MỘT SỐ VẤN ĐỀ ỨNG DỤNG CỐT ĐỊA KỸ THUẬT KHI THIẾT KẾ MÁI DỐC ĐỨNG

ThS. NGUYỄN MAI CHI
Bộ môn Thuỷ công-Đại học Thuỷ lợi.

Tóm tắt: *Khi thiết kế mái đất cho các công trình, mái đất càng dốc thì càng kinh tế nhưng có một vấn đề đặt ra là sự ổn định mái dốc. Để đảm bảo sự an toàn cần thiết cho mái, một trong những giải pháp được áp dụng là dùng cốt địa kỹ thuật (Vải địa kỹ thuật, lưới địa kỹ thuật) làm hệ thống cốt trong đất để tăng góc mái dốc hoặc tăng ổn định mái chịu tải trọng. Bài báo tổng hợp các giải pháp kết cấu khi sử dụng cốt địa kỹ thuật với các lợi ích về kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Đồng thời giới thiệu với bạn đọc phần mềm ReSlope(4.0) là phần mềm chuyên dụng của công ty ADAMA-Engineering-Hoa Kỳ dùng tính toán kết cấu mái dốc có sử dụng cốt địa kỹ thuật.*

Từ khoá: Vải địa kỹ thuật (Geotextiles); Lưới địa kỹ thuật (Geogrid);Mái dốc đứng có cốt (Reinforced Steep Slope)

1. Đặt vấn đề

Khi thiết kế mái đất cho các công trình, thì sự ổn định của mái dốc được quan tâm hàng đầu. Mái đất càng xoải, hay nói cách khác góc mái dốc nhỏ thì độ ổn định của mái càng đảm bảo. Nhưng có trường hợp do điều kiện địa hình mà không cho phép thiết kế mái đất xoải mà chỉ có thể thiết kế mái dốc đứng. Hoặc để tận dụng khoảng diện tích trên đỉnh mái cũng phải thiết kế mái dốc đứng. Mái dốc đứng là các mái dốc có góc dốc $45^0 \le \beta \le 90^0$. Nếu mái dốc đứng có kèm theo tải trọng tác dụng lên mái, trên đỉnh mái thì càng dễ mất ổn định. Vì vậy để đảm bảo sự an toàn cần thiết cho mái, một trong những giải pháp được áp dụng là dùng cốt địa kỹ thuật để làm hệ thống cốt trong đất nhằm tăng góc mái dốc hoặc tăng ổn định mái chịu tải trọng.

Ở nước ta, một số đơn vị tư vấn có sử dụng hai phương pháp thường dùng để thiết kế mái đất có cốt địa kỹ thuật. Đó là phương pháp dùng biểu đồ của Schmertman và nnk với sự chỉ dẫn của FHWA (Federal Highway Administration USA) và phương pháp dùng mặt trượt khả dĩ của Culmann. Những phương pháp này thường hạn chế các điều kiện biên khi tính toán, bởi vì nếu chỉ có mái dốc đơn thuần thì việc tính toán là khá dễ dàng. Nhưng khi mái dốc có bố trí thêm thiết bị tiêu nước, hay vật liệu thoát nước tốt ở mặt mái dốc thì việc tính toán bằng tay thường bỏ qua sự làm việc của các vật liệu này.

Qua thống kê một số công trình tại Việt Nam, ví dụ hệ thống mái ta luy dọc theo đường Hồ Chí Minh đoạn chạy qua Quảng Trị. Nhận thấy phần lớn các mái dốc đều bị sạt lở nghiêm trọng vào mùa mưa. Khi bị sạt lở thì các đơn vị thường, một mặt xúc chuyển phần sạt, một mặt tiếp tục bạt mái, như vậy sẽ phải chuyển một lượng đất rất lớn ra khỏi hiện trường. Mặt khác các mái dốc thường để trần không có thực vật bao phủ trông rất mất mỹ quan. Vì vậy để tiết kiệm thời gian và ngân sách, cần gia cố mái taluy dốc hơn tự nhiên và trồng cỏ trên mặt mái dốc tạo mỹ quan tự nhiên.

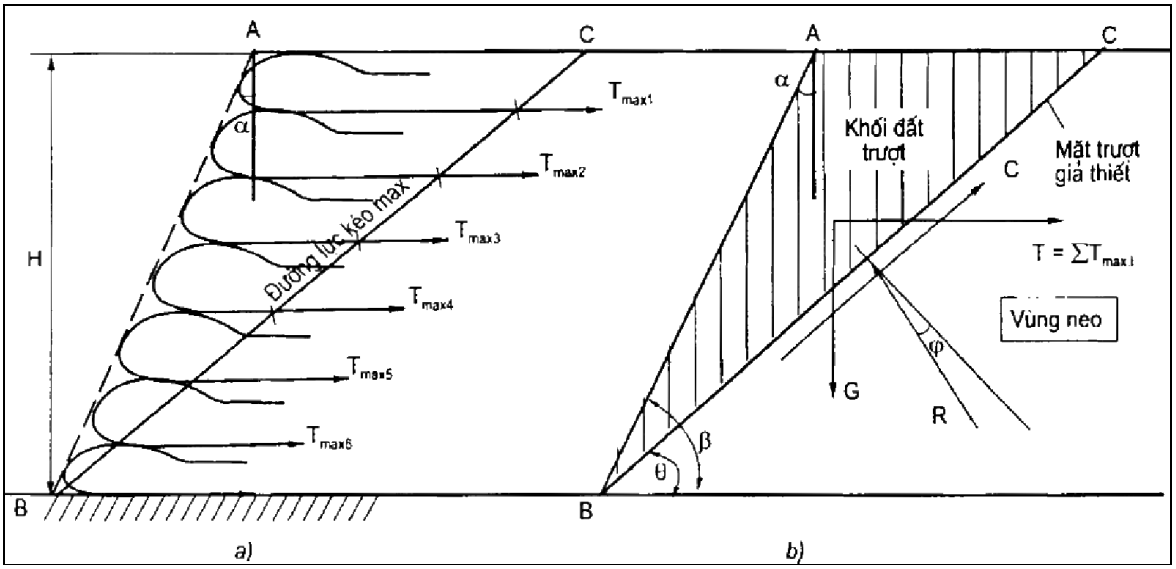
2. Nguyên tắc tính toán mái dốc có cốt địa kỹ thuật-Bài toán về lực neo lớn nhất

Sự phá hỏng khối đất nói chung và khối đất có cốt nói riêng đều có cơ chế trượt của khối trượt theo mặt trượt (còn gọi là mặt phá hoại). Mặt trượt khả dĩ hay còn gọi là mặt phá hoại của khối đất có cốt xảy ra khi hệ thống cốt neo bị tụt hoặc khi hệ thống cốt neo bị đứt.

Dù do tụt neo hay do đứt neo thì sự phá hoại khối đất vẫn theo cơ chế trượt khối đất trên mặt phá hoại có dạng cong Logarit. Khối đất có đặt cốt nằm ngang bằng vải địa kỹ thuật hay lưới địa kỹ thuật có thể coi như một chỉnh thể. Do vậy khi phân tích có thể coi khối đất trượt ứng xử như một chỉnh thể. Vấn đề đặt ra ở đây là

xác định lực neo cần thiết để neo giữ khối đất ở trạng thái cân bằng giới hạn trên mặt trượt.

1.1. Sơ đồ xác định vị trí mặt trượt khả dĩ



Hình 1: Sơ đồ lực tác dụng lên khối trượt ABC theo mô hình tính toán hệ thống neo

Tách một mét dài công trình đất có cốt để xét sự cân bằng giới hạn của khối đất ABC ứng xử như một vật thể hoàn chỉnh. Hình 1.a là mô hình tính toán và hình 1.b là sơ đồ lực tính toán. Trong hình 1.b các đại lượng được xác định lần lượt như sau :

T_i và T là lực neo (hoặc lực kéo) của mỗi lớp cốt và tổng lực neo được xác định theo công thức:

$T=\Sigma T_i$ (i=1,2,3,.....,n) (1)

R-phản lực của vùng neo lên khối đất ABC

C-lực dính tác dụng lên mặt BC, xác định theo công thức:

$$C = c.B\overline{C} = \frac{c.H}{\cos\theta}\,\mathrm{C} \qquad (2)$$

G-Trọng lượng của khối trượt ABC, xác định theo công thức:

$$G = \frac{1}{2}\gamma H^2\left(tg\theta - tg|\alpha|\right) \qquad (3)$$

Để xác định lực neo T (công thức 1), chiếu hệ lực tác dụng vào khối đất ABC lên phương U vuông góc với phản lực R.

$\Sigma U = -G\sin(\theta-\varphi) + T\cos(\theta-\varphi) + C.\cos\varphi = 0$ (4)

Từ các biểu thức 2-3-4 suy ra được biểu thức tính tổng lực neo T

$$T = \sum T_i = \frac{1}{2}\gamma H^2 K(\theta) \qquad (5)$$

$$K(\theta) = \frac{K_0 + K_1 tg\theta + K_2 tg^2\theta}{tg\varphi + tg\theta} \qquad (6)$$

Trong đó:

$$K_0 = \left(tg\alpha + \frac{2c}{\gamma H}\right) \qquad K_1 = 1 + tg\alpha \qquad (7)$$

$$K_2 = -\left(tg\varphi + \frac{2c}{\gamma H}\right)$$

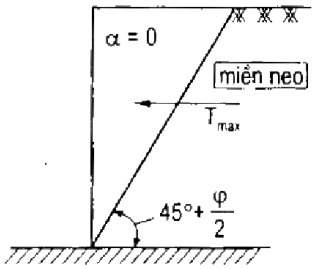
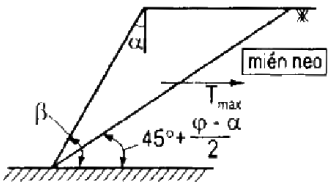
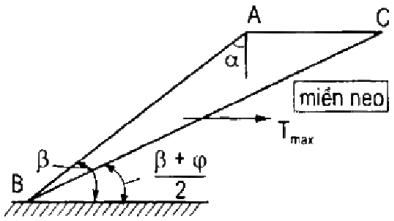
Từ các biểu thức vừa nêu trên, nhận thấy rằng trị số tổng lực neo T là hàm của góc θ, tức quan hệ với vị trí của mặt trượt khả dĩ cần thiết. Trị số góc θ xác định vị trí mặt trượt khả dĩ được xác định theo điều kiện có lực neo T là lớn nhất, tức tính

$$\frac{dT(\theta)}{d\theta} = 0 \qquad (8)$$

với T(θ) xác định theo biểu thức (5)

Từ phương trình (8) có công thức tính trị số góc θ để xác định vị trí mặt trượt khả dĩ cho 3 trường hợp: tường đất có cốt, tường mái đất có cốt và mái đất có cốt

$$\theta = 45^0 + \frac{\varphi - \alpha}{2} \qquad (9)$$

Tường mái $\beta = 90^o$	Tường mái $\beta \geq 53^o$	Mái $\beta < 53^o$
$\theta = 45^o + \frac{\varphi}{2}$	$\theta = 45^o + \frac{\varphi - \alpha}{2} = \frac{\beta + \varphi}{2}$	
		

Bảng 1: Trị số góc θ để xác định mặt trượt khả dĩ trong các trường hợp góc mái dốc khác nhau

Với các trị số θ cho ở bảng 1 sẽ xác định được vị trí mặt trượt khả dĩ và từ đó xác định được miền neo và chiều dài của vải địa kỹ thuật, lưới địa kỹ thuật cần chôn vào miền neo để neo khối trượt ABC ở trạng thái cân bằng giới hạn trên mặt trượt khả dĩ BC

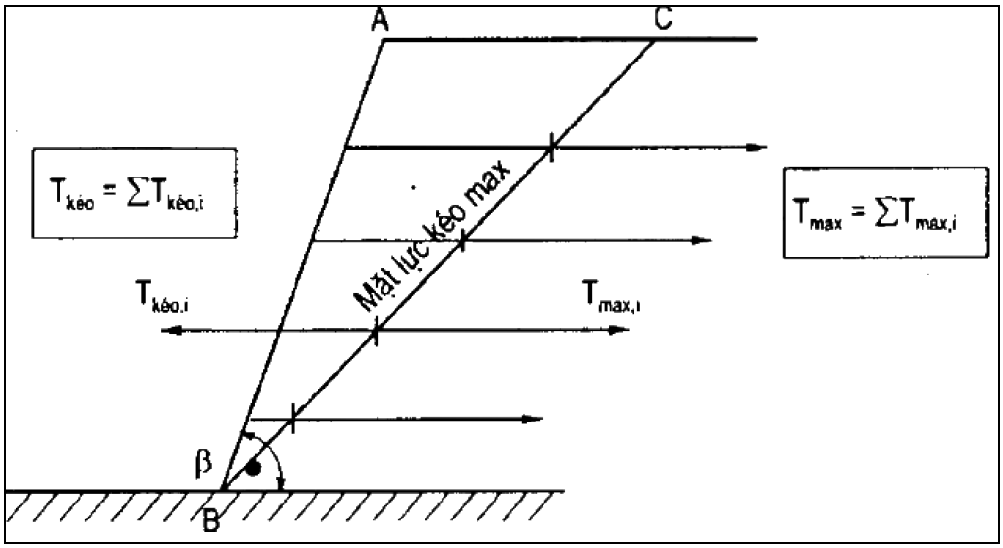
1.2. Xác định lực kéo neo T_k

Mặt trượt khả dĩ xác định bằng góc θ ở bảng 1 cho phép xác định được miền neo và khối đất trượt. Cốt vải địa kỹ thuật và lưới địa kỹ thuật có hai tác dụng cơ bản trong khối đất có cốt.

- Tạo khối đất có cốt ứng xử như một chỉnh thể khi sử dụng và do đó khối trượt trong trường hợp tụt cốt hay đứt cốt cũng ứng xử như một chỉnh thể.

- Neo khối đất trượt vào miền neo, chiều dài cốt phải đủ dài để chống lại lực kéo neo $T_{kéo}$. Vì vậy phải xác định lực kéo neo gọi tắt là lực kéo.

Ở trạng thái cân bằng giới hạn, lực kéo neo do khối đất trượt gây nên có trị số bằng lực neo T_{max} nhưng có chiều ngược lại.



Hình 2: Sơ đồ xác định lực kéo neo $T_{kéo}$

Do vậy lực kéo neo, ký hiệu là $T_{kéo}$ làm hệ thống neo có nguy cơ bị tụt, được xác định theo công thức:

$$T_{keo} = \frac{1}{2}\gamma_a H^2 K_k \quad (10)$$

Trong đó:

$$K_k = \left[tg\left(45^0 - \frac{\varphi - \alpha}{2}\right) - tg\alpha \right]^2 \cos\alpha \quad (11)$$

$$\gamma_a = \gamma - \frac{2c}{H}\frac{\cos\varphi\cos\alpha}{\cos^2\left(45^0 + \frac{\varphi+\alpha}{2}\right)} \quad (12)$$

Nếu đất đắp sau tường là đất rời, tức là có c=0 thì trị số của $\gamma_a=\gamma$ với γ là trọng lượng riêng của đất đắp. Trị số K_K trong công thức 6-11 ứng với các loại công trình đất có cốt được trình bày trong bảng 2

Tường $\alpha = 0, \beta = 90^o$	Tường mái $\beta > 53^o$	Mái $\beta < 53^o$
$K_K = tg^2\left(45^o - \frac{\varphi}{2}\right)$	$K_K = \left[tg\left(45^o - \frac{\varphi-\alpha}{2}\right) - tg\alpha \right]^2 \cos\alpha$	
$T_{kéo} = \sum_{i=1}^{n} T_{kéo,i} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_K$ (n - số lượng lớp cốt)		

Bảng 2 : Xác định trị số K_K với các trường hợp góc dốc

3. Thiết kế mái dốc có cốt khi sử dụng phần mềm ReSlope(4.0)

3.1. Giới thiệu về phần mềm ReSlope(4.0)

Phần mềm ReSlope(4.0) – Reinforced Steep Slope(4.0) là phần mềm chuyên dụng của công ty ADAMA-Engineering –Hoa Kỳ dùng để thiết kế mái dốc đứng công trình đất, khi có sử dụng cốt địa kỹ thuật để tăng ổn định cho công trình. Chương trình có khả năng mô phỏng mái dốc công trình đất khi chịu tải trọng trên mái, trên cơ hay trên đỉnh mái và cũng xét tới tải trọng động đất. Vật liệu cốt sử dụng có thể là vải địa kỹ thuật, lưới nhựa địa kỹ thuật hay lưới thép địa kỹ thuật. Chương trình ứng dụng lý thuyết ổn định mái dốc của Bishop (Phương pháp trượt cung tròn) và lý thuyết của Spencer (Trượt nêm). Kết quả tính toán cho phép xác định ổn định tổng thể của mái dốc, ổn định cục bộ (kéo tụt cốt hoặc đứt cốt), lựa chọn khoảng cách đặt cốt tối ưu cho từng lớp cốt, tính tổng khối lượng cốt đã sử dụng và giá thành của nó.

3.2. Phân tích bài toán ứng dụng

Cần thiết kế một mái dốc với góc mái dốc $\beta=75^0$, chiều cao từ chân mái đến cơ là 6m. Tải trọng phân bố trên cơ là $2KN/m^2$, tải trọng trên đỉnh mái là $4KN/m^2$. Các chỉ tiêu cơ lý của đất cho ở bảng 3. Yêu cầu tính toán bố trí cốt một cách hợp lý để đảm bảo an toàn cho mái dốc. Sử dụng phần mềm ReSlope(4.0) để tính toán. Cốt được sử dụng chọn loại cốt vải địa kỹ thuật chịu kéo (Woven Geotextiles Strength)-HS100/50 là loại vải có thông số chịu kéo nhỏ nhất trong nhóm vải địa kỹ thuật của hãng UCO-GEOTEXTILES

Bảng 3: Các chỉ tiêu cơ lý đất dùng trong tính toán

Tên đất	Trọng lượng riêng tự nhiên $\gamma(KN/m^3)$	Góc ma sát trong φ(độ)	Lực dính đơn vị $C(KN/m^2)$
Đất trong phạm vi cốt (Reinforced Soil)	19	30	0
Đất đắp trở lại (Backfill Soil)	18	20	12
Đất nền (Foundation Soil)	19	22	10

Kết quả tính toán cho phép đặt 10 lớp cốt với khoảng cách và chiều dài cốt như thống kê ở bảng 4

Summary of Tieback and Compound Results

	Elevation	Length	Mode of Failure	Strength: Required Strength, Tr	Minimum Required Ultimate Strength, T-ult-min	Specified Ultimate Strength, T-ult	Available Long-term Strength, T-ltds	Actual Fs on Geosynthetic Strength	STATUS
	[m.]	[m.]		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
1	0.00	6.98	Compound	23.31	100.00	100.00	30.30	> 1.30	☑
2	0.30	6.63	Compound	23.31	100.00	100.00	30.30	> 1.30	☑
3	0.60	6.28	Compound	23.31	100.00	100.00	30.30	> 1.30	☑
4	0.90	5.93	Compound	23.31	100.00	100.00	30.30	> 1.30	☑
5	1.20	5.58	Compound	23.31	100.00	100.00	30.30	> 1.30	☑
6	1.80	4.94	Compound	23.31	100.00	100.00	30.30	> 1.30	☑
7	2.40	5.15	Compound	23.31	100.00	100.00	30.30	> 1.30	☑
8	3.00	4.91	Tieback	15.11	64.83	100.00	30.30	2.01	☑
9	3.60	5.01	Tieback	16.71	71.70	100.00	30.30	1.81	☑
10	4.20	4.64	Tieback	8.36	35.87	100.00	30.30	3.62	☑

$T_{ult\text{-}min} = RF_{id} \cdot RF_d \cdot RF_c \cdot F_{s\text{-}geosy\text{-}specified} \cdot T_r$

$T_{ltds} = \frac{T_{ult}}{RF_{id} \cdot RF_d \cdot RF_c}$

$F_s = \frac{T_{ltds}}{T_r}$

Tabulated Results :

Print Preview

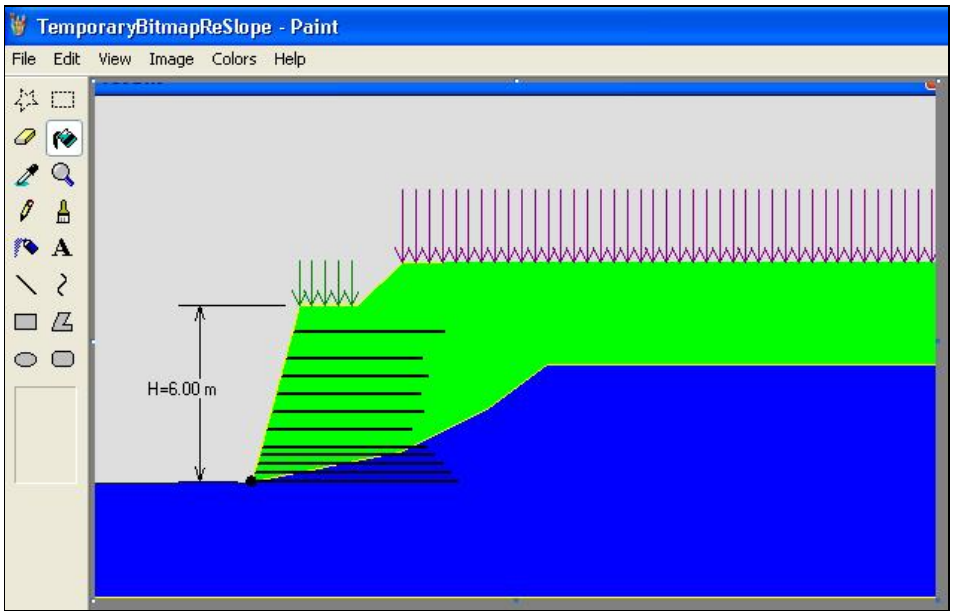
NOTE

RETURN

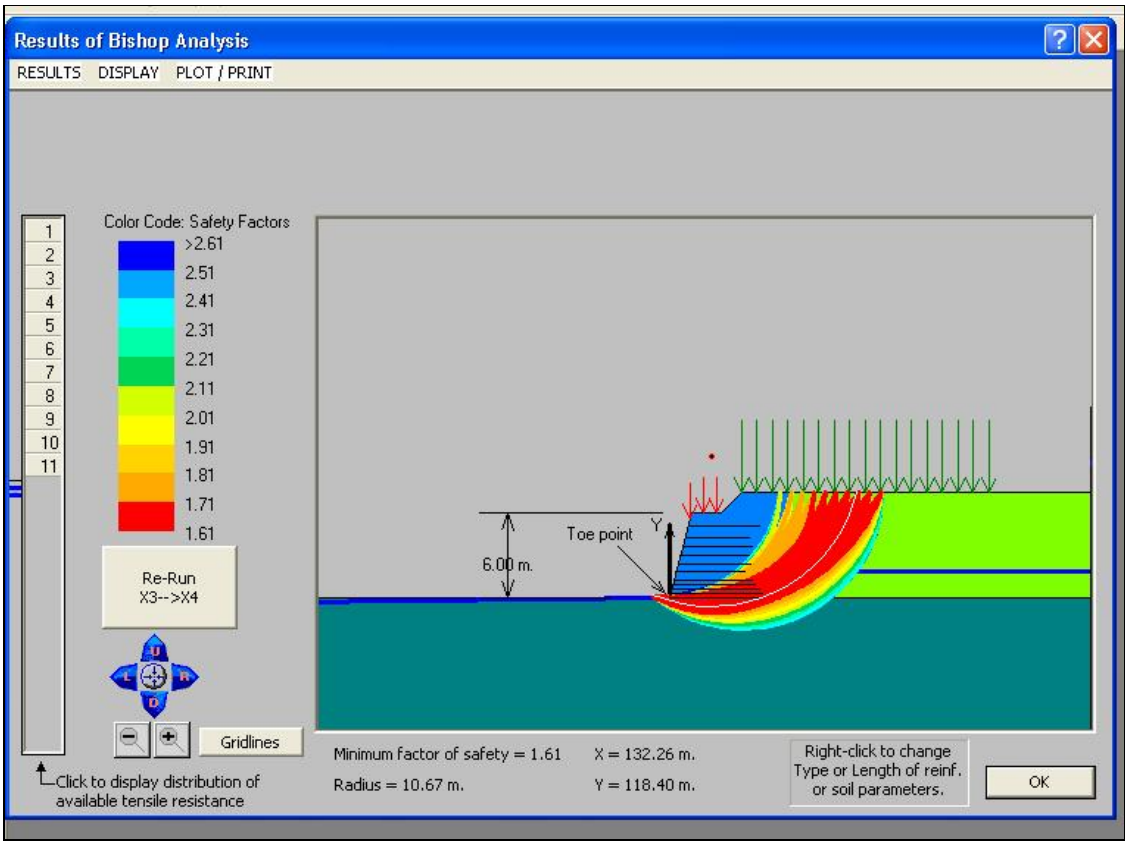
Bảng 4 : Cao độ, chiều dài cốt và hệ số an toàn ổn định cục bộ(đứt cốt, tụt cốt) của các lớp cốt bố trí trong mái dốc

Khoảng cách gần nhất của 2 lớp cốt là 30cm, xa nhất là 60cm, chiều dài cốt lớn nhất là 6.98m và ngắn nhất là 4,64m.

Hệ số ổn định đứt cốt là lớn hơn 1.3(Mode of Failure: Compound), hệ số ổn định tụt cốt là 1.81(Mode of Failure: Tieback)



Hình 3 : Kết quả tính toán bố trí cốt trong mái dốc



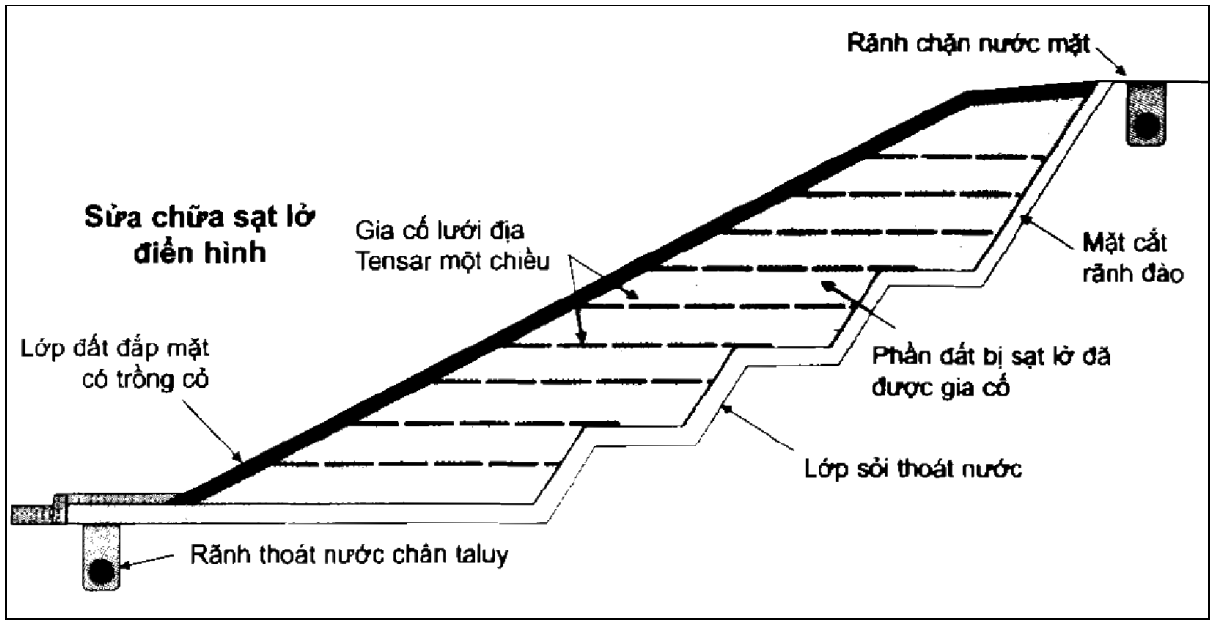
Hình 4 : Kết quả tính ổn định mái dốc khi đã bố trí cốt – $F_{s(min-min)}$=1.61

4. Hiệu quả của giải pháp kết cấu đất có cốt khi thiết kế mái dốc đứng

Một trong những công ty đi đầu trong việc áp dụng công nghệ vật liệu đất có cốt để gia cố công trình là công ty Tensar (Tensar International Company). Khi sử dụng cốt địa kỹ thuật, giải pháp của Tensar cho phép thi công mái taluy dốc đến 90^0. Việc lựa chọn thiết kế bề mặt mềm cho mái taluy có thể phụ thuộc vào nhiều yếu tố, chẳng hạn như nhu cầu hoàn thiện bề mặt, những hạn chế và tình huống cụ thể của môi trường địa phương và quan trọng hơn nữa là yếu tố góc nghiêng của mái taluy. Tensar cung cấp hàng loạt các kỹ thuật thi công nhưng phổ biến hơn cả vẫn là ứng dụng lưới địa kỹ thuật bó uốn hoặc sử dụng panel lưới thép phía bề mặt mái taluy.

Với phương án hoàn thiện sử dụng phương pháp bó uốn Tensar, bề mặt mái taluy được hình thành bằng cách trải và cuốn lưới địa kỹ thuật vòng qua bề mặt rồi neo lại trong nền đất đắp. Trong qua trình bó uốn cần dùng các bao đất hoặc hỗ trợ tạm thời để tạo bề mặt và kiểm soát hướng tuyến, cần thiết cho việc đầm nén được chắc chắn. Một mái taluy mềm sẽ mang lại nhiều lợi ích về kinh tế và cho phép khách hàng lựa chọn nhiều bề mặt hấp dẫn. Các lợi ích từ việc thi công mái taluy dốc có gia cố như giảm thiểu đất sử dụng, giới hạn việc lấy đất ở những khu vực nhạy cảm về môi trường, giảm khối lượng đất đắp theo yêu cầu và là giải pháp tường mềm thay thế tường chắn bề mặt cứng ở những nơi nhạy cảm về môi trường

Khi sửa chữa mái sạt lở, nên dùng cốt địa kỹ thuật để sử dụng lại đất sạt xuống hoặc đất đào mở móng, như vậy sẽ giảm được chi phí vận chuyển đất sạt lở ra khỏi khu vực, giảm ách tắc giao thông. Hình 5 là mặt cắt ngang nền đắp tiêu chuẩn sau khi sửa chữa.



Hình 5: Mặt cắt ngang nền đắp tiêu chuẩn sau khi sửa chữa.

Với mái dốc có góc dốc lớn hơn 45^0 khi xây dựng mới: Giải pháp sử dụng cốt địa kỹ thuật trong trường hợp này cho phép giảm thiểu được đất sử dụng, giảm khối lượng đất đắp yêu cầu, lợi hơn giải pháp làm tường chắn vì nó mềm mại và thi công đơn giảm. Đảm bảo độ ổn định tổng thể của hệ thống. Hình 6 là một ví dụ thực tế cho mái dốc đứng vừa tiết kiệm, vừa kỹ thuật và vừa mỹ quan.

Hình 6: Mái dốc đứng của một bãi đỗ trực thăng.

5. Kết luận

Khi thiết kế mái dốc đứng của công trình, giải pháp kết cấu đất có cốt đem lại nhiều hiệu quả về kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Việc tính toán bằng phần mềm chuyên dụng ReSlope(4.0) cho phép đặt tải linh hoạt tại các vị trí của mái dốc. Vật liệu đất được bố trí thành 3 phần riêng biệt: phần đất cùng với cốt, phần đất đắp trở lại, và phần đất nền, vì vậy có thể chọn những loại vật liệu thoát nước tốt đặt cùng cốt để làm nhiệm vụ thoát nước ngầm cho mái. Hoặc tận dụng vật liệu sạt lở đặt cùng cốt, như vậy sẽ giảm khối lượng san gạt vận chuyển đất đi nơi khác mà vẫn đảm bảo an toàn cho công

trình. Phần mềm cho phép chọn lựa nhiều phương án đặt cốt, nhiều loại cốt, có thể bố trí cốt với khoảng cách đều và chiều dài cốt như nhau, hoặc có thể lựa chọn tối ưu chỗ nào cần thì bố trí dày, chỗ nào tải trọng nhỏ thì bố trí ít và có xét tải trọng động đất. Ngoài ra ReSlope(4.0) còn chạy tích hợp với một số Modun khác cùng trong bộ phần mềm để phân tích cố kết, phân tích ổn định tường đất có cốt, phân tích ổn định mái dốc có cốt.

Kết quả tính toán với mái dốc đứng như đã nêu ở trên, cần phải bố trí 10 lớp cốt vải địa kỹ thuật tại các cao trình với chiều dài cốt như ở bảng 4. Hệ số an toàn ổn định đứt cốt lớn hơn 1.3, hệ số an toàn ổn định tụt cốt lớn hơn 1.8, hệ số ổn định trượt tổng thể F_s=1.61. Như vậy có thể kết luận mái dốc đứng làm việc an toàn khi chịu tải trọng trên cơ và trên đỉnh mái.

DANH MỤC SÁCH THAM KHẢO.

[1] GS.TSKH. Cao Văn Chí, PGS.TS.Trịnh Văn Cương – Cơ học đất- Nhà xuất bản xây dựng - 2003

[2] GS.TS Phan Trường Phiệt - Sản phẩm địa kỹ thuật Polime và compozít trong xây dựng dân dụng giao thông thuỷ lợi – NXB xây dựng – 2007.

[3]. Nguyễn Mai Chi- Nghiên cứu kích thước hợp lý của thiết bị tiêu nước đến ổn định mái dốc công trình đất- Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật-2005

[4]. Tensar International Limited - Giải pháp kết cấu Tensar.

[5] Krytian W.pilarczyk – Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering.- A.A.BANKEMA/ROTTERDAM/BROOKFIELD/2000.

[6] LEE W.ABRAMSON, THOMAS. S. LEE, SUNIL SHARMA, GLENN M.BOY – Slope Stability and Stabilization Methods- John Wiley & Sons, Inc-New York-2002.

Abstract

THE APPLICATION OF REINFORCED EARTH STRUCTURE TO STEEP SLOPE DESIGN.

In the consideration of slope design, the slope has been designed more steep, it brings more benefit, but should be considered about stabilization of slope. In order to stabilise slope, one of the ways are applied to use Geotextiles or geogrid as a anchor. This solution helps to increase angle of slope or to make more stabilization for slope with surcharge. This paper was summaried some solutions of reinforced earth structure for economical, technological, environmental benefit and introduced ReSlope(4.0) sofware of ADAMA-Engineering Company for Reinforced Steep Slope Design.