

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TRƯỜNG DÒNG CHẢY CỦA SÔNG ĐÁY BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ THỦY ĐỘNG HAI CHIỀU VỚI BIÊN DI ĐỘNG VÀ HIỆU ỨNG ĐƯỜNG BIÊN

TS. Trịnh Việt An, TS. Trương Văn Bốn

Trung tâm Động lực Cửa sông Ven biển & Hải đảo Viện Khoa học thủy lợi

KS. Trịnh Trung Dũng - Trường Đại học bách khoa, Hà Nội

1. Giới thiệu chung

Các vùng cửa sông ở Việt Nam nói chung và vùng cửa sông Đáy nói riêng là những vùng có cấu trúc địa hình, các quá trình động lực và các quá trình vận chuyển bùn cát rất phức tạp. Đây cũng là những vùng thường xuyên có những thay đổi đột biến về lòng dẫn cũng như sự hình thành các bãi bồi, đặc biệt là xói lở mạnh khi xuất hiện các đột biến về điều kiện khí tượng thủy văn như bão, lũ. Đây là chưa kể đến các điều kiện động lực khác như sóng, thủy triều thường xuyên tác động trực tiếp đến các vùng cửa sông này [1, 2, 3, 4, 5]. Vì vậy việc nghiên cứu, tìm hiểu và nắm bắt được các quá trình động lực tại các vùng cửa sông có một ý nghĩa to lớn và tầm quan trọng đặc biệt. Việc nghiên cứu để đề ra các biện pháp chỉnh trị thích hợp, việc khai thác và sử dụng đúng các vùng cửa sông là yêu cầu cấp thiết của Đảng, Nhà nước và của nhân dân. Song song với những vấn đề trên, vấn đề quan trọng bậc nhất là phải vừa khai thác và sử dụng các vùng cửa sông vào mục đích kinh tế xã hội và vừa phải đảm bảo an toàn tối đa cho việc thoát lũ [4, 5].

Với những mục tiêu đã đề cập trên đây, ngày nay việc khai thác và sử dụng mô hình toán hợp lý để tìm ra những giải pháp tối ưu luôn là công cụ đáng tin cậy và luôn cho hiệu quả kinh tế cao. Trong bài viết này, bằng các kết quả đo đạc khảo sát và bằng mô hình toán áp dụng cho vùng cửa sông Đáy, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu về các quá trình động lực tại vùng cửa sông này nhằm mục đích tìm ra các biện pháp chỉnh trị thích hợp để tăng cường khả năng thoát lũ và khai thác hợp lý.

Phần mềm VS2D 1.0 - mô hình số trị thủy động nước nông tích phân theo chiều thẳng đứng với biên di động có tính đến hiệu ứng đường biên đã được sử dụng để nghiên cứu các quá trình động lực tại vùng cửa sông Đáy. Đây cũng là mô hình tiên tiến vào bậc nhất ở Trung Quốc đã và đang được sử dụng rộng rãi để nghiên cứu các quá trình động lực và vận chuyển bùn cát trong thời gian hiện nay. Các kết quả áp dụng cho vùng cửa sông Đáy thu được khẳng định:

- 1) Việc lựa chọn mô hình VS2D 1.0 áp dụng nghiên cứu cho vùng cửa sông nước ta là hoàn toàn thích hợp và cần thiết, đặc biệt cho vùng cửa sông Đáy với cấu trúc địa hình rất phức tạp, nơi mà ở đây có nhiều bãi triều lúc bị ngập nước, lúc thì phơi ra do điều kiện của thủy triều và lũ.
- 2) Mô hình hoàn toàn có khả năng làm tái hiện được bức tranh động lực tại vùng cửa sông Đáy trong thời gian đo đạc và khảo sát tháng 1 năm 2000;
- 3) Mô hình đã khám phá được các quá trình động lực quan trọng tại vùng cửa sông Đáy như khu vực bồi lấp vùng cửa sông.

2. Cơ sở lý thuyết

Các phương trình mô tả các quá trình thủy động lực là các phương trình động lượng Reynolds và phương trình liên tục sau khi đã được lấy tích phân theo chiều thẳng đứng từ đáy ($z = -H(x, y)$) tới mặt nước tự do ($z = \eta(x, y, t)$) có tính toán đến điều kiện động học tại mặt nước và điều kiện tại đáy đồng thời tính toán đến hiệu ứng đường biên, trong hệ tọa độ Đề các với trục x hướng từ tây sang đông, trục y hướng từ nam tới bắc và trục z hướng từ dưới lên trên ta có hệ phương trình nước nông như sau:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + fV - g \frac{U \sqrt{U^2 + V^2}}{DC^2} + A_x \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + A_x \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\tau_{sx}}{\rho D} \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - fU - g \frac{V \sqrt{U^2 + V^2}}{DC^2} + A_x \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + A_x \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\tau_{sy}}{\rho D} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \theta_w \eta}{\partial t} + \frac{\partial \theta_u UD}{\partial x} + \frac{\partial \theta_v VD}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

ở đây:

$$U = \frac{1}{D} \int_{-H}^{\eta} u dz; \quad V = \frac{1}{D} \int_{-H}^{\eta} v dz; \quad D = H + \eta$$

A_x, A_y - hệ số nhớt rối theo chiều ngang x và y tương ứng;

τ_{sx}, τ_{sy} - ứng suất gió tại mặt nước theo trục x và y tương ứng;

C - hệ số Chezy;

f - tham số Coriolis;

g - gia tốc trọng trường;

$\theta_w, \theta_u, \theta_v$ - các thông số hiệu chỉnh đường biên theo các hướng z, x và y tương ứng.

3. Miền tính và lưới tính

Miền tính toán được giới hạn từ 19°44'25"N đến 20°00'00"N và từ 105°59'36"E đến 106°15'00"E, nghĩa là bao phủ toàn bộ khu vực quan trọng về các quá trình động lực và vận chuyển bùn cát cần xem xét vùng cửa sông Đáy, đồng thời từ cửa Đáy (cống tiêu) lên phía thượng lưu 4 km cũng nằm trong miền tính toán của mô hình. Như vậy miền tính có khoảng cách từ tây sang đông là 27,1 km và từ nam tới bắc là 29,5 km.

Để đảm bảo độ phân giải cần thiết về trường độ sâu và tăng độ chính xác trong mô hình, với điều kiện về số liệu thu thập cho phép và khả năng về tốc độ máy tính chúng tôi đã sử dụng bước không gian của lưới tính là $\Delta x = \Delta y = 100m$, như vậy lưới tính với kích cỡ 271 x 295 ô cho toàn bộ miền tính (Hình 1).

4. Số liệu quan trắc, điều kiện biên sử dụng trong quá trình tính toán và sơ đồ giải

a. Số liệu quan trắc

Để lựa chọn các tham số cho mô hình áp dụng cho vùng cửa sông Đáy, chúng tôi đã tiến hành đo đạc khảo sát từ 17 giờ ngày 21 tháng 01 đến 17 giờ ngày 24 tháng 01 năm 2000. Nội dung chính của đợt khảo sát là đo 07 mặt cắt ngang sông, 07 mặt cắt đường bờ, 2 trạm đo mực nước liên tục 1 lần/giờ, 01 trạm đo vận tốc 1 lần/2 giờ, 04 trạm đo vận tốc 1 lần/giờ, vị trí 4 trạm đo được trình bày trên Hình 1 và các trạm được đo đồng thời trong khoảng thời gian nói trên. Ngoài ra số liệu về mực nước từng giờ tại Trạm

thủy văn Như Tân cũng được thu thập đầy đủ trong thời gian khảo sát để phục vụ quá trình tính toán.

b. Sơ đồ giải và điều kiện biên

Hình 1 thể hiện trường độ sâu, vị trí các trạm cố định và các biên của miền tính. Với điều kiện cho phép về số liệu và tham khảo các công trình tính toán trước đây [6, 7, 8, 9], chúng tôi sử dụng các biên của mô hình đều là mực nước từng giờ.

Trong phần mềm VS2D 1.0 phương pháp ẩn luân hướng (ADI) được sử dụng để giải hệ phương trình trên. Hệ lưới vuông so le đã sử dụng để tính toán các biến trong hệ phương trình. Sơ đồ đón gió bậc một được áp dụng cho các thành phần bình lưu.

5. Kết quả tính toán thẩm định mô hình bằng số liệu đo đạc khảo sát

a. Nhận xét chung

Việc thẩm định mô hình đã được tiến hành nhờ 2 chuỗi số liệu đo đạc mực nước từng giờ dài 52 giờ tại Hòn Nẹ và Ninh Cơ, 3 chuỗi số liệu đo đạc vận tốc từng giờ tại 3 điểm trong miền tính như trên Hình 1. Để thẩm định mô hình, chúng tôi đã tiến hành hàng loạt các phương án tính toán nhằm mục đích tìm ra hệ số ma sát đáy thích hợp cho vùng cửa sông Đáy. Tính toán được tiến hành trên máy tính Pentium III với tốc độ 550 MHz và bước thời gian 6 giây. Để đảm bảo lời giải đạt kết quả ổn định, chúng tôi đã tiến hành tính toán cho 5 chu kỳ triều và thời gian thực cần thiết cho máy tính là 23 giờ trong mỗi phương án tính toán.

Kết quả tính toán cho thấy các hệ số ma sát vùng cửa sông Đáy thay đổi tương đối theo khu vực như bãi triều, lòng dẫn cửa sông và sông, nhưng những giá trị hệ số ma sát này vẫn nằm trong khoảng giá trị mà các tác giả trước đây đã sử dụng cho các vùng cửa sông tại Việt Nam.

Sự so sánh các kết quả tính toán về vận tốc tại 2 trạm quan trắc được thể hiện trên các Hình 2-3. Qua các kết quả tính toán chúng ta có thể khẳng định rằng sự chênh lệch về vận tốc giữa quan trắc và tính toán tại 2 điểm là không đáng kể. Sự phù hợp về pha của vận tốc quan trắc và tính toán khá tốt đã phản ánh đúng bức tranh động lực tại miền tính. Mặc dù có sự sai khác (0,3-0,4 m/s) vào thời điểm nước ròng đối với trạm I, trạm II nhưng đó là do những lý do khách quan khó tránh khỏi trong hoàn cảnh hiện nay như:

- 1) Lưới tính tuy đã dày (100 m) nhưng chưa đủ dày để thể hiện sự phức tạp của địa hình vùng cửa sông Đáy, đặc biệt là lòng dẫn, khi triều rút các bãi cát hai bên cửa sông được phơi ra và lòng dẫn vào những thời gian này rất hẹp và nông. Đây cũng là những hạn chế về tốc độ máy tính sử dụng để tính toán hiện nay.
- 2) Trạm III tuy đo đạc đã tiến hành ở độ sâu 5 mét nhưng nơi đây rất gần với bãi triều có độ sâu quá nhỏ (0,1-0,5 m), với điều kiện này vận tốc đo đạc bị ảnh hưởng rất lớn vào địa hình bãi triều. Tuy nhiên như đã trình bày ở trên, sự thích hợp về pha là khá tốt.
- 3) Sự nhiễu động về giá trị vận tốc có khả năng lớn tại trạm III và IV do ứng suất bức xạ. Theo sự nhận định của chúng tôi, đây là nơi có dòng chảy sóng lớn mà trong mô hình chưa xem xét đến.

Với các kết quả trên chúng ta có thể khẳng định mô hình hoàn toàn có khả năng khôi phục lại với độ chính xác khá tốt bức tranh động lực tại vùng cửa sông Đáy trong thời gian tiến hành khảo sát. Vì vậy chúng ta hoàn toàn có cơ sở để xem xét và nhận

định về các quá trình động lực tại đây bằng kết quả tính toán các trường vận tốc và mực nước trong thời gian nói trên.

b. Những điểm nổi bật về bức tranh động lực tại vùng cửa sông Đáy trong thời gian quan trắc

Hình 4 và 5 là trường vận tốc và mực nước tính toán tại thời điểm 14 giờ ngày 22 và tại thời điểm 22 giờ ngày 22 tháng 1 năm 2000. Như trên hình vẽ, phía đông và nam cửa Đáy hai xoáy tồn tại khoảng 6-8 giờ vào thời điểm nước ròng (từ 14 giờ ngày 22 đến 22 giờ ngày 22 tháng 1 năm 2000) với vận tốc tại đây chỉ vào khoảng 0-0,2 m/s. Vì vậy đây là những điều kiện thuận lợi để dòng phù sa tiếp tục bồi lấp hai bên cửa Đáy.

Phía tây nam hòn Mờ (Trạm IV), dòng chảy rất yếu vì vậy việc bồi lấp ở đây là do dòng phù sa từ cả hai sông Đáy và Ninh Cơ. Đây cũng là những nhận định rất phù hợp với thực tế diễn ra và với sự quan trắc của nhân dân địa phương trong hai năm qua.

6. Kết luận và kiến nghị

Với các kết quả thẩm định mô hình chúng ta có thể rút ra những kết luận chính sau đây:

- Việc lựa chọn mô hình VS2D.1.0 với biên di động và hiệu ứng đường biên áp dụng để tính toán các quá trình động lực cho vùng cửa sông là rất phù hợp.
- Mô hình hoàn toàn làm tái hiện được bức tranh động lực tại vùng cửa sông Đáy trong thời gian tiến hành khảo sát.
- Hoàn toàn có thể sử dụng mô hình để nghiên cứu các quá trình động lực tại đây với các kịch bản khác nhau về lũ và triều để tìm ra những giải pháp tối ưu nhất trong việc khai thác, sử dụng hợp lý và hoạch định các công trình chỉnh trị vùng cửa sông Đáy.
- Vùng cửa sông Đáy là nơi sẽ có nhiều biến động mạnh và thay đổi lớn về lòng dẫn cũng như các bãi triều khi có các biến động mạnh về điều kiện KTTV như bão, lũ.

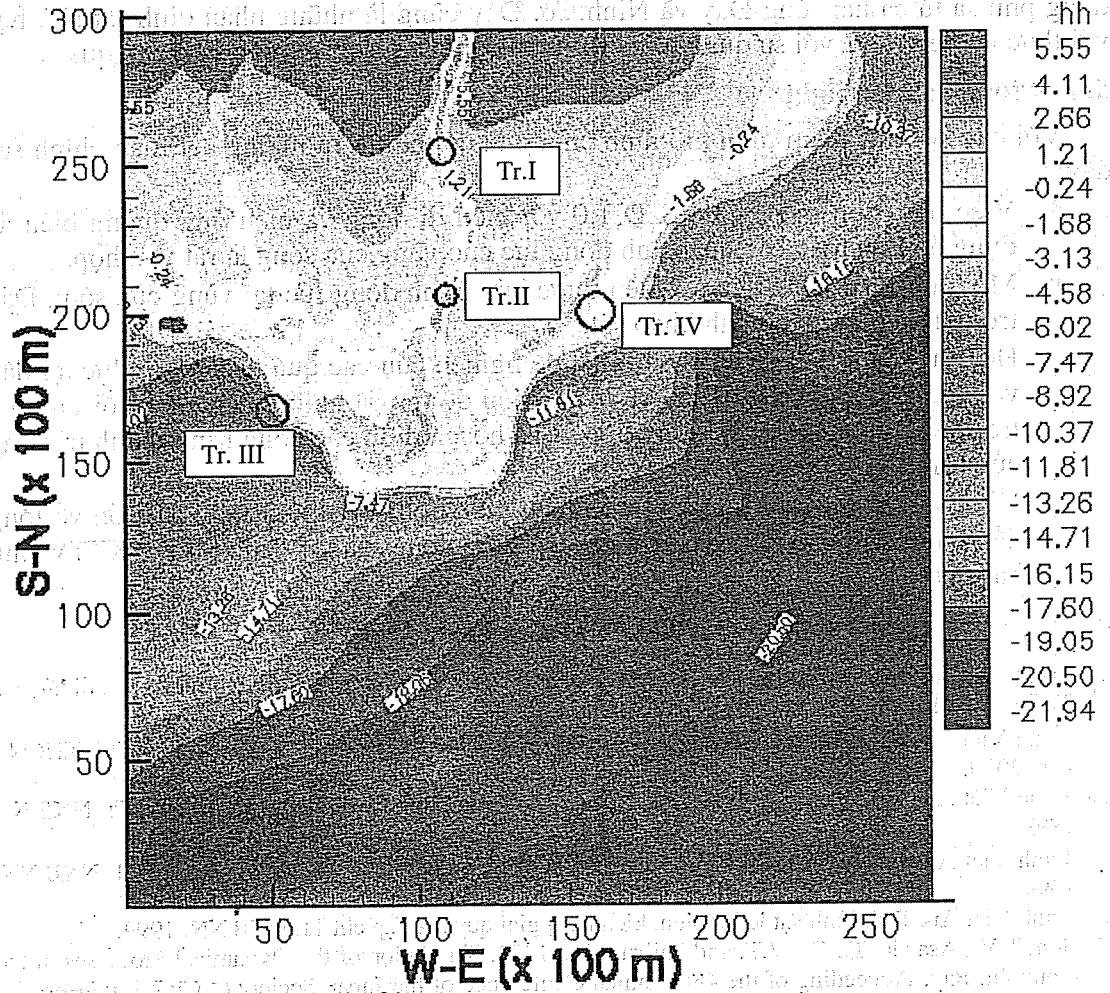
Tài liệu tham khảo

1. Trịnh Việt An, Lương Phương Hậu. Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng đến xói lở bờ biển và bồi lấp cửa Thuận An - Tạp chí KHCN &KT NN. & PINT - 6/2000
2. Trịnh Việt An, Lương Phương Hậu. Ý kiến giải pháp chỉnh trị cửa Thuận An - Tạp chí TT-KHCN - Huế 2000.
3. Trịnh Việt An. Nghiên cứu các GP KHCN tăng khả năng thoát lũ cửa Ba Lạt - Tạp chí TL NXB NN 1999.
4. Trịnh Việt An. Ứng dụng KHKT xử lý viễn thám trong nghiên cứu cửa sông - Tạp chí TL NXB NN. 1999.
5. Trịnh Việt An. Tình hình sạt lở bờ biển, kiến nghị giải quyết - Tạp chí TL NXB NN. 1999.
6. Bon, T.V., Asaeda, T., Ca, V.T. and Shibata, M., 1993. Simulation of the Dynamical Processes in the Oponohu Bay, Proceeding of the 48th annual Conference of the Japan Society of Civil Engineers, II: 286-287.
7. Trương Văn Bốn, Lê Trọng Đào, 1999. Thử nghiệm áp dụng mô hình tựa ba chiều về hoàn lưu đại dương để tính thủy triều cho biển Đông, số 6-1999/KTTV.
8. Lê Trọng Đào - Trương Văn Bốn. Tính toán nước dâng do bão bằng mô hình số trị thủy động. Tóm tắt báo cáo khoa học hội nghị KHTQ về biển lần thứ 3. Hà Nội, 1991.
9. Trương Văn Bốn, Lê Trọng Đào, Nguyễn Vũ Thắng, 2000. Nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo nước dâng do bão bằng cách kết hợp mô hình số trị thủy động hai và ba chiều. Số 4-2000/KTTV.

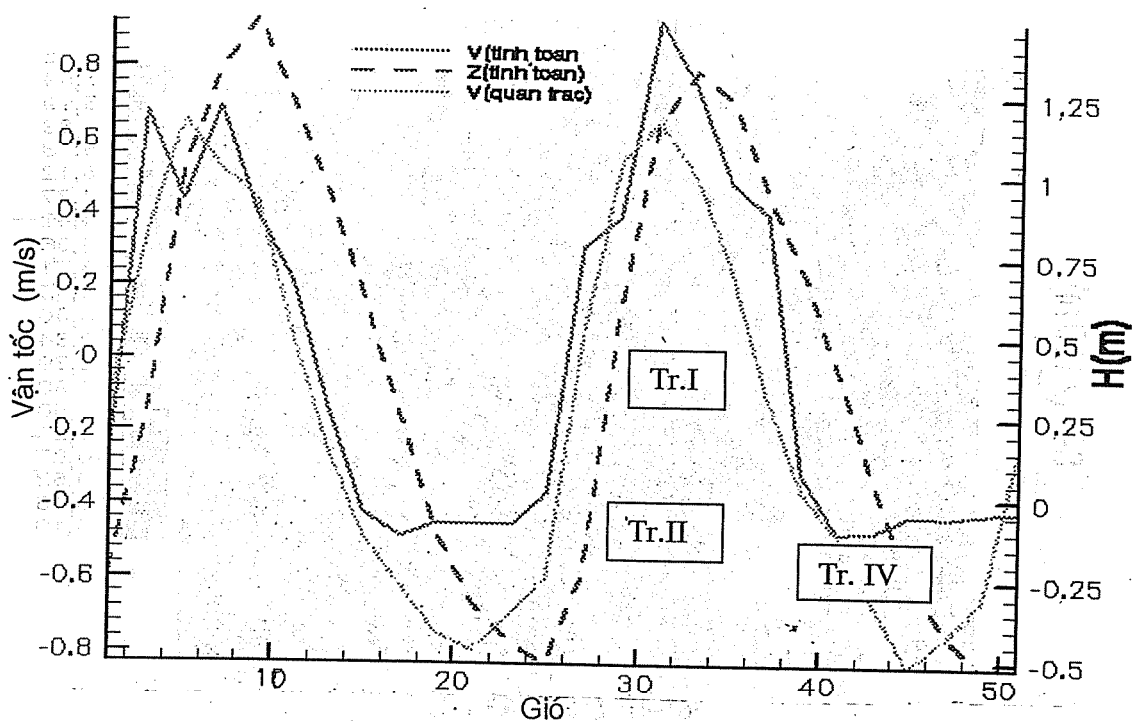
đỉnh và các gully được tạo tại đây bằng kết quả của các quá trình vận chuyển trầm tích.

Trong vùng nghiên cứu này có bốn điểm đặt trạm lấy nước để nghiên cứu nước ngầm như sau:

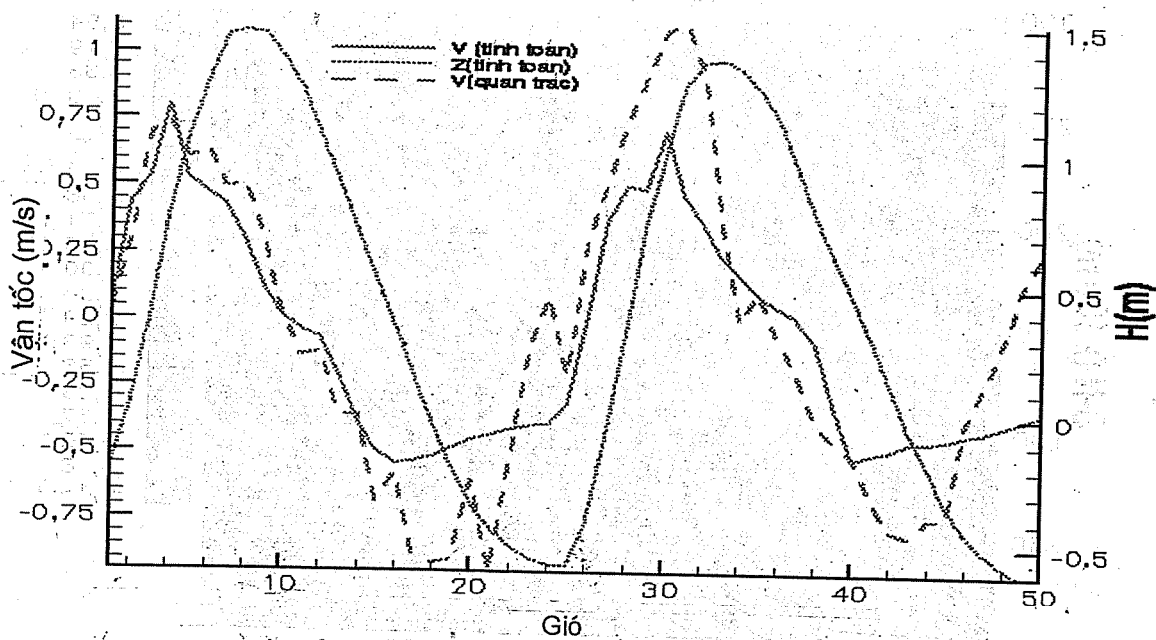
Điểm Tr. I: Được đặt tại khu vực phía bắc của hồ, gần bờ tây, tại khu vực có địa hình tương đối bằng phẳng, độ cao khoảng 250m. Điểm Tr. II: Được đặt tại khu vực phía bắc của hồ, gần bờ tây, tại khu vực có địa hình tương đối bằng phẳng, độ cao khoảng 250m. Điểm Tr. III: Được đặt tại khu vực phía tây của hồ, gần bờ tây, tại khu vực có địa hình tương đối bằng phẳng, độ cao khoảng 250m. Điểm Tr. IV: Được đặt tại khu vực phía đông của hồ, gần bờ tây, tại khu vực có địa hình tương đối bằng phẳng, độ cao khoảng 250m.



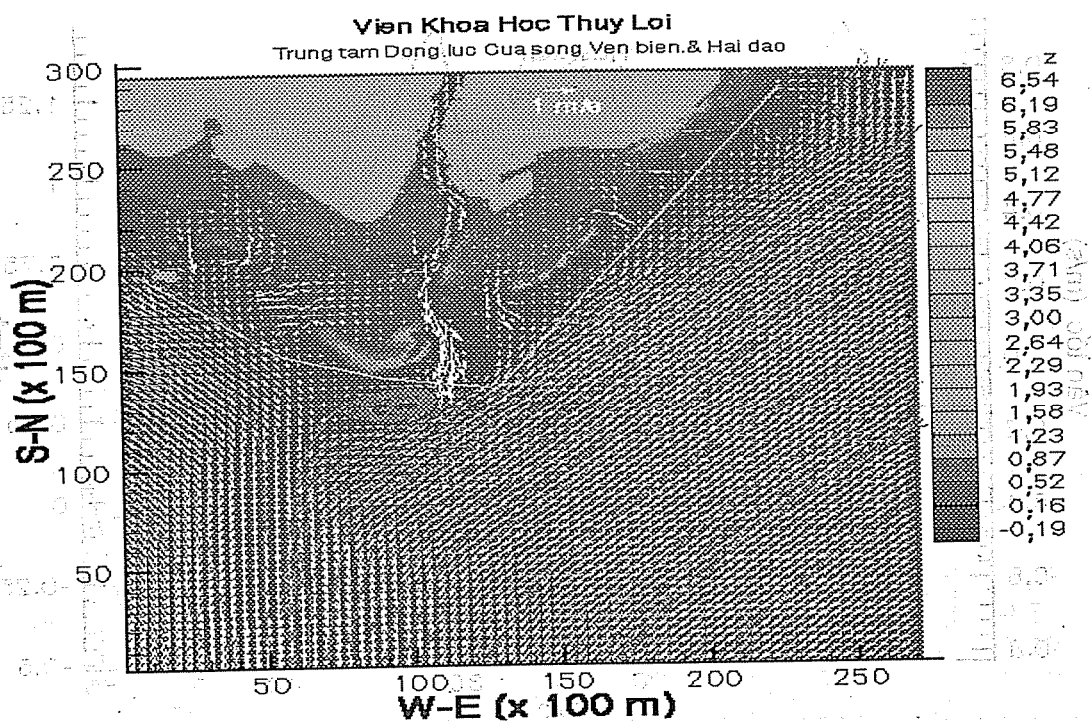
Hình 1. Trương độ sâu của đáy



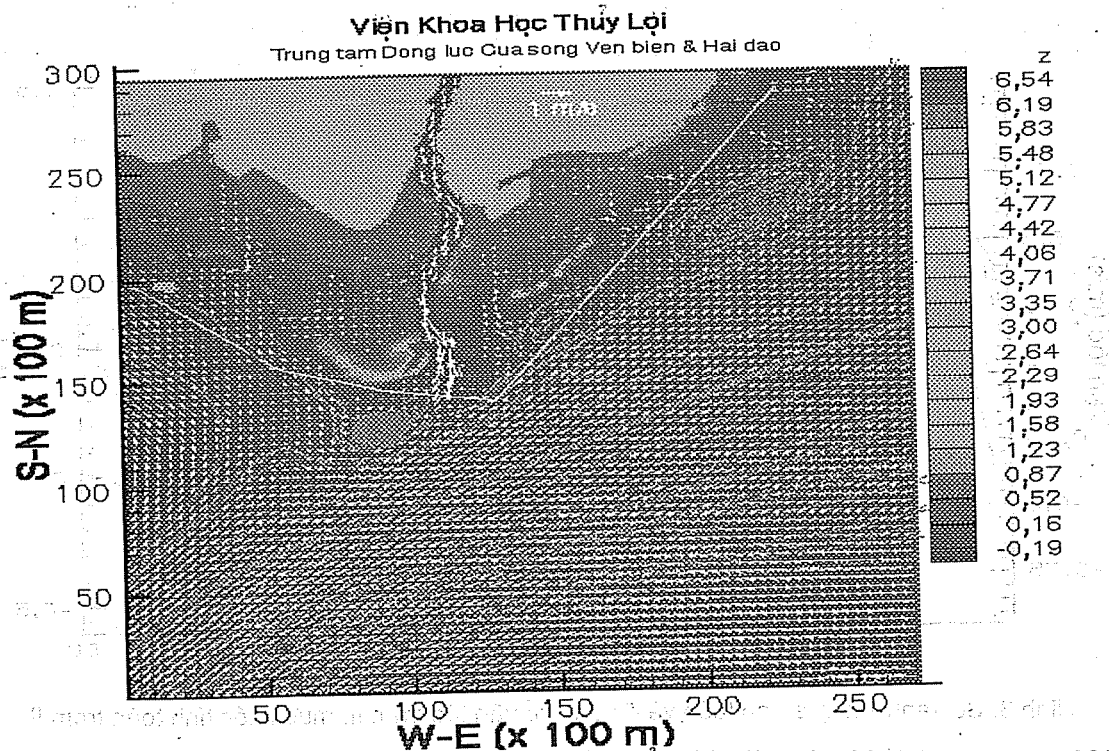
Hình 2. So sánh kết quả tính toán và đo đạc về vận tốc trạm I, mực nước tính toán trạm I.



Hình 3. So sánh kết quả tính toán và đo đạc về vận tốc trạm II, mực nước tính toán trạm II.



Hình 4: Trường dòng chảy cửa Đáy tại thời điểm 14 giờ ngày 22 tháng 1 năm 2000



Hình 5: Trường dòng chảy trong bể tại thời điểm 22 giờ ngày 22 tháng 1 năm 2000