

# XÂY DỰNG MÔ HÌNH 1D VẬN TỐC SÓNG P CHO VÙNG BẮC TÂY BẮC VIỆT NAM

LÊ TỬ SƠN, HÀ THỊ GIANG, ĐÌNH QUỐC VĂN

E-mail: letuson@yahoo.com

<sup>1</sup>Viện Vật lý Địa cầu - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 11 - 7 - 2012

## 1. Mở đầu

Mô hình vận tốc vỏ Trái Đất là một trong những thông số cơ bản của bài toán xác định vị trí chấn tiêu động đất. Độ chính xác của việc xác định vị trí chấn tiêu liên quan rất nhiều đến mô hình vận tốc đang sử dụng. Một mô hình vận tốc 1D và hiệu chỉnh trạm phù hợp sẽ làm giảm hiệu ứng của cấu trúc gần trạm và làm tăng độ chính xác trong xác định vị trí chấn tiêu động đất [2]. Kissling et al. [1] cũng đã đưa ra phương pháp xây dựng mô hình vận tốc 1D từ các số liệu động đất địa phương và đã được ứng dụng thành công ở nhiều nơi.

Trong bài báo này, chúng tôi xây dựng mô hình 1D vận tốc sóng P cho vùng bắc Tây Bắc Việt Nam sử dụng thuật toán do Kissling et al. [1] đưa ra. Kết quả xác định mô hình 1D vận tốc sóng P không chỉ góp phần làm tăng độ chính xác trong việc xác định vị trí chấn tiêu động đất mà còn làm cơ sở cho các nghiên cứu về cơ cấu chấn tiêu và cấu lớp địa chấn khu vực bắc Tây Bắc Việt Nam (trong đó có vùng hồ thủy điện Sơn La).

## 2. Bài toán ngược tổng quát tính đồng thời mô hình vận tốc vỏ Trái Đất và các thông số của chấn tiêu động đất

Kissling et al., (1994) đã đặt bài toán ngược tổng quát với các thông số chấn tiêu và mô hình vỏ Trái Đất. Thời gian đến của sóng (t) là hàm không tuyến tính của tọa độ trạm (s), các thông số của chấn tiêu và thời gian phát sinh động đất (h) và mô hình vận tốc (m):

$$t_{\text{obs}} = f(s, h, m) \quad (1)$$

Trong bài toán này, (h) và (m) là các ẩn số, chỉ có (t) và (s) là có thể đo đạc được. Chúng ta sẽ giải

phương trình (1) bằng cách dùng một mô hình vận tốc và giả định một chấn tiêu để tính thời gian truyền sóng lý thuyết ( $t_{\text{calc}}$ ). Sai khác giữa thời gian truyền sóng lý thuyết và thời gian quan sát ( $t_{\text{obs}}$ ) được tính theo công thức:

$$t_{\text{res}} = t_{\text{obs}} - t_{\text{calc}} \quad (2)$$

trong đó  $t_{\text{res}}$  là sự khác biệt giữa thời gian quan sát và thời gian tính toán chính là một hàm không tuyến tính của (s), (h) và (m).

$t_{\text{res}}$  có thể khai triển như hàm của sai phân ( $\Delta$ ) giữa các thông số thực và thông số ước lượng. Áp dụng khai triển chuỗi Taylor bậc 1 đối với (1) chúng ta nhận được quan hệ tuyến tính giữa  $t_{\text{res}}$  và các hiệu chỉnh đối với các thông số của chấn tiêu ( $\Delta_{ij}$ ) và các thông số của vận tốc ( $\Delta_{mk}$ ):

$$t_{\text{res}} = t_{\text{obs}} - t_{\text{calc}} = \sum_{k=1,4} \frac{\partial f}{\partial h_k} \Delta h_k + \sum_{i=1,n} \frac{\partial f}{\partial m_i} \Delta m_i + e. \quad (3)$$

Bài toán này được giải theo phương pháp tính lặp bao gồm rất nhiều kỹ thuật khi làm việc với các véc tơ và ma trận lớn và được Kissling et al., (1994) thể hiện qua chương trình VELEST [2].

## 3. Mạng lưới trạm địa chấn và số liệu động đất

Trong nghiên cứu này, mạng lưới trạm địa chấn sử dụng bao gồm các trạm địa chấn vùng hồ thủy điện Sơn La và các trạm địa chấn quốc gia vùng Tây Bắc. Từ 12/2005, với sự hợp tác nghiên cứu của viện Các Khoa học Trái Đất Đài Loan, các trạm địa chấn vùng Tây Bắc được trang bị đồng bộ máy thu chấn dải rộng loại Trillium-40 (Canada) và bộ ghi dữ liệu Q330 (Mỹ). Đến năm 2009, trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La”, xung quanh

đập thủy điện Sơn La đã xây dựng và triển khai 6 trạm địa chấn dải rộng với máy thu chấn CMG-40T(Anh) và máy ghi dữ liệu SAMTAC-800H (Nhật). Với việc có thêm các trạm địa chấn tại vùng hồ thủy điện Sơn La, vùng bắc Tây Bắc, trong diện tích giới hạn từ vĩ độ 21.0°N-22.5°N và

kinh độ 103.0°E-104.5°E bao gồm 12 trạm địa chấn phân bố tương đối đều và quan trọng hơn là đã ghi được nhiều động đất nhỏ tạo ra cơ hội để nghiên cứu về mô hình vận tốc cho khu vực. *Bảng 1* đưa ra các thông số của các trạm địa chấn vùng bắc Tây Bắc.

**Bảng 1. Các thông số mạng trạm địa chấn vùng hồ thủy điện Sơn La và các trạm địa chấn quốc gia lân cận**

N	Tên Trạm	Code	Vĩ độ (N)	Kinh độ (E)	Độ cao (m)	Loại nền	Máy thu chấn
1	Mường La	MLVB	21,501	104,032	201	Đá vôi	CMG-40T
2	Ngọc Chiến	NCVB	21,65	104,237	507	Cát kết	CMG-40T
3	Chiềng Lao	CLVB	21,613	103,937	220	Sét kết	CMG-40T
4	Mường Chùm	MUVB	21,343	104,109	503	Bột kết	CMG-40T
5	Bó Mười	BMVB	21,454	103,853	465	Bột kết	CMG-40T
6	Chiềng Khoang	CKVB	21,564	103,687	337	Cát kết	CMG-40T
7	Sơn La	SLVB	21,325	103,907	607	Cát kết	Trillium-40
8	Tuần Giáo	TGVB	21,592	103,418	574	Cát kết	Trillium-40
9	Trạm Tấu	TTVB	21,466	104,397	675	Cát kết	Trillium-40
10	Điện Biên	DBVB	21,390	103,018	480	Bột kết	Trillium-40
11	Lai Châu	LCVB	22,042	103,154	270	Bột kết	Trillium-40
12	Sa Pa	SPVB	22,238	103,835	1550	Bột kết	Trillium-40

Theo Kissling 1995 [2], tiêu chuẩn để lựa chọn số liệu nghiên cứu là các sóng động đất phải rõ ràng, tốt nhất là phải nằm trong mạng trạm nghiên cứu được thể hiện qua thông số GAP (là khe hở tính bằng góc lớn nhất giữa các trạm động đất liên kề với chấn tâm động đất) phải nhỏ hơn 200°. Số lượng trạm ghi trong một trận động đất ít nhất phải bằng 5. Tiêu chuẩn cuối cùng là độ lệch bình phương trung bình khi xác định vị trí chấn tiêu động đất (RMS) phải nhỏ hơn 1 sec (tốt nhất là nhỏ hơn 0,6 sec). Trong toàn bộ số liệu quan sát bằng máy địa chấn dải rộng trong khu vực Tây Bắc từ tháng 12/2005 đến 4/2012 chúng tôi đã chọn được 135 trận động đất đáp ứng các điều kiện đã nêu. *Hình 1* đưa ra phân bố của các động đất và các trạm động đất sử dụng trong nghiên cứu này. Do chỉ quan tâm đến vị trí của động đất, trên hình 1 các động đất không thể hiện về độ lớn (magnitude). Trên hình này cũng đưa ra vị trí động đất được tính lại sau khi đã xây dựng mô hình vận tốc cho khu vực nghiên cứu (*hình tròn trên hình 1*).

#### 4. Xây dựng mô hình ban đầu và kết quả

Mô hình ban đầu cho bài toán nghịch đảo mô hình 1D vận tốc sóng P khu vực bắc Tây Bắc được xuất phát từ mô hình vận tốc 3 lớp đang sử dụng trong xác định các thông số chấn tiêu động đất ở Việt Nam [4]. Vận tốc truyền sóng P tại mặt Moho là 8,0km/s được xác định từ các nghiên cứu trước đây. Giá trị vận tốc mặt Moho còn được xác định dựa trên biểu đồ thời khoảng của các động đất  $M > 5,0$  xảy ra lân cận khu vực nghiên cứu. *Hình 2*

đưa ra biểu đồ thời khoảng của sóng Pn của động đất  $M_w=6,3$  tại Bokeo (Lào) ngày 16/05/2007 và động đất  $M6,2$  tại Vân Nam (Trung Quốc) ngày 2/06/2007. Giá trị vận tốc sóng Pn xác định được từ các trận động đất này nằm gần giá trị 8,0km/s.

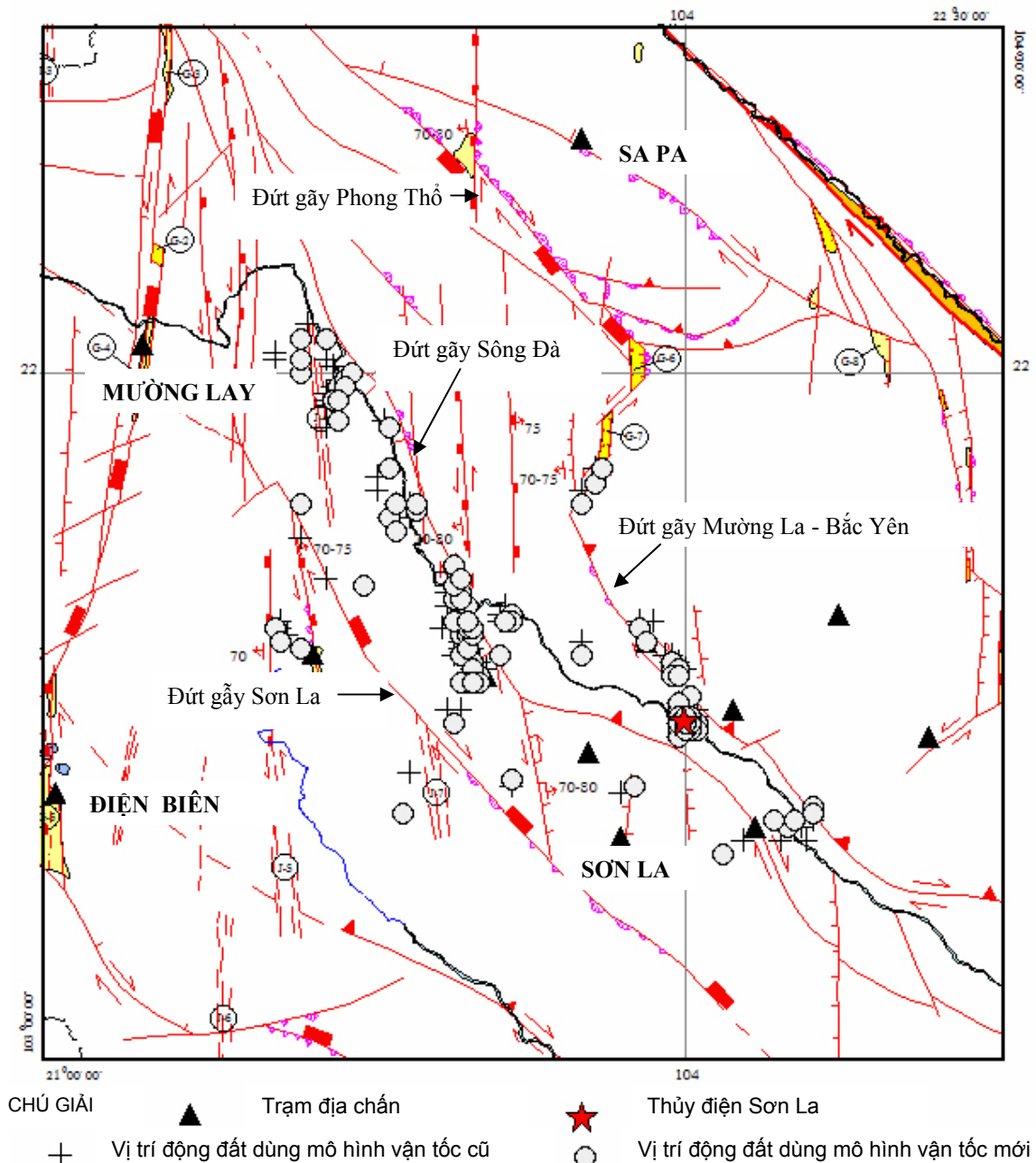
Vận tốc sóng dọc ở lớp trên mặt (0km) thay đổi trong khoảng từ 5,0 đến 5,2km/s, là giá trị vận tốc đất đá phổ biến trong các vùng núi. Về chiều sâu của mặt Moho ở Việt Nam nằm trong khoảng từ 30 đến 35km. Chúng tôi chọn chiều sâu tới mặt Moho là 32km được xác định theo nghiên cứu về cấu trúc vỏ bằng phương pháp hàm thu tại trạm địa chấn Mường La.

Dựa trên số liệu của 119 động đất xác định được đồng thời sóng P và sóng S trên 3 trạm, sử dụng phương pháp Wadati, chúng tôi cũng xác định được tỷ số vận tốc  $V_p/V_s$  cho khu vực bắc Tây Bắc là 1,71. *Hình 3* biểu diễn đồ thị Wadati của một trong các động đất vùng bắc Tây Bắc sử dụng trong đánh giá tỷ số vận tốc  $V_p/V_s$  và biểu đồ phân bố giá trị  $V_p/V_s$  cho 119 động đất.

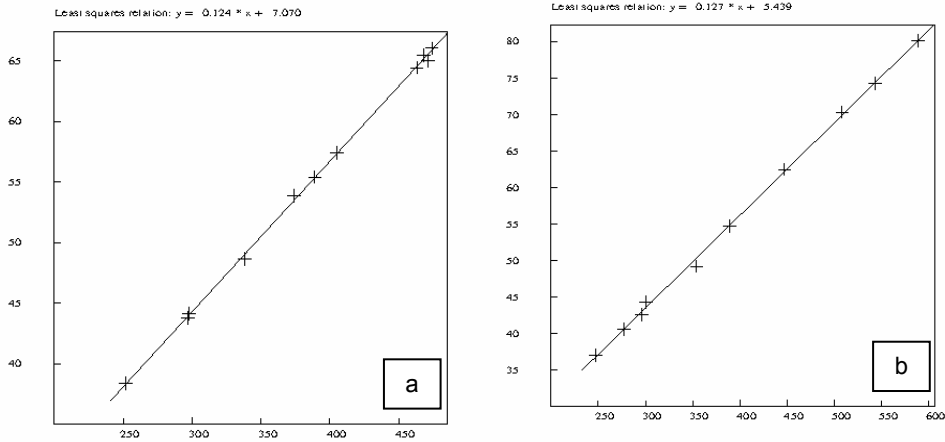
Các giá trị trên được sử dụng để xây dựng các mô hình vận tốc ban đầu. Chiều dày của các lớp thay đổi từ 1 đến 2km đối với các lớp gần mặt đất và tăng dần theo chiều sâu và đạt đến 4-5km tại các lớp có chiều sâu gần mặt Moho. Chúng tôi xây dựng mô hình vận tốc 1D vận tốc sóng P gồm 17 lớp với chiều sâu mặt Moho 32km, vận tốc từ mặt đất (0km) là 5,2km/s và vận tốc tại mặt Moho  $V_{Pn} = 8,0km/s$  là mô hình ban đầu (mô hình 1). Độ sâu

của lớp đầu tiên là -2,0km tính đến độ cao của trạm Sa Pa (trạm có độ cao lớn nhất trong vùng nghiên cứu) là 1550m. Mô hình so sánh có vận tốc thấp hơn (mô hình 2) và mô hình so sánh có vận tốc cao hơn (mô hình 3) được biến đổi từ mô hình 1. Giá

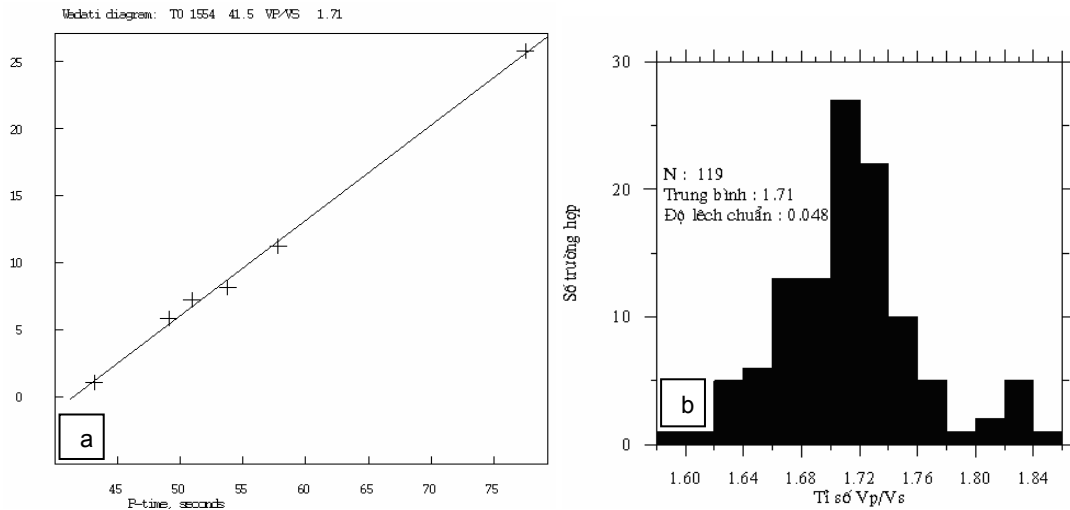
trị tỷ số vận tốc  $V_p/V_s = 1,71$  được giữ không đổi với các mô hình và trong các bước tính toán. Các mô hình đầu vào cho chương trình VELEST và kết quả giải bài toán sau khi chạy chương trình được đưa ra trong *bảng 2*.



Hình 1. Phân bố mạng trạm địa chấn và động đất tại vùng bắc Tây Bắc từ 12/2005 đến 4/2012 sử dụng trong nghiên cứu mô hình 1D vận tốc sóng P



Hình 2. Biểu đồ thời khoảng của sóng Pn của các động đất a) M6,3 ngày 16/5/2007 tại Bo Keo (Lào), vận tốc  $V_{Pn} = 8,06$  và b) M6,2 ngày 2/06/2007 tại Vân Nam (Trung Quốc), vận tốc  $V_{Pn} = 7,9$



Hình 3. a) Đồ thị Wadati của một trong các động đất sử dụng trong đánh giá tỷ số vận tốc  $V_p/V_s$ ; b) Biểu đồ phân bố tỷ số  $V_p/V_s$  vùng bắc Tây Bắc Việt Nam

Vì thuật toán giải bài toán ngược áp dụng ở đây tính đồng thời mô hình vận tốc vỏ và các thông số của chân tiêu động đất không thay đổi chiều dày lớp mà chỉ thay đổi giá trị vận tốc trong các lớp, chúng ta chỉ xem xét sự thay đổi các giá trị vận tốc của các lớp đối với mỗi mô hình trước ( $V_{p_{imp}}$  trong bảng 2) và sau khi nghịch đảo ( $V_{p_{out}}$  trong bảng 2) đồng thời so sánh các giá trị vận tốc lớp sau nghịch đảo với cả 3 mô hình. Từ kết quả trong bảng 2 cho thấy, đối với lớp 1 giá trị vận tốc đầu vào và vận tốc đầu ra hầu như không thay đổi (hoặc thay đổi không đáng kể). Điều này thể hiện việc có rất ít các tia sóng động đất đi qua lớp này. Sự thay đổi vận tốc ban đầu và vận tốc sau nghịch đảo bắt đầu xuất

hiện từ lớp thứ 2 (lớp có chiều sâu mái là 0km, chính là lớp đầu tiên trong các chương trình xác định vị trí chân tiêu động đất). Có thể nhận thấy rằng, vận tốc các lớp trong kết quả tính theo các mô hình khác nhau đã rất gần nhau và trên cả 3 mô hình đều xuất hiện sự ghép nhóm các lớp. Rõ ràng nhất có thể thấy các lớp 2, 3, 4 có thể gộp thành 1 lớp và các lớp 5, 6, 7 cũng thể hiện như 1 lớp khác. Chúng tôi tiến hành gộp các nhóm lớp này thành 2 lớp và tiếp tục xây dựng mô hình vận tốc mới. Các bước phân tích, rút gọn, để xây dựng mô hình mới được dừng lại với kết quả đạt được là mặt cắt vận tốc 8 lớp được cho trong bảng 3. Ở đây, các giá trị vận tốc các lớp của các mô hình khác nhau không

nhieu và hiện tượng gộp lớp cũng dừng lại. Tuy vậy cũng còn sự khác biệt (dù không nhiều) trong vận tốc các lớp cuối của mô hình này (từ 24km đến 32km). Điều này cũng nói lên chiều sâu của các động đất sử dụng trong nghiên cứu là không lớn (< 20km) và có ít tia sóng đi đến các lớp sâu hơn 20km. Đi cùng với mô hình vận tốc, số hiệu chỉnh trạm trong khu vực cũng được xác định và cho trong *bảng 4*. Kết quả trong *bảng 4* cũng phản ánh sự thay đổi rất ít số hiệu chỉnh trạm đối với các mô hình ban đầu khác nhau.

**Bảng 2. Thông số ban đầu và kết quả giải bài toán ngược theo các mô hình vận tốc vỏ Trái Đất 17 lớp**

STT	Độ sâu (km)	Mô hình 1		Mô hình 2		Mô hình 3	
		V <sub>p</sub> <sub>inp</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>out</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>inp</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>out</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>inp</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>out</sub> (km/s)
1	-2,00	4,80	4,82	4,50	4,53	5,00	5,02
2	0,00	5,20	5,36	5,00	5,13	5,40	5,35
3	1,00	5,40	5,36	5,20	5,15	5,50	5,35
4	2,00	5,50	5,36	5,30	5,25	5,60	5,43
5	3,00	5,60	5,72	5,40	5,64	5,70	5,67
6	4,00	5,70	5,72	5,50	5,64	5,80	5,67
7	5,00	5,80	5,72	5,60	5,64	5,90	5,77
8	6,00	5,90	5,97	5,70	5,87	6,00	5,89
9	8,00	6,00	5,97	5,80	5,87	6,10	5,96
10	10,00	6,10	5,97	5,90	5,96	6,20	5,98
11	12,00	6,20	6,05	6,00	6,02	6,40	6,18
12	15,00	6,40	6,16	6,20	6,08	6,60	6,18
13	18,00	6,60	6,26	6,40	6,28	6,80	6,31
14	21,00	6,80	6,38	6,60	6,49	6,90	6,44
15	24,00	7,00	6,61	6,80	6,69	7,10	6,72
16	28,00	7,10	6,90	7,00	6,79	7,30	7,10
17	32,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00

**Bảng 3. Mô hình vận tốc sóng P vỏ Trái Đất 8 lớp theo kết quả tính toán**

STT	Độ sâu (km)	Mô hình 1		Mô hình 2		Mô hình 3	
		V <sub>p</sub> <sub>inp</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>out</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>inp</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>out</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>inp</sub> (km/s)	V <sub>p</sub> <sub>out</sub> (km/s)
1	-2,00	4,80	4,83	4,50	4,56	5,00	5,03
2	0,00	5,20	5,11	5,00	5,13	5,40	5,30
3	3,00	5,60	5,48	5,40	5,47	5,80	5,52
4	6,00	5,90	5,74	5,70	5,76	6,10	5,77
5	15,00	6,40	6,10	6,20	6,01	6,60	6,06
6	24,00	6,80	6,38	6,60	6,23	6,90	6,65
7	28,00	7,10	6,67	6,90	6,52	7,30	7,02
8	32,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00

**Bảng 4. Hiệu chỉnh trạm đối với sóng P với mô hình vận tốc sóng P vỏ quả đất 8 lớp**

Trạm địa chấn	Hiệu chỉnh trạm (sec.)		
	Mô hình 1	Mô hình 1	Mô hình 1
MLAV	-0,23	-0,21	-0,16
SPVB	0,08	0,04	0,16
DBVB	0,00	-0,01	0,04
TTVB	0,13	0,14	0,19
SLVB	-0,06	-0,05	-0,02
TGVB	-0,29	-0,28	-0,24
NCVB	-0,09	-0,09	-0,03
CKVB	0,09	0,09	0,11
MUVB	-0,07	-0,05	-0,03
BMVB	0,31	0,32	0,33
MLVB	0,25	0,27	0,27
CLVB	0,00	0,00	0,00

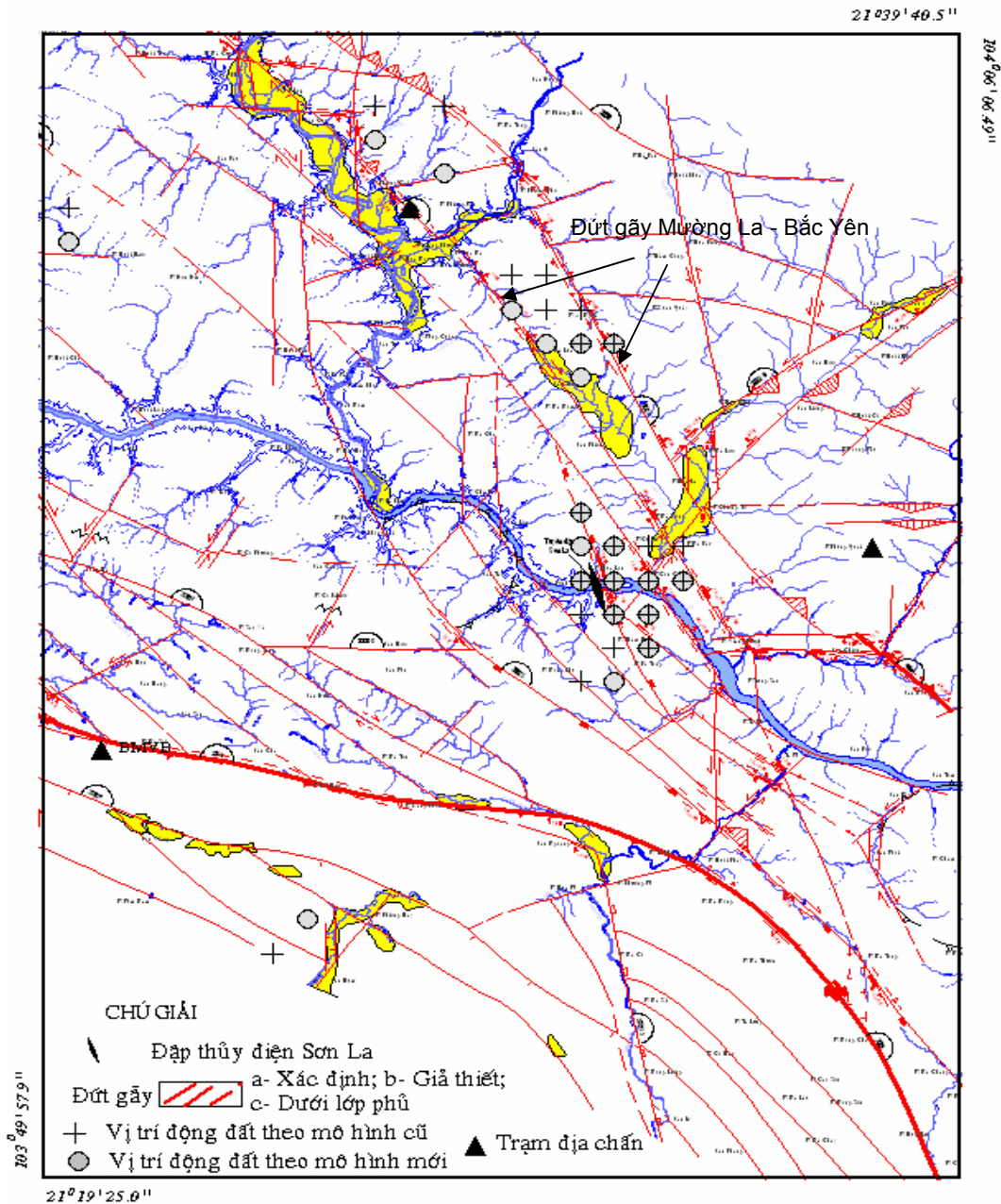
Kết quả tính toán đồng thời mô hình vận tốc và các thông số chấn tiêu vùng bắc Tây Bắc đã xác định được mô hình 1D vận tốc sóng P gồm 8 lớp cùng với số hiệu chỉnh đối với sóng P của 12 trạm địa chấn trong khu vực tại mô hình 1 trong các *bảng 3* và *bảng 4*. Để đánh giá tính hiệu quả của mô hình vận tốc vừa xây dựng, chúng tôi xác định lại vị trí của 135 động đất sử dụng trong nghiên cứu và so sánh với vị trí của các động đất này nhưng sử dụng mô hình vận tốc 3 lớp [3] với các thông số:

Độ sâu tới mặt lớp (km) 0,0      17,0      35,0  
 Vận tốc sóng P (km/s) 5,8      6,7      8,0  
 Tỷ số V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub> = 1,68

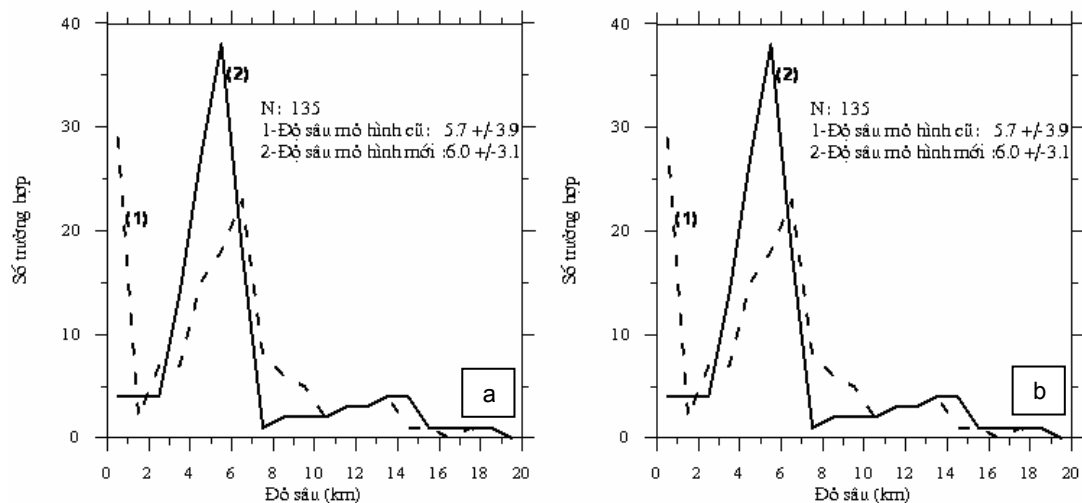
Đây chính là mô hình vẫn đang sử dụng trong xác định vị trí chấn tiêu động đất tại Việt Nam. Việc xác định vị trí chấn tiêu động đất trong cả 2 trường hợp đều sử dụng chương trình HYPOCENTER [4] và phần mềm SEISAN [5]. Kết quả xác định lại vị trí chấn tiêu động đất cho trên hình 1 cho thấy việc sử dụng mô hình vận tốc vỏ 8 lớp đã làm giảm độ phân tán trong kết quả định vị chấn tiêu động đất. Sự điều chỉnh vị trí chấn tiêu ở một vài vị trí chỉ là 1-2km, tuy nhiên, xem xét sự khác biệt này ở tỉ lệ lớn hơn sẽ thấy vị trí động đất sau khi xác định lại bằng mô hình mới sẽ thấy rõ sự liên hệ của chúng với các cấu trúc địa chất. *Hình 4* biểu diễn vị trí chấn tiêu động đất khi xác định bằng mô hình vận tốc 8 lớp (mới) và mô hình vận tốc 3 lớp (cũ) tại vùng đập thủy điện Sơn La. Có thể thấy, vị trí chấn tiêu động đất xác định với mô hình vận tốc mới tập trung trên đứt gãy Mường La - Bắc Yên và còn có thể suy đoán về

hướng cắm của đứt gãy này là đông bắc khi các động đất chỉ xuất hiện ở cánh phải đông bắc của đứt gãy. Để xem xét rõ hơn sự thay đổi chấn tiêu động đất khi sử dụng các mô hình khác nhau chúng tôi so sánh thêm sự thay đổi trong các thông số RMS và độ sâu chấn tiêu động đất. Trên hình 5a thấy rõ giá trị RMS khi xác định vị trí chấn tiêu động đất với mô hình vận tốc 8 lớp nhỏ hơn khi xác định bằng mô hình 3 lớp là 0,1 sec. Trên hình

5b cho thấy phân bố về độ sâu chấn tiêu động đất khi xác định vị trí chấn tiêu động đất bằng mô hình 8 lớp tập trung tại 6,0km trong khi độ sâu chấn tiêu xác định vị trí chấn tiêu động đất bằng mô hình 3 lớp lại rất phân tán và có rất nhiều độ sâu chấn tiêu động đất có giá trị 0km. Các so sánh này cho thấy, việc sử dụng mô hình vận tốc sóng P với 8 lớp đã cải thiện rất nhiều kết quả xác định vị trí chấn tiêu động đất.



Hình 4. So sánh vị trí chấn tiêu động đất khi xác định bằng mô hình vận tốc 8 lớp (mới) và mô hình vận tốc 3 lớp (cũ) tại vùng đập thủy điện Sơn La



Hình 5. a) Phân bố độ lệch bình phương trung bình khi xác định vị trí chấn tiêu động đất (RMS) với mô hình vận tốc cũ (1) và mới (2). b) Phân bố độ sâu chấn tiêu động đất khi xác định vị trí chấn tiêu động đất với mô hình vận tốc cũ (1) và mới (2)

## 5. Kết luận

Mô hình 1D vận tốc sóng P cho vùng bắc Tây Bắc Việt Nam được xây dựng dựa trên thời gian đến của sóng P và thuật toán giải bài toán ngược xác định đồng thời mô hình vận tốc vỏ Trái Đất và các thông số của chấn tiêu động đất [1]. Mô hình vận tốc bao gồm 8 lớp và tỷ số vận tốc  $V_p/V_s = 1,71$ . Với mô hình vận tốc thu được, độ chính xác của việc xác định chấn tiêu động đất đã được cải thiện đáng kể trong vị trí, độ sâu và giá trị RMS. Với tập hợp số liệu tốt, sử dụng mô hình vận tốc mới có thể thấy rõ được mối liên hệ giữa các cấu trúc địa chất với sự phân bố động đất. Do tính quan trọng của mô hình vận tốc trong xác định vị trí chấn tiêu động đất, trong các nghiên cứu chi tiết về địa chấn kiến tạo, nên xây dựng mô hình vận tốc thích hợp với khu vực nghiên cứu.

Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài nhà nước: “Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La” mã số ĐTDL.2009T/09.

## TÀI LIỆU DẪN

- [1] Kissling E., Ellworth W.L., Eberhart-Phillips D. and Kradolfer U., 1994: Initial reference models in local earthquake tomography. *J. Geophys. Res.*, 99, 19635-19646.
- [2] Kissling E., 1995: *Velost User's Guide*. Internal report 26, Institute of Geophysics, ETH Zurich, Switzerland.
- [3] Kissling E., Solarino S. and Cattaneo M., 1995: Improved seismic velocity reference model from local earthquake data in Northwestern Italy. *Terra Nova*, 7, 528-534
- [4] Lê Tư Sơn, 1996: Hoàn thiện một bước phương pháp xác định chấn tiêu động đất ở Việt Nam. Luận án PTS khoa học. Viện Vật lý Địa cầu.
- [5] Lienert, B. R. E., 1994: HYPOCENTER 3.2: A computer program for locating earthquakes locally, regionally and globally. Technical report, Hawaii Institute of Geophysics & Planetology.
- [6] Ottemöller, Voss and Havskov, 2011: *seisan earthquake analysis software for windows, solaris, linux and macosx*.

## SUMMARY

### Building One-dimensional P-wave velocity model for the northern part of North West Region of Vietnam

The 1D P-wave velocity model and station corrections were computed by Simultaneous Inversion/Coupled Hypocenter-Velocity Model Algorithm (Kissling E. at all, 1994) and the data set of 135 local earthquakes (located with a minimum of 5 observations and an azimuthal gap  $\leq 180^\circ$ ) for the northern part of North West Region of Vietnam. Based

on available research, initial P- wave velocity model contained of 17 layers was built with P wave velocity by 5.0km/s for first layer and by 8.0km/s for Moho with 32km of depth. For shallow crustal levels, thickness of the first layers is taken from 1 to 2 km. The layer thickness is increased gradually with increasing depth to about 4 to 5km at Moho depth. The ratio  $V_p/V_s = 1.71$  is determined by Wadati method using seismic data in the northern part of North West region of Vietnam. After many VELES runs, we get a simpler model that comprise of 8 layers by combining layers where velocities are very similar.

Using this velocity model and the program HYPOCENTER 3.2 (Lienert, 1994), we relocated a set of 135 local events. The comparison between previous earthquake locations and new relocated shows a good improvement and the RMS of the location errors are reduced that indicates the stability of the new model.