

TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH MÁI DỐC THEO PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG GIỚI HẠN CÓ ỨNG DỤNG VẢI ĐỊA KỸ THUẬT ĐỂ GIA CỐ TRONG XÂY DỰNG ĐÊ ĐẬP TRÊN NỀN ĐẤT YẾU Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Nguyễn Đình Vượng, Lê Văn Tuấn

Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

(Bài nhận ngày 24 tháng 11 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 25 tháng 4 năm 2005)

TÓM TẮT: Xây dựng công trình trên nền đất yếu có rất nhiều phương pháp gia cố được áp dụng ở trong và ngoài nước, tuy nhiên phương pháp ứng dụng vải địa kỹ thuật để gia cố mái dốc vẫn chưa được các nhà tư vấn áp dụng nhiều trong việc thiết kế và thi công công trình. Với nhiều tính năng ưu việt, nhưng vải địa kỹ thuật hầu như chỉ được ứng dụng chủ yếu trong công trình giao thông và các công trình bảo vệ bờ chống xói lở bờ sông, kênh...vv. Đồng bằng sông Cửu Long hiện đang được nhà nước chủ trương xây dựng hàng loạt công trình bằng việc sử dụng đất tại chỗ đắp đập ngăn mặn, đê bao chống lũ bảo vệ mùa màng và đời sống người dân. Bài viết giới thiệu cách tiếp cận phương pháp tính ổn định mái dốc theo phương pháp cân bằng giới hạn khi có gia cố vải địa kỹ thuật trong xây dựng đê đập trên nền đất yếu ở Đồng bằng sông Cửu Long. Với phần mềm SLOPE/W, các tác giả đã ứng dụng để tính toán hệ số ổn định chung trượt tròn với các trường hợp làm việc khác nhau của các lớp vải địa kỹ thuật.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, lũ sông Mêkong liên tiếp gây nhiều thiệt hại về cơ sở vật chất, ảnh hưởng rất lớn đến sản xuất, đời sống và sinh hoạt của nhân dân. Để thực hiện chủ trương chung sống lâu bền với lũ, nhà nước đã và đang tập trung xây dựng các công trình kiểm soát lũ, đê đập ngăn mặn, đê bao chống lũ, tôn nền tuyến dân cư trong vùng ngập lũ...vv, các dạng công trình trên chủ yếu được đắp trên nền đất yếu bằng đất lấy tại chỗ ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Xây dựng công trình trên nền đất yếu có rất nhiều phương pháp gia cố đã, đang và sẽ được áp dụng trong nước và trên thế giới. Tuy nhiên phương pháp ứng dụng vải địa kỹ thuật (VĐKT) để gia cố mái dốc vẫn chưa được các nhà tư vấn áp dụng nhiều trong việc thiết kế và thi công công trình. Với nhiều tính năng ưu việt, nhưng VĐKT hầu như chỉ được ứng dụng chủ yếu trong công trình giao thông và công trình bảo vệ bờ chống xói lở bờ sông, kênh...vv. Để góp phần tìm hiểu sâu rộng hơn khả năng áp dụng các tính năng khác của VĐKT trong xây dựng công trình đê, đập và gia cố nền móng, các tác giả đưa ra cách tiếp cận phương pháp tính ổn định mái dốc khi gia cường VĐKT, từ đó rút ra cách bố trí vải trong gia cường mái dốc nói chung và đê, đập nói riêng với việc sử dụng đất tại chỗ vào các công trình đất đắp trên nền đất yếu cũng như triển vọng áp dụng của nó ở khu vực ĐBSCL.

2. ĐẶC ĐIỂM ĐẤT NỀN DỌC CÁC TUYẾN ĐÊ ĐẬP Ở ĐBSCL

Vị trí các tuyến đê bao, đập ngăn mặn xây dựng ở ĐBSCL thường bị ràng buộc bởi các yếu tố lịch sử, văn hóa - xã hội hoặc tuyến xây dựng kéo dài nên khó né tránh những đoạn phải đi qua vùng đất nền yếu, nhất là đối với vùng có sự biến đổi địa chất phức tạp như Đồng Tháp Mười, vùng ven biển. Xét trong phạm vi độ sâu 5 - 7m kể từ mặt đất (phạm vi chịu ảnh hưởng của tải trọng đê) đất nền thường gặp là các đất loại sét (sét, á sét, á cát) ở trạng thái dẻo cứng, dẻo mềm, dẻo chảy, chảy và các loại bùn sét, bùn á sét, bùn á cát, có chứa nhiều hợp chất hữu cơ. Dọc ven biển Bạc Liêu, Trà Vinh, Bến Tre, Gò Công có những giồng cát hẹp cao 3-7m. Tùy theo từng khu vực, thứ tự sắp xếp các lớp đất và độ bền của chúng cũng thay đổi. Ví dụ : dọc tuyến đê ngăn lũ Tân Thành - Lò Gạch ở Đồng Tháp Mười gặp các lớp đất sét dẻo cứng, nửa cứng có độ bền tương đối tốt $\varphi'' = 10 - 12^\circ$, $c'' = 0.25 - 0.35\text{kg/cm}^2$, nhưng cũng gặp lớp sét yếu có $\varphi'' = 5^\circ$, $c'' = 0.11\text{kg/cm}^2$. Dọc theo tuyến đê biển Bạc Liêu

gặp lớp sét chảy, bùn sét có $\phi'' = 2 - 3^0$, $c'' = 0.07 - 0.09\text{kg/cm}^2$, dọc theo tuyến đê biển Cà Mau trên mặt gặp lớp sét mỏng độ 0.3m ở trạng thái dẻo mềm, có $\phi'' = 7^0$, $c'' = 0.15\text{g/cm}^2$, nhưng dưới lớp sét dẻo mềm là lớp bùn sét khá dày (trên 5m) có $\phi'' = 1 - 2^0$, $c'' = 0.04 - 0.05\text{kg/cm}^2$ [1]. Nền đê ở ĐBSCL chủ yếu là các loại: đất dính mềm yếu, và các loại bùn sét, bùn á sét, bùn á cát. Ở điều kiện tự nhiên, chúng có hệ số thấm nước bé, không thể cố kết nhanh được, nhìn chung đất nền đê ở ĐBSCL đều thuộc loại đất yếu.

Những yếu tố trên đây khiến cho đất bùn sét và sét dẻo chảy có tính ổn định cơ học rất thấp, khả năng chịu ứng suất công trình yếu, dễ gây trượt lở khi có tác động của các yếu tố khác. Vì vậy, để tăng cường khả năng ổn định nền đất, giảm bớt khả năng tác động của các yếu tố bên ngoài, hạn chế xói lở và trượt nền đất, mái dốc, giải pháp dùng VĐKT để gia cố, bảo vệ mái dốc là tương đối hợp lý cả về kinh tế và kỹ thuật.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN

Ở đây chúng tôi chọn phương pháp gia cố VĐKT cho những đoạn đê bao chống lũ và đập ngăn mặn tương đối cao thi công trong một mùa trên nền đất yếu ở ĐBSCL. Đặt các lớp VĐKT lên bề mặt phân cách giữa nền đê và thân đê, đồng thời đặt các lớp VĐKT ở những cao trình khác nhau trong thân đê nằm song song hoặc nghiêng với mặt nền. Lớp vải đặt ở mặt nền có tác dụng phân cách nền đê và thân đê làm cho khối đất đắp không lún chìm vào nền, áp lực đê phân bố tương đối đồng đều trên mặt nền và tạo điều kiện cho nền cố kết từ từ. Lớp vải đặt nằm ngang ở trong thân đê có tác dụng phân bố áp lực được đều theo từng cao trình mặt cắt ngang đê, tăng độ bền chống trượt của khối đất đắp và giảm diện tích mặt cắt ngang đê.

Sử dụng phần mềm SLOPE/W để tính toán và so sánh khả năng ổn định tổng thể của mái dốc đê hiện trạng và mái dốc khi được gia cố. Đánh giá hệ số an toàn với các trường hợp làm việc khác nhau của mái dốc, chỉ rõ các thông số đầu vào, đầu ra cũng như phương pháp tính toán nhằm làm rõ thêm khả năng ứng dụng hiệu quả trong xây dựng các công trình thủy lợi trên nền mềm yếu khi được gia cường bằng VĐKT.

3.1. Công cụ tính toán:

SLOPE/W là phần mềm tính ổn định của Canada (GEO-SLOPE International, Ltd), được quốc tế hóa, sử dụng lý thuyết cân bằng giới hạn về lực và mômen để xác định hệ số an toàn chống lại sự phá hoại (trượt).

a. Tính toán theo mặt trượt trụ tròn.

- **Giả thiết** : Các công thức về cân bằng giới hạn được thiết lập dựa trên 3 giả thiết quan trọng sau :

- Đất là vật liệu thỏa mãn điều kiện Mohr-Coulomb;
- Đối với mọi lớp đất trong mặt trượt, hệ số an toàn của thành phần lực dính và thành phần ma sát của sức kháng cắt được xem là bằng nhau;
- Hệ số an toàn được xem là như nhau cho các thỏi (n thỏi).

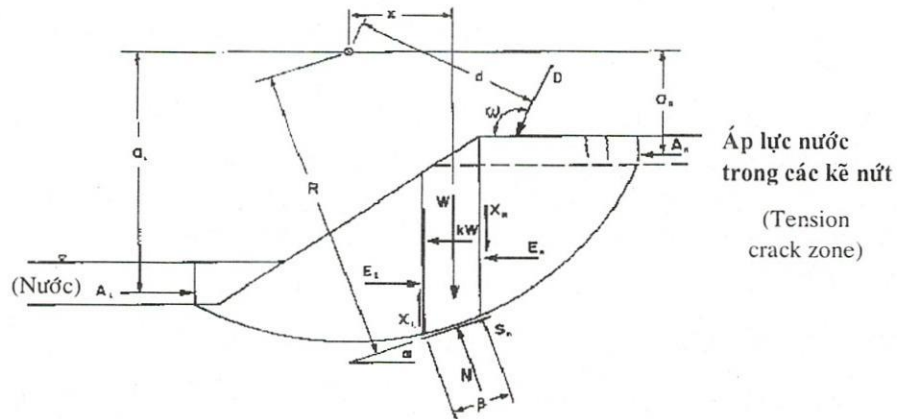
- **Tại mỗi thỏi ta có** :

$$\begin{aligned} & \text{- Các phương trình cân bằng : } \sum X = 0; \sum Y = 0; \sum M = 0 \\ & \text{và } S_m = S = C' + (\sigma'_n - u)\text{tg}\phi' \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó: S_m - lực cắt đáy thỏi; S - độ bền chống cắt; C' - lực dính đơn vị của đất;
 σ'_n - tổng ứng suất pháp; ϕ' - góc ma sát trong; u - áp lực nước lỗ rỗng;

- Hệ số an toàn (Fs) là hệ số mà độ bền chống cắt cần phải giảm đi để mặt trượt đạt đến trạng thái cân bằng giới hạn.

Việc phân tích sự ổn định của mái dốc được thực hiện với từng mặt trượt (trong bài báo này chúng tôi giới hạn tính toán cho mặt trượt cung tròn) thông qua chia nhỏ khối trượt thành các thỏi (mảnh nhỏ) theo phương đứng.



Hình 1 - Lực tác dụng lên một mảnh trượt trong trường hợp mặt trượt cung tròn

• Tính hệ số an toàn theo phương pháp cân bằng mô men:

Từ hình vẽ trên ta thấy rằng trong mỗi trường hợp tổng mô men của tất cả các cột đất đối với một điểm chung có thể được viết như sau:

$$\sum Wx - \sum S_m R - \sum Nf + \sum kW e \pm [D.d] \pm A.a - \sum_1^n Q_m t_i = 0 \quad (2)$$

Dấu ngoặc vuông trong phương trình (2) có nghĩa là các lực này được xem xét cho cột đất có lực D tác dụng vào nó. Thay phương trình (1) (phương trình giá trị của lực cắt huy động được để thoả mãn các điều kiện cân bằng giới hạn - Sm) vào phương trình (2) và giải, ta tìm được hệ số an toàn theo phương pháp cân bằng moment.

$$F_m = \frac{\sum [c' \beta . R + (N - u\beta) R . \tan g\phi']}{\sum Wx - \sum Nf + \sum kW e \pm [D.d] \pm A.a - \sum_1^n Q_m t_i} \quad (3)$$

Phương trình (3) là phi tuyến bởi vì lực pháp tuyến N (tại đáy cột đất) cũng là hàm của hệ số an toàn.

Trong đó :

W : Trọng lượng toàn bộ cột đất có bề rộng b và chiều cao h

N : Lực pháp tuyến toàn phần tại đáy cột đất

Sm : Lực cắt huy động được tại đáy cột đất.

E : Lực pháp tuyến nằm ngang tại mặt tiếp xúc giữa các cột đất.

KW: Lực động đất nằm ngang đặt tại trọng tâm mỗi cột đất.

R : Bán kính đối với mặt trượt tròn hay cánh tay đòn của lực Sm đối với mặt trượt dạng bất kỳ.

f : Độ lệch thẳng góc của lực pháp tuyến tính từ tâm xoay hoặc tâm moment.

X : Khoảng cách nằm ngang từ tâm cột đất đến tâm xoay hay tâm moment.

E : Khoảng cách thẳng đứng từ tâm cột đất đến tâm xoay hay tâm moment.

D : Ngoại lực tập trung (nhưng có dạng phân bố dọc theo phương thẳng góc với hình vẽ)

d : Khoảng cách thẳng góc từ tải tập trung D đến tâm xoay hay tâm moment.

A : Hợp lực của áp lực nước ngoài lực. Chỉ số L và R để chỉ phía trái hay phải của mái dốc.

a : Khoảng cách thẳng góc từ hợp lực của áp lực nước ngoài lực đến tâm xoay hay tâm moment.

ω : Góc hợp bởi phương của tải tập trung với phương nằm ngang. Góc này đo theo chiều kim đồng hồ tính từ chiều dương của trục X.

Q_{ni} : Lực neo thứ i của thanh neo hay lực kéo hiệu dụng của VĐKT đối với cột đất đang xét.

t_i : Khoảng cách từ phương lực neo tới tâm xoay hay tâm moment.

b. Phương pháp tính toán:

Phương pháp cân bằng giới hạn tổng quát (GLE) sử dụng các phương trình tĩnh học sau đây để giải tìm hệ số an toàn :

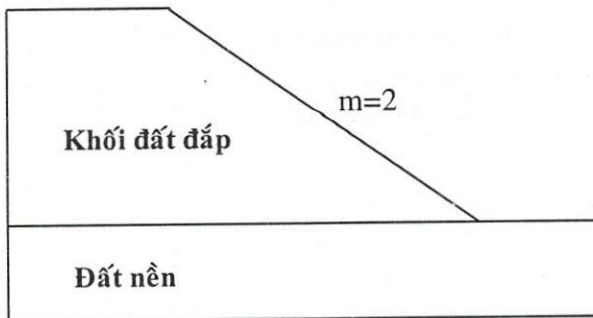
- Tổng các lực theo phương đứng đối với mỗi cột đất, được dùng để xác định lực pháp tuyến N tại đáy cột đất.
- Tổng các lực theo phương ngang đối với mỗi cột đất, được dùng để tính toán lực pháp tuyến E tại mặt tiếp giáp giữa các cột đất. Phương trình này được áp dụng một cách tích hợp ngang qua toàn bộ khối trượt (tức từ trái sang phải).
- Tổng mô men đối với một điểm chung cho tất cả các cột, được dùng để tìm hệ số an toàn F_m theo phương pháp cân bằng moment.
- Tổng các lực theo phương ngang cho tất cả các cột đất, được dùng để tìm hệ số an toàn F_i theo phương pháp cân bằng lực.

Hệ số an toàn thoả mãn cả phương trình cân bằng mô men và cân bằng lực được xem là hệ số an toàn hội tụ của phương pháp cân bằng giới hạn tổng quát.

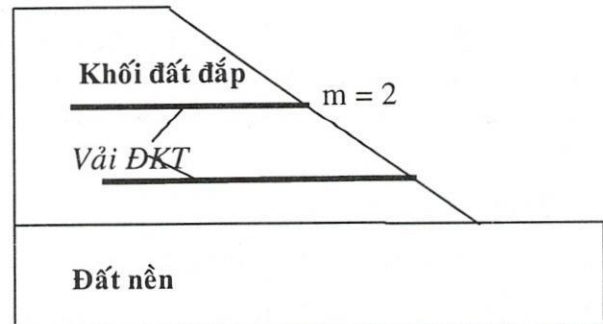
3.2. Sơ đồ và trình tự tính toán:

a. Sơ đồ tính toán:

Xét bài toán ổn định tổng thể mái dốc có sơ đồ như hình vẽ. Hình 2 mô tả sơ đồ tính toán ổn định mái dốc khi không gia cường bằng VĐKT cường độ cao, hình 3 mô tả sơ đồ tính toán ổn định tổng thể mái dốc khi được gia cố nền bằng các lớp VĐKT. Khối đất đắp và đất nền có các chỉ tiêu cơ lý như bảng 1.



Hình 2: Sơ đồ tính toán khi không gia cường bằng VĐKT.



Hình 3: Sơ đồ tính toán khi gia cường bằng 2 lớp VĐKT

b. Trình tự tính toán:

Phương pháp cung trượt tròn xét trong trường hợp biểu đồ lực đã phân bố đồng thời trên khắp chiều rộng đáy đê và sự phá hoại xảy ra cũng đồng thời theo cung trượt đi qua nền đê và thân đê. Nếu đất đắp đê tốt thì phần lực dính và lực ma sát dọc theo đoạn cung đi qua thân đê có tác dụng làm tăng hệ số an toàn chống trượt của đê, trong khi đó phần nền đất yếu không đủ khả năng chịu tải. Thực tế khi thi công, khối đất được đắp lên nền đê có dạng cục bộ và sự phá hoại xảy ra trước ở những nơi đất

nền có độ bền thấp. Đối với nền đất yếu, cung trượt nguy hiểm thường đi qua cả khối đất đắp và đất nền.

Trên cơ sở phương pháp tính cân bằng giới hạn tổng quát, mô hình hoá sự làm việc của VĐKT bằng sự làm việc của neo với cường độ chịu lực kéo tương đương. Với các chỉ tiêu cơ lý tương ứng, tính ổn định mái dốc cho các trường hợp làm việc khác nhau. Các thông số đầu vào được thể hiện như bảng 1 & 2 dưới đây :

Bảng 1: Các đặc trưng cơ lý của đất

<i>TT</i>	<i>Lớp đất</i>	$\gamma_t(T/m^3)$	$c''(T/m^2)$	$\phi''(độ)$
1	Khối đất đắp : Lớp bùn á sét	1.709	9	8
2	Đất nền : Lớp cát mịn lẫn bùn sét	1.834	6	22

Bảng 2: Thông số mô hình hoá neo vãi địa kỹ thuật

<i>TT</i>	<i>Cường độ (T)</i>	<i>Chiều dài dính kết(m)</i>	<i>Dạng neo mô tả</i>	<i>Ghi chú</i>
1	3	Toàn bộ chiều dài neo	Biến số (Variable)	Neo (Vãi ĐKT)
2	3	Toàn bộ chiều dài neo	Biến số (Variable)	Neo (Vãi ĐKT)

Lưu ý:

- Chiều dài dính kết (bonded length) được xem như là phần neo trong đất cần thiết để làm cho khả năng tự kéo tuột bằng với khả năng chịu kéo đứt của vãi.
- Tổng khả năng chịu lực được gán bằng cường độ chịu kéo đứt. Mặt trượt bất kỳ đi ngang qua lớp vãi ở phía trước đoạn dính kết sẽ bị cản lại bởi khả năng chịu kéo đứt. Các mặt trượt đi ngang qua đoạn dính kết sẽ bị cản bởi một phần của lực kéo tuột.
- SLOPE/W giả thiết rằng lực chống kéo tuột tỉ lệ trực tiếp với phần dính kết phía sau mặt trượt nếu ta tùy chọn Variable cho lực neo.
- Sức neo của vãi = Tổng khả năng chịu lực đã chỉ định * Chiều dài hiệu dụng/ Chiều dài dính kết.(chiều dài hiệu dụng là chiều dài của neo VĐKT còn lại tính từ đầu neo trong đất tới vị trí mặt trượt nguy hiểm nhất).

Trong bài viết này gia cố VĐKT được mô phỏng như tải neo với toàn bộ chiều dài lớp vãi là chiều dài dính kết (bonded length) điều này tùy thuộc hình thức liên kết với kết cấu nào đó để giữ vãi, tải tác dụng thực sự được chọn là thay đổi (tùy vị trí cắt ngang qua lớp vãi), và không có áp lực nước lỗ rỗng.

Trình tự tính toán:

- Tính toán với mái dốc không gia cường VĐKT.
- Tính toán với các trường hợp làm việc của VĐKT khi đặt nằm ngang với các chiều dài, sự xếp xếp khác nhau.
- Tính toán với các trường hợp làm việc của VĐKT khi đặt nằm xiên với các góc dốc khác nhau.
- Tính toán ổn định tổng thể mái dốc theo phương pháp trượt trụ tròn khi gia cường mái dốc bằng 4 lớp VĐKT, mỗi lớp cách nhau 2m với các trường hợp làm việc khác nhau.

c. Kết quả tính toán :

SLOPE/W tính toán ổn định tổng thể với hai trường hợp có gia cố VĐKT và trường hợp mái dốc không gia cố cho ta kết quả được thể hiện như bảng số 3 dưới đây:

Bảng 3: Kết quả tính toán ổn định tổng thể mái dốc

TT	Trường hợp làm việc	Phụ lục	Kmin
1	Mái dốc không gia cường VĐKT	1	1.095
2	Mái dốc gia cường VĐKT nằm ngang	2	1.140
3	Mái dốc gia cường VĐKT nghiêng 10°	3	1.155
4	Mái dốc gia cường VĐKT nghiêng 20°	4	1.175

Nhận xét kết quả tính toán:

- Kết quả tính toán trong bảng trên chỉ rõ rằng: Khả năng ổn định tổng thể của mái dốc sẽ được cải thiện rõ rệt nếu được gia cường hợp lý VĐKT trong xây dựng công trình trên nền đất yếu ở ĐBSCL.
- Chiều dài hiệu dụng của vải gia cường càng lớn thì mái dốc càng ổn định.
- Mật độ gia cường VĐKT càng dày mái dốc càng vững chắc.
- Góc nghiêng càng lớn hệ số ổn định mái dốc càng cao, khả năng an toàn lớn và tiết kiệm vải.
- Phạm vi góc nghiêng hợp lý từ 15o÷30o

4. KẾT LUẬN

Tính toán ổn định đê, đập đất, công trình đất đắp nói chung chính là tính toán ổn định tổng thể mái dốc khối đất đắp và đất nền. Phương pháp ứng dụng VĐKT trong gia cường khối đất đắp trên nền đất yếu là cơ sở khoa học mang ý nghĩa thực tiễn cao trong việc sử dụng đất đắp tại chỗ trên nền yếu cho các công trình xây dựng ở ĐBSCL. Qua những kết quả phân tích đánh giá trên ta thấy ứng dụng VĐKT trong việc gia cố ổn định mái dốc đất đắp là rất khả quan. Bài toán mở ra triển vọng áp dụng VĐKT được dùng để gia cố mái dốc ở một số lĩnh vực chủ yếu trong các công trình thủy lợi, giao thông như đê, đập, đường xá đặc biệt là đê bao chống lũ, đập ngăn mặn, công trình bảo vệ bờ sông, kênh..vv. ở khu vực châu thổ màu mỡ này.

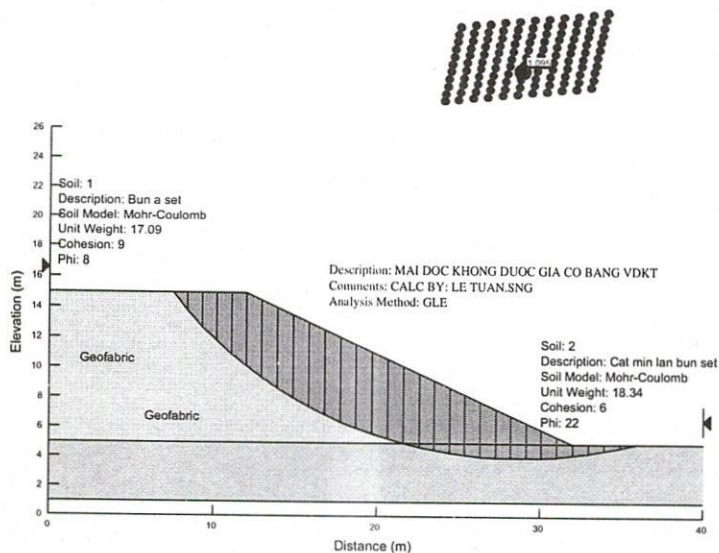
**ESTIMATION OF SLOPE STABILITY BASED ON LIMITED EQUILIBRIUM
METHOD BY USING GEOTEXTILES TO ENHANCE DIKES AND DAMS
CONSTRUCTION ON THE WEAK SOIL FOUNDATION IN THE MEKONG
DELTA.**

Nguyễn Đình Vượng, Lê Văn Tuấn
Southern Institute of Water Resources Research

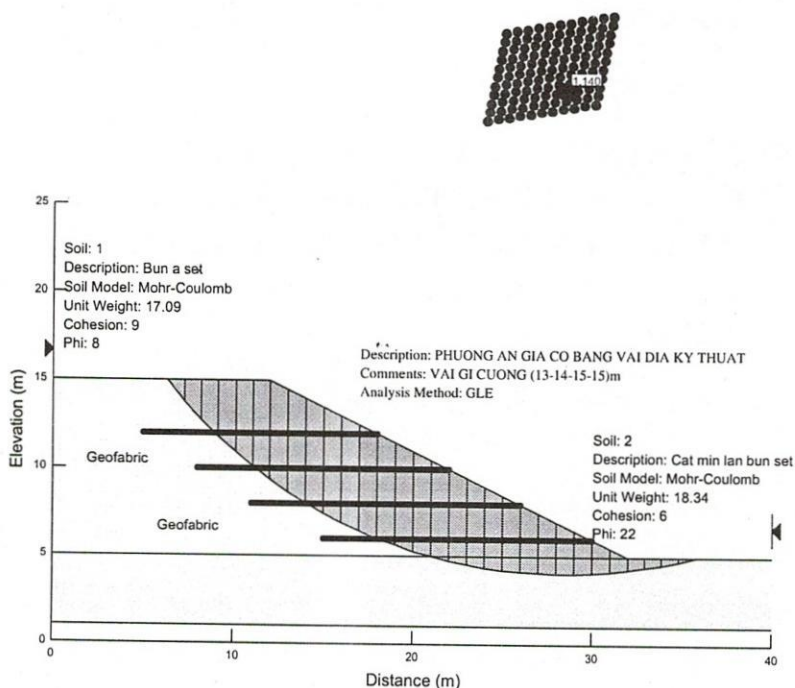
ABSTRACT: *There are many methods to enhance construction works in the weak soil foundation in Vietnam and foreign countries, however, using geotextiles to enhance slope stability has still not applied commonly in design and construction. Although it has multipurpose usage, geotextiled has been applied only in transport construction and river bank protection works. Recently many works have been invested by using local material to build as dikes or dams against flood or salt water in the Mekong delta. The paper has introduced an approach about estimation of slope stability based on limited equilibrium method having geotextiles in dikes or dams construction in the weak soil foundation in the Mekong delta. By using Slope/W software, safety coefficient for slip circle has been estimated with many alternatives of geotextiles layers.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

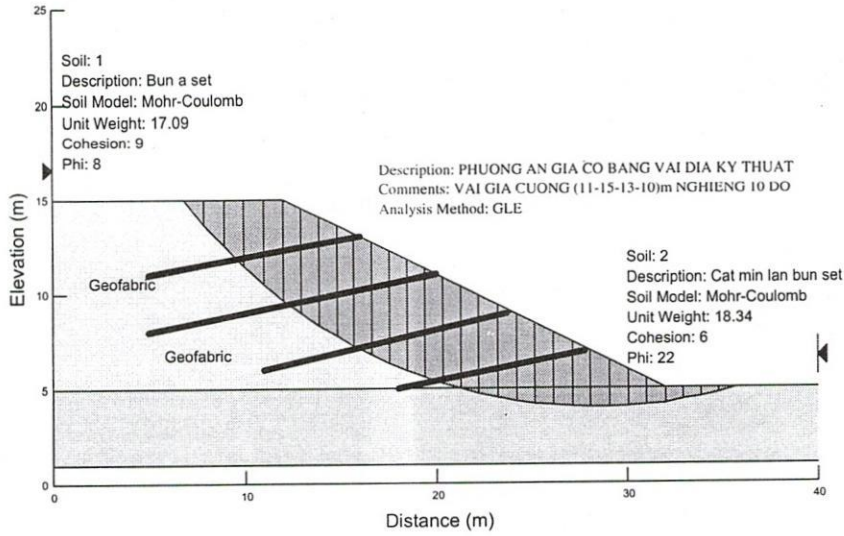
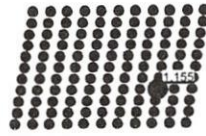
- [1]. Nguyễn Văn Thơ, Trần Thị Thanh - *Xây dựng đê đập, đắp nền tuyến dân cư trên đất yếu ở Đồng bằng sông Cửu Long* - Nhà xuất bản Nông nghiệp (2002). tr51,99,113.
- [2]. Lê Văn Tuấn, *Bài toán tính ổn định tổng thể mái dốc có ứng dụng vải địa kỹ thuật để gia cố và bảo vệ. Tuyển tập kết quả Khoa học và Công nghệ Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam* - Nhà xuất bản Nông nghiệp. tr323-331 (2003).



Phụ lục 1: Kết quả tính toán ổn định mái dốc khi không gia cường VDKT



Phụ lục 2: Kết quả tính toán ổn định mái dốc khi gia cường VDKT nằm ngang



PHỤ lục 3: Kết quả tính toán ổn định mái dốc khi gia cường VDKT nghiêng 10o

Phụ lục 4: Kết quả tính toán ổn định mái dốc khi gia cường VDKT nghiêng 20o

