

TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH TRƯỢT SÂU MÓ CẦU TRÊN MÓNG NÔNG TRONG GIAI ĐOẠN THI CÔNG

PGS. TS. LƯƠNG XUÂN BÌNH

NCS. SOUKHA YAKOSHI

ThS. HÀ VĂN QUÂN

Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT:

Mất ổn định trượt sâu móng cầu trên móng nông là trường hợp móng cầu và nền đất dưới móng bị mất ổn định, hình thành lăng thể trượt, hệ bị trượt ra phía sông. Phương hướng chung để giải quyết bài toán này là tính toán ổn định mái dốc kết hợp đưa khối móng cầu vào lăng thể trượt. Phương pháp cân bằng giới hạn tổng quát (Generalized Limit Equilibrium Method – GLEM) với ưu điểm xét đến điều kiện trượt cả trên mặt đáy và trên mặt bên trong của khối trượt, mặt trượt có thể có hình dạng bất kỳ, nên có thể cho lời giải với độ chính xác cao hơn so với các phương pháp cân bằng giới hạn thông thường. Trong phạm vi bài báo này, tác giả đi vào nghiên cứu phát triển phương pháp GLEM để tính ổn định trượt sâu móng cầu trên móng nông trong giai đoạn thi công **dưới tác dụng của đất đắp sau lưng móng**. Cơ sở lý thuyết, thuật toán, chương trình tính và các khảo sát tính toán được minh họa và trình bày.

SUMMARY:

Instability of bridge abutments on shallow foundations are the cases that the bridge abutments and soil grounds are instable, sliding soil masses occur, the structures are slipped downward to rivers. Methodology to solve the problems is to analyze the stability of the slopes with introducing the abutments to the sliding soil masses. Generalized Limit Equilibrium Method – GLEM with dominant points that considering slipped conditions on both bottom planes and inter-block planes of sliding soil blocks, considering sliding surfaces with generally geometric shapes, may give solutions with better accuracy than Limit Equilibrium Methods. In this paper, the authors desire to develop the GLEM to analyze stability of bridge abutments on shallow foundations in constructions stage under effect of backfilled soils. Theoretical transformation, algorithm, computer program and calculation investigation are demonstrated.

1. DẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, thường xảy ra các sự cố mất ổn định trượt sâu móng cầu kể cả trong giai đoạn khai thác cũng như trong giai đoạn thi công. Theo dữ liệu từ Sở Giao Thông Vận Tải Long An [1], ngày 6/10/2015, công trình Cầu dây văng bắc qua sông Vàm Cỏ Tây, Tỉnh Long An đang trong quá trình thi công thì một móng cầu bất ngờ từ từ đổ sụp xuống sông. Nguyên nhân là do phần đất ở móng cầu quá yếu, không chịu nổi khối lượng bê tông

móng cầu đã bị trượt. Cũng nguyên nhân do địa chất yếu, tại xã Vĩnh Bình, huyện Vĩnh Hưng, tỉnh Long An, một móng cầu bị trượt sâu ra phía sông ngay trong giai đoạn thi công. Từ tình hình thực tế về các sự cố nêu trên, có thể thấy rằng bài toán ổn định trượt sâu móng cầu trong giai đoạn thi công cần thiết được tiếp tục nghiên cứu phát triển các phương pháp tính toán sao cho đảm bảo an toàn ổn định cho móng cầu nói riêng, cho công trình cầu nói chung.

Bài toán ổn định trượt sâu móng cầu trên móng nông là bài toán ổn định hệ mái dốc và móng cầu. Phương hướng chung để giải quyết bài toán này là tính toán ổn định mái dốc kết hợp đưa khối móng cầu vào lăng thể trượt.

Bài toán ổn định trượt sâu móng cầu trên móng nông có thể giải quyết được bằng nhóm phương pháp phân tích trạng thái ứng suất - biến dạng [2, 3], ở đó phương pháp phần tử hữu hạn là một trong những phương pháp mạnh có thể giải quyết hiệu quả bài toán này. Tuy nhiên, khó khăn gặp phải là thông số đầu vào cho việc tính toán ngoài trọng lượng thể tích, còn bao gồm mô đun biến dạng và hệ số poisson của đất nền dưới móng và đất đắp sau lưng móng, việc xác định các thông số này của đất cũng đang là chủ đề nghiên cứu phức tạp đòi hỏi những phương pháp và thiết bị thí nghiệm chuyên dụng. Sai số trong việc xác định các thông số này sẽ ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán của phương pháp.

Do các bất cập nêu trên, ngày nay, các phương pháp cân bằng giới hạn vẫn được ứng dụng khá phổ biến trong việc giải quyết các bài toán ổn định mái dốc [4, 5]. Ở đó kết cấu được tính toán khi ở trong trạng thái cân bằng giới hạn, các thông số đầu vào cho việc tính toán bao gồm trọng lượng thể tích, lực dính và góc ma sát trong của đất, đây là những thông số có thể xác định bằng các phương pháp thí nghiệm kinh điển trong cơ học đất. Các phương pháp cân bằng giới hạn này hoàn toàn có thể áp dụng để tính toán ổn định trượt sâu móng cầu trên móng nông.

Nổi bật trong số các phương pháp cân bằng giới hạn là Phương pháp

cân bằng giới hạn tổng quát [6] với ưu điểm: điều kiện trượt thỏa mãn cả trên mặt đáy và trên mặt bên của khối trượt; mặt trượt đáy lăng thể trượt là mặt phẳng gãy khúc có thể mô tả gần đúng mặt trượt có dạng cong tổng quát bất kỳ. Với các ưu điểm này, phương pháp cân bằng giới hạn tổng quát cho lời giải với độ chính xác cao hơn so với các phương pháp cân bằng giới hạn thông thường.

Trong phạm vi bài báo này, tác giả đi vào nghiên cứu phát triển phương pháp cân bằng giới hạn tổng quát (Generalized Limit Equilibrium Method - GLEM) để tính ổn định trượt sâu móng cầu trên móng nông trong giai đoạn thi công.

2. PHÁT TRIỂN PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG GIỚI HẠN TỔNG QUÁT (GLEM) ĐỂ TÍNH ỔN ĐỊNH TRƯỢT SÂU MÓ CẦU TRÊN MÓNG NÔNG

2.1. Sơ đồ kết cấu và mô hình tính

Sơ đồ kết cấu móng cầu trong giai đoạn thi công dưới tác dụng của đất đắp sau lưng móng với 2 lớp đất được thể hiện trên hình 1. Đất được giả thiết làm việc theo mô hình vật liệu cứng dẻo lý tưởng, sơ đồ kết cấu móng và đất được xét theo bài toán phẳng, bề rộng tính toán của lăng thể trượt là bề rộng mặt đường có chiều rộng bằng bề rộng bệ móng. Mô hình bài toán được thể hiện trong hình 2. Ở đó, lăng thể trượt được giả định là khối đất (bao gồm cả khối móng) có bề rộng bằng chiều dày bệ móng, có mặt giới hạn chính là mặt trượt đáy khối trượt. Lăng thể trượt được chia thành các khối trượt tam giác, tứ giác tùy chọn. Riêng khối trượt có ký hiệu

chỉ số M là khối đất bên dưới xung quanh móng và toàn bộ thân móng. Mặt đáy khối và mặt giữa các khối là các mặt trượt.

2.2. Các phương trình cơ bản

- Phương trình cân bằng tĩnh học:

+ Phương trình cân bằng tĩnh học của khối trượt thứ i:

Chiếu các lực lên phương pháp tuyến của mặt đáy khối:

$$H_i \cdot \cos(\theta_i - \beta_i) - V_i \cdot \sin(\theta_i - \beta_i) - H_{i+1} \cdot \cos(\theta_{i+1} - \beta_i) + V_{i+1} \cdot \sin(\theta_{i+1} - \beta_i) + W_i \cdot \cos\beta_i - T_i = 0. \quad (1)$$

Chiếu các lực lên phương tiếp tuyến của mặt đáy khối:

$$-H_i \cdot \sin(\theta_i - \beta_i) - V_i \cdot \cos(\theta_i - \beta_i) + H_{i+1} \cdot \sin(\theta_{i+1} - \beta_i) + V_{i+1} \cdot \cos(\theta_{i+1} - \beta_i) + W_i \cdot \sin\beta_i - T_i = 0. \quad (2)$$

- Các phương trình về điều kiện trượt:

+ Điều kiện trượt tại đáy khối thứ i:

$$T_i = k \cdot (N_i \cdot \tan\phi_i + c_i \cdot S_i \cdot B) / F_s \quad (3)$$

+ Điều kiện trượt tại mặt giữa khối thứ i:

$$V_i = m_i \cdot (H_i \cdot \tan\phi_i + c_i \cdot R_i \cdot B) / F_{si} \quad (4)$$

Trong đó: B là bề rộng của móng cầu; c_i là cường độ lực dính của lớp đất tự nhiên; ϕ_i là góc ma sát trong của lớp đất tự nhiên; F_s, F_{si} là hệ số an toàn tại mặt phẳng đáy và mặt phẳng giữa khối thứ i; k là thông số xác định hướng của các lực tiếp tuyến T_1, T_2, \dots, T_n , $k = +1$ khi các khối trượt xuống dưới, $k = -1$ khi các khối trượt lên trên; m_i là thông số xác định hướng của các lực tiếp tuyến V_1, V_2, \dots, V_n , $m_i = +1$ khi mặt trượt đáy bị lõm tại điểm i, $m_i = -1$ khi mặt trượt đáy bị lồi tại điểm i. Đối với bài toán ổn định trượt sâu

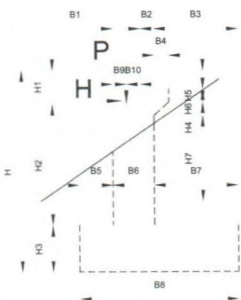
móng cầu, $k=1$ và $m_1 = m_2 = \dots = m_n = 1$ được sử dụng.

2.3. Thiết lập bài toán

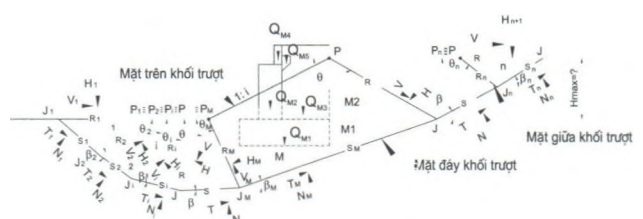
Đối với bài toán ổn định tổng thể trượt sâu móng cầu, lực pháp tuyến và tiếp tuyến trên mặt phẳng giữa khối đầu tiên (H_1 và V_1) được đưa vào như tải trọng ngoài, lực pháp tuyến trên mặt phẳng giữa khối thứ n+1 (H_{n+1} và V_{n+1}) là tải trọng (nếu có) tác dụng xuống bề mặt lớp đất đắp sau lưng tường và lực tiếp tuyến trên mặt phẳng giữa khối thứ n+1, hệ số an toàn về trượt tại mặt phẳng giữa khối (F_{si}) và hệ số an toàn về trượt tại mặt phẳng đáy (F_s) là các tham số cần xác định. Số khối là n, số mặt phẳng đáy là n, số mặt phẳng giữa khối là (n - 1). Số phương trình là (4n-1) và số ẩn là (5n - 2). Bài toán chưa thể giải được vì số phương trình ít hơn số ẩn. Để bài toán có thể giải được, cần thiết phải bổ sung thêm (n - 1) phương trình. Ở đây, hệ số an toàn về trượt trên mặt phẳng giữa khối F_{si} sẽ được giả định như sau:

Trường hợp thứ nhất: Tất cả các hệ số an toàn F_{si} trên các mặt trượt giữa khối được giả định bằng ∞ , điều này có nghĩa là biến dạng trượt không xảy ra trên mặt phẳng giữa khối mà chỉ xảy ra trên mặt trượt chính (mặt phẳng đáy khối), lúc đó F_s được ký hiệu là F_{smin} . Khi này phương pháp GLEM giống với phương pháp cân bằng giới hạn truyền thống. Khi này số ẩn sẽ giảm đi (n-1). Bài toán khi này sẽ bao gồm (4n-1) phương trình và (4n-1) ẩn.

Trường hợp thứ hai: Tất cả các hệ số an toàn F_{si} trên các mặt trượt giữa khối được giả định bằng với

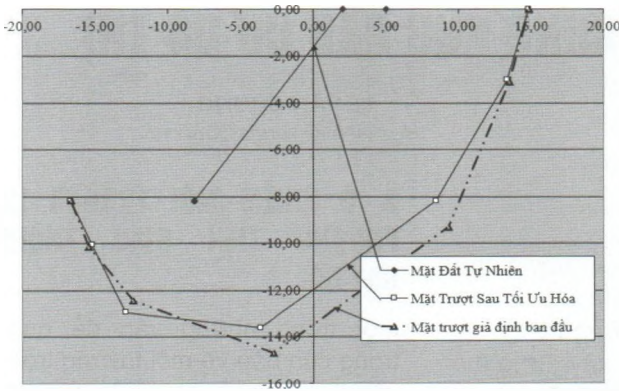


Hình 1. Sơ đồ cấu tạo hình học của móng cầu.



Hình 2. Mô hình tính toán.

HÌNH VẼ MẶT TRƯỢT TRƯỚC VÀ SAU TỐI ƯU HÓA



Hình 4. Mặt trượt giả định ban đầu và mặt trượt sau tối ưu hóa khi tính $F_{smin}=2,475$ với chiều cao đất đắp sau lưng mố $H_d = 8,19m$

Bảng 1. Kết quả tính toán hệ số an toàn về ổn định của mố cầu qua sông ÉT

TT	Chiều cao đất đắp	Hệ số an toàn	Giá trị
1	Hd=2,05m	F_{smin}	5,233
2		F_{smed}	6,145
3	Hd=4,09m	F_{smin}	3,847
4		F_{smed}	5,318
5	Hd=8,19m	F_{smin}	2,475
6		F_{smed}	2,931

Bảng 2. Kết quả tính toán hệ số an toàn theo phương pháp GLEM và phần mềm GEOSLOPE

TT	Chiều cao đất đắp	Phương pháp	Hệ số	Giá trị
1	Hd= 8,19m	GLEM	F_{smin}	2,475
2			F_{smed}	2,931
3		GEOSLOPE	F_{smin}	2,733

hệ số an toàn trên mặt trượt đáy khối và có giá trị chung là F_{smed} , điều này có nghĩa là biến dạng trượt xảy ra đồng thời trên cả mặt trượt giữa khối và mặt trượt đáy khối. Khi đó số ẩn từ $(5n-2)$ thành $(4n-1)$, bài toán khi này sẽ bao gồm $(4n-1)$ phương trình và $(4n-1)$ ẩn.

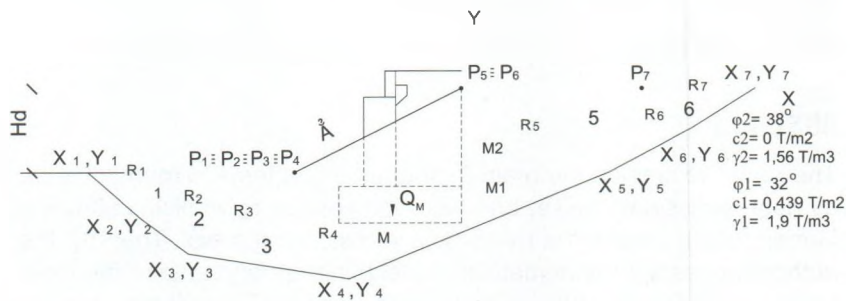
Theo Enoki [6] thì khi biến dạng trượt chỉ xảy ra trên mặt đáy khối (F_{smin}) sẽ tiêu tán ít năng lượng hơn trường hợp biến dạng trượt xảy ra đồng thời trên cả mặt giữa khối và mặt đáy khối (F_{smed}), do đó hệ số an toàn F_{smin} sẽ có giá trị nhỏ hơn hệ số an toàn F_{smed} .

2.4. Tối ưu hóa xác định mặt trượt nguy hiểm nhất

Mặt trượt cho giá trị F_s nhỏ nhất chính là mặt trượt nguy hiểm nhất. Để xác định mặt trượt nguy hiểm nhất, ta đi giải bài toán tối ưu hóa xác định giá trị nhỏ nhất của F_s . Bài toán tối ưu hóa được phát biểu như sau: Hàm số $F_s(\{X\}) \rightarrow \min$, với biến số $\{X\}$ chính là các tham số hình học của mặt trượt. Phương pháp Newton được áp dụng để giải bài toán tối ưu hóa này.

3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Thông tin chung về mố cầu: Cầu qua sông ÉT, Km 98+150, đường 3204 tại tỉnh Hòa Phấn nước CHDCND Lào, cầu dầm giản đơn, dầm chữ I khẩu độ $L = 33m$, bề rộng



Hình 3. Sơ đồ chia khối của lăng thể trượt tính ổn định mố cầu qua sông ÉT.

mặt cầu 11,1 m, tiêu chuẩn thiết kế TCVN 11823-3:2017, hoạt tải 2 làn HL-93, người bộ hành: $0,3T/m^2$ mố tường chữ U kiểu Nhật bằng bê tông cốt thép, lăng thể trượt giả định ban đầu được chia thành 6 khối trượt, mố được đặt tại khối trượt thứ 4, có 2 lớp đất, độ dốc nghiêng của mái dốc 1:1, mố chìm trong đất tự nhiên 0,5m, chiều cao đất đắp tính toán thay đổi với: $H_d = 2,05m; 4,09m$ và $8,19m$ (hình 3). Tĩnh tải mố cầu $Q_M = 790,84 T$. Mặt trượt giả định ban đầu và mặt trượt nguy hiểm nhất được thể hiện trên hình 4, hệ số an toàn về ổn định ứng với các chiều cao đất đắp sau lưng mố được thể hiện trong bảng 1. Kết quả tính toán cho thấy hệ số an toàn F_{smed} và F_{smin} giảm khi tăng chiều cao đất đắp sau lưng mố. Như vậy có thể xác định được chiều cao lớn nhất của đất đắp sau lưng mố tương ứng với một giá trị mong muốn của hệ số an toàn về ổn định.

Để đánh giá kết quả tính, bài toán cũng đã được giải bằng phần mềm GEOSLOPE cho trường hợp chiều cao đất đắp sau lưng mố là $H_d=8,19m$. Kết quả tính toán theo phương pháp GLEM đề xuất và GEOSLOPE được thể hiện ở bảng 2.

Theo bảng 2, có thể thấy rằng GEOSLOPE chỉ cho phép tính toán được hệ số an toàn F_{smin} , trong khi đó phương pháp GLEM cho phép tính toán được hệ số an toàn F_{smin} và hệ số an toàn F_{smed} . Hệ số an toàn F_{smin} tính theo phương pháp đề xuất GLEM nhỏ hơn F_{smin} tính theo GEOSLOPE là 9,44%. Điều quan trọng là phương pháp GLEM cho hệ số an toàn nhỏ hơn GEOSLOPE, nghĩa là phương pháp đề xuất GLEM dự báo mức độ nguy hiểm về ổn định cao hơn GEOSLOPE.

(Xem tiếp trang 58)

Tuy nhiên, vẫn còn một số địa phương có số người chết do TNGT trong tháng 5/2022 tăng cao so với cùng kỳ như Lâm Đồng (tăng 3 người, tương đương 300%), Đà Nẵng (tăng 3 người, tương đương 75%), Cần Thơ (tăng 3 người, tương đương 75%), Hà Nội (tăng 18 người, tương đương 64.3%), Thừa Thiên Huế (tăng 6 người, tương đương 60%).

TAI NẠN NGHIÊM TRỌNG DO RƯỢU BIA VẮN XẢY RA

Như các báo đã đưa tin, vào khoảng 23h ngày 2/6, trên địa bàn TP.Bắc Giang (tỉnh Bắc Giang) xảy ra vụ tai nạn giao thông đặc biệt nghiêm trọng.

Thời điểm trên, xe ô tô Audi mang BKS 98A- 499.44 do anh Nguyễn Đức Thịnh (sinh năm 1987, trú tại phường Ngô Quyền, TP.Bắc Giang) điều khiển đi hướng đường Hùng Vương - Hoàng Văn Thụ.

Khi đến ngã tư đường Hùng Vương - Hoàng Văn Thụ thì xảy ra va chạm với xe máy BKS 98B1-755.90 do anh N.M.H (sinh năm 1974, trú tại phường Thọ Xương, TP.Bắc Giang) chờ sau là vợ và con gái. Cú va chạm rất mạnh khiến anh H cùng vợ và con gái tử vong tại chỗ.

Sáng 3/6, Công an TP.Bắc Giang đã ra lệnh giữ người trong trường hợp khẩn cấp, lệnh bắt người bị giữ trong trường hợp khẩn cấp và quyết định tạm giữ hình sự đối với tài xế Nguyễn Đức Thịnh để điều tra liên quan vụ tai nạn khiến 3 người chết.

Luật Giao thông đường bộ (GTĐB) quy định người điều khiển phương tiện giao thông đường bộ phải làm chủ tốc độ, chú ý quan sát, khi đi đến ngã ba, ngã tư giao cắt thì phải giảm tốc độ và chú ý quan sát để tránh va chạm với các phương tiện khác.

Theo Luật GTĐB, trường hợp người điều khiển phương tiện giao thông đường bộ đi quá tốc độ, vượt đèn đỏ, thiếu chú ý quan sát khi qua những điểm giao nhau gây tai nạn giao thông thì đây là hành vi vi phạm luật giao thông đường bộ. Nếu hậu quả nghiêm trọng thì người điều khiển phương tiện trong tình huống này có thể bị truy cứu trách nhiệm hình sự về tội Vi phạm quy định về tham gia giao thông đường bộ, theo Điều 260 Bộ luật Hình sự.

Căn cứ theo điểm a, Khoản 3, Điều 260, người nào tham gia giao thông đường bộ mà vi phạm quy định về an toàn giao thông đường bộ làm chết 3 người trở lên thì bị phạt tù từ 7 năm đến 15 năm.

Trong vụ việc này, cơ quan chức năng xác định tài xế ô tô có nồng độ cồn trong hơi thở. Đây sẽ là tình tiết để tăng nặng tính chất của sự việc cũng như có thể xác định là tình tiết định khung hình phạt./■

TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH...

(Tiếp theo trang 43)

4. KẾT LUẬN

Phương pháp GLEM đã được phát triển để tính toán ổn định trượt sâu móng cầu trên móng nông trong giai đoạn thi công. Phương pháp GLEM và chương trình máy tính đã ứng dụng tính toán ổn định một móng cầu trong thực tế. Kết quả tính đã được so sánh với phần mềm GEOSLOPE với sai số là 9,44%. Phương pháp GLEM đề nghị cho phép xác định được hệ số an toàn về ổn định của móng cầu với các chiều cao đất đắp khác nhau trong quá trình thi công, từ đó cho phép xác định được các bước triển khai và các tham số phù hợp cho công tác thi công xây dựng móng cầu để đảm bảo móng cầu an toàn về ổn định trong suốt quá trình xây lắp.■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Sở Giao thông vận tải Long An (2015), <https://vnexpress.net/cau-2-5-ty-dong-bi-sap-sau-nua-thang-su-dung-3225582.html>.
- [2]. Ellis, E.A. et al. (2001), *Modelling of soil–structure interaction for a piled bridge abutment in plane strain FEM analyses*, Computers and Geotechnics 28(2):79-98.
- [3]. GEO5 v16 (GEO FEM) (2013) [computer software]: Fine spol. s r. o.
- [4]. Lee. W. Abramson, et. Al. (1996), *Slope stability and stabilization methods*, John Wiley & Sons, Inc.
- [5]. Sarma, S. K. (1973), "Stability analysis of embankments and slopes", *Geotechnique*, 23(3), Sept., 423–433.
- [6]. Enoki, M. et al. (1990), "Generalized slice method for slope stability analysis", *Soils and Foundations – Japanese Soc. Of Soil Mech. And Found. Engng.*,30(2).