

# Giải pháp bảo vệ bờ sông bằng công nghệ cỏ Vetiver - trường hợp áp dụng tại xã Hòa Phong, thành phố Đà Nẵng

Solution to protect river bank by vetiver grass technology - a case study in Hoa Phong ward, Da Nang city

> PGS.TS VÕ NGỌC DƯƠNG<sup>1\*</sup>, TS LÊ ANH TUẤN<sup>2</sup>, TH.S HUỖNH VĂN THẮNG<sup>2</sup>, TH.S NGUYỄN TỐ QUYÊN<sup>2</sup>, TH.S TRẦN VĂN MÃN<sup>2</sup>, TH.S NGUYỄN CÔNG PHONG<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Khoa xây dựng công trình thủy - Trường đại học Bách khoa - Trường đại học Đà Nẵng;

<sup>2</sup>Trung tâm Nghiên cứu quản lý rủi ro và Khoa học an toàn - Trường đại học Đà Nẵng;

<sup>3</sup>Viện khoa học Thủy lợi miền Nam

\*Tác giả liên hệ: Võ Ngọc Dương (Email: vnduong.dut.udn.vn)

## TÓM TẮT

Việt Nam là nước nằm ở khu vực nhiệt đới gió mùa Đông Nam Á, hàng năm chịu ảnh hưởng của rất nhiều thiên tai tự nhiên. Dưới tác động của quá trình biến đổi khí hậu đã và đang diễn ra theo chiều hướng ngày càng tiêu cực, thiệt hại do thiên tai tự nhiên nói chung, lũ lụt nói riêng được dự báo sẽ tăng nhanh trong các năm sắp tới, tập trung tại các khu vực ven sông, ven biển. Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn là một trong những lưu vực sông lớn của Việt Nam, vấn đề sạt lở bờ sông ở khu vực này diễn ra khá nghiêm trọng, ảnh hưởng to lớn đến quá trình phát triển của địa phương. Các giải pháp bảo vệ bờ sông vùng sạt lở trở nên cấp thiết hơn cả, trong đó, công nghệ gia cố bờ sông bằng cỏ Vetiver với những ưu việt riêng đã được phát triển và ứng dụng thành công nhiều nơi trên thế giới. Nghiên cứu này được thực hiện với mục đích áp dụng công nghệ cỏ Vetiver, kết hợp với các vật liệu khác để đưa ra giải pháp kè mềm bảo vệ bờ sông phù hợp với địa bàn hạ lưu Vu Gia - Thu Bồn. Giải pháp đã chứng minh được hiệu quả trong thực tiễn, với hiệu quả tương đối cao về mặt kỹ thuật - sự ổn định tương đương với các giải pháp khác hiện có nhưng giá thành rẻ hơn rất nhiều.

**Từ khóa:** Bảo vệ bờ sông, giải pháp kè mềm, công nghệ cỏ Vetiver, thành phố Đà Nẵng.

## ABSTRACT

Vietnam is a country located in the tropical monsoon region of Southeast Asia, and annually suffers from many natural disasters. Under the impact of climate change, which has been taking place in an increasingly negative direction, damages caused by natural disasters in general and floods in particular are expected to increase rapidly in the coming years. centralized in riverside and coastal areas. Vu Gia - Thu Bon river basin is one of the major river basins in Vietnam, river erosion problem in this area takes place quite seriously, greatly affecting local development. The solutions to protect river banks in landslide areas have become more urgent, in which the technology of riverbank reinforcement with Vetiver grass with its own advantages has been developed and successfully applied in many parts of the world. This study is conducted with the aim of applying Vetiver grass technology, combined with other materials to offer a solution for soft embankment for riverbank protection suitable for the downstream area of Vu Gia - Thu Bon. The solution has proven to be effective in practice, with relatively high technical efficiency - the same stability as other existing solutions, but at a much cheaper price.

**Keywords** - River bank protection, soft embankment solution, Vetiver grass technology, Da Nang city.

### 1. Đặt vấn đề

Việt Nam là đất nước chịu ảnh hưởng nặng nề của thiên tai nói chung và lũ lụt nói riêng. Trong lịch sử loại hình thiên tai này đã có những ảnh hưởng lớn đến sự phát triển kinh tế xã hội của quốc gia, như lụt lớn năm 1945 đã dẫn tới nạn đói trong một thời gian dài và gây ra cái chết cho hơn hai triệu người. Trận lũ năm 1964 gây ngập lụt khu vực rộng lớn ở miền Trung Việt Nam từ Quảng Bình đến Phú Yên. Trận lụt 1999 năm đã gây thiệt hại đáng kể về người và tài sản cho nhiều tỉnh khu vực duyên hải miền Trung. Bên cạnh đó, Việt Nam vẫn là một nước đang phát triển, cơ sở hạ tầng còn yếu kém, nhận thức của người dân với thảm họa tự nhiên chưa cao. Vì vậy, Việt Nam được đánh giá là một trong những nước dễ bị tổn thương đối với thảm họa thiên nhiên [1].

Kinh tế Việt Nam nói chung và thành phố Đà Nẵng nói riêng đang có tốc độ phát triển nhanh chóng trong những năm gần đây, đi kèm với đó là việc xây dựng các công trình để phục vụ cho quá trình tăng trưởng. Tuy nhiên, song song với đó là những ảnh hưởng nhất định tới môi trường tự nhiên. Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn có diễn biến dòng chảy tương đối phức tạp, sự thay đổi dòng chảy cùng sự phát triển của hệ thống cơ sở hạ tầng trong những năm qua đã làm thay đổi thảm phủ được cho là một trong những nguyên nhân cốt yếu gây xói lở và mất ổn định khu vực bờ sông. Trong những năm gần đây, vấn đề sạt lở bờ sông ở khu vực hạ lưu, đặc biệt là trong phạm vi thành phố Đà Nẵng diễn ra khá nghiêm trọng và ảnh hưởng to lớn đến quá trình phát triển kinh tế xã hội của thành phố.

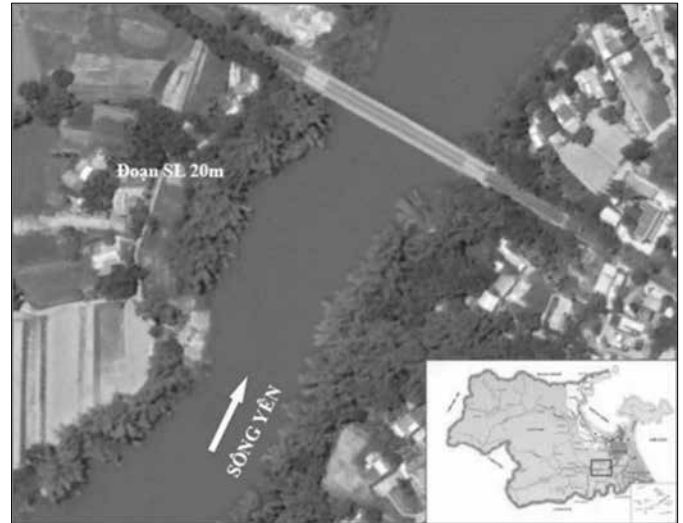
Với tình hình trên, các giải pháp nghiên cứu nhằm bảo vệ bờ sông vùng sạt lở trở nên cấp thiết hơn cả. Từ lâu nay, việc tính toán ổn định công trình thường dựa trên cơ sở lý thuyết của phương pháp cân bằng giới hạn để đánh giá mức độ ổn định của công trình thông qua hệ số ổn định K. Cụm từ "Cân bằng giới hạn" ở đây được hiểu là sự cân bằng giữa tổng các mô-men giữ với tổng các mô-men gây trượt, hoặc giữa lực giữ và lực gây trượt. Quá trình tính toán này có thể được thực hiện một cách thủ công hoặc sử dụng các phần mềm chuyên dụng, trong đó phổ biến nhất là mô-đun tính ổn định mái dốc Slope/W. Tuy nhiên gần đây, một phần mềm khác cũng dần được sử dụng phổ biến hơn trong các bài toán địa kỹ thuật là Plaxis, do tính chính xác và khả năng giải quyết bài toán rất rộng của nó. Riêng với bài toán ổn định mái dốc, phần mềm Plaxis sử dụng lý thuyết hoàn toàn mới - Phương pháp suy giảm cường độ chống cắt, để xác định hệ số ổn định của công trình.

Bên cạnh đó, các giải pháp kè mềm gần đây được sử dụng khá nhiều để thay thế cho giải pháp kè cứng thông thường vì những lợi ích về kinh tế, môi trường, đặc biệt là Công nghệ trồng cỏ Vetiver phục vụ giảm nhẹ ảnh hưởng của quá trình sạt lở bờ sông và bảo vệ môi trường đã được phát triển và ứng dụng thành công ở nhiều nơi trên thế giới [2]. Công nghệ này đã được du nhập vào Việt Nam từ những năm 1999. Cỏ Vetiver không kết hạt, không lan truyền bừa bãi. Đặc tính ưu việt của cỏ Vetiver là bộ rễ rễ của nó có thể phát triển rất nhanh, trong một số điều kiện, ngay trong năm đầu tiên rễ đã ăn sâu tới 3-4m. Phần thân trên mặt đất của cỏ Vetiver mọc thẳng đứng, rất cứng, chắc. Khi trồng đủ dày, cỏ sẽ mọc sát với nhau tạo thành một hàng rào kín, giúp chịu được dòng nước chảy xiết, hạn chế xói mòn đất và phân tán nước mặt chảy tràn rất hiệu quả.

Việc nghiên cứu và sử dụng kết hợp công nghệ trồng cỏ Vetiver kết hợp tính toán kiểm tra ổn định bằng phần mềm Plaxis sẽ giúp cho việc phân tích đánh giá ổn định công trình được chính xác, hiệu quả và khách quan hơn. Với những lý do nêu trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục đích cung cấp cho người thiết kế có thêm một lựa chọn trong việc phân tích ổn định công trình phù hợp và có độ tin cậy cao.

### 2. Phạm vi nghiên cứu

Khu vực áp dụng công nghệ trồng cỏ Vetiver thuộc thôn Cẩm Toại Đông, xã Hòa Phong, huyện Hòa Vang, thành phố Đà Nẵng, có tọa độ địa lý: 15°58'50" vĩ độ Bắc, 108°09'18" kinh độ Đông với chiều dài có nguy cơ sạt lở ước tính khoảng 3000 m ngay phía trên cầu sông Yên (Hình 1).



Hình 1: Vị trí sạt lở khu vực nghiên cứu - xã Hòa Phong, H. Hòa Vang, Tp. Đà Nẵng

Trong nghiên cứu này, giải pháp gia cố bờ được thử nghiệm cho 1 đoạn sông có nguy cơ sạt lở nặng với chiều dài 20m. Điểm sạt lở nằm ở phía bờ trái sông Yên, nơi chịu nhiều tác động của chế độ dòng chảy lưu vực đến từ sông Vu Gia - nguyên nhân phá vỡ cấu trúc địa chất khu vực ven bờ gây sạt lở cho khu vực. Qua quá trình kiểm tra thực địa kết hợp sử dụng ảnh chụp vệ tinh, tác giả đã nắm bắt được xu hướng, nguyên nhân sơ bộ tác động làm xói lở bờ sông khu vực nghiên cứu. Địa tầng khu đất có cấu tạo chủ yếu là đất cát, đất sét pha cát; xuống sâu phía dưới sông là đất cát pha lẫn sỏi sạn hoặc á sét pha cát. Phần bờ sông thực vật cây tre rất phát triển trên địa hình mái dốc từ 0,3-0,5%. Từ năm 2011 đến nay, phạm vi sạt lở lớn nhất tại vị trí khu vực dưới tác động của dòng chảy lưu vực ước tính khoảng 11m, đe dọa đến cuộc sống của nhân dân thôn Cẩm Toại Đông, xã Hòa Phong. (Hình 2)



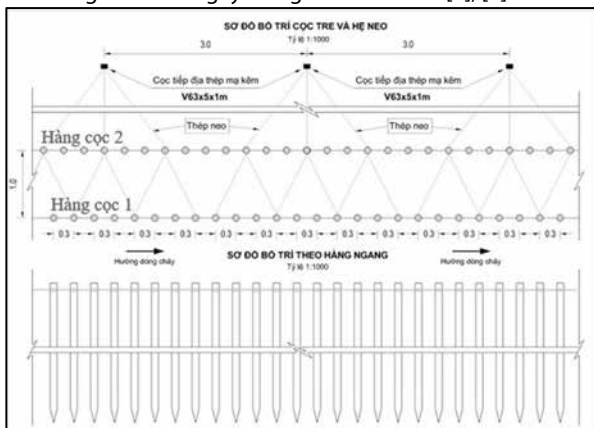
Hình 2: Hiện trạng sạt lở khoảng 20m bờ sông khu vực xã Hòa Phong

### 3. Phương pháp tiếp cận

Trong những năm gần đây, với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, nhiều nghiên cứu mới ứng dụng các thành tựu khoa học trong các ngành vật liệu, kết cấu xây dựng để tăng cường hiệu quả bảo vệ bờ sông đã được tiến hành, thử nghiệm và áp dụng rộng

rãi, thay thế và bổ sung cho các phương pháp truyền thống. Một số giải pháp đã và đang được ứng dụng tại Việt Nam, như: với sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp hóa chất, các loại vải, dây được sản xuất bằng sợi tổng hợp Polyme đã được sử dụng để tạo nên các loại vải địa kỹ thuật, cốt cho đất đắp, thảm, túi ống, túi vải độn vật liệu có cường độ cao giúp chống xói đáy, bảo vệ chân mái và bờ sông. Ngoài ra, các loại ống địa kỹ thuật (GeoTube) được chế tạo bằng vải địa kỹ thuật cường độ cao cũng đã được sử dụng để chứa đất, cát, tạo thành những cấu kiện xếp chồng lên nhau để gia chân, mái bờ sông. Hoặc các loại túi địa kỹ thuật (Bagwork) có kích thước nhỏ được sử dụng để ghép nối bằng các khớp nhựa cũng được ứng dụng rộng rãi ở nước ngoài. Để nâng cao hiệu quả các loại hình công trình cơ bản, nhiều nghiên cứu đã tập trung cải tiến các cấu kiện, kết cấu tổng thể công trình theo hướng linh hoạt, bền vững, thuận tiện cho thi công. Các nhà khoa học đã cải tiến các khối bê tông lát mái, vừa giảm được tác dụng của sóng, giảm diện tích lớn khi chịu áp lực sóng, vừa có khe hở để các loại thực vật sinh sống. Sự ra đời của một số loại khối bê tông rỗng, liên kết trên mặt bằng khá linh hoạt và có tính thẩm mỹ cao, tạo thành một "tấm thảm" bề tông như khối Amorloc, Amorflex, Terrafix. Tuy nhiên những giải pháp trên, hiện có giá thành tương đối cao, biện pháp thi công khá phức tạp, và quan trọng hơn là mức độ thân thiện với môi trường không cao. Do đó việc triển khai với quy mô lớn như khu vực hạ du sông Vu Gia Thu Bốn đòi hỏi nguồn kinh phí lớn, vượt quá khả năng của các địa phương.

Sử dụng các loại thực vật thân thiện với môi trường trong gia cố bờ đã được nghiên cứu và ứng dụng từ lâu ở nhiều nơi trên thế giới cũng như Việt Nam. Phương pháp này ít tốn kém và cung cấp nhiều lợi ích: Thi công đơn giản; Thân thiện với môi trường; Cải thiện môi trường sống của động vật hoang dã và cá sinh sản; Tạo cảnh quan môi trường; Chi phí đầu tư thấp. Một trong những giải pháp nổi bật của trường phái này là lựa chọn công nghệ trồng cỏ Vetiver, loại cỏ này có những đặc tính nổi bật, phù hợp với việc bảo vệ bờ sông, như sở hữu bộ rễ đồ sộ gồm hàng ngàn vạt rễ nhánh ăn đều và rất sâu, có thể xuống tới 2-3m ngay trong năm đầu tiên [3], [4].



**Hình 3:** Sơ đồ bố trí hệ cọc tre và hệ neo

Kết quả trồng ở một số nơi cho thấy, trong vòng 12 tháng đầu, rễ cỏ Vetiver có thể ăn sâu tới 3,6m trên mái dốc đất đắp. Bộ rễ như vậy gắn kết chặt các hạt đất, đồng thời neo chặt lớp đất bờ rời phía trên với lớp đất ổn định hơn bên dưới, vì vậy cây cỏ rất khó bị bật gốc. Bộ rễ như vậy cũng giúp cỏ Vetiver chịu hạn rất tốt. Rễ cỏ Vetiver có sức kháng kéo rất cao (sức kháng cắt có thể đạt 75MPa, tức là bằng 1/6 sức bền của thép và có khả năng tăng sức kháng cắt của đất lên tới 39% ở độ sâu 0,5m), thậm chí còn cao hơn cả một số loài cây thân gỗ, giúp gia cường mái dốc rất tốt. Nhưng một yếu điểm cố hữu của giải pháp này là thời gian sinh trưởng của cỏ cũng

như mức độ liên kết giữa các khóm cỏ trong giai đoạn đầu ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả gia cố. Vì để đạt được yêu cầu gia cố, đòi hỏi thời gian trồng cỏ phải đạt ít nhất 1-2 năm [5]–[7]. Điều này dẫn đến những hạn chế lớn của giải pháp sử dụng cỏ Vetiver. Nhằm khắc phục những yếu điểm trên, trong bài báo này nhóm tác giả đề xuất một sơ đồ gia cố mới, tận dụng tối đa khả năng kháng cắt, kháng kéo của bộ rễ cỏ Vetiver cũng như là ổn định khu vực bờ trong giai đoạn 1-2 năm đầu tiên, đó là giải pháp kết hợp giữa cọc tre, giằng neo thép và trồng cỏ Vetiver. (Hình 3)

#### 4. Sơ đồ gia cố cho khu vực xã Hòa Phong

##### 4.1 Xác định cao trình thiết kế

Để xác định các cao trình thiết kế, nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng bài toán thủy lực sông khu vực nghiên cứu. Căn cứ vào tài liệu thu thập được và đặc tính của lưu vực tính toán, lựa chọn hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Mike 21 HD theo 2 năm 2005 và 2009. Vị trí để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại trạm đo mực nước cầu Cẩm Lệ. Sử dụng bộ mô hình đã hiệu chỉnh và kiểm định để xác định các giá trị mực nước tại đoạn sông khu vực nghiên cứu bao gồm: mực nước lũ thiết kế, mực nước kiệt thấp nhất, mực nước trung bình mùa kiệt (Bảng 1).

**Bảng 1:** Các giá trị mực nước thiết kế tại khu vực nghiên cứu

TT	Mực nước	Đơn vị	Giá trị
1	MN Lũ thiết kế	m	2.21
2	MN Kiệt bình quân	m	1.61
3	MN Kiệt nhất	m	1.52

##### 4.2 Xác định sơ đồ gia cố cọc tre.

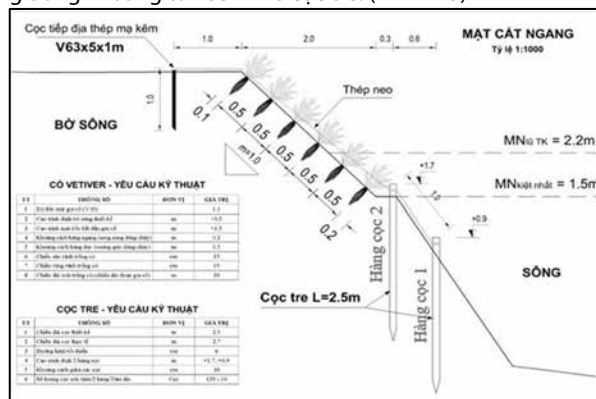
Hiện tại, chưa thấy lý thuyết tính toán cụ thể nhưng ta có thể làm như sau: trong giai đoạn thiết kế giả sử sau khi đóng cọc tre đất nền đạt được độ chặt nào đó (thông qua hệ số rỗng) từ đó tính được sức chịu tải đất nền lấy đó làm căn cứ thiết kế móng (hoặc có thể giả sử sức chịu tải đất nền sau khi đóng cọc).

Do yêu cầu về đặc tính kỹ thuật của cọc tre, cần đóng cọc tre đến cao trình mực nước tối thiểu trong sông (giới hạn mùa cạn) để đảm bảo cọc luôn chìm trong nước.

Chiều dài cọc thiết kế 2.5m (thực tế 2.7m);

Cao trình đỉnh đầu cọc Zđỉnh = (+1.7m) & (+0.9m);

Theo kinh nghiệm thi công cọc tre hiện nay, người ta thường đóng 16-25 cọc/m<sup>2</sup> vì để chia (khoảng cách cọc 20-30 cm). Như vậy, lựa chọn khoảng cách giữa các cọc là 30cm thì với kết cấu 2 hàng cọc phân bố đều trên chiều dài 20m đoạn sạt lở, cần tiến hành thi công đóng khoảng từ 135 ± 10 cọc tre. (Hình 4-5)



**Hình 4:** Mặt cắt ngang đại diện mái gia cố bờ sông

##### 4.3 Xác định sơ đồ trồng cỏ

Với những đặc tính ưu việt của cỏ Vetiver, để giảm nhẹ lũ lụt và bảo vệ bờ sông khu vực nghiên cứu, tiến hành thiết kế bố trí trồng cỏ Vetiver như sau:

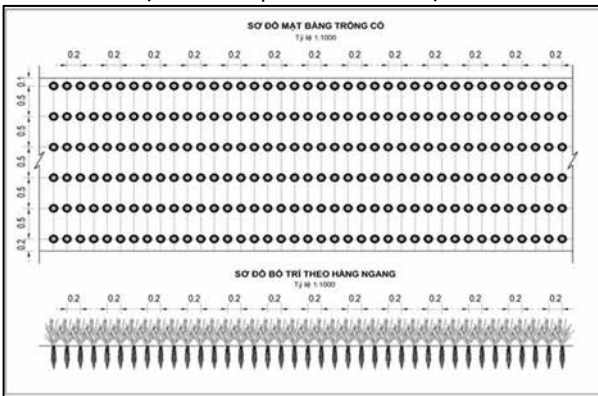
Mái dốc thích hợp cho việc trồng cỏ Vetiver gia cố bờ sông là 1:1 hoặc có thể thoải hơn. Như vậy, với độ dốc hiện trạng, cần sử dụng máy đào bóc bỏ phần PH và tạo mái dốc.

Sau khi thi công đóng cọc tre gia cố nền đất yếu, tiến hành trồng Cỏ Vetiver theo 2 hướng:

Trồng cỏ Vetiver theo đường đồng mức, song song với dòng chảy, với khoảng cách hàng cách hàng (đo xuôi dốc) là 0,2-0,5m, lựa chọn 0.2m/hàng ngang; Để giảm tốc độ dòng chảy, trồng các hàng cỏ Vetiver vuông góc với chiều dòng chảy, khoảng cách hàng cách hàng 0,3-0,8m, lựa chọn 0.5m/hàng dọc.

Hàng ngang trên cùng trồng dọc theo mép đỉnh dốc, hàng dưới cùng trồng ở ngang mực nước thấp nhất. Lưu ý một số nơi mực nước sông có thể thay đổi rất đáng kể theo mùa và do vậy có thể chọn đúng thời điểm nước kiệt nhất để trồng hàng dưới cùng càng thấp càng tốt. Do mực nước có thể lên cao, một vài hàng dưới cùng có thể mọc chậm hơn các hàng trên:

- Cao trình đỉnh bờ sông Zđỉnh = +3.5m;
- Cao trình mực nước thấp nhất: Ztn = Zkiệt = +1.5m.

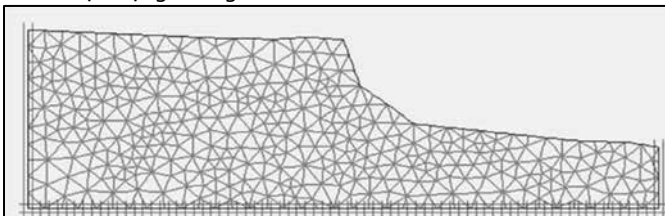


Hình 5: Sơ đồ trồng cỏ Vetiver trên mái bờ sông

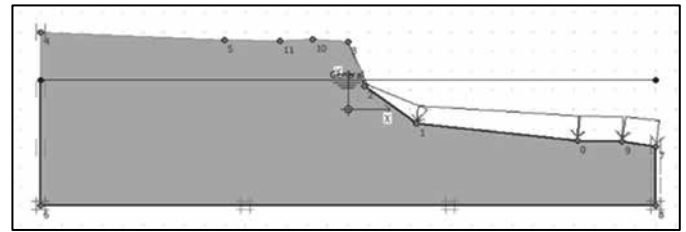
#### 4.4 Kiểm tra ổn định

Từ tài liệu địa hình thu thập được, dữ liệu thủy văn, tác giả lựa chọn phần mềm Plaxis V8.6 để mô phỏng, phân tích và tính toán ổn định cho từng trường hợp tính toán. Hiện nay phần mềm Plaxis cho phép phân tích ổn định địa kỹ thuật cho nhiều bài toán phức tạp, ngày càng chứng tỏ được khả năng cũng như mức độ hiệu quả, là công cụ tin cậy cho người kỹ sư thiết kế. Tác giả sử dụng mô hình Mohr – Coulumb và mô hình Soft soil model để áp dụng cho việc tính toán. Nhằm so sánh tính hiệu quả của mô hình lựa chọn, nhóm tác giả tiến hành phân tích với 3 trường hợp: Không có kè (hình 9); giải pháp kè cứng sử dụng bê tông (hình 12); giải pháp kè mềm kết hợp trồng cỏ Vetiver hình (hình 13). Các tiêu chuẩn sử dụng trong tính toán: TCVN 8419-2010: Thiết kế công trình bảo vệ bờ sông, TCVN 9902-2013: Yêu cầu thiết kế đê sông.

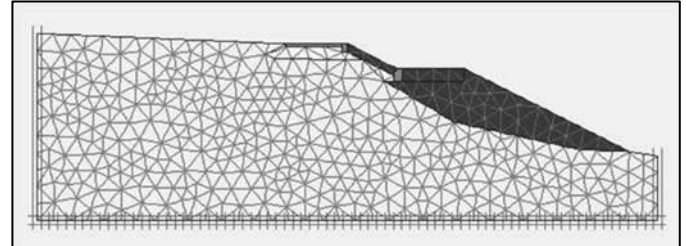
a) Hiện trạng không có kè



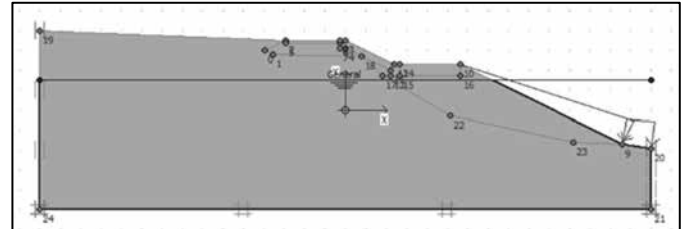
Hình 6: Chia lưới cho hiện trạng bờ sông tại vị trí nghiên cứu



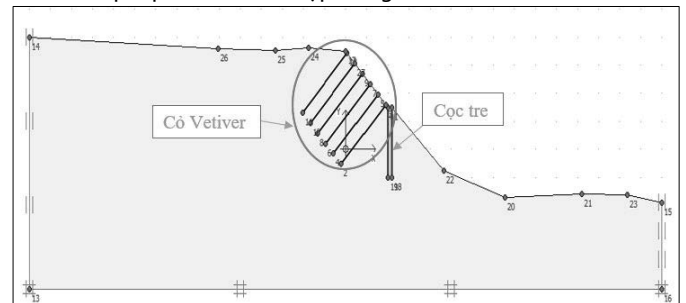
Hình 7: Khai báo mực nước cho hiện trạng bờ sông tại vị trí nghiên cứu  
b) Mô hình kè cứng sử dụng bê tông cốt thép để gia cố



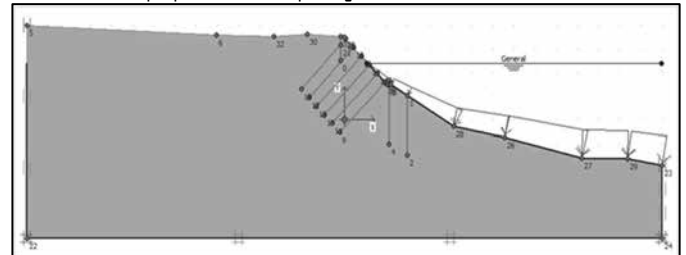
Hình 8: Chia lưới công trình kè cứng



Hình 9: Khai báo mực nước tính toán  
c) Giải pháp kè mềm kết hợp trồng cỏ Vetiver



Hình 10: Giải pháp kè mềm kết hợp trồng cỏ Vetiver



Hình 11: Khai báo mực nước thông số đầu vào

#### 5. Kết quả tính toán

Kết quả mô phỏng trong Plaxis cho ra các hệ số ổn định theo từng trường hợp mực nước, ứng với các mô hình tính toán đã nêu trên, kết quả được trình bày trong bảng 2.

Qua bảng kết quả tính toán, tác giả nhận thấy hệ số ổn định hiện tại của bờ sông là thấp hơn hoặc xấp xỉ với hệ số ổn định cho phép, điều này cho thấy sự cần thiết phải gia cố mái bờ sông, ngăn chặn quá trình sạt lở, gây ảnh hưởng đến tài sản và đời sống của người

dân. Bên cạnh đó, giải pháp gia cố bằng kè cứng cho kết quả hệ số ổn định cao hơn so với giải pháp kè mềm. Tuy nhiên, với kết quả hệ số ổn định của giải pháp kè mềm hoàn toàn thỏa mãn được điều kiện ổn định cho phép. Ngoài ra, giải pháp kè mềm còn có những ưu điểm nổi bật hơn so với giải pháp kè cứng như:

- Thời gian thi công nhanh.
- Giảm chi phí nguyên vật liệu.
- Thân thiện với môi trường.

Vì vậy, giải pháp kè mềm là phương án khả thi khi tiến hành áp dụng cho khu vực nghiên cứu.

**Bảng 2:** Kết quả tính toán ổn định bờ sông gia cố cỏ Vetiver

TT	Loại công trình	Trường hợp tính toán	Hệ số ổn định	
			K – tính toán	[K] <sub>CP</sub>
1	Hiện trạng không gia cố	Mức nước kiệt nhất Z <sub>kiệt</sub> = +1.5m	1,183	1.2
2		Mức nước lũ thiết kế Z <sub>lũ</sub> = +2.2m	1,276	1.2
3	Kè cứng dầm BTCT kết hợp đá đổ	Mức nước kiệt nhất Z <sub>kiệt</sub> = +1.5m	1,586	1.2
4		Mức nước lũ thiết kế Z <sub>lũ</sub> = +2.2m	1,826	1.2
5	Kè mềm trồng cỏ Vetiver kết hợp hệ giằng thép	Mức nước kiệt nhất Z <sub>kiệt</sub> = +1.5m	1,512	1.2
6		Mức nước lũ thiết kế Z <sub>lũ</sub> = +2.2m	1,698	1.2

### 6. Kết quả thực nghiệm

Dựa trên thiết kế và tính toán ổn định, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thực nghiệm trồng cỏ với sớ đồ để xuất cho khu vực Hòa Phong, thành phố Đà Nẵng (Hình 12).

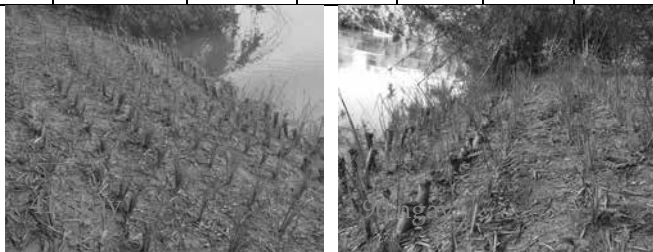


Hình 12: Gia cố bờ sông bằng cỏ Vetiver xã Hòa Phong, Đà Nẵng

Kết quả quan trắc cho thấy có tới 65-98% số cỏ mới trồng sống được, tỷ lệ ra nhánh 11/khóm sau 3 tháng, chiều cao và độ sâu rễ theo thời gian như thể hiện ở bảng 3:

**Bảng 3.** Chiều cao và độ sâu ra rễ của cỏ Vetiver tại khu vực trồng thí điểm

TT	Thông số	Bộ phận	30 ngày	37 ngày	41 ngày	90 ngày
1.	Chiều cao cây	Phần chân	4.44	5.60	7.32	8.20
		Phần giữa	5.15	6.18	7.40	8.21
		Phần đỉnh	0.78	0.75	0.6	0.86
1.	Độ sâu rễ	Phần chân	50.60	72.27	86.24	96.39
		Phần giữa	58.42	72.39	86.36	96.52
		Phần đỉnh	8.89	6.35	5.08	10.16



Hình 13: Quá trình phát triển của cỏ Vetiver tại khu vực nghiên cứu

### 7. Kết luận

Nghiên cứu đã thiết lập, mô phỏng mô hình để tính toán ổn định cho các giải pháp gia cố bờ sông tại thôn Cẩm Toại Đông, huyện Hòa Vang, thành phố Đà Nẵng dựa trên các chỉ tiêu cơ lý của đất, các mực nước thiết kế thông qua phần mềm plaxis. Bên cạnh đó, tác giả đã tính toán được hệ số ổn định của công trình khi tiến hành thi công kè mềm thay cho giải pháp kè cứng như thông thường. Kết quả đã được trích xuất, đối chiếu và bước đầu cho thấy việc thay thế giải pháp kè cứng truyền thống bằng kè mềm (sử dụng cỏ Vetiver kết hợp hệ neo) là khả thi và mang lại hiệu quả kinh tế cũng như kỹ thuật tương đối tốt. Kết quả trồng thực nghiệm cho thấy, quá trình sinh trưởng của cỏ Vetiver với khu vực thành phố Đà Nẵng là khá tốt. Mặc dầu trong điều kiện bóng râm, nhưng mức độ phát triển của bộ rễ là tương đối, yếu tố này góp phần gia tăng độ chặt của đất, cũng với các liên kết cọc tre biến khu vực gia cố thành một khối vững chắc, từ đó giảm thiểu nguy cơ sạt lở tại khu vực. Kết quả thực nghiệm chứng minh, biện pháp gia cố bờ sông bằng giải pháp kè mềm sử dụng cỏ vetiver, cọc tre và neo thép là hoàn toàn khả thi và mang lại hiệu quả cao. Với chi phí rẻ, tận dụng được vật liệu thân thiện với thiên nhiên, gần gũi và phổ biến với người dân, mô hình sẽ mang lại hiệu quả cả về kinh tế và kỹ thuật, góp phần giảm thiểu tình trạng sạt lở bờ sông, đảm bảo điều kiện phát triển kinh tế xã hội của địa phương.

### Lời cảm ơn

Bài báo là sản phẩm nằm trong khuôn khổ đề tài cấp cơ sở mã số D2019-CS-07 của Sở khoa học công nghệ TP Đà Nẵng. Nhóm tác giả và Trung tâm Nghiên cứu quản lý rủi ro và Khoa học an toàn - Đại học Đà Nẵng xin chân thành cảm ơn Sở KHCN TP Đà Nẵng và Đại học Đà Nẵng đã tạo điều kiện và tài trợ chi phí nghiên cứu này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ADB, "Economics of Climate Change in the Pacific. The economics of climate change in Southeast Asia: a regional review," 2013.
- [2] P. Truong, T. T. Van, and E. Pinners, "Vetiver system applications technical reference manual," *Vetiver Netw. Int.*, vol. 89, 2008.
- [3] D. Hengchaovanich, *Vetiver grass for slope stabilization and erosion control*. Office of the Royal Development Projects Board, 1998.
- [4] N. S. Nilaweera and D. Hengchaovanich, "Assessment of strength properties of vetiver grass roots in relation to slope stabilization," in *Vetiver: A Miracle Grass, Chiang Rai (Thailand), 4-8 Feb 1996*, 1996.
- [5] M. S. Islam, "Application of Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) as a bio-technical slope protection measure—some success stories in Bangladesh," in *Proceedings of the 6th International Conference on Vetiver*, 2015, pp. 5–8.
- [6] O. Babalola, S. C. Jimba, O. Maduakolam, and O. A. Dada, "Use of vetiver grass for soil and water conservation in Nigeria," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Vetiver and Exhibition. Vetiver and Water: Guangzhou, China*, 2003, pp. 293–300.
- [7] S. Mondal and P. P. Patel, "Implementing Vetiver grass-based riverbank protection programmes in rural West Bengal, India," *Nat. Hazards J. Int. Soc. Prev. Mitig. Nat. Hazards*, pp. 1–26, 2020.