Việt Nam có được cho đến nay cũng không thống nhất, thiếu các thông tin cả về diện phân bố cũng như thời gian và đặc biệt là mối liên hệ không gian với các đứt gãy và đoạn đứt gãy. Do vậy, việc sử dụng các số liệu này trong phân tích quy luật động đất và dự báo động đất cực đại trên cơ sở bài toán thống kê gặp nhiều khó khăn và không cho các kết quả mong muốn.

Trong khuôn khổ bài viết này, các tác giả bước đầu đưa ra một số tiêu chí nhận dạng đoạn đứt gãy có nguy cơ phát sinh động đất và từ đó khuyến nghị sử dụng công thức thực nghiệm phục vụ tính toán giá trị động đất cực đại trên lãnh thổ Việt Nam.

I. PHÂN ĐOẠN ĐỨT GÃY TRONG ĐÁNH GIÁ ĐỘNG ĐẤT LỚN NHẤT TẠI VIỆT NAM

1. Cơ sở lý luận chung về phân đoạn đứt gãy

Phần lớn các trận động đất phá hủy (M>6) phát sinh tại độ sâu 10-20 km, trong đới chuyển tiếp biến dạng dòn-dẻo, nơi mà đá tích lũy ứng suất và năng lượng đàn hồi ở mức độ cao nhất để phát sinh động đất [1, 2, 25]. Các trận động đất này thường gây ra dập vỡ vỏ Trái đất hoặc dịch chuyển các địa khối dọc theo các đứt gãy hoặc ranh giới các mảng. Hầu như tất cả các trận động đất phá hủy phát sinh bởi sự dịch chuyển của các khối vỏ Trái đất dọc các đứt gãy lớn hoặc khối hút chìm và thường gây ra các biến dạng trên bề mặt với quy mô lớn. Tuy nhiên, trong một số trận động đất lớn sóng địa chấn không lan truyền lên phần trên cùng của vỏ Trái đất, do chúng hình thành trong các đứt gãy bị chôn vùi (đứt gãy mù - blind fault) và do đó không gây phá hủy bề mặt Trái đất.

Các đứt gãy gây động đất có thể là một cấu trúc đơn tuyến hoặc một nhóm các đứt gãy liên hệ với nhau tạo nên đới đứt gãy. Một đới đứt gãy nói chung có bề rộng vài mét đến vài chục km, thường gồm các đứt gãy nhánh liên kết nhau dạng song song, lông chim hoặc xoắn bện (braided). Hình thái phức tạp của đới đứt gãy bị chi phối chủ yếu bởi các yếu tố như lực kiến tạo, thành phần, cấu tạo và tính lưu biến của đá, ma sát giữa các cánh, vectơ trượt và tốc độ trượt.

Sự thay đổi hình thái, cơ chế và cấu trúc, phương phát triển dọc theo đới đứt gãy phụ thuộc vào nhiều yếu tố địa chất khác nhau và thường dẫn tới sự phân đoạn của đứt gãy thành các phần tách biệt gọi là đoạn đứt gãy [1, 2, 8, 25].

Theo Wells và Coppersmith [25] thì độ dài của đoạn đứt gãy liên quan chặt chẽ với giá trị động đất cực đại có thể xảy ra. Ngoài ra, hình thái hình động học (đứt gãy thuận, đứt gãy nghịch và trượt bằng...) của đứt gãy cũng ảnh hưởng tới độ lớn của động đất, nhưng ở mức độ nhỏ (khoảng 0,2 đơn vị).

Động đất cực đại là động đất lớn nhất có thể phát sinh bởi hoạt động đứt gãy trong một khoảng thời gian hoặc xuyên thời gian. Đánh giá về khả năng phát sinh động đất cực đại chỉ có thể thành công khi có những hiểu biết sâu sắc về đặc điểm các trận động đất lịch sử, quá trình phát sinh động đất và đặc điểm của nguồn sinh chấn.

Các yếu tố khác chi phối độ lớn động đất gồm thuộc tính vật lý của đá hai bên cánh đứt gãy, hình thái không gian của đứt gãy, sự gồ ghề trên mặt đứt gãy, ma sát và sự tuần hoàn chất lỏng dọc theo đứt gãy.

2. Một số công thức xác định cực đại động đất theo độ dài của đoạn đứt gãy thường được sử dụng ở Việt Nam

Nhằm đánh giá động đất lớn nhất có thể xảy ra trên lãnh thổ Việt Nam, một số công thức thường được sử dụng rộng rãi trong thời gian qua trong các công trình điển hình ở nước ta [3-7, 14-16, 20], trong đó Nguyễn Đình Xuyên [13] đã đưa ra công thức đánh giá Mmax động đất như sau:

log L_x (km) = 0,5Ms - 1,06; trong đó L_x là chiều dài của đoạn đứt gãy và M_S là động đất lớn nhất có thể xảy ra dọc đứt gãy đó.

Năm 2004, Nguyễn Đình Xuyên [14] lại đưa ra công thức tính động đất lớn nhất có thể xảy ra là:

$$Ms_{max} \leq 2 \log L\ (km) + 2{,}72 \text{ và}$$

$$Ms_{max} \leq 4 \log H\ (km) + 0{,}48$$

trong đó: L là chiều dài của đoạn đứt gãy tính bằng km; H là độ sâu chấn tiêu động đất (km) còn Ms_{max} là động đất lớn nhất có thể xảy ra.

Năm 2008, Nguyễn Đình Xuyên [15] lại tiếp tục đưa ra công thức tính động đất lớn nhất là:

$Ms_{max} = 2 \log [L/3]\ (km) + 1{,}17$; trong đó Ms_{max} là động đất lớn nhất có thể xảy ra dọc đoạn đứt gãy có chiều dài L.

Về đánh giá quan hệ giữa kích thước vùng nguồn và chấn cấp động đất cũng có nhiều công thức thực nghiệm được đưa ra. Điển hình nhất là các công thức tính trung bình toàn cầu mối liên hệ giữa chiều dài của đoạn đứt gãy trong chấn tiêu và độ lớn động đất của Wells và Coppersmith [25] gồm:

$$\log(MD) = -1{,}38 + 1{,}02 * \log(L)$$

$$\log(AD) = -1{,}43 + 0{,}88 * \log(L)$$

$$M = 4{,}38 + 1{,}49 * \log(L^*)$$

$$M = 4{,}06 + 2{,}25 * \log(W)$$

$$M = 4{,}07 + 0{,}98 * \log(A)$$

trong đó: M là chấn cấp động đất (moment magnitude, thường được ký hiệu bằng M_W), MD là dịch chuyển cực đại (m), AD là dịch chuyển trung bình (m), L là chiều dài đới phá hủy trên bề mặt (km), L* là chiều dài đới phá hủy lớp dưới bề mặt (km), W chiều rộng đới phá hủy lớp dưới bề mặt (km), A là diện tích của đới phá hủy (km^2).

Cao Đình Triều [4] đã đưa ra các công thức tính chấn cấp động đất như sau:

$$\log S\ (cm^2) = 1{,}02\ Ms_{max} + 6{,}01$$

$$\log L\ (km) = 0{,}6\ Ms_{max} - 2{,}5$$

$$\log W\ (km) = 0{,}25\ Ms_{max} - 0{,}35$$

trong đó: S là diện tích vùng nguồn (tính bằng cm^2); chiều dài L (km) và bề rộng W (km) vùng nguồn chấn tiêu, Ms là chấn cấp động đất.

3. Xác lập tiêu chí nhận dạng đoạn đứt gãy theo tài liệu địa chất, địa vật lý và địa hình trên cơ sở động đất Tuần Giáo năm 1983

Động đất Tuần Giáo năm 1983 xảy ra trên đới đứt gãy Sơn La, đoạn chạy qua thị trấn Tuần Giáo (Hình 1). Trận động đất này được xác định là có chấn cấp M_S tương đương 6,7 và là trận động đất duy nhất ở Việt Nam được nghiên cứu một cách chi tiết và định lượng nhất về cơ cấu chấn tiêu [4,13]. Kết quả nghiên cứu trận động đất này có thể được sử dụng như một hình mẫu trong việc thẩm định các công thức thực nghiệm của thế giới khi áp dụng cho Việt Nam cũng như việc phân tích các tiêu chí nhận dạng đứt đoạn đứt gãy sinh chấn trong việc sử dụng công thức thực nghiệm tính toán động đất cực đại.

3.1. Độ dài của đoạn phát sinh động đất Tuần Giáo năm 1983: Đoạn phát sinh động đất Tuần Giáo 1983 là một đoạn của đới đứt gãy Sơn La. Biểu hiện trên bề mặt của đới đứt gãy này là sự phân bố không liên tục của các khe nứt song song phương TB-ĐN phát sinh trong động đất Tuần

Giáo (Hình 1) [13]. Theo Nguyễn Đình Xuyên và Cao Đình Triều [13] thì độ dài đới phá hủy dưới bề mặt của đoạn phát sinh động đất Tuần Giáo là 30 km. Trên cơ sở phân tích đặc trưng phân bố của dư chấn động đất Tuần Giáo năm 1983 trong 3 ngày đầu sau khi xảy ra động đất, Cao Đình Triều [4] đã xác định được đặc trưng vùng nguồn phát sinh động đất Tuần Giáo có các thông số sau:

- Chiều dài đoạn đứt gãy trong động đất là 33,1 km,

- Chiều rộng của vùng nguồn động đất là 21,2 km,

- Diện tích vùng nguồn là 686,2 km,

- Độ cao vùng nguồn là 17 km (từ 3 đến 21 km so với bề mặt Trái đất).

3.2. Xác lập tiêu chí nhận dạng đoạn đứt gãy theo tài liệu địa chất, địa vật lý và địa hình: Để có cơ sở chắc chắn trong việc phân chia đoạn đứt gãy phục vụ nghiên cứu dự báo động đất cực đại, chúng tôi đã tiến hành phân tích các tài liệu địa chất, địa vật lý và địa hình với độ dài của đoạn đứt gãy phát sinh động đất Tuần Giáo và so sánh với các tài liệu đã công bố [9-12, 17-19, 21-24] để từ đó xác lập một số tiêu chí nhận dạng đoạn đứt gãy. Việc phân chia đoạn của đứt gãy được dựa trên cơ sở phân tích các biểu hiện địa chất, địa mạo, địa hình (ảnh vệ tinh, DEM, mạng sông suối), trọng lực Bouguer, dị thường từ hàng không và đặc trưng phân dị của các mặt ranh giới cơ bản vỏ Trái đất trong đoạn đứt gãy này (Hình 2-10). Các kết quả phân tích cho thấy đoạn đứt gãy phát sinh động đất Tuần Giáo có một số đặc trưng sau:

1/ Biểu hiện rõ nét là ranh giới phân chia đặc tính trường trọng lực và từ, trùng với giải gradient trường trọng lực kéo dài liên tục (Hình 2-4);

2/ Ranh giới thay đổi đột ngột về độ sâu và thế nằm của các mặt ranh giới vỏ Trái đất (Hình 5);

3/ Biểu hiện rõ nét trên địa hình hiện đại như tạo ra vách địa hình dốc, kéo dài dạng tuyến, các chuỗi thung lũng hẹp và kéo dài theo tuyến, sự định hướng kéo dài của dòng chảy một tuyến (Hình 6);

4/ Thể hiện rõ nét là một lineament kéo dài liên tục trên một chiều dài lớn xuyên qua các cấu trúc khác nhau trên bản đồ DEM (Hình 7);

5/ Là ranh giới giữa hai khối cấu trúc có đặc trưng vận động thẳng đứng khác biệt trong tân kiến tạo (Hình 8);

6/ Sự thay đổi hướng chảy của dòng suối tại hai đầu mút của đoạn đứt gãy (Hình 9);

7/ Có biểu hiện dịch chuyển ngang rõ nét theo mô hình dịch chuyển Coulomb [8];

8/ Biểu hiện xuất lộ nước nóng (tại Tuần Giáo) [24], các biểu hiện trượt-lở đất, nứt-sụt đất tự nhiên

Như vậy, các biểu hiện địa chất, địa vật lý và địa hình của đoạn phát sinh động đất Tuần Giáo nói trên có thể được xem là các dấu hiệu nhận dạng đoạn đứt gãy sinh chấn trong tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại. Dựa vào lý luận của quá trình phát sinh động đất [1, 2, 5, 25] và những dấu hiệu liên quan tới dịch chuyển và phát sinh động đất trong đoạn đứt gãy Tuần Giáo cho thấy đoạn đứt gãy sinh chấn lớn thường có đặc trưng sau:

a) Là ranh giới giữa các cấu trúc lớn vỏ Trái đất có biểu hiện vận động hiện đại tương phản;

b) Có biểu hiện rõ nét là ranh giới phân chia trường trọng lực và từ;

c) Có sự thay đổi đột ngột về độ sâu và thế nằm của các mặt ranh giới trong vỏ Trái đất (như mặt Moho, mặt Conrad, mặt kết tinh, các lớp trầm tích, đặc biệt là trầm tích trẻ);

d) Thể hiện rõ nét trên địa hình hiện đại (các vách địa hình kéo dài theo tuyến, chuỗi các thung lũng hoặc thung lũng hẹp kéo dài, sự định hướng kéo dài theo một phương của các dòng chảy);

e) Thể hiện rõ nét trên ảnh vệ tinh hoặc DEM dưới dạng các cấu trúc dạng tuyến (lineament) kéo dài liên tục hoặc đứt đoạn trên một chiều dài lớn đi qua các cấu trúc khác nhau;

f) Sự biến đổi các yếu tố địa hình, địa mạo như sự dịch chuyển đột ngột của các dạng địa hình (chẳng hạn núi sang thung lũng), thay đổi đột ngột hướng dòng chảy sông suối, hướng kéo các dãy núi, sự dịch chuyển đột ngột hướng dòng chảy (các suối, khe bậc 1, 2 theo cùng một hướng), sự chia cắt và dịch chuyển đột ngột các dãy núi, sự dịch chuyển hoặc phá hủy các bậc thềm, nón phóng vật, các bậc địa hình hoặc sự biến đổi đột ngột các độ dốc sườn;

g) Khống chế hình thái và sự phát triển của các thung lũng, trũng tích tụ trầm tích Đệ tứ, trầm tích hiện đại;

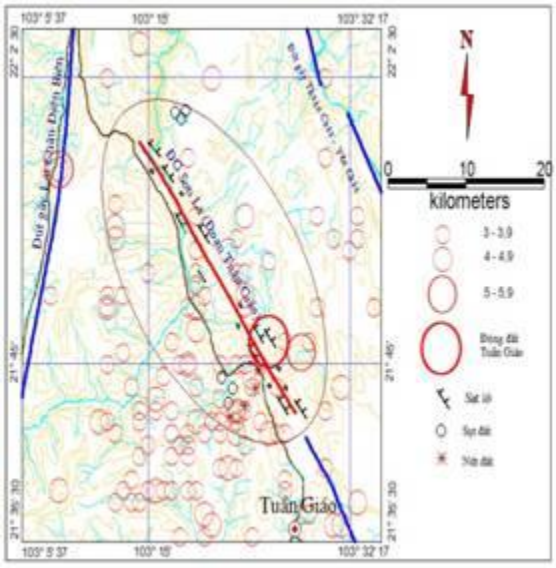
h) Có các biểu hiện hoạt động núi lửa trong Đệ tứ và hiện đại, hoạt động động đất, xuất lộ nước nóng hoặc nước khoáng nguồn sâu, có các biểu hiện trượt-lở đất hoặc nứt-sụt đất tự nhiên, biến dạng tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại dọc theo đới đứt gãy.

II. ĐỐI SÁNH CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM TRONG TÍNH TOÁN ĐỘNG ĐẤT CỰC ĐẠI THEO ĐOẠN ĐỨT GÃY Ở VIỆT NAM VỚI ĐỘNG ĐẤT TUẦN GIÁO NĂM 1983

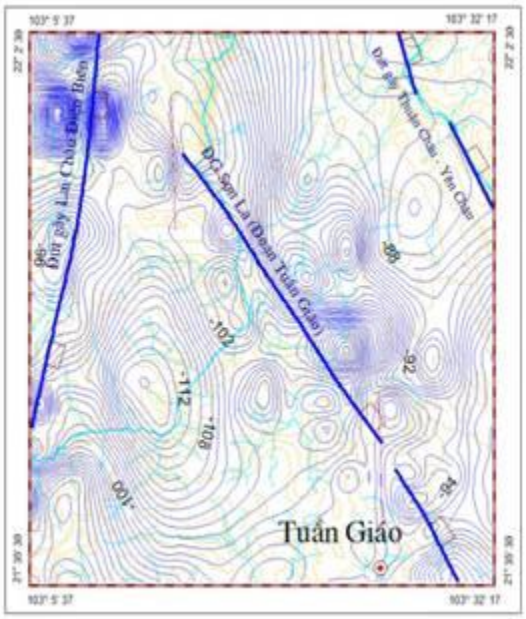
Trên cơ sở kết quả nghiên cứu độ dài của đoạn sinh chấn được xác định trong động đất Tuần Giáo như đã trình bày ở phần trên, chúng tôi đã tiến hành khảo cứu các công thức thực nghiệm được sử dụng khá rộng rãi ở Việt Nam trong thời gian qua [3-7, 13-16, 20]. Kết quả tính toán được biểu diễn trong Bảng 1 và cho thấy các tình huống sau:

1/ Nếu áp đặt giá trị độ dài của đoạn đứt gãy trong chấn tiêu động đất Tuần Giáo (33,1 km) vào công thức thực nghiệm của Nguyễn Đình Xuyên [4, 14-16] thì sẽ có sai số rất lớn so với giá trị chấn cấp động đất Tuần Giáo đã quan trắc được [13].

2/ Áp dụng công thức Cao Đình Triều [4] cho kết quả tính toán giá trị động đất cực đại gần nhất với giá trị chấn cấp động đất theo sóng mặt đã quan trắc được trong động đất Tuần Giáo năm 1983 (6,7 độ Richter).



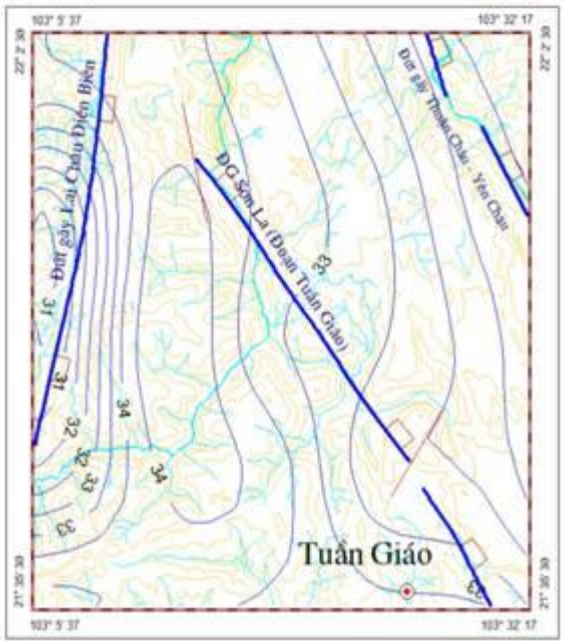
Hình 1. *Sơ đồ phân bố biến dạng mặt đất trong động đất Tuần Giáo [13]. Các vòng tròn sẫm màu là dư chấn của động đất Tuần Giáo.*



Hình 2. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo dấu hiệu trọng lực Bouguer.*

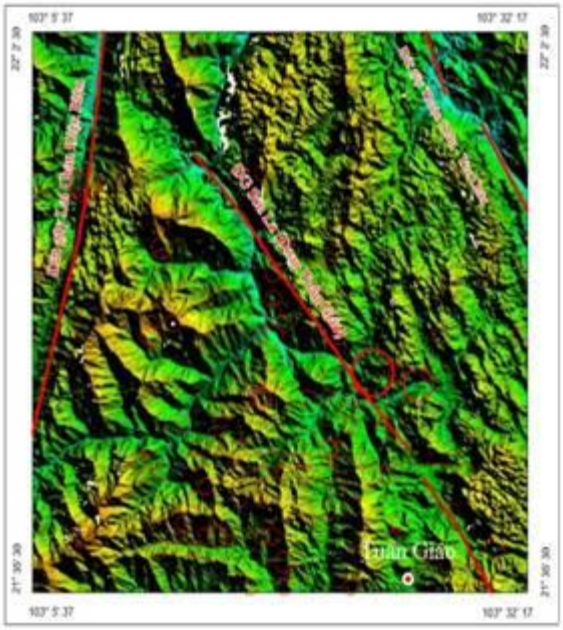
Hình 3. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo dấu hiệu từ hàng không.*

Hình 4. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo dấu hiệu gradient trọng lực*



Hình 5. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo dấu hiệu bề dày vỏ Trái đất.*

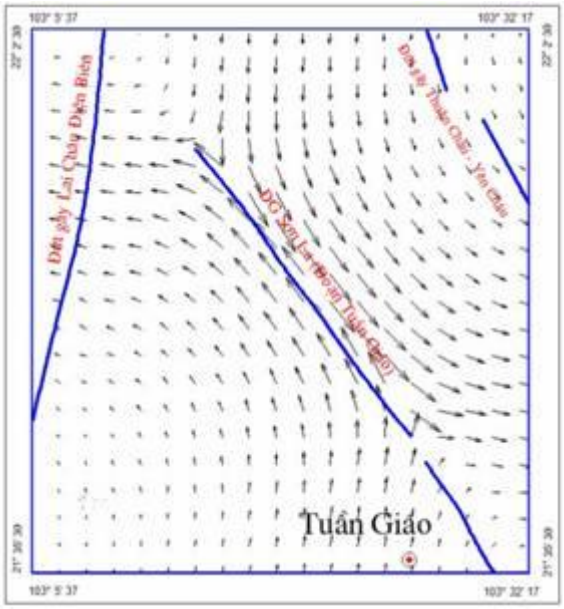
Hình 6. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo dấu hiệu địa hình.*



Hình 7. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo trên bản đồ DEM.*

Hình 8. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo dấu hiệu vận tốc dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất trong tân kiến tạo.*

Hình 9. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo dấu hiệu mạng lưới sông suối.*



Hình 10. *Biểu hiện phân đoạn đứt gãy trong động đất Tuần Giáo theo vectơ dịch chuyển ngang (mô hình Coulomb ở độ sâu 5 km).*

Bảng 1. **Kết quả tính toán áp dụng một số công thức thực nghiệm về đánh giá động đất cực đại trên cơ sở đoạn sinh chấn động đất Tuần Giáo năm 1983 (M_{TG} = 6,7 và L = 33,1 km)**

Số TT	Dạng công thức thực nghiệm	Kết quả tính toán Mmax	Sai số so với giá trị thực tế (Mmax – M_{TG})
1	Nguyễn Đình Xuyên, 1997: $\log L_x$ (km) = 0,5 Ms – 1,06	5,16	- 1,54
2	Nguyễn Đình Xuyên, 2004: $Ms_{max} \leq 2 \log L$ (km) + 2,72 và $Ms_{max} \leq 4 \log H$ (km) + 0,48	$\leq$ 5,76 $\leq$ 5,40	- 1,30
3	Nguyễn Đình Xuyên, 2008: Ms_{max} = 2 log [L/3] (km) + 1,17	3,25	- 3,45
4	Cao Đình Triều, 2002: log L (km) = 0,6 Ms_{max} – 2,5	6,70	0
5	Wells and Coppersmith, 1994: M = 4,38 + 1,49 log L	6,65	0,05

3/ Tương tự, áp dụng công thức thực nghiệm của Wells và Copersmith [25] trên cơ sở số liệu toàn cầu theo chấn cấp động đất theo moment địa chấn cho kết quả khá tương đồng với trường hợp tính toán độ lớn động đất theo sóng mặt (sai số cỡ 0,05 đơn vị).

KẾT LUẬN

Trên cơ sở phân tích kết hợp các thông số địa chất, địa vật lý, địa hình của đoạn đứt gãy Tuần Giáo, ứng với vùng nguồn phát sinh động đất Tuần Giáo năm 1983, từ đó làm cơ sở để tính toán lại giá trị động đất cực đại cho đoạn đứt gãy này có thể rút ra một số nhận định sau:

1/ Việc phân đoạn đứt gãy phải được thực hiện trên cơ sở tổ hợp các dấu hiệu về địa chất, địa vật lý và địa hình. Đoạn đứt gãy được phân định phải đóng vai trò là ranh giới các khối cấu trúc vỏ Trái đất có biểu hiện khác biệt về thành phần, đặc tính vật lý và khác biệt về mức độ và hướng vận động địa động lực hiện đại. Đoạn đứt gãy được biểu hiện rõ nét bởi hàng loạt dấu hiệu địa chất, địa vật lý và địa hình như là ranh giới phân chia các trường trọng lực và từ có biên độ khác nhau; là ranh giới của sự thay đổi đột ngột về độ sâu và thế nằm của các mặt ranh giới cơ bản trong vỏ Trái đất và các lớp trầm tích, đặc biệt là trầm tích trẻ; thể hiện rõ nét trên địa hình hiện đại, trên ảnh vệ tinh hoặc bản đồ DEM; gây ra sự biến đổi các yếu tố địa hình, địa mạo hoặc khống chế sự phân bố và hình thái các thung lũng, trũng tích tụ trầm tích Đệ tứ hoặc trầm tích hiện đại; và có các biểu hiện biến dạng tân kiến tạo và hiện đại dọc theo đới đứt gãy.

2/ Có thể sử dụng các công thức của Cao Đình Triều [4]: log L (km) = 0,6 Ms_{max} – 2,5 và của Wells và Copersmith [25]: M = 4,38 + 1,49 log L trong đánh giá giá trị động đất cực đại cho phân đoạn đứt gãy sau khi đã nhận dạng và phân chia theo tổ hợp tài liệu địa chất, địa vật lý và địa hình cho nhiều đới đứt gãy hoạt động trên lãnh thổ Việt Nam.

VĂN LIỆU

1. Berry M.J., 1987. Earthquake hazard assessment and prediction. *Tectonophysics, 167/2-4 (Special Issue). Vancouver, 361 pp..*

2. Bruce A.B., 1999. Earthquake. *W.H.Freeman and Company. New York, 366 pp..*

3. Bùi Công Quế và nnk., 2010. Nguy hiểm động đất và sóng thần vùng ven biển Việt Nam. *Nxb KHTN & CN, Hà Nội, 314 tr.*

4. Cao Đình Triều, 2002. Đặc trưng hoạt động động đất khu vực Tuần Giáo và kế cận. *TC Các khoa học về TĐ, 24/5 : 40-51. Hà Nội.*

5. Cao Đình Triều, 2008. Động đất. *Nxb KH & KT, Hà Nội, 312 tr.*

6. Cao Đình Triều, 2010. Tai biến động đất ở Việt Nam. *Nxb KH & KT, Hà Nội, 304 tr.*

7. Đặng Thanh Hải, 2003. Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc sâu vỏ Trái đất và phân vùng địa chấn kiến tạo miền Bắc Việt Nam. *Luận án TS Địa vật lý. Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.*

8. http://usgsprojects.org/**coulomb**/

9. Lê Duy Bách, Ngô Gia Thắng, 1996. Phân vùng kiến tạo Tây Bắc Việt Nam, *Địa chất và khoáng sản, 5 : 96-105. Viện ĐC&KS, Hà Nội.*

10. Liên đoàn Vật lý Địa chất, 1985. Bản đồ dị thường từ hàng không thành phần ΔT_a tỷ lệ 1:500000. *Lưu trữ Liên đoàn Địa vật lý, Hà Nội.*

11. Ngô Gia Thắng, Lê Duy Bách, Nguyễn Ngọc Thủy, 2007. Đặc điểm biến dạng thẳng đứng Pliocen-Đệ tứ vùng Tây Bắc Việt Nam. *TC Các khoa học về TĐ, 29/2 : 161-170. Hà Nội.*

12. Nguyễn Đình Lữ *(Chủ biên)*, 1987. Phân tích kết quả đo lặp thủy chuẩn phần phía Bắc lãnh thổ Việt Nam giai đoạn 1960-1964 và 1978-1979. *Lưu Tổng cục Địa chính, Hà Nội.*

13. Nguyễn Đình Xuyên, Cao Đình Triều, 1990. Động đất Tuần Giáo ngày 24/6/83. *Nxb KH&KT, Hà Nội, 107 tr.*

14. Nguyễn Đình Xuyên *(Chủ nhiệm)*, 2004. Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền lãnh thổ Việt Nam. *Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp Nhà nước. Lưu Viện VLĐC. Hà Nội, 288 tr.*

15. Nguyễn Đình Xuyên *(Chủ nhiệm),* 2008. Hoạt động động đất vùng Nam Bộ. *Báo cáo chuyên đề thuộc đề tài: Phân vùng nhỏ động đất Tp. Hồ Chí Minh. Lưu Viện VLĐC. Hà Nội, 70 tr*.

16. Nguyễn Ngọc Thủy *(Chủ nhiệm),* 2008. Nghiên cứu kiến tạo đứt gãy hiện đại và động đất liên quan ở khu vực Hòa Bình làm cơ sở đánh giá ổn định công trình thủy điện Hòa Bình. *Báo cáo tổng kết Đề tài độc lập cấp Nhà nước. Lưu Viện VLĐC. Hà Nội, 203 tr.*

17. Nguyễn Thanh Xuân, 2000. Ứng dụng hệ thông tin địa lý và tư liệu viễn thám trong đánh giá nguy hiểm động đất vùng Tây Bắc Việt Nam, *Luận án TS Địa vật lý. Viện VLĐC, Hà Nội.*

18. Nguyễn Văn Hùng, 2002. Những đặc điểm cơ bản đứt gãy tân kiến tạo khu vực Tây Bắc*, Luận án TS Địa chất, Viện Địa chất, Hà Nội.*

19. Nguyễn Văn Vượng, Vũ Văn Tích, Nguyễn Ngọc Thủy, Bùi Văn Duẩn, 2004. Thử nghiệm phân vùng và dự báo các đặc trưng chuyển dịch hiện đại vỏ Trái đất khu vực Tây Bắc Bộ trên cơ sở nghiên cứu mối tương tác giữa trường ứng suất khu vực với một số hệ thống đứt gãy. *TC Địa chất,* A/*285 : 49-56. Hà Nội.*

20. Phan Trọng Trịnh *(Chủ nhiệm),* 2010. Nghiên cứu hoạt động kiến tạo trẻ, kiến tạo hiện đại và địa động lực Biển Đông làm cơ sở khoa học cho việc dự báo và phòng tránh tai biến liên quan và đề xuất các giải pháp phòng tránh. *Báo cáo tổng kết Đề tài cấp nhà nước KC09-11/06-10. Hà Nội, 300 tr.*

18. Phùng Văn Phách, Vũ Văn Chinh, 1995. Báo cáo Cấu trúc kiến tạo Kainozoi và mối liên quan của chúng với tính địa chấn trên địa phận tỉnh Lai Châu. *Lưu trữ Viện VLĐC, Hà Nội.*

21. Trần Đức Lương, Nguyễn Xuân Bao *(Chủ biên),* 1988. Bản đồ địa chất Việt Nam tỷ lệ 1:500000. *Tổng cục Mỏ và Địa chất, Hà Nội.*

22. Văn Đức Tùng, 2011. Đặc điểm phát triển kiến tạo đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên. *Luận án TS Địa chất. Hà Nội, 140 tr.*

23. Võ Công Nghiệp *(Chủ biên),* 1998. Danh bạ các nguồn nước khoáng và nước nóng Việt Nam. *Cục ĐC&KS, Hà Nội. 308 tr*..

24. Wells D. l. and Coppersmith K. J., 1994. New empirical relationship among magnitude, ruture length, ruture width, rupture area, and surface displacement. Bull. of the *Seism. Soc. of America, 84/4, 974 pp*..