

Hệ số an toàn và khối lượng cát khai thác Tại bờ sông đồng bằng sông Cửu Long

Safety factor and volume of sand mining in waterfront Mekong delta

Ngày nhận bài: 17/02/2017

Ngày sửa bài: 20/3/2017

Ngày chấp nhận đăng: 5/4/2017

Nguyễn Văn Dương, Trần Văn Phê
Phú Thị Tuyết Nga

TÓM TẮT

Cát là một loại khoáng sản có giá trị trong ngành xây dựng. Việc khai thác cát đã gây ra nhiều vụ sạt lở nghiêm trọng. Tác động của việc khai thác cát tới hệ số an toàn bờ sông phải được xem xét đặc biệt. Nghiên cứu ảnh hưởng của khai thác cát tới hệ số an toàn từ đó lựa chọn sự thay đổi địa hình lòng sông phù hợp dùng để tính hệ số an toàn, F_s và khối lượng khai thác cát. Bên cạnh đó, việc xác định sức kháng cắt không thoát nước và phương pháp tính hệ số an toàn F_s cũng được xem xét.

Từ khóa: Khai thác cát.

ABSTRACT

Sand is a valuable mineral in the construction industry. Sand mining has caused serious landslides. The impact of sand extraction on the river bank safety factor should be considered in particular. Study the impact of sand mining on the safety factor from in order to select appropriate riverbed topographic variety to calculate the safety factor, F_s and sand mining volumes. In addition, the determination of the undrained cutting resistance and the method of calculating the F_s safety factor are also considered.

Key words: Sand mining.

ThS. Nguyễn Văn Dương

Giảng viên – Khoa Xây dựng, Trường Đại học Thủ Dầu Một

ThS. Trần Văn Phê

Giảng viên – Khoa Xây dựng, Trường Đại học Thủ Dầu Một

ThS. Phú Thị Tuyết Nga

Giảng viên – Khoa Xây dựng, Trường Đại học Thủ Dầu Một

1. GIỚI THIỆU

Việc khai thác cát đã lấy đi một lượng cát lớn đã trở nên phổ biến trên các sông ở nước ta. Việc khai thác cát mang một số đặc điểm như sau: diễn ra theo mùa, theo chiều dài và chiều rộng sông. Ngày nay, việc khai thác cát diễn ra một cách phức tạp và khó kiểm soát. Do đó yêu cầu về kiểm soát khoảng mực nước, chiều sâu cực hạn và góc dốc cực hạn phải đảm bảo nghiêm ngặt.

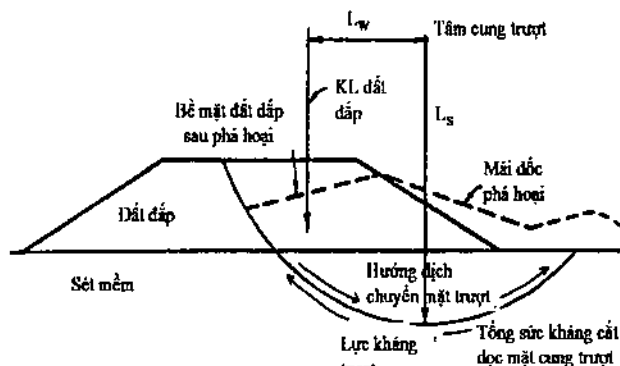
Về mặt khai thác cát cần phải mô phỏng sự thay đổi địa hình lòng sông và tính toán khối lượng khai thác. Tiêu chuẩn của các quốc gia đã đề cập đến hệ số an toàn cho mái dốc. Các nhà khoa học trên thế giới cũng có rất nhiều nghiên cứu liên quan đến tác động của khai thác cát tới địa hình bờ sông, một số công trình tiêu biểu: D. Millet (2011) [1]; D. Padmala (2008) [2]; Luo et al (2007) [3].

GeoStudio- một chương trình thương mại khá phổ biến trong phân tích các bài toán liên quan đến địa kỹ thuật chứa đựng cách tính theo các tác giả. Mỗi tác giả thỏa mãn các điều kiện cân bằng khác nhau. Việc nghiên cứu sự thay đổi địa hình lòng sông, nhằm tìm ra sự thay đổi địa hình lòng sông phù hợp, giúp tính toán hệ số an toàn F_s và khối lượng khai thác cát.

2. LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP TÍNH HỆ SỐ AN TOÀN F_s

2.1 Phương pháp cân bằng giới hạn

Theo tiêu chuẩn FHWA-NHI-06-088 của Mỹ đề xuất bởi Naresh et al. 2006. Trên nền đất yếu thông thường xảy ra khi kè bị lún xuống, đất vùng ảnh hưởng xung quanh trôi.



Hình 1: Cơ chế phá hoại điển hình dạng cung trượt tròn

Tính toán ổn định dựa vào hệ số an toàn:

$$F_s = \frac{M_R}{M_D}$$

Bảng 1: Hệ số F_s của các tác giả trong PP Cân Bằng Giới Hạn

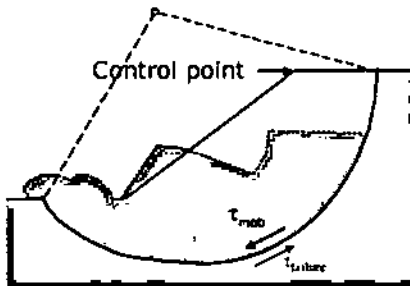
PP	L=40 m	
	H (m)	F_s
Spencer	14.56	2.131
Morgens Price		2.131
GLE		2.131
Spencer	18.65	1.803
Morgens Price		1.803
GLE		1.803

Từ **Bảng 1** cho thấy phương pháp Spencer cho kết quả hệ số F_s thấp nhất. Để thiên về an toàn trong tính toán chọn giá trị nguy hiểm nhất để phân tích.

Kết luận: Sử dụng phương pháp Spencer để phân tích nghiêng cứu. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của E.Spencer 1967 về cung trượt tròn trong phân tích ổn định mái dốc.

2.2 Phương pháp phần tử hữu hạn

Để tính toán hệ số an toàn ta chỉ cần tính toán ứng suất-biến dạng với $c-\phi$ giảm dần thì số lượng các phần tử dẻo tăng dần (bằng cách chia $c-\phi$ cho k) và dẫn tới chỗ mái đất dốc mất ổn định khi chuyển vị của điểm khảo sát trên mặt mái dốc tăng mạnh. Hệ số an toàn của mái đất là hệ số k làm cho chuyển vị của mặt mái đất tăng vô cùng lớn.



Hình 2: Mô hình trong PP Phần Tử Hữu Hạn

- Phương pháp $c-\phi$ giảm

$$F_s = \frac{\tau_{failure}}{\tau_{mobilized}}$$

Bảng 2: Hệ số F_s của các PP trong PP Phần Tử Hữu Hạn

Phương pháp	L=40 m	
	H(m)	F_s
K_0	14.56	2.235
Trọng lực		2.131
K_0	18.65	1.933
Trọng lực		2.072

Từ **Bảng 2** cho thấy phương pháp K_0 cho kết quả hệ số F_s thấp nhất. Để thiên về an toàn trong tính toán chọn giá trị nguy hiểm nhất để phân tích.

Kết luận: Sử dụng phương pháp K_0 trong tính toán

2.3 Lựa chọn phương pháp tính hệ số an toàn F_s

Bảng 3: Hệ số F_s của PP Spencer và PP K_0

Phương pháp	L=40 m	
	H(m)	F_s
K_0	14.56	2.235
Spencer		2.307
K_0	18.65	1.933
Spencer		1.803

Từ **Bảng 3** cho thấy phương pháp Spencer cho kết quả hệ số F_s thấp nhất. Để thiên về an toàn trong tính toán chọn giá trị nguy hiểm nhất để phân tích.

Hai phương pháp trên đưa ra kết quả tương đương, phương pháp Spencer đơn giản trong yếu tố đầu vào và phương pháp phân tích. Hơn nữa phương pháp này đem lại cái nhìn trực quan cho người kỹ sư.

Kết luận: Sử dụng phương pháp Spencer trong tính toán

3. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN

3.1 Lựa chọn dạng thay đổi địa hình

Sử dụng địa chất Vĩnh Long

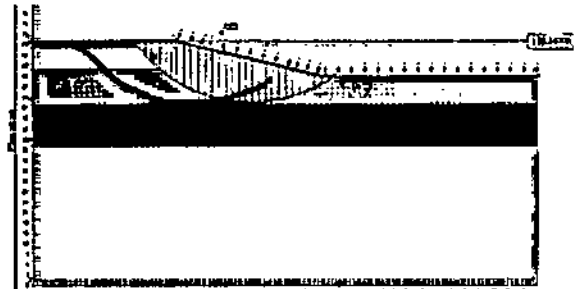
Điều kiện $L=40$ m, $H=10$ m, $WL=0$ m và $\Delta H=4.56$ m.

Sử dụng 2 phương pháp: PP Spencer và PP K_0 để xác định hệ số an toàn ổn định bờ sông.

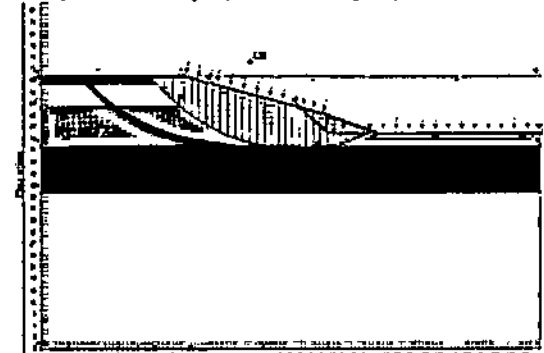
+ Dạng 1: Hạ lòng sông thay đổi theo hướng vuông góc.

+ Dạng 2: Hạ lòng sông thay đổi theo hướng tăng độ dốc.

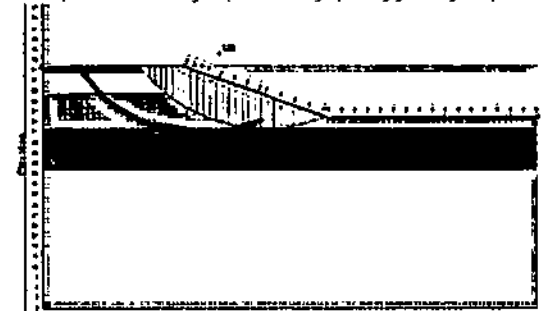
Đường cong màu đỏ là kích thước và hình dạng cung trượt trong Plaxis.



Hình 3: Hệ số an toàn và cung trượt lúc ban đầu bằng PP Spencer ($F_s=3.275$)



Hình 4: Hệ số an toàn và cung trượt theo hướng hạ vuông góc bằng PP Spencer ($F_s=2.726$)



Hình 5: Hệ số an toàn và cung trượt theo hướng tăng độ dốc bằng PP Spencer ($F_s=2.292$)

Bảng 4: Bảng kết quả so sánh hệ số F_s

Phương pháp	CBGH	PTHH	$\Delta F_s\%$
	F_s		
ban đầu	3.275	3.295	0.61
hạ vuông góc	2.726	2.457	-10.95
tăng độ dốc	2.292	2.437	5.95

- Nhận xét:

Hệ số an toàn ban đầu của 2 PP: PP Spencer và PP K_0 là gần bằng nhau.

Hạ lòng sông theo phương pháp tăng độ dốc nguy hiểm hơn hạ vuông góc và mô phỏng gần thực tế hơn.

Kích thước và hình dạng cung trượt trong PP K_a gần giống với PP Spencer.

Kết luận: Sử dụng địa hình thay đổi theo hướng tăng góc dốc.

3.2 Xác định sức kháng cắt không thoát nước trong phân tích ổn định

• Từ thí nghiệm cắt cánh hiện trường:

- Theo tiêu chuẩn ASTM D2573, sức kháng cắt không thoát nước S_u được lấy từ thí nghiệm cắt cánh hiện trường phải được điều chỉnh theo một hệ số kinh nghiệm μ_v với giá trị S_{uv} và giá trị này mới đưa vào tính toán ổn định. Với $S_u = \mu_v S_{uv}$

• Sức kháng cắt không thoát nước sử dụng chỉ số PI.

- Theo Worth and Houlsby 1985 giá trị sức kháng cắt không thoát nước S_u được cho bởi:

$$\frac{S_u}{\sigma_v} = 0.129 + 0.00435PI$$

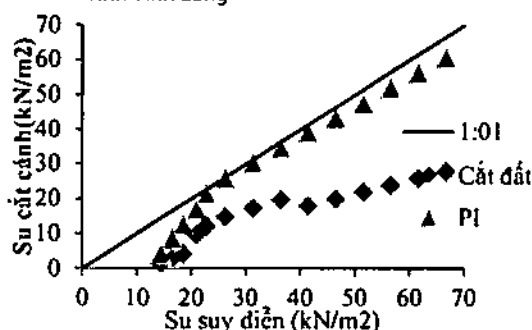
• Sức kháng cắt không thoát nước sử dụng thí nghiệm cắt đất trực tiếp trong phòng

Tại độ sâu z trong đất:

$$S_u(DS) = \sigma_v \tan \phi + c$$

• So sánh sức kháng cắt không thoát nước S_u tính từ chỉ số dẻo PI và thí nghiệm cắt đất trực tiếp, thí nghiệm cắt cánh

- Tỉnh Vĩnh Long

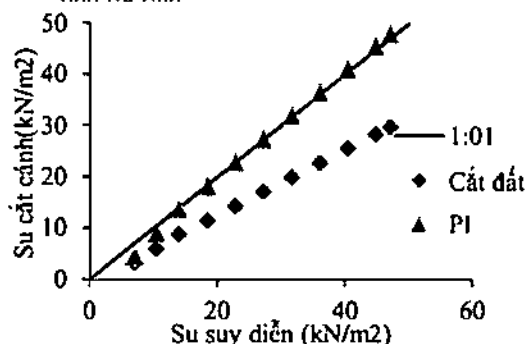


Hình 6: Biểu đồ biểu diễn S_u suy diễn và S_u cắt cánh sông Cổ Chiên

Bảng 5: giá trị so sánh

	S_u theo PI	S_u cắt đất trực tiếp
Số dữ liệu	14	14
Tỷ số GTTB	0.828	0.404
Tỷ số R ²	0.988	0.944
Tỷ số COV	0.12	0.42

- Tỉnh Trà Vinh



Hình 7: Biểu đồ biểu diễn S_u suy diễn và S_u cắt cánh tỉnh Trà Vinh.

Bảng 6: Giá trị so sánh

	S_u theo PI	S_u cắt đất trực tiếp
Số dữ liệu	11	11
Tỷ số GTTB	0.958	0.611
Tỷ số R ²	0.988	0.944
Tỷ số COV	0.04	0.28

• Nhận xét

+ Từ biểu đồ biểu diễn đường S_u cho thấy đường S_u tính theo PI gần sát với đường 1:01

+ Tỷ số GTTB của giá trị S_u tính theo PI gần tiệm cận bằng 1 hơn S_u tính theo cắt đất trực tiếp. Nên giá trị S_u tính theo PI chính xác hơn S_u tính theo cắt đất trực tiếp.

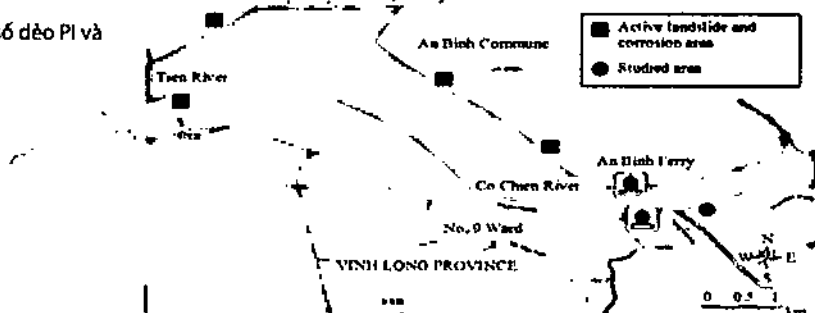
+ Tỷ số R² của giá trị S_u tính theo PI gần bằng 1 hơn giá trị tính theo cắt đất trực tiếp. Do đó độ biến động của các giá trị S_u tính theo PI dao động không nhiều nên kết quả tin cậy hơn tính theo cắt đất trực tiếp.

+ Tỷ số COV của S_u tính theo PI nhỏ hơn khi tính theo cắt đất trực tiếp. Do đó độ lệch chuẩn của các giá trị trong S_u tính theo PI nhỏ hơn. Do đó kết quả tính theo PI tin cậy hơn.

Kết luận: Chọn PP tính toán sức kháng cắt S_u theo PI

4. TÍNH TOÁN HỆ SỐ CHO TÍNH VĨNH LONG

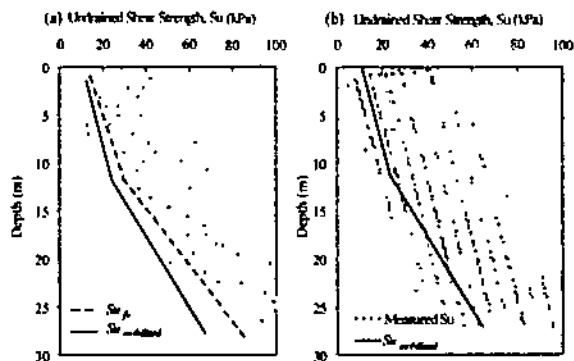
4.1 Điều kiện địa chất, thủy văn



Hình 8: Bản đồ khảo sát vùng sạt lở sông Cổ Chiên – Vĩnh Long

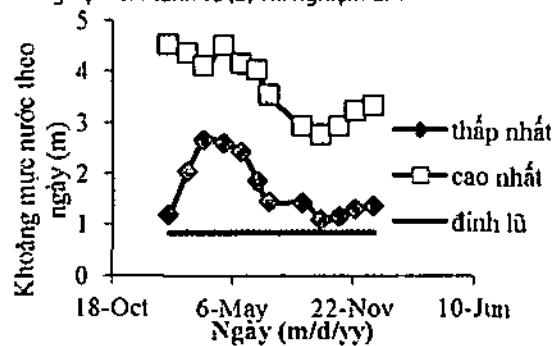
Bảng 7: Xác định tính chất của đất trên sông Cổ Chiên

Tính chất	Lớp đất 1	Lớp đất 1a	Lớp đất 2
- Đặc tính	Đất đắp á sét, cát (Trạng thái nửa cứng)	á sét màu sẫm đen (Trạng thái chảy)	Đất bùn, á cát (Trạng thái mềm)
- Chiều sâu: h (m)	0 + - 2	- 2 + - 8	- 8 + - 30
- Độ ẩm tự nhiên: W (%)	59.9	44.5	48.3
- Dung trọng tự nhiên: γ_w (g/cm ³)	15.9	17.1	16.7
- Độ bão hòa: G (%)	97.5	96.9	96.3
- Giới hạn chảy: LL (%)	49.9	36.9	43.1
- Giới hạn dẻo: PL (%)	29.8	21.8	24.7
- Chỉ số dẻo: PI (%)	20.1	15.1	18.4
- Góc ma sát trong: ϕ	2.4	4.2	3.4
- Lực kết dính: c (kPa)	9.1	10.5	11.2



Hình 9: Kết quả của sức kháng cắt không thoát nước của đất sét bão hòa

(a) Thí nghiệm cát cánh và (b) Thí nghiệm CPT



Hình 10: Biểu đồ khoảng mực nước sông trạm Mỹ Thuận cao nhất và thấp nhất theo ngày năm 2013

Nhận xét : Khoảng mực nước sông dao động từ 0.85m đến 4.53m

Kết luận: Chọn khoảng mực nước sông từ 0m đến 6 m.

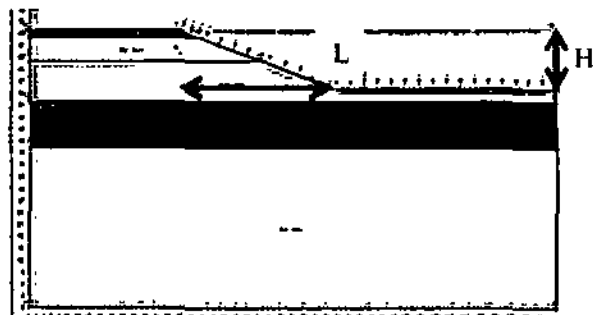
4.2 Mô phỏng tính toán trường hợp chưa tải

+ Các bề rộng mái sông thay đổi là 20 m, 40 m, 60 m và 90 m.

+ Chiều sâu ban đầu $H=10$ m.

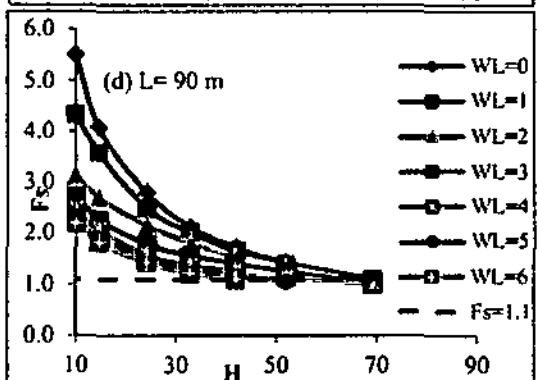
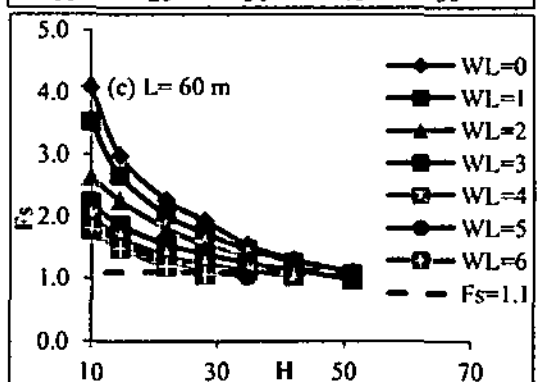
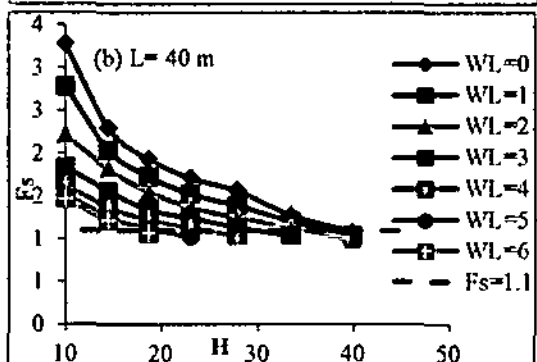
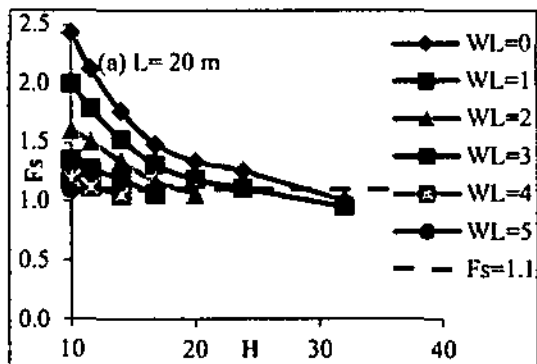
+ Mực nước sông thay đổi từ 0 m đến 6 m

+ Phương pháp phân tích : Phương pháp Spencer



Hình 11: Mô hình tính toán ổn định mái dốc tỉnh Vĩnh Long chưa tải

• Kết quả phân tích hệ số an toàn F_s



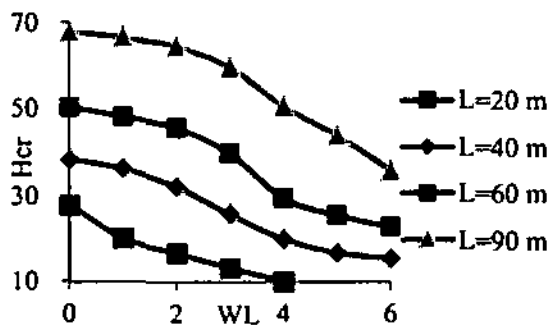
Hình 12 Biểu đồ hệ số an toàn F_s Tỉnh Vĩnh Long chưa tải

- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa chiều sâu và hệ số an toàn F_s (Hình 12) cho thấy:

- + Khi chiều sâu tăng thì hệ số an toàn F_s giảm.
- + Khi khoảng mực nước sông tăng thì hệ số an toàn F_s giảm.
- + Khi bề rộng mái dốc giảm thì hệ số an toàn F_s giảm.
- Kết quả H_0 ứng với các L khác nhau

Bảng 8: Kết quả H_{cr} ứng với các L khác nhau của Tỉnh Vĩnh Long có tải $F_s=1.1$

WL	H_{cr}			
	$L=20m$	$L=40m$	$L=60m$	$L=90m$
0 m	28.78	39.50	51.24	69.31
1 m	24.20	37.58	49.57	68.09
2 m	18.82	35.19	47.05	66.21
3 m	15.84	30.15	44.21	63.38
4 m	12.34	24.57	37.36	57.22
5 m	10.00	19.80	29.59	48.58
6 m	-	17.63	26.32	41.64



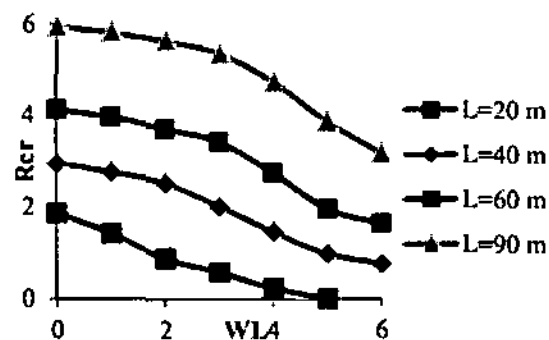
Hình 13: Biểu đồ H_{cr} ứng với các L khác nhau của Tỉnh Vĩnh Long có tải $F_s=1.1$

- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa chiều sâu cực hạn và khoảng mực nước sông (Hình 13) cho thấy:

- + Khi cùng một khoảng mực nước sông nếu bề rộng mái dốc giảm thì chiều sâu cực hạn giảm.
- + Khi cùng một bề rộng mái sông nếu khoảng mực nước sông tăng thì chiều sâu cực hạn giảm.
- Kết quả hệ số hạ độ sâu cực hạn với các bề rộng mái khác nhau

Bảng 9: Kết quả R_{cr} ứng với các L khác nhau của Tỉnh Vĩnh Long chưa tải

WL	R_{cr}			
	$L=20m$	$L=40m$	$L=60m$	$L=90m$
0 m	1.88	2.95	4.12	5.93
1 m	1.42	2.76	3.96	5.81
2 m	0.88	2.52	3.71	5.62
3 m	0.58	2.01	3.42	5.34
4 m	0.23	1.46	2.74	4.72
5 m	0.00	0.98	1.96	3.86
6 m	-	0.76	1.63	3.16



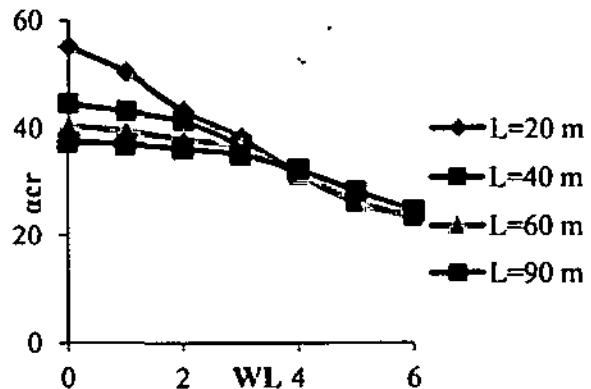
Hình 14: Biểu đồ R_{cr} ứng với các L khác nhau của Tỉnh Vĩnh Long chưa có tải

- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa chiều sâu cực hạn và khoảng mực nước sông (Hình 14) cho thấy:

- + Khi cùng một khoảng mực nước sông nếu bề rộng mái dốc giảm thì hệ số hạ độ sâu cực hạn giảm.
- + Khi cùng một bề rộng mái sông nếu khoảng mực nước sông tăng thì hệ số hạ độ sâu cực hạn giảm.
- Kết quả α_{cr} ứng với các L khác nhau của Tỉnh Vĩnh Long chưa có tải

Bảng 10: Kết quả α_{cr} ứng với các L khác nhau của Tỉnh Vĩnh Long chưa có tải

WL	α_{cr}			
	$L=20m$	$L=40m$	$L=60m$	$L=90m$
0 m	55.21	44.64	40.50	37.60
1 m	50.43	43.21	39.56	37.11
2 m	43.25	41.34	38.10	36.34
3 m	38.38	37.01	36.38	35.15
4 m	31.68	31.56	31.91	32.45
5 m	26.57	26.33	26.25	28.36
6 m	-	23.78	23.69	24.83



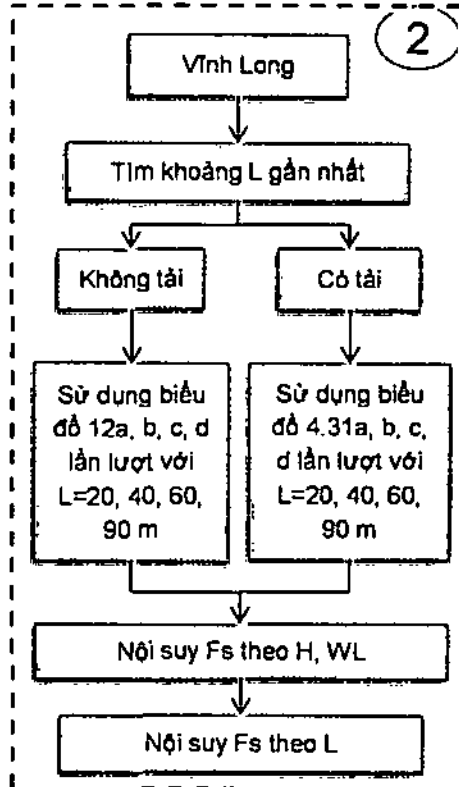
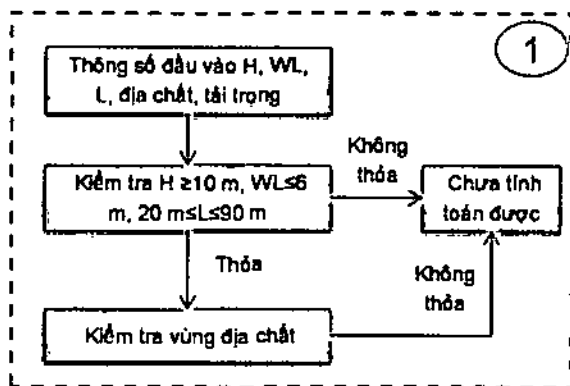
Hình 15: Biểu đồ α_{cr} ứng với các L khác nhau của Tỉnh Vĩnh Long chưa có tải

- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa góc dốc cực hạn và khoảng mực nước sông (Hình 15) cho thấy:

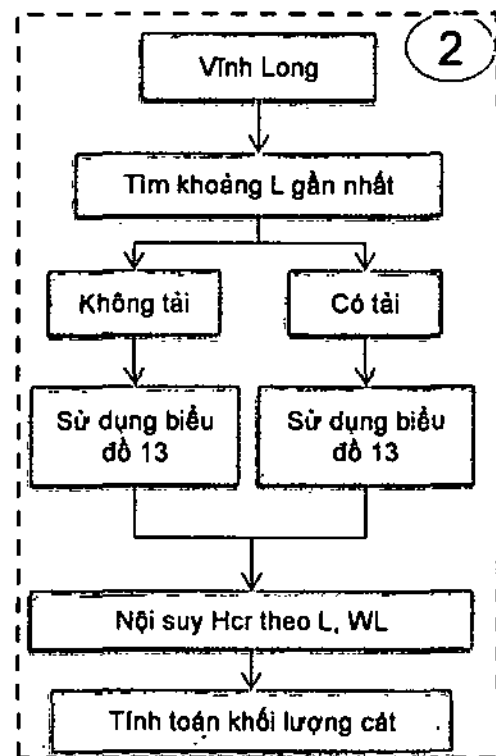
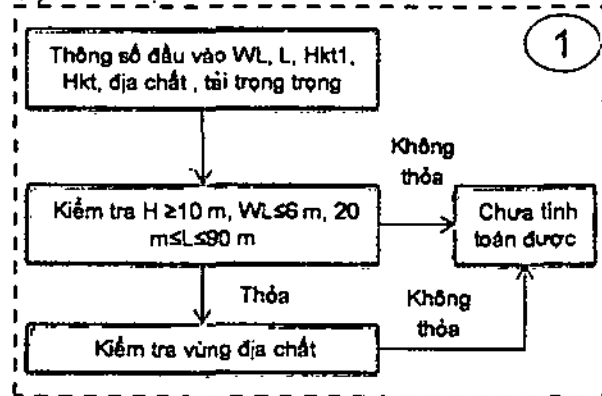
- + Khi khoảng mực nước sông tăng thì góc dốc cực hạn giảm.
- + Với $WL=3.8m$ là khoảng mực nước sông cực hạn mà ở đó góc dốc cực hạn không phụ thuộc vào bề rộng mái dốc.
- + Khi khoảng mực nước sông nhỏ hơn khoảng mực nước sông cực hạn với bề rộng mái dốc tăng thì góc dốc cực hạn giảm.
- + Khi khoảng mực nước sông lớn hơn khoảng mực nước sông cực hạn với bề rộng mái thay đổi thì góc dốc cực hạn không đổi.

4.3 Áp dụng kết quả nghiên cứu

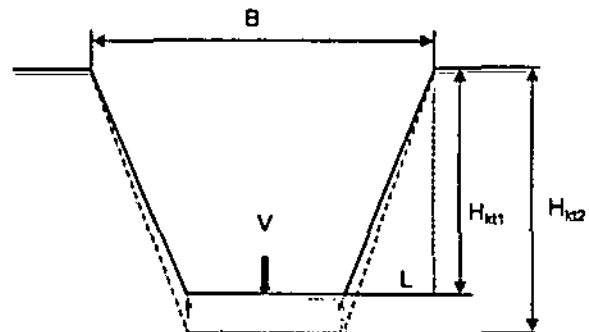
- Kiểm tra hệ số an toàn bờ sông hiện tại
- Quy trình xác định



• Tính toán khối lượng cát khai thác
Quy trình xác định



4.4 Tính khối lượng cát khai thác



Công thức tính khối lượng cát khai thác $V = R_{\alpha} \times H \times (B - 2 \times L) \times 1$

Kiểm tra điều kiện ổn định

$$\rightarrow H_u = \begin{cases} \text{if } (H_u \leq H_{k1}) \text{ then } (H_u = 0) \\ \text{if } (H_{k1} < H_u < H_{k2}) \text{ then } (H_u = H_u - H_{k1}) \\ \text{if } (H_u \geq H_{k2}) \text{ then } (H_u = H_{k2} - H_{k1}) \end{cases} \rightarrow V = H_u \times (B - 2 \times L) \times 1(1)$$

4.5 Kiểm nghiệm kết quả phân tích

Bảng 11: Kết quả hệ số an toàn của các vụ sạt lở

Thời gian	Địa điểm	H (m)	L (m)	WL (m)	Fs
23/01/2014	Xã An Bình, H. Long Hồ	36	61.2	3.75	1.048
13/01/2013	Khóm 6, Phường 5	35	77	4.66	1.073
19/05/2013	Khóm 6, Phường 5	33	66	4.01	1.094

Căn cứ vào **Bảng 11** hệ số an toàn F_s của các vụ sạt lở cho thấy các vụ sạt lở diễn ra khi hệ số an toàn $F_s < 1.1$

Bảng 12: Kết quả tính toán khối lượng cát

Thân cát	B (m)	Hkt (m)	V(m ³ /m) thăm dò	V(m ³ /m)
CC-TQ.1	580	4.18	2090.43	2090
CC-TQ.2	880	3.67	2936.24	2936
CC-TQ.3	580	3.33	1675.32	1665
CC-TQ.4	780	2	1385.21	1400
CC-TQ.5	580	4.42	2123.57	2210

Căn cứ vào **Bảng 12** Kết quả tính toán khối lượng cát so với kết quả khối lượng thăm dò cho thấy khối lượng thăm dò và tính toán gần bằng nhau.

5. KẾT LUẬN

Việc tính toán hệ số an toàn và khối lượng cát khai thác là việc cần thiết và quan trọng, điều đó đảm bảo độ ổn định của bờ sông, cũng như hạn chế sạt lở bờ sông.

Thông qua ví dụ phía trên cho thấy phương pháp Spencer là phương pháp phù hợp để tính toán hệ số an toàn F_s và tính sức kháng cát không thoát nước S_u theo chỉ số dẻo PI là phù hợp với kết quả S_u từ thí nghiệm cắt cánh.

Thông qua bảng kết quả hệ số an toàn của các vụ sạt lở cho thấy địa hình lòng sông thay đổi theo hướng tăng độ dốc là phù hợp diễn biến lòng sông thực tế.

Thông qua bảng kết quả tính toán khối lượng cát cho thấy công thức tính toán khối lượng cát là gần bằng với khối lượng cát thăm dò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Millet, 2011, River erosion, landslides and slope development in Göta River *MSc. Thesis, Chalmers University Of Technology, Sweden.*
- [2] D. Padmalal, 2008. Environmental Impact Of Sand Mining: A Case Study In The River Catchments Of Vembanad Lake, Southwest India.
- [3] Luo.X.L, E.Y. Zeng, R.Y. Ji, C.P.Wang, 2007. Effects of in-channel sand excavation on the hydrology of the Pearl River Delta, China *,Journal of Hydrology 343, 230– 239.*
- [4] Spencer, E, 1967. A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces. *Geotechnique*, 17(1): 11–26
- [5] Worth, C. P. and Housby, G. T. (1985). " Soil Mechanics-Property Characterization and analysis procedures," *Proceedings, 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol. 1, San Francisco, pp.1-55.