

# QUAN TRẮC VÀ MÔ PHỎNG SỰ THAY ĐỔI HÌNH THÁI HỌC CỬA SÔNG TRONG THỜI ĐOẠN NGẮN

NGUYỄN TRUNG VIỆT, NGUYỄN CHIẾN, NGUYỄN PHƯƠNG MẬU

*Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi*

HITOSHI TANAKA

*Khoa Xây dựng dân dụng, Đại học Tổng hợp Tohoku, Nhật Bản*

**Tóm tắt:** *Diễn biến hình thái cửa sông vừa và nhỏ thường xảy ra nhanh và thường xuyên hơn so với các sông lớn. Sở dĩ có điều này là do sự thay đổi rõ rệt của lưu lượng nước từ thượng lưu và lưu lượng triều từ phía biển giữa các sông lớn và nhỏ, mặc dù các lực sóng tương ứng phần nào khá tương tự. Việc quản lý cửa sông loại vừa và nhỏ luôn đòi hỏi công tác quan trắc với tần suất thường xuyên hơn. Tuy nhiên, hệ thống quan trắc kiểu như vậy chưa được thiết lập. Trong bài nghiên cứu này, một phương pháp quan trắc được đề xuất cho việc nghiên cứu sự thay đổi địa hình tại các cửa sông loại vừa và nhỏ bằng việc sử dụng hệ thống chụp ảnh kỹ thuật số tự động tại vùng cửa sông. Thông qua chỉ số đọc được về vị trí của doi cát bên bờ trái, bờ phải mà suy ra chiều rộng của cửa sông. Từ các giá trị đo đạc, đã xác định được các thông số cho mô hình tính toán biến đổi chiều rộng của cửa sông.*

## 1. MỞ ĐẦU

Sông ở Nhật thường được phân thành 2 loại A và B, dựa trên chiều dài của sông và tính quan trọng của nó. Loại A được quản lý bởi cấp Quốc gia, loại B trực thuộc quyền quản lý cấp tỉnh. Tuy nhiên, do những hạn chế về kinh phí đo đạc, việc khảo sát rất hạn chế ngay cả đối với các sông loại A cũng chỉ thực hiện được mỗi năm một lần. Do vậy, đối với sông loại vừa và nhỏ, kinh phí rất ít ỏi dành cho việc khảo sát là điều rất dễ hiểu.

Đối với việc quan trắc diễn biến hình thái học vùng cửa sông và bờ biển, phương pháp đo đạc theo truyền thống được sử dụng hầu như khắp nơi trên toàn thế giới. Ngày nay, sự phát triển các công nghệ mới tạo điều kiện cho chúng ta có thể quan trắc với tần suất thường xuyên diễn biến hình thái học bờ biển. Chẳng hạn, hệ thống video đã được áp dụng đối với việc đánh giá tính biến động bãi biển vùng triều (xem [1], [2], [3]).

Với công trình nghiên cứu giới thiệu trong bài này, một hệ thống máy ảnh kỹ thuật số tự động được lắp đặt tại cửa sông Nanakita, Nhật Bản để tập trung vào quan trắc diễn biến cửa sông với thời đoạn ngắn. Về mặt lịch sử, hiện tượng đóng cửa sông Nanakita cũng đã xảy ra một vài lần (xem [10], [12]) và điều này làm

tăng khả năng ngập lụt trong mùa lũ. Một ý nghĩa đặc biệt quan trọng khác là vấn đề bảo tồn môi trường thiên nhiên, vùng vui chơi giải trí cho người dân sống ở khu vực gần cửa sông Nanakita.

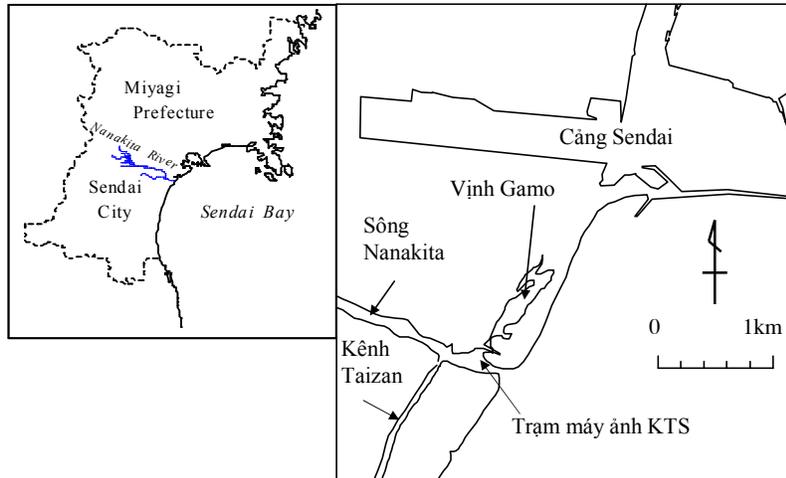
Ngoài ra, dựa vào chiều rộng cửa sông được suy ra từ các ảnh chụp, các hệ số trong mô hình diễn biến hình thái cửa sông được xác định đối với thời đoạn ngắn, và từ đó các kết quả khảo sát được tái hiện lại.

## 2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu là vùng cửa sông Nanakita tại phía Bắc thành phố Sendai, tỉnh Miyagi. Tổng chiều dài của con sông là 45km, diện tích lưu vực là 229km<sup>2</sup>, và là con sông cấp 2. Vùng đất bãi biển Gamo là vùng thiên nhiên phong phú, có nhiều cua, sò và chim biển..., và cũng là vùng đất được đưa vào bảo tồn môi trường. Hình 1 miêu tả tổng quan cửa sông Nanakita. Máy đo mực nước được đặt cách vị trí cửa sông khoảng 500m về phía thượng lưu, khoảng thời gian thiết lập để đo đạc là 5 phút. Ngoài ra, còn sử dụng dữ liệu về sóng triều, chiều cao sóng tại cảng Sendai để phân tích.

Các phân tích chi tiết của việc di chuyển các doi cát được thực hiện dựa trên không ảnh với

tần suất cao cho toàn bộ vùng cửa sông Nanakita (xem [7], [14]).



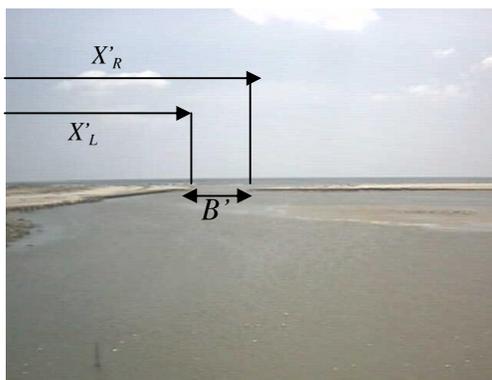
Hình 1 Cửa sông Nanakita

### 3. QUAN TRẮC CHIỀU RỘNG CỬA SÔNG BẰNG THIẾT BỊ CHỤP ẢNH KỸ THUẬT SỐ TỰ ĐỘNG

#### Chiều rộng cửa sông



Ảnh 1 Thiết bị chụp ảnh



Ảnh 2 Ảnh cửa sông

Lắp đặt thiết bị như Ảnh 1, với chiều cao 4m, khoảng cách tính từ cửa sông là 250m, khoảng

thời gian được thiết lập để chụp ảnh cửa sông là một tiếng đồng hồ. Ảnh 2 được chụp từ hệ thống chụp ảnh tự động. Ảnh 2 chỉ ra được chiều dài  $X_L$ ,  $X_R$ . Gọi chiều rộng từ mép đầu của kè hướng dòng đến bờ phải là  $B$ , và coi  $B$  là chỉ số chiều rộng cửa sông. Chụp ảnh giữa hai mục tiêu định vị chuẩn là 10m. Tính toán khoảng cách giữa hai điểm đo trái và phải, sau đó chuyển đổi sang khoảng cách thực và tính được vị trí bờ phải, bờ trái và chiều rộng cửa sông.

#### Hiệu chỉnh chiều rộng do ảnh hưởng của mực nước triều

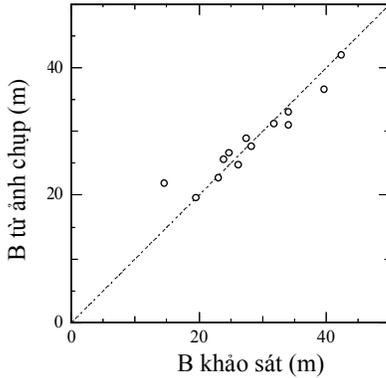
Cần thiết phải hiệu chỉnh tọa độ  $X_L$ ,  $X_R$ , chiều rộng cửa sông  $B$  tại một mực nước triều để điều tra sự biến đổi cửa sông.

Từ các ảnh chụp trong ngày, chọn một ảnh đẹp nhất để đọc được chiều rộng cửa sông, thực hiện chỉnh sửa mực nước triều căn cứ vào mực nước tại cửa sông và độ dốc mặt nghiêng, chúng ta tính toán được chiều rộng cửa sông tại T.P.0 (Mực nước chuẩn tại cảng Tokyo). Sử dụng độ dốc của bề mặt bãi cát ( $I$ ) mà có thể xác định được từ số liệu đo đạc địa hình, chiều rộng cửa sông có thể được hiệu chỉnh lại. Nếu mực nước triều lớn hơn T.P.0 thì độ dốc  $I=0.057$ , nếu mực nước triều nhỏ hơn T.P.0 thì độ dốc  $I=0.164$ . Vì vậy, độ hiệu chỉnh do mực nước tại cửa sông,  $\Delta X$ , thu được bởi công thức sau:

$$\Delta X = -\Delta H / I \quad (1)$$

Trong đó,  $\Delta H$  là mực nước tương ứng với T.P.0 khi ảnh được chụp.

Hình 2 diễn tả sự so sánh giữa chiều rộng cửa sông đã tính toán qua ảnh và giá trị đo đạc thực tế. Chúng ta có thể khẳng định được độ chính xác hoàn toàn cho phép bằng việc sử dụng phương pháp này và tính hiệu quả của phương pháp cũng được thể hiện rất rõ ràng trên hình 2. Tuy nhiên, khi phần cửa sông ngoằn ngoèo lớn sẽ sinh ra sai số lớn, tại thời điểm đó sẽ không sử dụng các dữ liệu để tính toán.



Hình 2. So sánh giá trị chiều rộng cửa sông tính toán và đo đạc

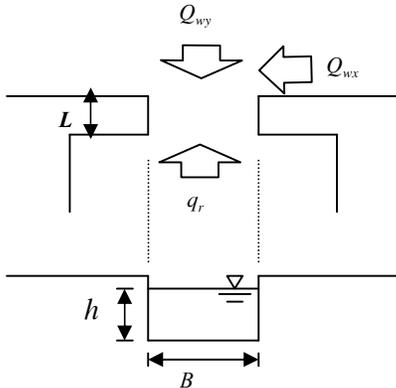
#### 4. MÔ HÌNH BIẾN ĐỘNG CỬA SÔNG

##### Các phương trình cơ bản của mô hình

Theo kết quả nghiên cứu trước đây của Tanaka [11], phương trình cơ bản của mô hình dự đoán chiều rộng cửa sông như sau:

$$(1 - \lambda)Lh \frac{dB}{dt} = e_r q_r B - e_{wx}(1 - \lambda)Q_{wx} \quad (2)$$

Trong đó:  $\lambda$  là hệ số độ rỗng của cát,  $L$  là chiều rộng cửa doi cát cửa sông (cả 2 phía),  $h$  là độ sâu mực nước,  $q_r$  là lượng bùn cát đáy bồi triều và lưu lượng sông,  $e_{wx}$  là hiệu suất mang bùn cát vào bờ sông,  $e_r$  là hiệu suất mang bùn cát đi khỏi cửa sông bởi lưu lượng theo một hướng duy nhất,  $Q_{wx}$  là lượng cát phù du theo hướng dọc bờ biển.



Hình 3. Khái niệm mô hình biến đổi chiều rộng cửa sông

Bài nghiên cứu này tập trung vào xem xét sự biến đổi hình thái cửa sông trong thời gian ngắn, nên lượng bùn cát dịch chuyển ngang bờ cũng được xem xét. Với các thành phần vận chuyển bùn cát xem xét và tính bảo tồn trong hình 3, phương trình (2) được mở rộng như sau:

$$(1 - \lambda)Lh \frac{dB}{dt} = e_r q_r B - e_{wx}(1 - \lambda)Q_{wx} - e_{wy}(1 - \lambda)Q_{wy}B \quad (3)$$

Ở đây,  $e_{wy}$  là hiệu suất mang bùn cát từ sông ra biển,  $Q_{wy}$  là lượng cát phù du theo bờ sông. Trong công thức tính lượng cát phù du có sử dụng độ rỗng của cát, để tính thể tích thực của cát, cần thiết phải nhân thêm một hệ số  $(1 - \lambda)$  ở vế phải của công thức (2). Lượng cát dòng chảy  $q_r$  và lượng cát phù du ở bờ  $Q_{wx}$ , cùng lượng cát phù du bờ-vịnh  $Q_{wy}$  được tính như sau:

Lưu lượng bùn cát đáy  $q_r$  được tính theo công thức của Meyer Peter and Muller [5]:

$$\frac{q_r}{\sqrt{sgd^3}} = \begin{cases} 8(\phi - \phi_c)^{3/2} & (\phi > \phi_c) \\ 0 & (\phi \leq \phi_c) \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó,  $s$  là tỉ trọng của cát ngập nước,  $d$  là đường kính hạt cát,  $g$  là gia tốc trọng trường,  $\phi$  là tham số Shields,  $\phi_c$  là giá trị tham số Shields giới hạn. Áp dụng hệ số ma sát của Manning, công thức (4) được biểu diễn như sau:

$$q_r = 8\sqrt{sgd^3} \left( \frac{n^2 Q_{tm}^2}{sdh^{7/3} B^2} - \phi_c \right)^{3/2} \quad (5)$$

$Q_{tm}$  là lưu lượng của sông,  $n$  là hệ số nhám Manning. Lượng bùn cát dọc bờ biển  $Q_{wx}$  được tính bằng công thức CERC (hiệp hội cải tạo, xây dựng dân dụng Mỹ)

$$Q_{wx} = \alpha |E_x| \quad (6)$$

Trong đó,  $\alpha$  là hệ số bùn cát dọc bờ,  $E_x$  là thành phần luồng năng lượng sóng theo hướng dọc bờ tại điểm sóng vỡ, không phụ thuộc vào hướng của cát phù du, và có giá trị tuyệt đối.

Về thành phần  $Q_{wy}$ , có nhiều công thức tính toán đã được đề xuất (xem [4]). Ở đây sử dụng công thức đề xuất bởi Sunamura và Takeda [9]:

$$Q_{wy} = Kw_0 d \left( \frac{H_b}{d} \right)^3 \quad (7)$$

Với  $K$  là hệ số,  $w_0$  là tốc độ lắng đọng của

một hạt cát,  $H_b$  là chiều cao sóng vỡ. Tốc độ lắng của hạt cát tính theo công thức Rubey.

### Hiệu chỉnh hệ số

Trong công thức (3),  $e_r$ ,  $e_{wx}$ ,  $e_{wy}$  là ba ẩn số không thứ nguyên, biểu thị dưới dạng hiệu suất của sự chuyển dịch bùn cát xung quanh cửa sông. Bằng việc sử dụng số liệu chiều rộng cửa sông với tần suất cao từ việc phân tích ảnh, chúng ta có thể tính được chính xác tỉ lệ biến đổi chiều rộng cửa sông  $dB/dt$  tại vế trái của

phương trình (3). Ba ẩn số  $e_r$ ,  $e_{wx}$ ,  $e_{wy}$  được hiệu chỉnh bởi việc giảm thiểu tối đa sai số giữa tính toán và số liệu đo đạc.

Các hệ số được suy ra bằng phương pháp trên được tổng kết ở bảng 1, cùng với việc tính toán của Srivihok [8] đối với sự thay đổi hình thái cửa sông thời đoạn dài tại cùng khu vực nghiên cứu. Ngoài ra, các hệ số tính toán đối với các sông Abukuma và Samekawa (xem [6]) cũng được chỉ ra ở bảng 1 này.

Bảng 1. Bảng so sánh các hệ số

	Nanakita River		Abukuma River*	Samegawa River**
	Thời đoạn ngắn	Thời đoạn dài*		
$e_r$	0.32	0.2	0.05	0.05
$e_{wx}$	0.56	1.00	0.25	0.07
$e_{wy}$	0.7	-	-	-

\* Theo kết quả nghiên cứu của Srivihok(2005);

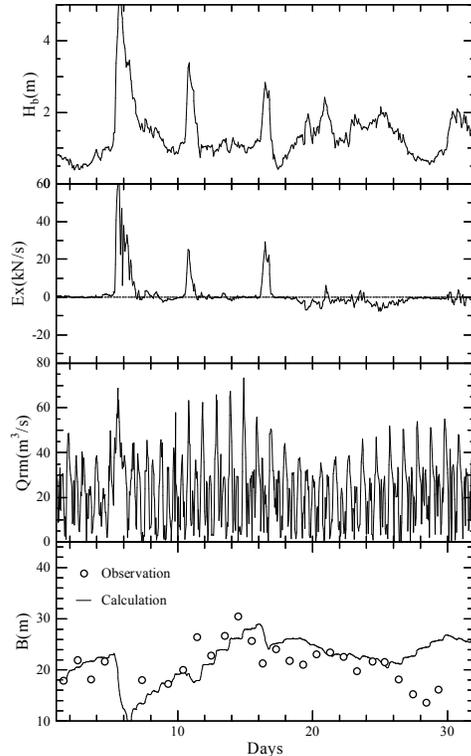
\*\* Theo kết quả nghiên cứu của Brooks (1984)

Ở đây, cần lưu ý rằng các giá trị  $e_r$  và  $e_{wx}$  tại cửa sông Nanakita lớn hơn các giá trị tương ứng của cửa sông Abukuma và sông Samekawa. So sánh hệ số này tại cửa sông Nanakita đối với sự thay đổi hình thái cửa sông trong thời đoạn ngắn và dài, các giá trị mà bài nghiên cứu này đề cập là lớn hơn,

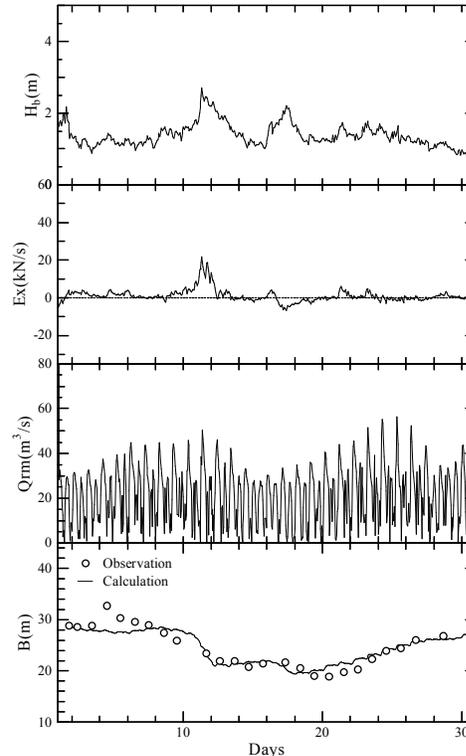
mặc dù các hệ số không tương thích về thời đoạn.

Từ giá trị  $e_{wx}$ , chúng ta có thể thấy rằng, có 50-60% lượng bùn cát dọc bờ ảnh hưởng đến các doi cát cửa sông. Ngoài ra, trong thời đoạn ngắn, có đến 70% lượng bùn cát ngang bờ ảnh hưởng đến sự diễn biến hình thái học cửa sông.

### Kết quả tính toán



Hình 4 Chiều rộng cửa sông và các ngoại lực (Tháng 12/2004)



Hình 5 Chiều rộng cửa sông và các ngoại lực (Tháng 6/2005)

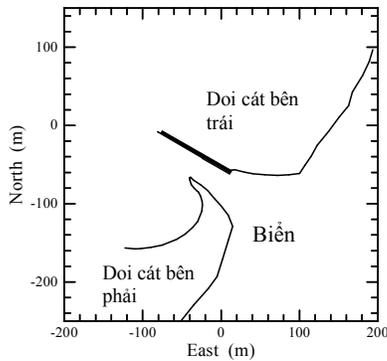
Hình 4 và 5 miêu tả kết quả tính toán chiều rộng cửa sông B bằng việc tích phân đạo hàm  $dB/dt$  từ phương trình (3).

$$B = \int_0^t \frac{dB}{dt} dt + B_0 \quad (8)$$

Trong đó,  $B_0$  là giá trị đầu của chiều rộng cửa sông.

Từ hình 5, chúng ta có thể kết luận rằng kết quả của mô hình tính toán rất phù hợp với số liệu khảo sát. Tuy nhiên, kết quả từ hình 4 thì ngược lại, có sự sai khác lớn giữa mô hình toán và số liệu đo đạc khi so sánh chiều rộng cửa sông sau ngày 26 tháng 12.

Hình 6 và 7 chỉ ra sơ đồ địa hình tương ứng



Hình 6- Hình dạng cửa sông (24/1/2005)

Một tuần trước 26/12/2004, lưu lượng sông giảm xuống mạnh nhưng năng lượng sóng vẫn còn rất trội. Vì vậy giả thiết rằng doi cát phía bên phải lồi vào phía trong cửa sông như hình 6. Đây là lý do tại sao kết quả mô hình không được phù hợp với số liệu đo đạc do hình dạng cửa sông giả thiết đã bị khác đi nhiều.

## 5. KẾT LUẬN

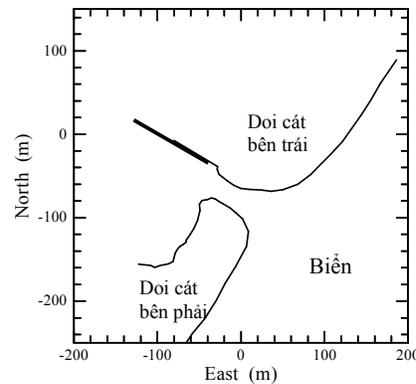
Một số kết quả chính được rút ra từ bài nghiên cứu này như sau:

(1) Đã xác định được sự biến động của bề rộng cửa sông có độ chính xác cho phép với tần suất cao, bằng cách đo đạc các điểm biến động của các doi cát cửa sông, sau khi đã lắp đặt thiết bị chụp ảnh tự động.

(2) Mô hình dự đoán diễn biến hình thái cửa

cửa sông vào ngày 24/1/2005 và 1/6/2005. Trong tháng 6/2005, hình dạng của cửa sông rất giống với hình chữ nhật, tương ứng với hình dạng giả thiết như đã miêu tả trong hình 3. Do đó, chúng ta có thấy rất rõ ràng rằng mô hình có thể áp dụng và tái hiện được kết quả đo đạc rất tốt.

Tuy nhiên, chúng ta không có được thông tin về hình dạng cửa sông gần với ngày 26/12/2004 tại cửa sông Nanakita, và nó được giả định rằng mũi của doi cát bên phải có xu hướng dồn vào phía trong cửa sông trong thời đoạn đó (xem [13]). Sở dĩ có điều này là do lưu lượng sông nhỏ, trong khi đó sóng lớn tác động từ phía biển.



Hình 7- Hình dạng cửa sông (1/6/2005)

sông đề xuất bởi Tanaka[11] được áp dụng để mô phỏng sự phát triển doi cát tại sông Nanakita. Sự mô phỏng của mô hình này xem xét đến điều kiện thực tế của vận chuyển bùn cát dọc bờ và ngang bờ gây ra bởi sóng tới và lượng bùn cát dịch chuyển gây ra bởi dòng triều và lưu lượng sông. Các thông số chung trong mô hình được đánh giá bằng việc sử dụng số liệu hình thái cửa sông trong thời đoạn ngắn, thu được từ máy ảnh kỹ thuật số.

(3) Bằng việc sử dụng các hệ số đạt được từ các ảnh chụp, một mô hình đã được áp dụng để tính toán sự thay đổi chiều rộng cửa sông. Mô hình có thể tái hiện được tốt các giá trị đo đạc trong trường hợp hình dạng doi cát cửa sông gần với hình chữ nhật như đã giả thiết trong mô hình. Tuy nhiên, vào mùa đông thì sự tái hiện

chiều rộng cửa sông không được tốt do sự xâm nhập của doi cát tại cửa vào của sông.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Aarninkhof, S.G.L. and Roelvink, J.A. (1999). ARGUS-based monitoring of intertidal beach morphodynamics, *Proc. of Coastal Sediments Conf.*, ASCE, pp. 2429-2444.
- [2] Aarninkhof, S.G.L. , Mark, C. and Stive, M.J.F. (2000). Video-based, quantitative assessment of intertidal beach variability, *Proc. of 27<sup>th</sup> Int. Conf. on Coastal Engineering*, ASCE, pp. 3291-3304.
- [3] Alport, M., Basson, J. and Saltau, C. (2001). Discrimination and analysis of video imaged shorelines and nearshore processes, *Proc. of Coastal Dynamics Cong.*, pp. 898-997.
- [4] Horikawa, K. (editor) (1988). *Nearshore Dynamics and Coastal Processes: Theory, Measurement, and Predictive Models*, Univ. Tokyo Press, 522p.
- [5] Meyer-Peter, E. and Muller, R. (1948). Formulas for bed-load transport, *Proc. of 2<sup>nd</sup> IAHR Meeting*, pp. 39-64.
- [6] Ogawa, Y., Fujita, Y. and Shuto, N. (1984). Change in cross-sectional area and topography at a river mouth, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.27, pp. 233-247.
- [7] Srivihook, P. and Tanaka, H. (2005). Interaction between river mouth morphology and wave, tide and river flow, *Proc. of 3<sup>rd</sup> Asian and Pacific Coastal Eng. Conf.*, pp.1681-1694.
- [8] Srivihook, P. (2006). Study on river mouth morphodynamics responding to wave, tide and river flow, *Dr. Eng. Dissertation*, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 118p.
- [9] Sunamura, T. and Takeda, I. (1984). Landward migration of inner bars, *Marine Geol.*, Vol.60, pp. 63-78.
- [10] Tanaka, H. and Shuto, N. (1991). Field measurement of the complete closure at the Nanakita River mouth in Japan, *Proc. of Int. Symp. On Natural Disaster Reduction and Civil Engineering Conf.*, JSCE, pp. 67-75.
- [11] Tanaka, H., Kabutoyama, H. and Shuto, N. (1995). Numerical model for predicting migration of a river mouth, *Proc. of Computer Modeling of Seas and Coastal Regions II Conf.*, pp. 345-352.
- [12] Tanaka, H. , Takahashi, A. and Takahashi, F. (1996). Complete closure at the Nanakita River mouth in 1995, *Proc. of 25<sup>th</sup> Int. Conf. on Coastal Engineering*, ASCE, pp. 4545-4556
- [13] Tanaka, H. (2003). Mathematical modeling of morphological change at a river mouth, *Proc. of Int. Symp. On Estuary and Coast*, pp. 87-98.
- [14] Tanaka, H. and Srivihok, P. (2004). Impact of port construction on coastal and river mouth morphology- A case study at Sendai Port, *Proc. of 9<sup>th</sup> Int. Symp. on River Sedimentation*, pp. 406-415

#### **Abstract:**

#### **MONITORING AND MODELING OF SHORT-TERM MORPHOLOGY CHANGES AT A RIVER ENTRANCE**

**NGUYEN TRUNG VIET, NGUYEN CHIEN,  
NGUYEN PHUONG MAU, HITOSHI TANAKA**

*It is known that morphology change occurs more rapidly at a mouth of small or medium rivers as compared with large rivers. This is mainly due to distinctly difference of fresh water and tidal discharge between small and large rivers, although corresponding wave forces are more or less similar between them. For river mouth management, accordingly, more frequent monitoring is highly required at small river mouths. However, such monitoring system enabling frequent acquisition of morphological information has not been established. In the present study, a monitoring method is proposed for topography change at a small and medium river mouth using an automated digital camera installed at a river entrance. Through the value of right and left sand spit, we can determine the river mouth width. By using measurement data, parameters for numerical model were also determined.*

---

Người phản biện: **PGS.TS. Đỗ Văn Túc**