

CÔNG NGHỆ MỚI GIỮ ỔN ĐỊNH MÁI DỐC BẰNG CÁCH TÁCH NƯỚC RA KHỎI ĐẤT

TS. NGUYỄN QUỐC VĂN
TS. TRINH TRUNG TIẾN
Học viện kỹ thuật quân sự

TÓM TẮT:

Mái dốc được ứng dụng rất rộng rãi cho các công trình đường, nhà khu vực miền núi. Khi đào cắt đất, mái dốc sẽ có độ dốc lớn hơn nhiều so với ban đầu, nguy cơ mất ổn định mái dốc tăng cao. Đặc biệt nhất là khi có nước tích trong môi trường đất mái dốc thì nguy cơ sạt lở sẽ đặc biệt nghiêm trọng. Hiện nay đã có nhiều công trình giữ ổn định mái dốc bằng cách tách nước ra khỏi đất, tuy nhiên hiệu quả không cao, thời gian sử dụng cho các biện pháp đó không lớn do đất đá bị tắc trong hệ thống tách nước. Bài báo này đi sâu sử dụng một công nghệ tách nước ra khỏi đất mà vẫn giữ nguyên pha rắn cho mái dốc, tránh được các hạn chế của phương pháp tách nước hiện nay.

ABSTRACT:

Retaining wall is used widely for several types of road and house in mountainous areas. When the soil is excavated, its slope profile is much higher than before, so the risk of slope instability increases. Especially when there is water accumulating in the soil of the slope, the risk of landslide will be especially serious. Currently, there are many works to stabilize the slope by separating water from the soil, but the efficiency is not high, the life span for such measures is not long enough due to soil and rock blocked in the dewatering system. This paper intensively uses a technology to dewater from the soil while retaining the solid phase for the slope, avoiding the limitations of current dewatering methods.

1. GIỚI THIỆU

Mái dốc đất đào ở các khu vực trung du, miền núi chiếm đại đa số so với nền đắp. Nhiều tuyến đường sử dụng chủ yếu nền đào hoàn toàn hình chữ U hoặc L thay vì nền đường đắp, lý do chính là nước mưa trên các tuyến đường này sẽ phá hoại nền đường đắp nhiều hơn nền đào. Thực tế cho thấy dù công tác đắp và đầm nền nền đường đắp có chất lượng tốt nhưng sau các trận mưa thì chỗ xung yếu vẫn có thể xảy ra hiện tượng mất ổn định mái taluy, đất đá sạt trượt ảnh hưởng trực tiếp đến vận hành giao thông. Mái dốc taluy đào thông thường được tận hưởng kết cấu đất tự nhiên vốn có của vỏ trái đất nên khả năng ổn định cao hơn mái dốc taluy đắp. Khi điều kiện trời không mưa thì các mái dốc cơ bản ổn định theo tính toán thiết kế, tuy vậy khi trời mưa, điều kiện làm việc của mái dốc thay đổi đáng kể, lý do chính là lực dính C và góc ma sát trong φ của lớp đất bị làm ướt đều giảm. Theo [3], đặc tính của đất được đặc trưng chủ yếu bởi hai hệ số lực dính C và góc ma sát trong φ . Theo [2], [5], [9] và [10] ổn định mái dốc là vấn đề phức tạp vì mái dốc sẽ chịu tác động của trọng trường, ổn định mái dốc hoàn toàn phụ thuộc vào kích thước hình học và độ lớn lực dính C , độ lớn góc ma sát trong φ . Như vậy, vấn đề đặt ra là cần duy trì đặc tính của đất trong suốt quá trình làm việc của mái dốc dù điều kiện có mưa hoặc không mưa. Để đạt được điều đó thì mái dốc phải được kín nước, nhưng thực tế thì khó đảm bảo điều này. Khi mưa xuống thì nước sẽ xâm nhập vào đất trong mái dốc cho nên bài toán tách nước ra khỏi đất trong mái dốc được nhiều học giả quan tâm

và thực tế công trình áp dụng như [2], [3], [4] và [6].

2. THỰC TRẠNG TÁCH NƯỚC RA KHỎI MÁI DỐC

Hiện tượng sạt lở mái dốc taluy diễn ra khôn lường cả trong và ngoài nước, để lại hậu quả nặng nề. Điển hình như vụ sạt lở mái dốc ở miền Trung năm 2020 sau trận mưa kéo dài, mái dốc đã mất ổn định do bị tích nước làm 17 người thiệt mạng ở Thủy điện Rào Trăng 3, 13 thành viên đoàn cứu trợ hi sinh ở trạm 67 (tỉnh Thừa Thiên Huế), 22 quân nhân đoàn 337 và 6 người trong 1 gia đình ở Hướng Hóa, Quảng Trị cũng thiệt mạng do bị vùi lấp bởi sạt mái taluy cùng nhiều tỉnh khác. Các mái dốc này hoàn toàn ổn định khi trời không mưa hoặc mưa nhỏ, ngán nhưng bất ngờ mất ổn định khi mưa lớn kéo dài. Như vậy nước trong đất của mái taluy chính là thủ phạm gây ra những cái chết thương tâm vừa qua. Công tác tách nước ra khỏi đất của mái dốc là một nhiệm vụ vô cùng quan trọng đã được quan tâm từ lâu. Hiện nay có một số phương pháp tách nước ra khỏi đất của mái dốc phổ biến như sau:

2.1. Khoan lỗ và cắm ống tách nước vào mái dốc

Khoan lỗ và cắm ống tách nước vào mái dốc theo chiều dốc ra ngoài là biện pháp phổ biến nhất hiện nay. Biện pháp này đòi hỏi cần có máy khoan cần dài để thực hiện khoan sâu vào trong mái dốc nơi nghi ngờ có thể có nước khi mưa xuống. Mũi khoan có thể có đường kính lên đến 60-120mm và hoàn toàn thực hiện dễ dàng vì phoi đất được rơi ra ngoài, máy khoan giữ nguyên góc cần và thực hiện khoan đến độ sâu nào đó rồi rút

ra. Thông thường vách ống được ổn định trong thời gian 10-15 phút sau khi khoan, nên sau khi khoan lỗ xong thì cần thực hiện đưa ống vào luôn nhằm tránh việc sập vách lỗ khoan. Độ sâu của lỗ có thể đạt đến rất lớn tùy theo mức độ ảnh hưởng của nước tới mái dốc cũng như chiều cao của mái dốc.

Ống tách nước thông thường được khoan sẵn các lỗ nhỏ có đường kính 5-15mm có thể không bọc hoặc có bọc vài địa kỹ thuật 1 lớp xung quanh ống nhằm mục đích cho nước đi vào ống tách nước và giữ cho đất đá không trôi vào ống. Đầu ngoài ống thường được bơm vữa và neo chắc chắn nhằm chống việc ống bị nước đẩy ra ngoài.

Phương pháp này còn được sử dụng cho các mái dốc có gia cố mặt bằng vữa bê tông hoặc bê tông lưới thép hoặc lưới thép bọc mái dốc

Tuy nhiên thực tế cho thấy ống tách nước như vậy chỉ làm việc tốt trong thời gian đầu và bị tắc sau một vài năm vì lý do chính là đất xung quanh ống đã bịt kín hệ thống ống hoặc vài địa kỹ thuật làm nước không thu được vào ống một cách dễ dàng. Khi nước trong đất tích nhiều sẽ đẩy ống ra ngoài hoặc làm mềm hóa đất mái dốc. Ở đây việc tách nước hoàn toàn dựa trên việc chênh áp nên áp suất thủy tĩnh đã ép nước vào hệ thống ống tách nước. Áp lực chênh áp này vô tình đã ép các hạt đất vào các khe hở và bịt kín chúng lại, ngăn cản nước thu vào ống tách nước. Hình 1 là một điển hình cho việc không ổn định của mái dốc dù đã áp dụng biện pháp tách nước cắm ống.

Cho dù thực tế có rất nhiều mái dốc bị phá hoại nghiêm trọng và sạt lở dù đã áp dụng biện pháp tách nước bằng ống tách nước đục lỗ. Tuy nhiên, giải pháp này vẫn đang được quan tâm hơn cả

và tìm cách cải tiến nhằm khắc phục những tồn tại.

2.2. Đào rãnh thu nước vuông góc với mái dốc

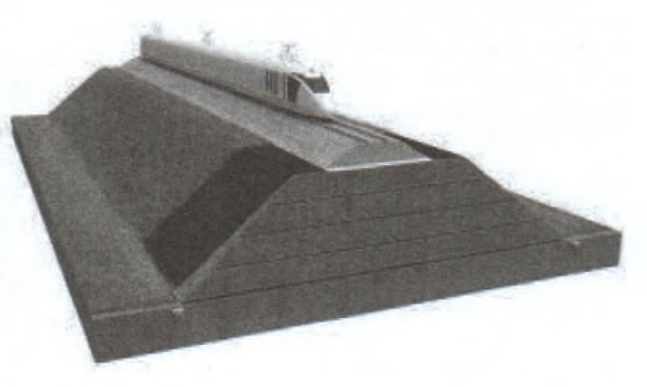
Đào rãnh thu nước vuông góc với mái dốc là biện pháp rất phổ biến cho các đoạn đắp cao ở đường sắt, hoặc ở mái dốc đào quá lớn ở miền núi. Thông thường rãnh đào đó được lấp lại bằng đá hoặc xấp xỉ khan và đảm bảo điều kiện làm việc của mái dốc vẫn không hề thay đổi trước khi đào.

Biện pháp này đã được áp dụng rộng rãi ở châu Âu, châu Mỹ trong suốt hàng trăm năm qua [4] khi công nghệ tách nước chưa phát triển và nghiên cứu về tách nước chỉ ở mức độ bỏ nhiều công sức hơn là nghiên cứu giải pháp vật liệu (Hình 2).

Quá trình phát triển sau này rãnh thu nước có thể sử dụng vật liệu để thoát nước như cát nhưng bề



Hình 1. Sạt lở mái taluy trên đường cao tốc Hà Nội-Lào Cai dù đã gia cố mái, cắm ống tách nước



Hình 2. Sử dụng rãnh đá hộc để thu nước mái dốc

ngoài được bao phủ bởi lớp đất sét, hoặc lớp vải địa kỹ thuật để đảm bảo lớp cát không bị trôi chảy mà nước vẫn thoát được ra ngoài.

Những yếu điểm của phương pháp đào rãnh để tách nước ra khỏi đất cho mái dốc thể hiện ở những điểm sau:

- Quá trình thi công khá tốn kém vì công tác đào vách đứng sâu khá khó khăn
- Phải sử dụng đá học xếp khan thi công bằng thủ công nên năng suất thấp, chi phí lớn
- Đất hai bên vách có thể bị phân rã vào lớp đá học xếp khan làm cho nền đường cũng như mái dốc bị sụt cục bộ.
- Phải đào rãnh khá sâu nên không thể áp dụng nơi không có vị trí thoát nước cho rãnh.

3. GIẢI PHÁP MỚI TÁCH NƯỚC RA KHỎI ĐẤT MÁI DỐC

Nhận thấy vai trò quan trọng của công tác tách nước ra khỏi đất cho mái dốc và các hạn chế của hai phương pháp chính hiện nay, bài báo đưa ra một phương pháp tách nước ra khỏi đất dựa trên tính chất mao dẫn của nước khi ở khe hẹp. Biện pháp này đảm bảo hệ thống tách nước không còn bị tắc như các tồn tại hiện nay.

3.1. Cơ sở khoa học về tính chất dính ướt và mao dẫn

3.1.1. Hiện tượng dính ướt

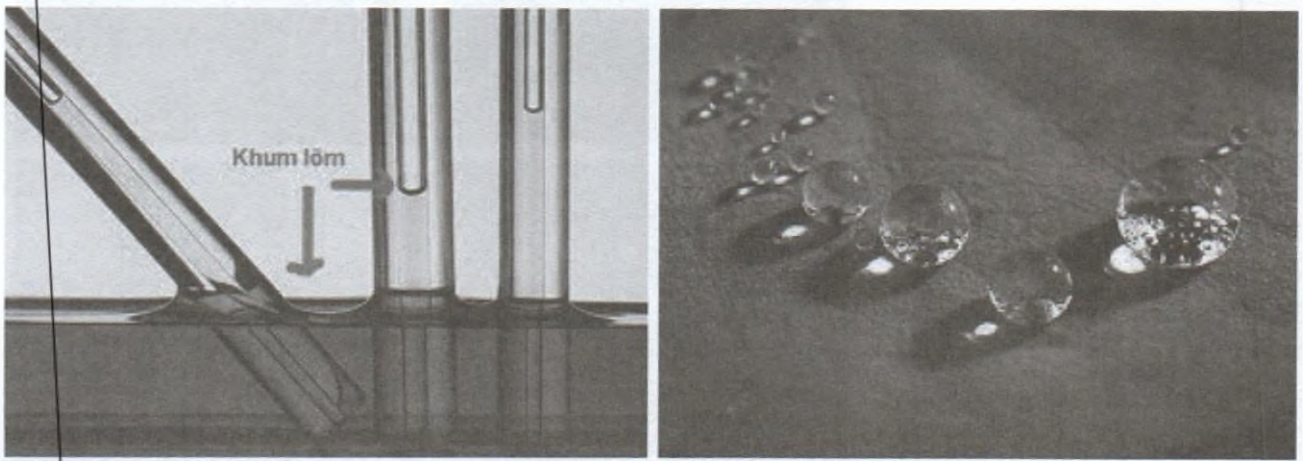
Theo lý thuyết về hiện tượng này thì hiện tượng dính ướt xảy ra khi có sự tiếp xúc giữa 3 pha [11]: hai pha lỏng (hoặc một pha lỏng và một pha khí) trên bề mặt pha rắn. Ví dụ khi giọt nước nằm trên một bề mặt rắn ưa nước, do lực hút giữa các phân tử ở bề mặt rắn với các phân tử nước lớn hơn nhiều lực hút giữa các phân tử nước với nhau, giọt nước sẽ có xu hướng trải ra tăng diện tích mặt liên diện giữa nước và pha rắn. Bề mặt rắn càng ưa nước thì diện tích nước trải ra càng lớn. Có thể quan sát hiện tượng này trên một số chảo chống dính, nước bám trong thân chai nhựa, trong và ngoài ống thủy tinh cắm xuống nước (Hình 1a).

Ngược lại nếu một giọt nước (pha lỏng) nằm trên bề mặt rắn không ưa nước (pha rắn), nó sẽ có xu hướng co cụm lại sao cho diện tích bề mặt liên diện nước-không khí (pha khí) và diện tích mặt liên diện nước-bề mặt rắn nhỏ nhất có thể. Ví dụ tại bề mặt liên diện giữa hai pha: nước (pha lỏng) và không khí (pha khí), sức căng ở bề mặt giọt nước và không khí được hình thành do lực hút giữa các phân tử nước mạnh hơn nhiều lực hút giữa chúng và các phân tử khí cũng

như lực hút giữa các phân tử khí với nhau. Do đó giọt nước trong không khí có xu hướng co cụm lại sao cho diện tích bề mặt nhỏ nhất có thể. Nếu độ lớn của lực trọng trường nhỏ hơn, các lực xung quanh giọt nước sẽ cân bằng và nó sẽ có hình cầu (Hình 1b).

3.1.2. Hiện tượng mao dẫn

Theo [7], [8] và [11], bằng các thí nghiệm đơn giản, khi cắm ống mao quản (làm bằng vật liệu ưa nước) vào nước chúng ta cũng có hệ 3 pha gồm: nước (pha lỏng), thành ống mao quản (pha rắn) và không khí (pha khí). Tại mặt liên diện giữa nước và thành ống mao quản, nước sẽ có xu hướng dâng lên, trải ra làm tăng diện tích mặt liên diện hai pha. Tại mặt liên diện giữa nước và không khí, lực hút giữa các phân tử nước mạnh hơn so với giữa nước và không khí làm cho nước có xu hướng co cụm giảm diện tích liên diện, giúp mực nước nâng lên gần bằng với các phân tử nước ở gần thành ống mao quản. Mao quản có đường kính càng nhỏ, vật liệu thành ống mao quản càng ưa nước, áp suất trong pha khí càng thấp, lực trọng trường càng yếu thì mực nước càng dâng cao. Thực tế trong cốc nước bình thường có đường kính tương đối lớn mực nước ở thành cốc cũng vẫn cao hơn so với mực



Hình 3. So sánh hiện tượng không dính ướt (a) và dính ướt (b)

nước ở xa thành nhưng bằng mắt thường khó có thể nhận ra.

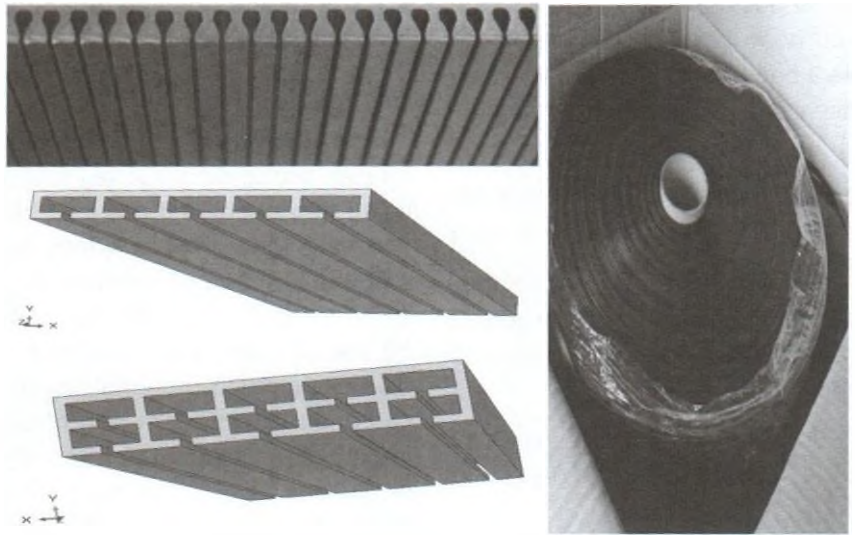
Sức căng bề mặt và hiện tượng mao dẫn đã giúp giải thích một số quá trình như nước vận chuyển từ rễ lên đến lá, tại sao nhện nước bò trên mặt nước, trạng thái cân bằng của nhũ tương cũng như tác dụng tẩy rửa của xà phòng nói riêng hay hoạt tính nói chung của chất hoạt hóa bề mặt,...

Thực tế, trong đất có nhiều lỗ rỗng và chúng tạo nên một mạng lưới không có qui luật các đường ống dẫn nước (tubes). Do hiện tượng mao dẫn (capillary phenomenon) nước luôn luôn được nâng cao trên mực nước ngầm qua các đường ống dẫn nước tạo nên một vùng đất bị bão hòa một phần. Một đặc điểm vô cùng lý thú là nước mao dẫn rất trong và không thể mang theo các hạt đất dù nhỏ. Nếu các khe đủ nhỏ, nước mao dẫn có thể đưa giọt nước lên độ cao rất lớn, vài mét đến hàng chục mét. Điều này đã được [5] kiểm chứng và cho rằng, mao dẫn trong đất rỗng là nhỏ nhưng trong đất sét thì có thể lớn hơn 10m.

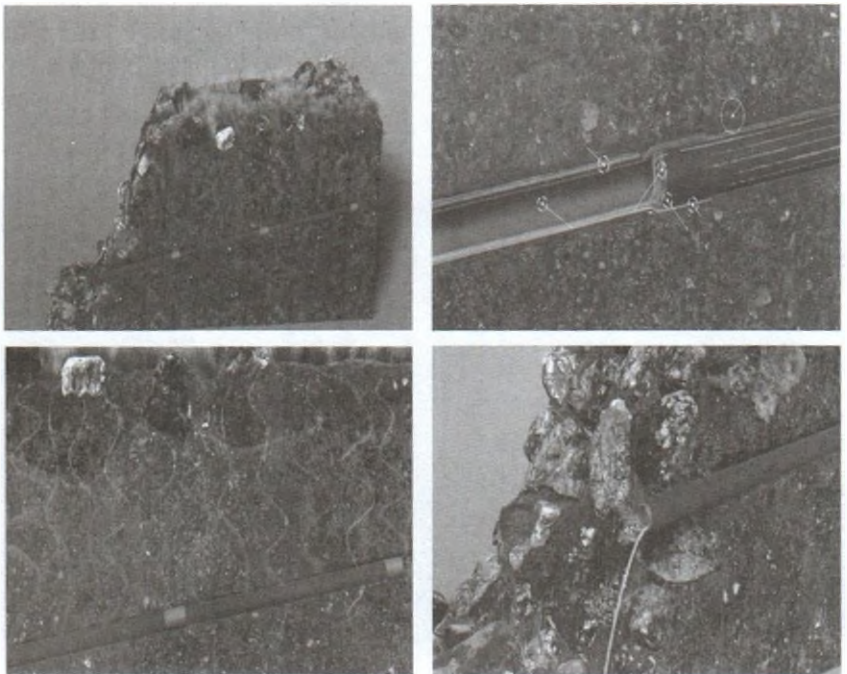
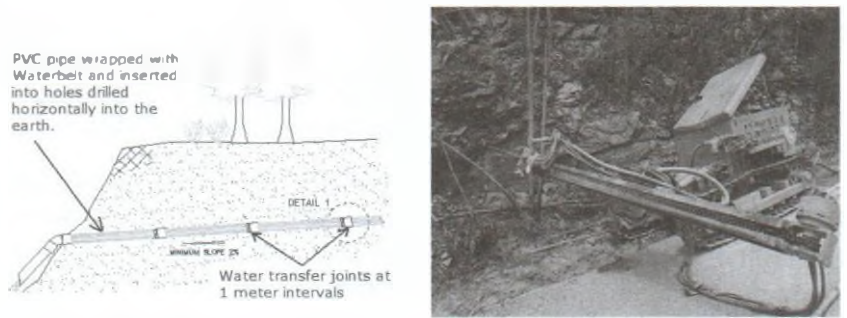
Chúng ta có thể dễ dàng quan sát hiện tượng này khi nhìn những giọt sương trên lá vào buổi sáng. Một trong những bề mặt không ưa nước dễ nhận thấy là bề mặt lá sen. Còn lại các bề mặt khác chủ yếu là bề mặt ưa nước. Trong nghiên cứu này, vật liệu nhựa PVC sẽ được thí nghiệm tính chất dính ướt và phát triển nghiên cứu các kích cỡ lỗ khác nhau để nước thu được và vận chuyển đi về các ống thu nước. Một sản phẩm thực tế cũng được kiểm nghiệm để đánh giá sự đúng đắn của nghiên cứu.

3.2. Ống tách nước dùng băng thu nước

Băng thu nước của hãng Waterbelt cũng như cải tiến của [11] như Hình 4 đã được kiểm chứng để tách nước bằng hiện tượng mao dẫn khi quấn quanh ống thu nước.



Hình 4. Băng nước của hãng Waterbelt (a), (b) và do [11] để xướng (c) và (d)



Hình 5. Ống tách nước quấn băng nước

Khi quán quanh ống thu nước, các rãnh trong băng nước sẽ chạy dọc theo chiều của ống và đi vào đoạn ống tiếp theo bằng khớp âm dương. Như vậy các đoạn ống thu hoàn toàn không phải đục lỗ. Nước thu từ đất vào băng qua hiện tượng mao dẫn, rồi được chảy dọc theo thân ngoài đoạn ống trên và chảy vào đoạn ống dưới. Quá trình như vậy đã xử lý triệt để hiện tượng bị tắc ống tách nước như Hình 5.

3.3. Lý thuyết tính toán (theo [1])

3.3.1. Sức căng bề mặt

Sức căng bề mặt của chất lỏng là lực trên đơn vị chiều dài (công thức 1). Sức căng bề mặt có thể đo được bằng lực kế rồi chia cho chiều dài phần tiếp xúc giữa chất lỏng và thành ống

$$\sigma = F/L \tag{1}$$

Sức căng bề mặt hoàn toàn phụ thuộc vào đặc tính nội tại của chất lỏng và chất rắn mà không phụ thuộc vào kích thước hình học của chất lỏng. Ví dụ một khung có hình dạng phức tạp và khung khác có hình dạng đơn giản nhưng 2 khung đều có chiều dài tiếp xúc với chất lỏng như nhau thì lực căng mặt ngoài là như nhau

3.3.2. Góc tiếp xúc

Trong hiện tượng dính ướt và không dính ướt, góc tiếp xúc là một chỉ tiêu quan trọng thể hiện mức độ dính ướt và không dính ướt giữa bề mặt chất lỏng và thành rắn (Hình 6). Qua phân tích lực ta thấy tại vị trí mép tiếp xúc giữa chất lỏng và chất rắn, các phần tử chất lỏng có

$$f_{sa} + f_{la} + f_{ls} + f_A = 0 \tag{2}$$

Trong đó:

f_{sa} là lực giữa thành rắn và không khí;

f_{la} là lực giữa chất lỏng và không khí;

f_{ls} là lực giữa chất lỏng và thành rắn;

f_A là lực dính (adhesive force).

Lực căng thể hiện rõ ở bề mặt tương tác không khí với chất lỏng, chất lỏng với chất rắn và chất rắn với không khí. Ở Hình 6b, sự chênh lệch giữa sức căng bề mặt giữa chất lỏng-rắn và rắn với khí $\sigma_{ls} - \sigma_{sa}$, nhỏ hơn sức căng bề mặt giữa không khí và chất lỏng σ_{la} , nhưng tất nhiên là một số dương, do vậy có thể viết thành

$$\sigma_{ls} > \sigma_{sa} - \sigma_{la} > 0 \tag{3}$$

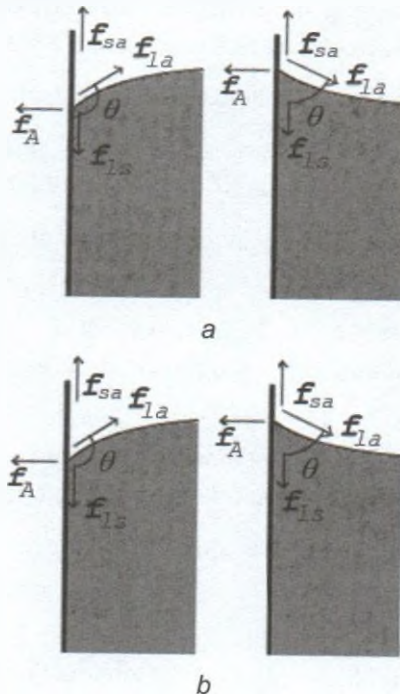
Thực hiện phép chiếu theo phương ngang của phương trình (2) thì thành phần phương ngang của lực giữa chất lỏng và không khí sẽ cân bằng với lực dính f_A , tức là $f_A = f_{ls} \sin\theta$...

Theo phương đứng ta có

$$f_{ls} - f_{sa} = - f_{la} \cos\theta \tag{4}$$

Như vậy có thể thấy chất lỏng có tính không dính ướt nếu $\theta > 90^\circ$, ngược lại chất lỏng có tính dính ướt nếu $\theta < 90^\circ$

Góc dính ướt θ nhỏ hơn 90° , khi càng nhỏ thì tính dính ướt càng cao, vật liệu PVC, kính với nước có góc dính ướt nhỏ.



Hình 6. Góc tiếp xúc trong trường hợp không dính ướt (a) và dính ướt (b)

3.3.3. Chiều cao nước dâng trong hiện tượng mao dẫn

Chiều cao nước dâng lên trong hiện tượng mao dẫn được tính dựa theo công thức sau:

$$F = P \tag{5}$$

Trong đó F là lực căng mặt ngoài lên khối nước

P là trọng lượng phần nước dâng lên có độ cao h

Nếu xét hai vách nhựa PVC thẳng đứng, đặt cách nhau một khoảng a, sức căng bề mặt của nước với nhựa PVC là $\sigma = 0,0728 \text{ N/m}$, thì công thức (5) có phát triển công thức của định luật Jurin có thể biến đổi thành công thức (6)

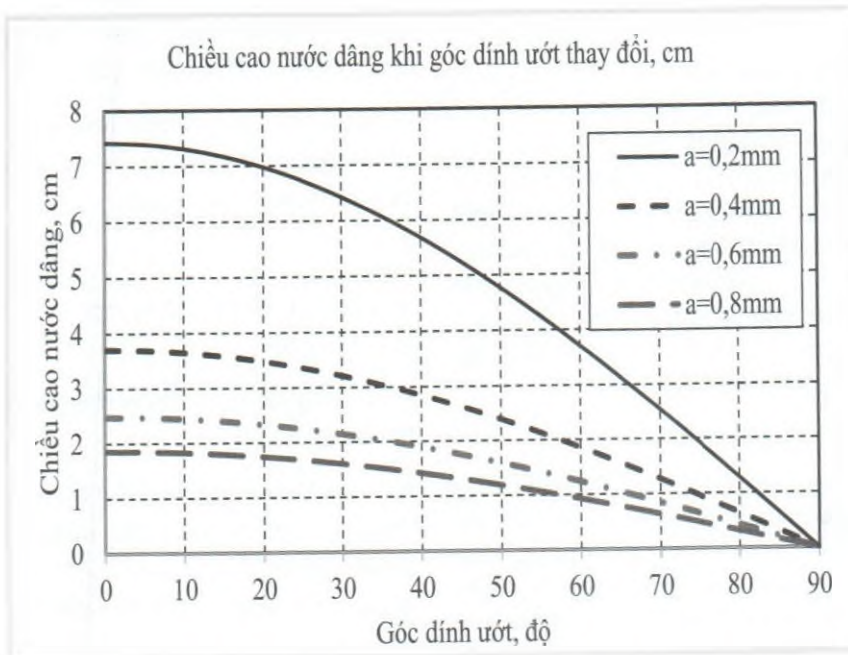
$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{aDg} \tag{6}$$

Trong đó D là khối lượng riêng của nước $D = 1000 \text{ kg/m}^3$, g là gia tốc trọng trường $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Tùy theo tính chất bề mặt chất rắn và nước, góc dính ướt và sức căng mặt ngoài thay đổi và chiều rộng khe hở, độ cao nước dâng có thể thay đổi như biểu đồ Hình 7.

3.4. Kết quả nghiên cứu

Qua thực tế áp dụng ở một số công trình, nước thu qua 1 m ống có thể đạt 6-9 lít trong 1 phút, hầu như nước xung quanh ống sẽ thấm nhập vào ống ngay lập tức mà không còn đọng lại. Nước ra khỏi ống là nước trong (không còn vẫn đục) vì lý do các hạt đất không bị lực mao dẫn đưa vào ống nên dừng lại bên trong môi trường đất đá. Do tốc độ nước mao dẫn đạt cao hơn nước thấm qua đất đá nên hoàn toàn không còn bị ảnh hưởng bởi lực trọng trường ép đầy nước vào khe. Đây là một thể mạnh khẳng định không còn hiện tượng tắc hệ thống tách nước



Hình 7. Chiều cao nước dâng phụ thuộc vào góc đỉnh ướt và khoảng cách khe thu nước a

4. KẾT LUẬN

Bài báo là một nghiên cứu nhỏ khẳng định tính ưu việt và khả năng kỳ diệu của sức căng mặt ngoài và hiện tượng mao dẫn có thể giúp công tác tách nước ra khỏi đất ứng dụng trong mái dốc taluy đặc biệt ở các vùng núi nước ta. Các kết quả nghiên cứu có thể mở ra một hướng đi mới cho công tác tách nước (dewatering) mà hiện nay đang gặp rất nhiều bất cập làm tuổi thọ công trình thấp, chi phí duy tu sửa chữa lớn. Với công nghệ hiện nay thì việc sản xuất sản phẩm bằng thu nước là hoàn toàn thực hiện được và phát triển các hướng tinh tế hơn sử dụng hiện tượng mao dẫn trên. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Terzaghi, Karl, RALPH B Peck, and G. Mesri. "Soil mechanics." New York: John Wiley & Sons (1996).
- [2]. Noroozi, Ashkan Gholipoor, and Alborz Hajiannia. "The effects of various factors on slope stability." *Int. J. Sci. Eng. Invest* 4.46 (2015): 44-48.
- [3]. Huang, K., Wan, J. W., Chen, G., & Zeng, Y. (2012). Testing study of relationship between water content and shear strength of unsaturated soils. *Rock and Soil Mechanics*, 33(9), 2600-2604.
- [4]. Helwany, S. (2007). *Applied soil mechanics with ABAQUS applications*, John Wiley & Sons.
- [5]. Knutson, J. H., et al. "Fiberglass wick preparation for use in passive capillary wick soil pore water samplers." *Soil Science Society of America Journal* 57.6 (1993): 1474-1476.
- [6]. Miller, E. and R. Miller (1956). "Physical theory for capillary flow phenomena." *Journal of Applied Physics* 27(4): 324-332.
- [7]. Powers, J. P., Corwin, A. B., Schmall, P. C., & Kaeck, W. E. (2007). *Construction dewatering and groundwater control: new methods and applications*. John Wiley & Sons.
- [8]. Serrano-Juan, A., Vázquez-Suñé, E., Monserrat, O., Crosetto, M., Hoffmann, C., Ledesma, A.,... & Alcaraz, M. (2016). Gb-SAR interferometry displacement measurements during dewatering in construction works. Case of La Sagrera railway station in Barcelona, Spain. *Engineering Geology*, 205, 104-115.
- [9]. Song, F. Y., Liu, X. G., & Cheng, X. J. (2007). Design and Construction of Deep Foundation Pit Dewatering [J]. *Construction Technology*, 2, 034.
- [10]. Wenliang, H. U. A. N. G. (2009). Application of Dewatering Technologies in Deep Foundation Pit Construction of Fanhu Station of Wuhan Metro [J]. *Tunnel Construction*, 1, 022.
- [11]. Nguyễn Quốc Văn, Trịnh Trung Tiến. Ứng dụng lực mao dẫn trong việc tách nước ra khỏi đất cho các công trình, Tạp chí Cầu đường tháng 4 năm 2020.