

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG GIẢI PHÁP LƯỚI THÉP VÀ TƯỜNG CHẴN KẾT CẤU THÉP TRONG PHÒNG CHỐNG ĐẤT SỤT TRÊN ĐƯỜNG Ô TÔ

PGS.TS DOÃN MINH TÂM, THS NGUYỄN KIM THÀNH, KS PHẠM VĂN TUYỀN

Viện KH&CN GTVT

Trong phòng chống sụt trượt đất đá, hầu hết các nước trên thế giới đều sử dụng chủ yếu loại vật liệu bê tông, bê tông cốt thép và các kết cấu gạch đá khác. Tuy nhiên, trong khoảng 20 năm trở lại đây, một số nước như Mỹ, Nhật Bản, Anh, Pháp, Nga, Hàn Quốc, Ấn Độ, Na Uy, Thụy Điển, Phần Lan, Thụy Sĩ... đã nghiên cứu và sử dụng khá phổ biến các loại kết cấu thép và lưới thép. Bài báo trình bày kết quả bước đầu đạt được của đề tài cấp Bộ Giao thông Vận tải (GTVT): “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ mới sử dụng kết cấu thép và lưới thép trong xử lý sụt trượt đất đá trên các tuyến đường giao thông ở Việt Nam”, đồng thời đề xuất phạm vi ứng dụng thích hợp cho loại kết cấu có nhiều ưu việt này trong phòng chống hiện tượng đất sụt trên hệ thống đường giao thông ở nước ta.

RESEARCH ON APPLICATION OF STEEL GRID AND STEEL STRUCTURE RETAINING WALL TO LANDSLIDE PREVENTION AND TREATMENT ON ROADS

Summary

Most of countries in the world prefer to choose concrete, reinforced concrete and other masonry structures in landslide prevention and treatment. However, in recent 20 years, many countries such as U.S.A, Japan, Great Britain, France, Russia, Korea, India, Norway, Sweden, Finland, Switzerland... have successfully researched and widely used kinds of steel structures in the issue. This paper is written about initial results of the Ministerial Research Project on “Application of new technology with steel grid and steel structure retaining wall to landslide prevention and treatment on road network in Vietnam” and about scope of application to landslide prevention and treatment on road network in Vietnam.

I. Tổng quan về các giải pháp kỹ thuật phòng chống sụt trượt trên đường ô tô

Vấn đề sụt trượt đất trên đường giao thông luôn là vấn đề thời sự và là một trong các mối hiểm họa thiên nhiên gây ra phổ biến nhất đối với ngành GTVT vào mùa mưa lũ hàng năm ở nước ta. Để phòng chống sụt trượt đất, ngành GTVT đã có nhiều kinh nghiệm và thành công trong công tác đảm bảo giao thông, tuy nhiên, tại các dự án kiên cố hóa nhằm chủ động ngăn chặn hiện tượng sụt trượt đất và đảm bảo ổn định mái dốc bền vững trên mạng lưới đường giao thông thì các công nghệ được lựa chọn và áp dụng thời gian qua còn cần phải xem xét và đánh giá lại về hiệu quả. Kinh phí hàng năm Nhà nước chi cho công tác phòng chống bão lũ, đảm bảo giao thông và kiên cố hóa xử lý sụt trượt đất trên các tuyến đường giao thông lên đến hàng nghìn tỷ đồng. Theo tổng kết của Viện

Khoa học và Công nghệ (KH&CN) GTVT, việc ứng dụng các công nghệ để phòng chống sụt trượt đất đá và kiên cố hóa các đoạn đường đi qua khu vực có sụt trượt hoạt động mạnh ở Việt Nam được chia ra 2 loại chính, đó là:

- Các công nghệ truyền thống, mang tính đơn giản, dễ làm và rẻ tiền, có tác dụng chủ yếu để giải quyết tình thế, tạm thời khi hiện tượng sụt trượt đất xảy ra, như: hốt sụt, xếp kê rọ đá, mở tuyến tránh đi vòng tạm thời... Tuy nhiên, thực tế cũng cho thấy, các giải pháp này mặc dù giúp giải quyết khá nhanh nhưng không thực sự đảm bảo an toàn cho người và phương tiện đi qua do công nghệ quá đơn giản, không đủ điều kiện để duy trì và giữ vững sự ổn định của mái dốc trong mùa mưa lũ.

- Các công nghệ tiên tiến, hiện đại hơn, đảm bảo khả năng bền vững cao hơn, ổn định hơn trong phòng chống sụt trượt đất nhưng lại đắt và đòi hỏi thời gian thi công lâu hơn, như: cắt cơ giảm tải; xây dựng hệ thống công trình tiêu năng và thoát nước; gia cố bề mặt mái dốc; xây dựng các công trình tường chắn đá xây, tường chắn bê tông xi măng hoặc bê tông cốt thép và cao cấp nhất hiện nay là sử dụng giải pháp neo ổn định mái dốc.

Trong quá trình ứng dụng các công nghệ phòng chống đất sụt, theo số liệu thống kê, kết hợp thị sát hàng năm của Viện KH&CN GTVT về tình hình sụt trượt đất trên các tuyến đường sau mỗi mùa mưa, nhận thấy:

- Hình loại đất sụt diễn ra phổ biến nhất là sụt lở đất quy mô nhỏ đến vừa, chiếm trên 60% tổng số vị trí xảy ra hiện tượng đất sụt; tiếp đó là hình loại xói sụt, chiếm tỷ lệ 25%; trượt đất khoảng 10% và đá lở, đá lăn chiếm khoảng 5%.

- Các giải pháp phòng chống đất sụt trên các tuyến đường đã được áp dụng về mùa mưa hàng năm trên các tuyến đường bộ, nhìn chung được phân loại như sau: các giải pháp tình huống, tạm thời chiếm 70%; các giải pháp bền vững hóa giải quyết cơ bản và kiên cố hóa xử lý triệt để chiếm 30%.

- Trong số các công trình tường chắn khối xây và tường bê tông xi măng, về hiệu quả của công tác khảo sát thiết kế và thi công xây dựng các công trình xử lý đất sụt cho thấy: các công trình ngay từ lần đầu được xây dựng đã phát huy hiệu quả chiếm

khoảng 72-76%; các công trình tuy chưa phải làm lại nhưng đã bị nứt, nghiêng, lún... chiếm khoảng 12-15%; các công trình phải thiết kế chỉnh sửa và thi công làm lại lần 2 chiếm khoảng 7-8%; các công trình phải thiết kế lại và sửa chữa, thi công lại hơn 2 lần chiếm khoảng 2-3%.

Như vậy, bên cạnh những thành tựu bước đầu đã đạt được trong phòng chống đất sụt trên các tuyến đường giao thông tại Việt Nam còn nhiều vấn đề cần phải được tổ chức nghiên cứu tiếp. Một trong các vấn đề công nghệ mới cần được tiếp tục nghiên cứu và chuyển giao trong thời gian tới, đó là nghiên cứu khả năng ứng dụng loại vật liệu kết cấu thép và lưới thép để xử lý sụt trượt đất trong điều kiện đòi hỏi rút ngắn tiến độ, mặt bằng thi công hạn chế, hoặc đòi hỏi công trình chống đỡ phải có độ bền từ cao đến rất cao.

II. Các thử nghiệm sử dụng lưới thép và tường chắn kết cấu thép trong phòng chống sụt trượt

Trong khoảng 20 năm gần đây, công nghệ ứng dụng lưới thép cường độ cao trong việc chống lở đá, bảo vệ ổn định mái dốc, sườn đồi và hệ thống ngăn dòng bùn đá do lũ quét đã được áp dụng tại hơn 30 nước trên thế giới. Sản phẩm lưới thép cường độ chịu lực cao và được mạ kẽm, hợp kim nhôm đem lại tuổi thọ cao cho công trình, rất thích hợp trong việc chống sụt lở các công trình giao thông, đặc biệt để chống xói mòn và đá lở, đá lăn. Một trong những phương pháp khá phổ biến đã được áp dụng đó là sử dụng hệ thống lưới thép neo. Theo phương pháp này, người ta tìm cách trải các tấm lưới thép có diện tích rộng hàng trăm, thậm chí hàng nghìn m² lên bề mặt mái dốc đã được dọn dẹp tương đối bằng phẳng, sau đó dùng các thanh neo để ghim tấm lưới ép sát vào bề mặt mái dốc. Các sản phẩm kết cấu lưới thép dùng cho lĩnh vực phòng hộ mái dốc khá phong phú và có các công năng sau: bảo vệ bề mặt mái dốc, chống xói lở bờ sông; chống đá lở, đá lăn; ngăn cản sụt lở, dòng bùn đá.

Trên thế giới hiện nay, nhiều nước cũng đã áp dụng khá phổ biến công nghệ lưới thép cường độ cao để tăng cường ổn định mái dốc, nhất là để chống đá lăn, đá rơi như Mỹ, Nhật Bản, Thụy Sĩ, Malaysia, Thái Lan, Anh, Pháp... Đặc biệt, tường rọ đá - loại tường kết cấu thép đã trở nên thông dụng trên thế giới. Loại tường này được sử dụng phổ biến ở châu Âu từ những thế kỷ trước và được mở rộng

áp dụng ở các nước khác. Về nguyên lý, tường kết cấu thép có khả năng ổn định được chủ yếu là nhờ tự trọng và khả năng tự thoát nước, do đó làm giảm đáng kể áp lực thủy động sau tường. Tuy nhiên, do tường rọ đá là một dạng tường mềm và không có độ cứng chịu lực toàn khối, nên nó thường được dùng để chặn chân mái dốc nền đào không sâu quá 5 m. Loại tường kết cấu thép tiếp theo được sử dụng khá phổ biến trong thời gian qua và hiện nay, đó là loại tường cọc ván thép. Loại tường này được sử dụng phổ biến trong thi công các hố móng công trình cầu và công trình xây dựng công nghiệp, dân dụng. Cọc ván thép được sử dụng lần đầu tiên vào năm 1908 tại Mỹ trong dự án Black Rock Harbour, tuy nhiên trước đó người Ý đã sử dụng tường cọc bản bằng gỗ để làm tường vây khi thi công móng trụ cầu trong nước. Ngoài ra, tường ván thép còn được sử dụng để xây dựng các tường kè chống sạt lở bờ sông hoặc làm tường chắn chân nền đường đào vùng núi. Loại tường ván thép có đặc điểm là có độ cứng tương đối dọc tường theo chiều cao, tuy nhiên, theo chiều ngang, do mối ghép giữa các cọc ván thép với nhau là liên kết khớp mềm, cho phép tường có khả năng biến dạng khá dễ, nên khả năng chịu lực đẩy ngang của tường ván thép cũng ở mức nhất định, tùy thuộc vào cấu tạo của cọc ván thép và độ sâu ngàm vào lòng đất của cọc.

Tại Việt Nam, lần đầu tiên kết cấu lưới thép đã được Viện KH&CN GTVT nghiên cứu ứng dụng thử nghiệm để làm lớp vỏ xi măng lưới thép phòng chống xói sụt mái dốc ở độ cao 120 m so với mặt đường tại Km 81+500, Quốc lộ 8A thuộc địa phận huyện Hương Sơn, tỉnh Hà Tĩnh vào năm 1994. Tiếp đó, kết cấu lưới thép tiếp tục được sử dụng để thiết kế như là một giải pháp lưới thép bọc bề mặt taluy, gọi là giải pháp “khoan neo, treo lưới” để phòng chống đá lăn, đá rơi quy mô vừa trên đoạn Km 2 - Km 3, tuyến chính AB thuộc hệ thống đường vận hành Nhà máy thủy điện Yaly (tỉnh Gia Lai) năm 2000-2001. Sau đó, kết cấu vỏ xi măng lưới thép đã được sử dụng để xử lý sụt lở taluy nền đào trên đoạn dài 200 m khúc “cua 3 tầng” Km 21, Quốc lộ 4D, thuộc tuyến đường du lịch từ Tp Lào Cai đi SaPa vào năm 2004 (hình 1). Gần đây nhất, kết cấu vỏ mỏng xi măng lưới thép được sử dụng để thiết kế gia cố bề mặt taluy, xử lý sụt lở tại đèo Đá Đẽo (đường Hồ Chí Minh) năm 2006 và tại dự án xử lý đất sụt trên quốc lộ 70 đoạn Lào Cai - Phố Lu năm 2009. Đến nay, qua kiểm nghiệm theo thời gian, tất



Hình 1: vỏ xi măng lưới thép gia cố mái dốc đoạn cua 3 tầng, quốc lộ 4D

cả các kết cấu sử dụng lưới thép này vẫn bền vững và phát huy được hiệu quả.

Trong khi đó, loại tường rọ đá được sử dụng như một loại kết cấu tường chắn kết cấu thép cũng đã được áp dụng tại nhiều công trường ở Việt Nam, đặc biệt trên tuyến đường vận hành Nhà máy thủy điện Yaly: tường kè rọ đá chất lượng cao với sợi thép đan rọ dùng thép hàn 6, còn khung rọ dùng thép 10-12. Sau gần 20 năm khai thác, loại tường rọ đá này vẫn đảm bảo tính ổn định và bền vững. Song song với tường rọ đá chống đất sụt, loại tường chắn kết cấu thép cũng lần lượt được xây dựng thử nghiệm để chắn đá lăn tại các khe suối lớn trên đèo Hải Vân, ví dụ như tại Km 905+500 và Km 906+950 Quốc lộ 1A. Tại đây, sau mùa mưa bão lịch sử cuối năm 1999, do lưu lượng dòng chảy tăng nhanh, khe suối lại dốc, tạo nên lưu tốc dòng chảy lớn, dẫn tới hiện tượng nhiều tảng đá tích tụ trên lòng khe từ lâu, có tảng có đường kính tới 2 m, đã bị dòng chảy cuốn trôi và lăn ra đường, gây cản trở và ùn tắc giao thông nghiêm trọng. Thời điểm đó, lực lượng công binh đã phải dùng mìn nổ ốp để phá các khối đá lớn này thành các mảnh vụn để giải phóng mặt đường. Trong năm 2000, chúng ta đã xây dựng một tường chắn kết cấu thép để chống đá lăn ngay trên lòng khe suối tại vị trí chân suối (hình 2). Sau 12 năm khai thác, cho đến nay, tường kết cấu thép này đã được kiểm nghiệm và cho thấy vẫn phát huy được tác dụng và bền vững. Trên đường Hồ Chí Minh, đoạn Thanh Mỹ - Pao, tại Km 464+400, sau mùa mưa



Hình 2: tường kết cấu thép chặn đá lăn tại Km 906+950, quốc lộ 1 A trên đỉnh đèo Hải Vân

năm 2005, để chặn đá lăn theo khe suối đổ xuống mặt đường, Công ty quản lý và sửa chữa đường bộ Quảng Nam - Đà Nẵng đã xây dựng một tường kè kết cấu ray quy mô nhỏ, dài 3 m, cao 1,50 m và đóng sâu 2,50 m. Trải qua các mùa mưa, lượng đá lăn đổ về tích tụ tại tường kè khá lớn. Trong mùa mưa năm 2010, do chặn một khối đá lăn đường kính tới 2 m, nên tường kè kết cấu ray đã bị va đập mạnh và bị gãy một cọc ray P38 nhưng tổng thể toàn bộ tường kè vẫn đảm bảo tính liên kết và chịu lực tốt (hình 3).



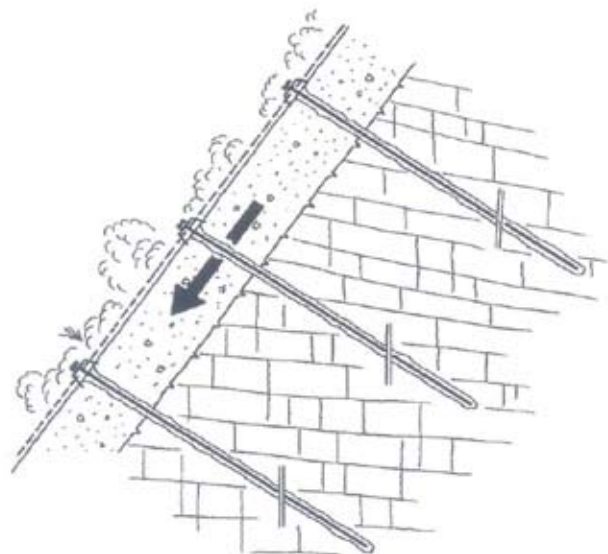
Hình 3: tường kè kết cấu ray chắn đá lăn tại Km 464+400, đường Hồ Chí Minh đoạn Thạnh Mỹ - Prao, xây dựng năm 2006

Như vậy, có thể kết luận rằng, với các thiết kế và xây dựng thử nghiệm các công trình sử dụng kết cấu lưới thép và kết cấu thép của ngành GTVT như đã nêu trên, tuy chỉ chiếm một tỷ lệ rất nhỏ bé so với các công trình phòng chống đất sụt bằng khối xây, khối bê tông xi măng, song được thời gian kiểm nghiệm đã chứng tỏ rằng đó là loại kết cấu bền vững, chịu được thử thách của môi trường và có thể áp dụng một cách thích hợp trong hoạt động phòng chống sụt trượt đất đá trên đường giao thông ở Việt Nam.

III. Nghiên cứu phát triển các loại hình kết cấu lưới thép và tường chắn kết cấu thép chống sụt trượt

1. Đối với kết cấu lưới thép

Theo kết quả nghiên cứu, về mặt nguyên lý làm việc, hệ thống lưới thép được chia ra làm 2 loại chính, đó là: hệ thống lưới thép bao bọc mái dốc, chủ động ngăn chặn sụt lở và đá lở, đá lăn; hệ thống lưới thép chặn đất sụt lở và đá lăn ở chân mái dốc khỏi tràn ra mặt đường. Nguyên lý tính toán thiết kế hệ thống lưới thép chủ động ngăn chặn sụt lở và đá lở, đá lăn, góp phần tăng cường ổn định mái dốc được dựa vào sơ đồ tính toán thể hiện trên hình 4. Theo đó, khối đất đá bị trượt là phần đất đá bị kẹp giữa lớp lưới thép và bề mặt mái dốc có xu hướng chuyển dịch theo trọng lực theo phương song song với bề mặt mái dốc. Yêu cầu về vật liệu làm lưới thép được



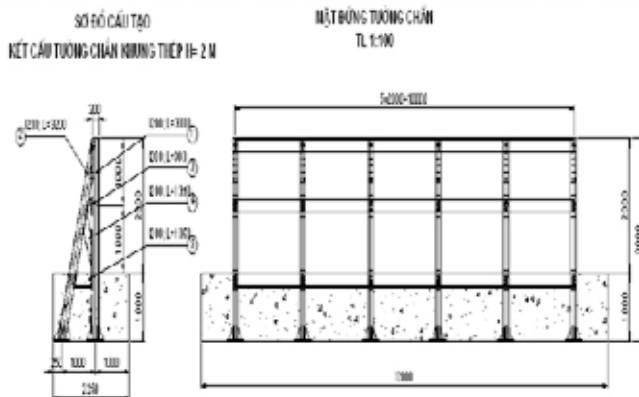
Hình 4: sơ đồ cấu tạo và tính toán kết cấu lưới thép bao bọc mái dốc

xác định từ yêu cầu tổng thể về khả năng chịu lực chống trượt của lưới thép theo phương tiếp tuyến (song song với bề mặt mái dốc) và theo phương pháp tuyến (vuông góc với bề mặt mái dốc). Vật liệu làm lưới thép được đặc trưng bởi các thông số kỹ thuật, đó là: loại sợi thép, đường kính sợi thép và cường độ kháng kéo, kháng cắt trên một đơn vị diện tích của sợi thép làm lưới. Ngoài ra, còn cần có các thông số khác về khả năng bị ăn mòn theo thời gian, phương pháp bảo vệ và niên hạn sử dụng của lưới thép. Từ các yêu cầu trên, hiện nay trên thế giới chủ yếu sử dụng loại vật liệu làm lưới thép là loại sợi thép được chế tạo đặc biệt, cường độ cao và được bảo vệ chống gỉ để dùng cho mục đích phòng chống đất sụt và tuyết lở. Còn tại các nước đang phát triển, thời gian qua chưa có điều kiện sử dụng lưới thép cường độ cao, nên chủ yếu vẫn phải sử dụng tạm thời lưới thép B40.

2. Đối với tường chắn kết cấu thép

Trong phạm vi nghiên cứu bước đầu, các dạng kết cấu thép được xem xét và đề xuất ứng dụng trong phòng chống đất sụt ở Việt Nam bao gồm 4 dạng sau: tường chắn kết cấu thép móng nông chống sụt lở (chịu lực đẩy ngang); tường chắn kết cấu thép móng nông chắn đá lở, đá lăn; tường chắn kết cấu thép móng cọc thép ống chống trượt sâu; và tường chắn kết cấu thép móng cọc ray chống trượt sâu.

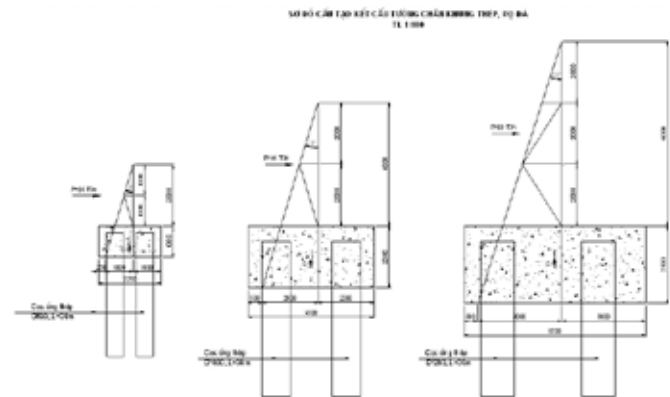
Trong đó, loại tường chắn kết cấu thép móng nông chống sụt lở đất được nghiên cứu thiết kế dưới dạng định hình, bao gồm các khung thép hình chịu lực có chiều cao 2 m hoặc 4 m, móng bê tông xi măng hoặc móng khung thép với toàn bộ khoảng trống thân tường (hoặc móng tường) được xếp đầy rọ đá, có khả năng chịu áp lực đẩy ngang tính toán



Hình 5: tường chắn kết cấu thép móng nông bê tông xi măng (hoặc móng khung thép) chống sụt lở đất

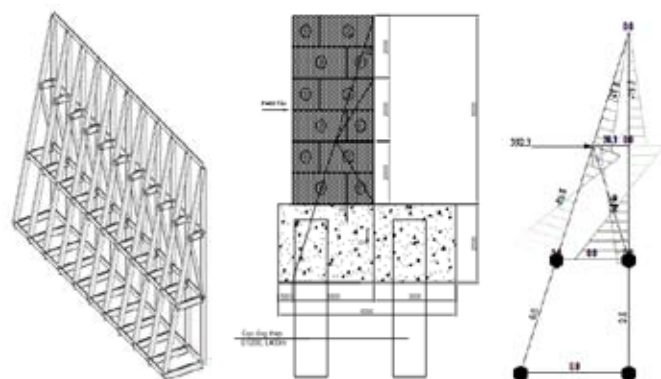
ở mức 20 T/m² và 40 T/m². Định hình và sơ đồ tính toán tường chắn kết cấu thép móng nông được thể hiện ở hình 5.

Trong xử lý trượt sâu, với mặt trượt ở độ sâu từ 2 m đến 10 m, có thể nghiên cứu sử dụng loại tường chắn kết cấu thép dùng móng cọc thép ống nhỏ bê tông xi măng hoặc cọc ray (hình 6).



Hình 6: tường chắn kết cấu thép móng cọc thép ống hoặc cọc ray dùng để chống trượt sâu

Trong đó, tất cả các khung thép thân tường đều có chung kết cấu định hình và là khung chịu lực. Phần không gian trống của thân tường được xếp kín rọ đá để làm thân tường, phù hợp với dạng tường chắn kiểu trọng lực (hình 7), vừa đủ khả năng chịu lực cắt, áp lực đất đẩy ngang, chống lật, chống trượt... lại vừa kinh tế.



Hình 7: khung kết cấu thép chịu lực và sơ đồ xếp rọ đá để làm thân tường chắn

Việc tính toán kết cấu thép thân tường được phân tích và tính theo các sơ đồ chịu momen, chịu lực cắt, chịu lực dọc và chuyển vị trên máy tính.

IV. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu của đề tài, có thể rút ra một số ưu, khuyết điểm và đề xuất phạm vi áp dụng của các giải pháp bền vững, kiên cố sử dụng các loại kết cấu lưới thép và tường chắn kết cấu thép kiểu trọng lực trong phòng chống và xử lý sụt trượt đất tại Việt Nam như sau:

1. Đối với kết cấu lưới thép

Kết cấu lưới thép có những ưu điểm chính như sau:

- Là kết cấu mềm, có thể trải trên diện tích rộng để bao bọc, bảo vệ mái dốc.
- Là loại kết cấu duy nhất có thể áp dụng để tăng cường ổn định cơ học và bảo vệ mái dốc nền đường đào ở độ cao yêu cầu tới hàng chục m so với mặt đường.
- Kết cấu đơn giản, không đòi hỏi công nghệ thi công đặc biệt.
- Lưới thép cường độ cao có thể dùng để phòng chống đá lở và sụt lở quy mô vừa đến lớn. Còn lưới thép B40 chỉ có thể sử dụng để phòng chống sụt lở và đá lở quy mô nhỏ đến vừa.
- Việc bảo dưỡng hoặc thay thế lưới thép bị hư hỏng diễn ra đơn giản.
- Thân thiện với môi trường.

Tuy nhiên, nhược điểm của kết cấu lưới thép ở chỗ:

- Chịu tác động của môi trường, dễ bị han gỉ, do đó tuổi thọ của kết cấu bị hạn chế.
- Chủ yếu phải thi công bằng thủ công và leo cao, điều kiện làm việc nguy hiểm.
- Không thích hợp dùng tại những nơi gần đường dây cao thế.

Chính vì vậy, phạm vi áp dụng kết cấu lưới thép được đề xuất chủ yếu để bao bọc mái dốc đá bị phong hóa nứt nẻ hoặc để chặn đá lăn hoặc sụt lở quy mô nhỏ phía chân mái dốc nền đào hay phía đỉnh tường chắn.

2. Đối với tường chắn kết cấu thép

Tường chắn kết cấu thép kiểu trọng lực có những ưu điểm chính là:

- Khả năng chịu tải cao, thân tường có thể chuyển vị trong phạm vi cho phép và bền vững hơn nhiều so với tường bê tông cốt thép cùng chiều cao.
- Cấu tạo và chế tạo đơn giản, dễ làm, thi công nhanh.
- Không đòi hỏi thiết bị thi công gì đặc biệt.

- Vật liệu tương đối sẵn có trong nước.
- Có thể áp dụng cho các địa hình trên cạn, dưới nước.

- Thi công mới hoặc dỡ bỏ đơn giản, có thể sử dụng lại.

Tuy nhiên, nhược điểm của tường chắn kết cấu thép cũng thể hiện ở chỗ:

- Chiếm diện tích mặt bằng.
- Khó áp dụng đối với những nơi không có sẵn vật liệu đá học.

Chính vì vậy, phạm vi áp dụng tường chắn kết cấu thép hợp lý được đề xuất như sau:

- Đối với tường chắn kết cấu thép móng nông: thích hợp để đảm bảo giao thông khi có yêu cầu thi công nhanh và phải có khả năng chịu lực cao, dùng để xử lý sụt lở đất quy mô nhỏ đến vừa. Khi đó, việc lắp ráp các khung thép chịu lực kết hợp xếp rọ đá thân tường sẽ đáp ứng được các đòi hỏi này.

- Đối với tường chắn kết cấu thép móng cọc ống thép hoặc cọc ray: sử dụng thích hợp để xử lý và chống trượt sâu quy mô vừa đến quy mô lớn, vừa đòi hỏi thi công nhanh, vừa đòi hỏi khả năng chịu lực cao.

Có thể kết luận rằng, để khắc phục tình trạng các sự cố nứt vỡ của loại tường xây phòng chống đất sụt, giải pháp công nghệ sử dụng kết cấu lưới thép và tường chắn kết cấu thép là một trong những giải pháp tốt, tuy giá thành ban đầu có đắt hơn khoảng 1,5-1,7 lần so với kết cấu khối xây nhưng hiệu quả sử dụng và khai thác cao gấp nhiều lần. Giải pháp này cần được thí điểm để phổ biến rộng rãi ■

Tài liệu tham khảo

1. Doãn Minh Tâm và nhóm nghiên cứu: Nghiên cứu ứng dụng công nghệ mới sử dụng kết cấu thép và lưới thép trong xử lý sụt trượt đất đá trên các tuyến đường giao thông ở Việt Nam. Đề tài nghiên cứu cấp Bộ GTVT, 2012.
2. Cala Flum Roduner Ruegger Wartmann: TECCO Slope Stabilization System and RUVOLUM Dimensioning Method 2012 Geobrugg AG, 8590 Romanshorn, Switzerland.
3. GEOBRUGG: Protection Systems - Version, 2009.