

KHAI THÁC CÁT VÀ VẤN ĐỀ SẠT LỞ BỜ SÔNG Ở KHU VỰC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH VÀ NAM BỘ

Nguyễn Xuân Mãn, Phạm Thanh Tiền
Viện Cơ học Ứng dụng

TÓM TẮT: Vấn đề sạt lở bờ sông đang là vấn đề thời sự và cấp bách, đòi hỏi phải xác định được các nguyên nhân từ đó đề xuất các giải pháp hạn chế và khắc phục hữu hiệu. Bài viết này đề cập ảnh hưởng của việc khai thác cát đến ổn định của bờ, từ đó đưa ra thông số chiều sâu và khoảng cách khai thác hợp lý nhằm hạn chế sạt lở, đảm bảo ổn định của bờ. Trong bài viết minh họa tính toán số cho điều kiện của vùng châu thổ sông Sài Gòn và sông Đồng Nai.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu khai thác cát dưới lòng sông phục vụ xây dựng khu vực Thành phố Hồ Chí Minh và các địa phương ở Nam bộ ngày càng tăng. Nguồn cát khai thác chủ yếu là ở các sông Đồng Nai, Sài Gòn, Vàm Cỏ, Sông Tiền, Sông Hậu,..... Theo kết quả báo cáo thì trữ lượng và khai thác cát ở một số sông chính như sau (bảng 1):

Bảng 1 : Trữ lượng và khai thác cát ở một số sông [1]:

STT	Sông	Trữ lượng (triệu m^3)	Khai thác (triệu m^3 / năm)	Ghi chú
1	Sông Đồng Nai	40	5,0 – 6,0	05 xí nghiệp khai thác
2	Sông Nhà Bè	Tận thu	2,0	02 đơn vị khai thác
3	Sông Sài Gòn		0,27	02 đơn vị khai thác
4	Sông Vàm Cỏ		0,35	03 đơn vị khai thác

Tình hình khai thác cát ở các sông đã gây một số tác động xấu đến ổn định bờ sông và các tác động khác liên quan đến chế độ dòng chảy. Các tác động đó là:

- Thúc đẩy quá trình sạt lở hai bờ sông.
- Chế độ dòng chảy bị thay đổi, gây bồi lắng không đều.
- Ảnh hưởng chế độ đi lại của tàu bè.

Quan sát thực tế cho thấy có những nơi bờ sông sạt lở kéo dài hàng ngàn mét và ăn sâu vào bờ hàng trăm mét. Hậu quả là có nhiều công trình, tài sản bị mất, kể cả thiệt hại về người. Một số vụ sạt lở bờ sông những năm gần đây được cho trong bảng 2.

Có nhiều nguyên nhân gây hiện tượng sạt lở bờ sông. Qua nghiên cứu sơ bộ đã chỉ ra một số nguyên nhân liệt kê dưới đây:

- Vận chuyển xà lan cát di chuyển theo dòng sông tạo xoáy ngầm, sóng ngầm,....
- Khai thác cát trên sông không theo quy hoạch, quy định.
- Chế độ dòng chảy, chế độ thủy lực phức tạp tạo nên xoáy ngầm, sóng ngầm.
- Nền địa chất của bờ và lòng sông yếu. Bờ dốc và hàm ếch.
- Con người khai thác bờ sông (lấn chiếm, xây nhà,...) vô ý thức đã phá huỷ trạng thái ổn định ban đầu và làm tăng tải trọng lên bờ dốc.

Trong bài viết này đề cập đến sạt lở bờ do khai thác cát trên sông. Có thể thấy rằng hiện nay khai thác cát trên các sông Đồng Nai, sông Sài Gòn chưa đảm bảo quy định, chưa hợp lý.

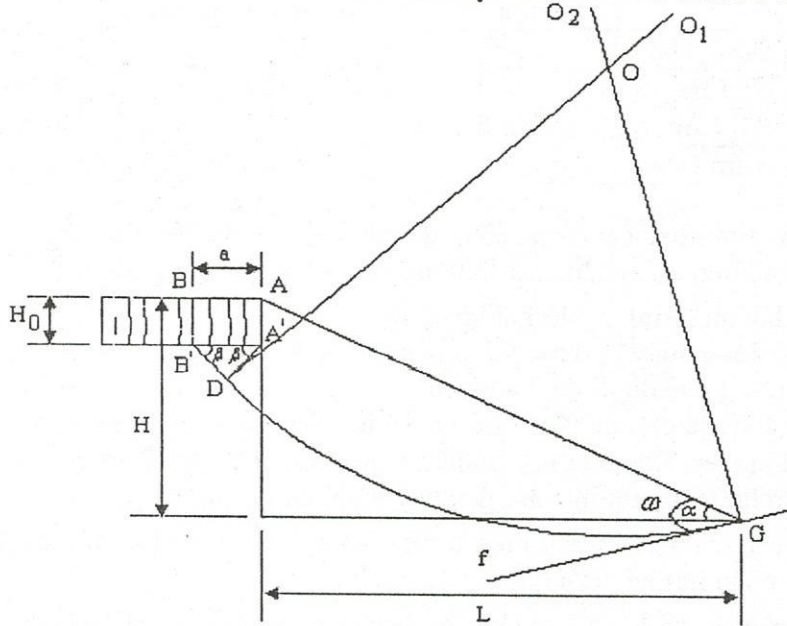
Biểu hiện là:

- Công nghệ khai thác chưa tốt.
- Chiều sâu khai thác vượt giới hạn cho phép.
- Khoảng cách khai thác cách bờ chưa đảm bảo.

Bảng 2: Một số vụ sạt lở bờ sông
(theo tài liệu trên các phương tiện thông tin đại chúng)

Stt	Thời gian	Địa điểm	Quy mô sạt lở	Ghi chú
1	26/5/2004	Phường 27, Q. Bình Thạnh, Tp.HCM	$S= 300 m^2$	
2	31/5/2004	Long Phước, Q.9 Tp.HCM	$S=7000 m^2$	
3	31/5/2004	Thanh Đa- Q. Bình Thạnh Tp.HCM	$S=1300 m^2$. Sâu : 20m Dài = 60m -70m	
4	Tháng 7/2004	762 Xô Viết Nghệ Tĩnh, P.27, Q. Bình Thạnh, Tp.HCM	$110 m^2$	
5	17/8/2004	Phường 26, Q. Bình Thạnh, Tp.HCM.		5 hộ và tài sản bị nhấn chìm. 10 hộ hư hại nặng. Hàng trăm hộ phải di dời
6	6/2003	Xã Tân An, huyện Tân Châu, An Giang	Diện tích sạt lở 10 hecta	48 hộ dân bị đe dọa

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ SƠ ĐỒ TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH BỜ DỐC THEO FIXENCO



Hình 1 : Sơ đồ tính toán ổn định bờ dốc theo Fixenco

Trước hết tính các thông số hình học (xem hình 1) sau đây [2]:

- Giá trị a tính theo công thức:

$$a = \frac{2H(1 - \cot g(\alpha) \operatorname{tg}(\frac{\alpha + \varphi}{2})) - 2H_0}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}) + \operatorname{tg}(\frac{\alpha + \varphi}{2})} \tag{1}$$

- Giá trị H_0 tính theo công thức:

$$H_0 = \frac{2C}{W} \operatorname{tg}(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}). \tag{2}$$

Trong các công thức (1) và (2) : H_0 – là độ sâu vết nứt đứng gần mái dốc; a - khoảng cách từ mép trên của mái dốc đến vết nứt đứng có chiều sâu là H_0 ; φ - góc ma sát của đất; H - là chiều cao của mái dốc (độ sâu của đáy sông kể từ mặt phẳng nằm ngang của bờ);

α – góc nghiêng mái dốc; C - lực dính của đất ; W - dung trọng tự nhiên của đất;

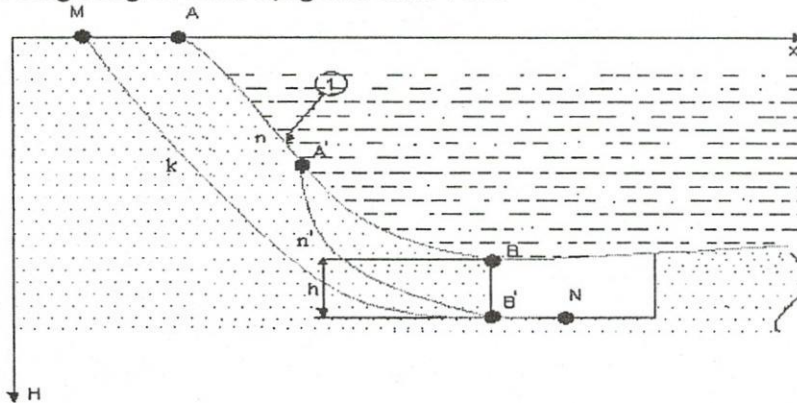
Trình tự dựng mặt trượt tròn trụ tròn (hình 1) như sau: dựng các đoạn thẳng $BA = a$, $AA' = H_0$, $BB' = H_0$; dựng tam giác cân $DB'A'$ có $\hat{A}' = \hat{B}' = \beta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}$; dựng $DO_1 \perp B'D$ tại D ; dựng Gf tạo AG một góc $\omega = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$; dựng $GO_2 \perp Gf$ tại G . GO_1 cắt GO_2 tại O ; dựng đường tròn bán kính $R = OG$ tiếp tuyến với $B'D$ và Gf .

Mặt tròn $BB'DG$ là mặt trượt ổn định của mái dốc theo cách dựng gần đúng Fixenco.

Áp dụng phương pháp dựng mặt trượt trên đây để khảo sát ổn định của bờ sông. Trong khảo sát coi phần đất nằm phía trên mặt dốc ảnh hưởng không đáng kể đến tính ổn định của bờ và có thể bỏ qua trong tính toán. Sai số trong trường hợp này có thể chấp nhận được.

3. ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU SÂU KHAI THÁC h ĐẾN SẠT LỞ BỜ SÔNG:

Giả thiết lòng sông có hình dạng như hình vẽ 2:



Hình 2: Dịch động bờ sông khi khai thác xuống độ sâu h

Giả sử ban đầu bờ dốc AnB của dòng sông ở trạng thái cân bằng (1). Khi tiến hành khai thác cát xuống độ sâu h , lúc này trạng thái cân bằng ban đầu của bờ dốc bị phá vỡ. Ban đầu tạo nên mặt trượt ($A'n'B'$) sau đó mặt trượt này di động vào phía bờ theo tốc độ xuống sâu h . Trạng thái cân bằng mới ứng với độ sâu khai thác h sẽ là (MkN). Như vậy vấn đề đặt ra là cần xác định chiều sâu khai thác giới hạn cho phép (H_{gh}) ứng với một khoảng cách L không đổi kể từ mép bờ để sao cho mặt sạt lở xảy ra ít ảnh hưởng đến ổn định chung và ổn định của các công trình xây dựng trên bờ sông.

Sử dụng kết quả trình bày ở mục 2 để xác định các mặt trượt cho bờ sông Sài Gòn và Đồng Nai với các số liệu cụ thể của đất bờ sông được lấy trung bình như sau: $C = 10kN/m^2$, $W = 18,3 KN/m^3$, $\varphi = 4^\circ - 6^\circ$ (đây là số liệu được lấy gần đúng và nội suy tương tự dựa theo các tài liệu [4], [5] và [6]; các tác giả cũng chưa có điều kiện làm thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ-lý cho đất trên một đoạn bờ sông cụ thể); trong trường hợp lấy $L = 20$ m, chiều sâu lòng sông là $H = 10$ m.

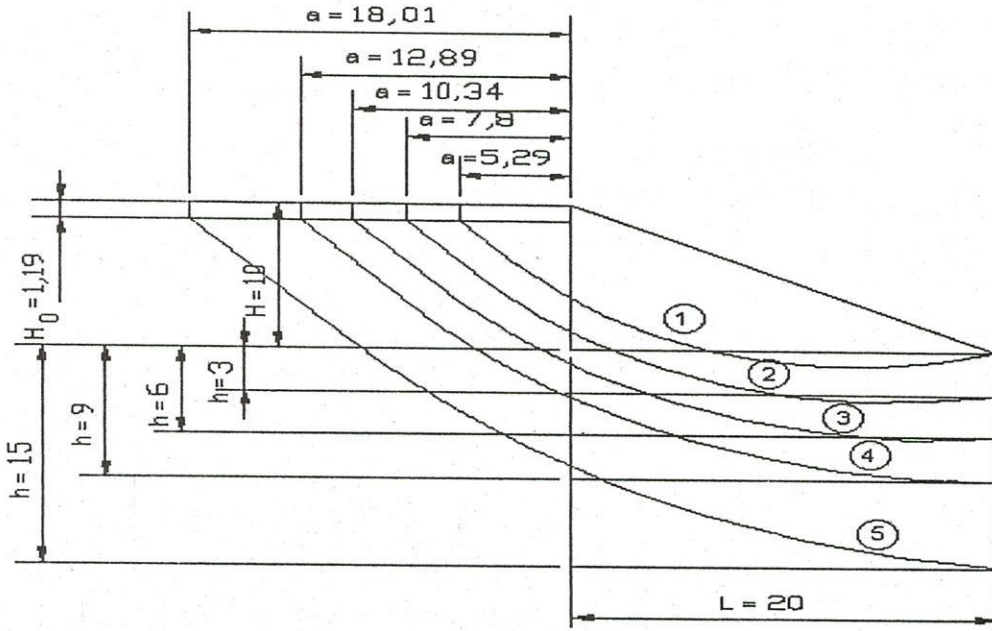
Thay vào (2) ta có:
$$H_0 = \frac{2C}{W} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) = 1,19 \text{ m.}$$

Khi giữ nguyên khoảng cách khai thác L , tăng dần chiều sâu khai thác h (trong công thức (1) khi đó H được thay bằng $H + h$, H - độ sâu của đáy sông kể từ mặt phẳng nằm ngang của bờ, h - chiều sâu khai thác tăng dần) thì các giá trị của a trong (1) thay đổi, kết quả tính toán cho trong bảng 3.

**Bảng 3: Thay đổi vị trí mặt trượt theo chiều sâu khai thác h
Khi $L = 20m$; $H = 10 m$**

h (m)	α (độ)	a (m)	Mặt trượt (trên hình 3)
0	27^0	5,29 m	(1)
3	33^0	7,80 m	(2)
6	39^0	10,34 m	(3)
9	44^0	12,89 m	(4)
15	51^0	18,01 m	(5)

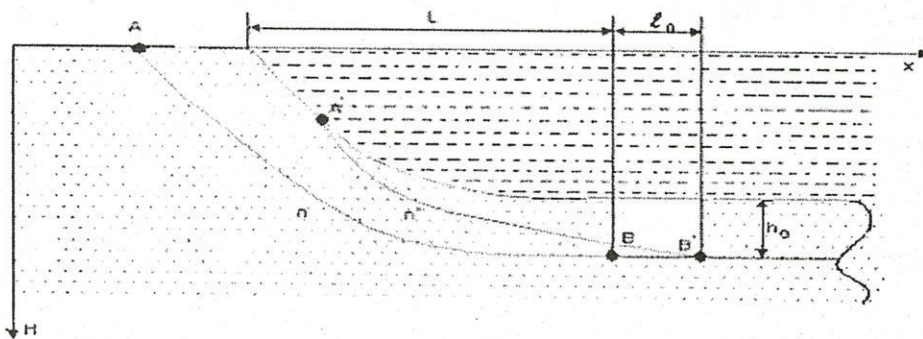
Dựa vào kết quả tính toán trong bảng 3 dựng các mặt trượt như hình vẽ 3 dưới đây.



Hình 3: Vị trí các mặt trượt khi chiều sâu khai thác h thay đổi.
(Với $L = 20m$; $H = 10 m$)

Như vậy, với khoảng cách khai thác cách mép bờ không đổi khi chiều sâu khai thác tăng lên thì mặt trượt tiến sâu vào phía bờ, làm cho bờ và công trình trên nó bị ảnh hưởng, mất ổn định.

4. ẢNH HƯỞNG CỦA KHOẢNG CÁCH KHAI THÁC ĐẾN SẠT LỞ BỜ SÔNG



Hình 4: Dịch động bờ sông khi khoảng cách khai thác L thay đổi

Rõ ràng rằng khoảng cách khai thác đến bờ L có ảnh hưởng lớn đến ổn định của bờ sông. Khi điểm khai thác cách bờ khoảng L thì ứng với chiều sâu khai thác không đổi h_0 sẽ tạo nên mặt trượt AnB (xem hình 4). Nếu khoảng cách khai thác đến bờ là $L + l_0$ (tăng lên

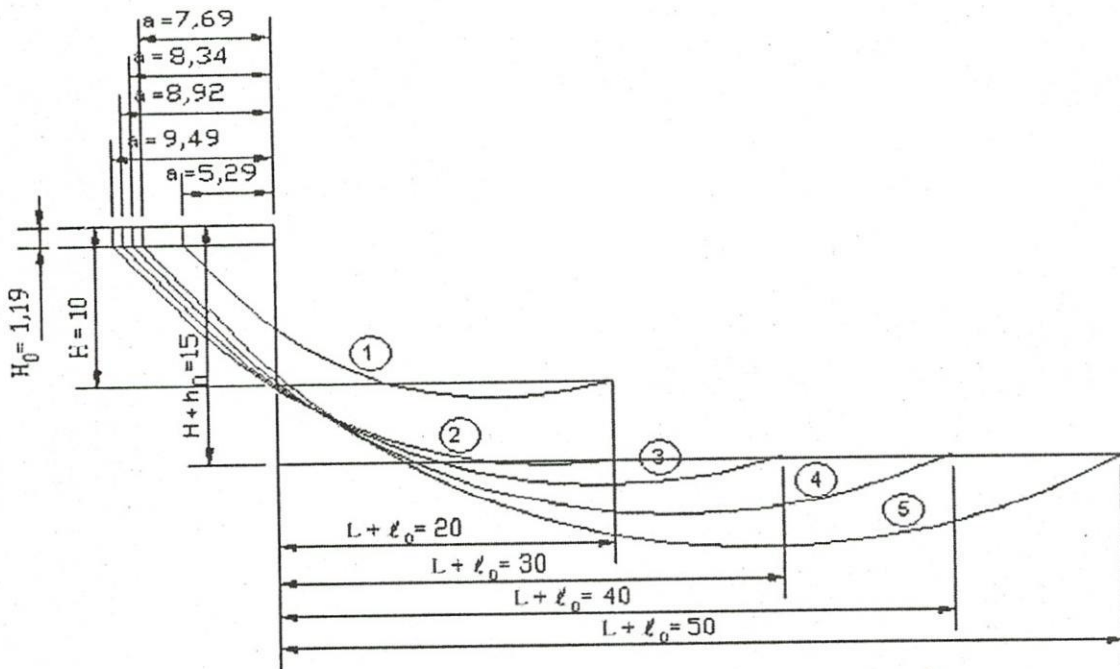
một lượng là ℓ_0), khi đó mặt trượt sẽ thay đổi và chuyển dịch ra phía ngoài là $A'n'B'$. Rõ ràng so với mặt trượt AnB thì mặt trượt $A'n'B'$ sẽ ít gây ảnh hưởng đến công trình và làm cho bờ sông ổn định hơn. Như vậy vấn đề đặt ra là cần xác định khoảng cách khai thác giới hạn (L_{gh}) ứng với một chiều sâu khai thác không đổi h_0 để sao cho mặt sạt lở xảy ra ít ảnh hưởng đến ổn định chung và ổn định của các công trình xây dựng trên bờ sông.

Sử dụng các tính toán với số liệu đã nêu trong mục 3 trên đây khi chiều sâu khai thác cố định còn khoảng cách khai thác thay đổi, ta nhận được các kết quả như trong bảng 4.

Bảng 4: Thay đổi vị trí mặt trượt theo khoảng cách khai thác $L + \ell_0$

$L = 20\text{m}; H = 10\text{ m}; h_0 = 5\text{ m}$

h_0 (m)	L (m)	ℓ_0 (m)	α (độ)	a (m)	Mặt trượt (trên hình 5)
$h_0 = 0$	20	0	27°	5,29 m	(1)
$h_0 = 5\text{m}$	20	0	37°	9,49 m	(2)
		10	27°	8,92 m	(3)
		20	21°	8,34 m	(4)
		30	17°	7,69 m	(5)



Hình 5: Vị trí các mặt trượt khi khoảng cách khai thác $L + \ell_0$ thay đổi.

($L = 20\text{m}; H = 10\text{ m}; h_0 = 5\text{ m}$)

Như vậy, khi chiều sâu khai thác h_0 không đổi mà khoảng cách khai thác $L + \ell_0$ cách mép bờ tăng lên thì mặt trượt dịch về phía ngoài của bờ, làm cho bờ và công trình trên nó ít bị ảnh hưởng, bờ sẽ ổn định hơn.

5. KHI THAY ĐỔI CẢ CHIỀU SÂU VÀ KHOẢNG CÁCH KHAI THÁC

Tương tự như tính toán ở mục 3 và mục 4 cho các trường hợp L và H đều thay đổi, ta được kết quả trong bảng 5.

Bảng 5: Vị trí mặt trượt sâu vào bờ thay đổi khi L và H đều thay đổi

Khi H=10m

L (m)	h_0 (m)	α (độ)	a (m)	L (m)	h_0 (m)	α (độ)	a (m)
20	0	27°	5,29 m	50	0	11°	2,98 m
	3	33°	7,80 m		3	15°	5,95 m
	6	39°	10,34 m		6	18°	8,55 m
	9	44°	12,89 m		9	21°	11,12 m
	15	51°	18,01 m		15	27°	16,19 m
30	0	18°	4,55 m	60	0	9°	2,03 m
	3	23°	7,16 m		3	12°	5,00 m
	6	28°	9,72 m		6	15°	7,83 m
	9	32°	12,20 m		9	18°	10,56 m
	15	40°	17,24 m		15	23°	15,65 m

Khi H=14m

L (m)	h_0 (m)	α (độ)	a (m)	L (m)	h_0 (m)	α (độ)	a (m)
20	0	35°	8,64 m	30	0	25°	8,04 m
	3	40°	11,15 m		3	30°	10,59 m
	6	45°	13,71 m		6	34°	13,08 m
	9	49°	16,30 m		9	37°	15,52 m
	15	55°	21,54 m		15	44°	20,58 m
50	0	16°	6,82 m	60	0	13°	5,96 m
	3	19°	9,41 m		3	16°	8,75 m
	6	22°	11,97 m		6	18°	11,22 m
	9	25°	14,51 m		9	21°	13,90 m
	15	30°	19,44 m		15	26°	18,96 m

Khi H=18m

L (m)	h_0 (m)	α (độ)	a (m)	L (m)	h_0 (m)	α (độ)	a (m)
20	0	42°	12,01 m	30	0	31°	11,40 m
	3	46°	14,55 m		3	35°	13,89 m
	6	50°	17,15 m		6	39°	16,41 m
	9	53°	19,76 m		9	42°	18,90 m
	15	59°	25,20 m		15	48°	24,02 m
50	0	20°	10,27 m	60	0	17°	9,66 m
	3	23°	12,82 m		3	19°	12,12 m
	6	26°	15,35 m		6	22°	14,78 m
	9	28°	17,76 m		9	24°	17,23 m
	15	33°	22,70 m		15	29°	22,27 m

Trong bảng 5 kết quả a ứng với $h_0 = 0$, tức là ứng với vị trí mặt trượt ổn định của bờ khi chưa khai thác. Để lựa chọn khoảng cách và độ sâu khai thác tối ưu không ảnh hưởng đến bờ, tức là $a \leq 0$. Khi đó (1) được viết lại như sau:

$$a = \frac{2H_{kt}(1 - \cot g(\alpha) \operatorname{tg}(\frac{\alpha + \varphi}{2})) - 2H_0}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}) + \operatorname{tg}(\frac{\alpha + \varphi}{2})} \leq 0 \quad (3)$$

Với $H_{kt} = (H + h_0)$; $L_{kt} = (L + \ell_0)$.

$$(3) \Leftrightarrow 2H_{kt}(1 - \cot\alpha \operatorname{tg}(\frac{\alpha + \varphi}{2})) - 2H_0 \leq 0 \quad (4)$$

Sau một vài phép biến đổi, (4) có dạng:

$$1 - \frac{H_0}{H_{kt}} \leq \frac{\left(\frac{\cos(\alpha)}{1 + \cos(\alpha)}\right) + \left(\frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)}\right) \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})}{1 - \left(\frac{\sin(\alpha)}{1 + \cos(\alpha)}\right) \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})} \quad (5)$$

thay: $\cos(\alpha) = \frac{L_{kt}}{\sqrt{H_{kt}^2 + L_{kt}^2}}$; $\sin(\alpha) = \frac{H_{kt}}{\sqrt{H_{kt}^2 + L_{kt}^2}}$; $H_0 = \frac{2C}{W} \operatorname{tg}(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2})$; vào (5), biến đổi ta

nhận được:

$$\frac{W \cdot H_{kt} - 2C \cdot \operatorname{tg}(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2})}{W \cdot H_{kt}} \leq \frac{\left(H_{kt} + \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2}) \cdot \sqrt{H_{kt}^2 + L_{kt}^2} + L_{kt} \cdot \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})\right) L_{kt}}{\left(-\sqrt{H_{kt}^2 + L_{kt}^2} - L_{kt} + H_{kt} \cdot \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})\right) H_{kt}} \quad (6)$$

Xét $a = 0$, (6) có dạng:

$$\frac{W \cdot H_{kt} - 2C \cdot \operatorname{tg}(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2})}{W \cdot H_{kt}} = \frac{\left(H_{kt} + \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2}) \cdot \sqrt{H_{kt}^2 + L_{kt}^2} + L_{kt} \cdot \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})\right) L_{kt}}{\left(-\sqrt{H_{kt}^2 + L_{kt}^2} - L_{kt} + H_{kt} \cdot \operatorname{tg}(\frac{\varphi}{2})\right) H_{kt}} \quad (7)$$

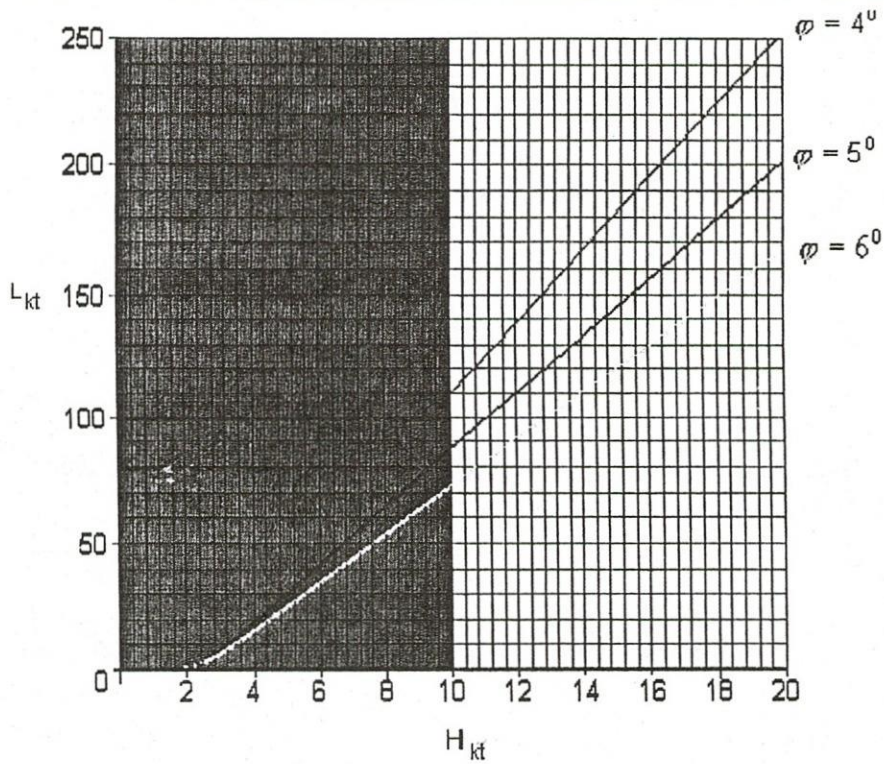
Sử dụng chương trình Maple để giải (7) ta được mối quan hệ giữa H_{kt} và L_{kt} . Biểu thức nhận được có dạng:

$$L_{kt} = f(C, W, \varphi, H_{kt}) \quad (8)$$

Như vậy ứng với một tổ hợp các chỉ tiêu (C, W, φ) ta thiết lập được mối quan hệ giữa H_{kt} và L_{kt} . Chẳng hạn, sử dụng các số liệu nêu ở mục 3, thay vào quan hệ (8), ta có kết quả cho trong bảng 6.

Bảng 6: Quan hệ giữa H_{kt} và L_{kt} khi khai thác không ảnh hưởng đến bờ
($W = 18,3 \text{ kN/m}^3$; $C = 10 \text{ kN/m}^2$)

φ (độ)	H_{kt} (m)	L_{kt} (m)
6°	10 m	72,093 m
	14 m	110,133 m
	18 m	148,183 m
5°	10 m	87,073 m
	14 m	132,779 m
	18 m	178,493 m
4°	10 m	109,515 m
	14 m	166,707 m
	18 m	223,905 m



Hình 6: Quan hệ giữa L_{kt} và H_{kt} khi $a = 0$.

Dựa vào kết quả bảng 6, ta có đồ thị quan hệ giữa H_{kt} và L_{kt} như hình 6. Tính toán tương tự cho các tổ hợp (C, W, φ) khác ta có biểu đồ tổng quát mối quan hệ giữa H_{kt} và L_{kt} sao cho giá trị $a = 0$. Biểu đồ hình 6, tập hợp các miền giá trị (H_{kt}, L_{kt}) kể từ đường quan hệ trở lên cho ta các giá trị thông số khai thác ứng với trường hợp $a \leq 0$.

6. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính và trình bày trên đi đến kết luận:

- Khi chiều sâu khai thác nhỏ và khoảng cách khai thác lớn thì bờ sẽ ít bị ảnh hưởng do khai thác cát. Chẳng hạn, khi chiều sâu lòng sông $H = 10m$, chiều sâu khai thác là $3m$ và khoảng cách khai thác cách bờ $60m$ thì bề rộng vùng ảnh hưởng do khai thác của bờ là $5,00m$; còn khi chiều sâu khai thác là $15m$ và khoảng cách khai thác cách bờ $20m$ thì bề rộng vùng ảnh hưởng do khai thác của bờ là $18,01m$, tăng gấp 3,6 lần.

- Thông số chiều sâu và khoảng cách khai thác tối ưu không ảnh hưởng đến bờ (ứng với $a \leq 0$), được xác định bằng mối quan hệ (8) hoặc biểu đồ (hình 6).

- Tính toán minh họa số ứng với các chỉ tiêu cơ lý đất bờ sông (lấy như ở mục 3), chỉ ra rằng: chiều sâu khai thác dao động từ $4 \div 10m$; khoảng cách khai thác tương ứng trong khoảng $132,779 - 201m$ thì bờ sông sẽ an toàn.

THE SAND EXPLOITATION AND LANDSLIDE OF THE RIVER BANK IN HOCHIMINH CITY AND IN THE SOUTH OF VIETNAM

Nguyen Xuan Man, Pham Thanh Tien
Institute of Applied Mechanics

ABSTRACT: Landslide of the river bank is a topical and urgent question of the day. It requires us to find out the reasons so as to put forward the effective solutions to reduce and overcome. This article deals with the influences of exploiting sand on bank's stability, and then proposes the sensible deep parameters and distances to exploit so we can reduce the landslide and make sure that bank is stable. In this article, to illustrate, we have used numerical calculations for the geological conditions of Sai Gon delta and Dong Nai delta regions.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đề án khai thác cát của 5 doanh nghiệp đã được UBND tỉnh Đồng Nai, Sông Bé và Tp.Hồ Chí Minh phê duyệt và Bộ Công nghiệp cấp giấy phép. Tháng 6 năm 1996.
- [2]. Phí Văn Lịch, Nghiêm Hữu Hạnh. Địa kỹ thuật. Bài giảng cao học. Hội Địa kỹ thuật. Hà Nội -1985.
- [3]. Pierre Laréal & nnk. Nền đường đắp trên đất yếu trong điều kiện Việt Nam. NXB Giao thông vận tải. Hà Nội - 2001.
- [4]. Huỳnh Ngọc Sang & nnk. Xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cọc đất – Xi măng kết hợp gia tải nén trước. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ. Đại học QG TP HCM, Tập 8, 02/2005.
- [5]. Đỗ Minh Toàn. Đất đá xây dựng. Trường ĐH Mỏ - Địa chất. Hà Nội -2003.
- [6]. Nguyễn Uyên và nnk. Địa chất công trình. NXb Xây dựng. Hà Nội -2002.