

Công nghệ chống thấm mới với cơ chế “mao dẫn ngược”:

Bước đột phá trong xây dựng

New waterproofing technology with “Reverse Capillary” mechanism: A Breakthrough in construction

> LÂM VĂN PHONG^{*1,2}

¹Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Bách khoa TP.HCM

²Đại học Quốc gia TP.HCM

*Corresponding author's; Email: lamvanphong@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu một công nghệ chống thấm mới dựa trên cơ chế “mao dẫn ngược”, được xem là một bước đột phá trong lĩnh vực chống thấm công trình xây dựng. Hiện tượng thấm đột là vấn đề phổ biến trong các công trình xây dựng, đặc biệt là với các cấu kiện như tường, sàn mái, tầng hầm, bể chứa,... Các phương pháp chống thấm truyền thống thường không hiệu quả trong thời gian dài, do các vết nứt phát sinh trong cấu kiện gây thấm nước. Công nghệ mới dựa trên nguyên lý “mao dẫn ngược”, sử dụng vật liệu kỵ nước hoặc siêu kỵ nước, giúp đẩy nước ra ngoài thay vì hút vào trong cấu kiện. Điểm mạnh của công nghệ này là khả năng chống thấm hiệu quả ngay cả khi xuất hiện thêm các vết nứt nhỏ. Công nghệ chống thấm mới này không chỉ ngăn nước thấm vào cấu kiện như các giải pháp truyền thống mà còn đẩy nước ra khi vật liệu chống thấm bị nứt, giúp bảo vệ cấu kiện lâu dài. Hơn nữa, nó có thể được áp dụng dễ dàng, không đòi hỏi kỹ thuật cao và có tuổi thọ bền vững. Công nghệ này mang đến tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong việc xây dựng và bảo trì các công trình, góp phần giảm thiểu chi phí bảo dưỡng và sửa chữa.

Từ khóa: Chống thấm; kỵ nước; siêu kỵ nước; mao dẫn thuận; mao dẫn ngược.

ABSTRACT

The article introduces a new waterproofing technology based on the “reverse capillary” mechanism, which is considered a breakthrough in the field of waterproofing construction works. Water leakage is a common issue in buildings, especially in structural components such as walls, roofs, basements, water tanks, etc. Traditional waterproofing methods often lose their effectiveness over time due to cracks formed during the operation period of the structures, leading to water seepage. The new technology based on “reverse capillary” mechanism uses hydrophobic or superhydrophobic materials to repel water instead of absorbing it into the structure. A key advantage of this technology is its ability to effectively prevent water penetration even when hairline cracks appear. This new waterproofing technology not only prevents water from seeping into the structure like traditional solutions, but also repels water when the waterproofing material cracks. So that the structures can be protected for a long time. Additionally, it can be applied easily, requires no advanced techniques, and has a long lifespan. This technology has great potential for widespread application in construction and maintenance, that helps to reduce repair and maintenance costs.

Keywords: Waterproof; hydrophobic; superhydrophobic; forward capillary; reverse capillary.

1. MỞ ĐẦU

Từ trước tới nay, nhiều chủ đầu tư hoặc chủ sử dụng luôn mệt mỏi với tình trạng thấm đột của các công trình xây dựng của mình, thấm ở tường bao công trình, ở tầng hầm, sàn mái, sân thượng, ban công, sê nô, khu vệ sinh và ở khu giặt rửa, ở các bể nước nổi, bể nước ngầm,... nói chung là ở tất cả những nơi có tiếp xúc với nước, thường xuyên hoặc không thường xuyên. Có những công trình chưa đưa vào sử dụng đã bị thấm, nhiều công trình chỉ không bị thấm trong thời gian đầu khá ngắn, sau đó thì thấm tràn lan. Tệ nhất có lẽ khi công trình vừa hết thời gian bảo hành thì bị thấm, vì khi đó chủ đầu tư không thể yêu cầu đơn vị

nào chịu trách nhiệm được mà tự mình phải bỏ chi phí ra để sửa chữa, trong khi chi phí khắc phục này thường không nhỏ, chưa kể việc sử dụng công trình trong thời gian sửa chữa cũng rất bất tiện.

Không chỉ ở Việt Nam mà cả trên toàn thế giới, thấm đột công trình xây dựng là một trong số các vấn đề làm đau đầu các các đơn vị tư vấn xây dựng cũng như các đơn vị thi công. Đã có nhiều giải pháp chống thấm, sử dụng nhiều vật liệu chống thấm từ loại có nguồn gốc hữu cơ đến vô cơ, từ loại rẻ tiền đến loại đắt tiền,...[2].

Qua kinh nghiệm tham gia tư vấn cũng như xử lý thấm một

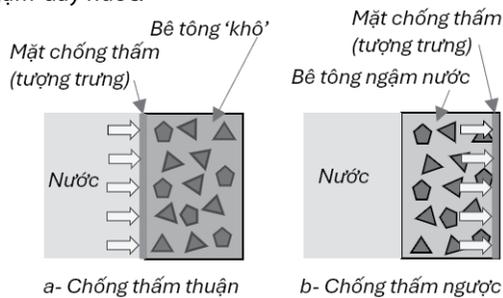
số công trình (nhà phố, khách sạn, trường học, chung cư,...) tác giả nhận thấy việc gây ra thấm công trình không phải ở chỗ các giải pháp chống thấm không có khả năng chống thấm hay các vật liệu chống thấm không có tác dụng, mà ở chỗ do một số đơn vị thiết kế chưa nắm rõ bản chất và đặc điểm của các giải pháp chống thấm nên chọn giải pháp không phù hợp và/hoặc một số đơn vị thi công thực hiện không đúng, không đạt theo chỉ dẫn kỹ thuật chống thấm của các đơn vị nghiên cứu/sản xuất/thiết kế.

Bài báo này không đi sâu vào phân tích các nguyên nhân gây thấm cụ thể mà sẽ giới thiệu một số đặc điểm của các giải pháp chống thấm truyền thống phổ biến, từ đó làm nổi bật ưu điểm của giải pháp chống thấm ứng dụng cơ chế 'mao dẫn ngược' mới được phát triển trong thời gian gần đây.

2. CÁC GIẢI PHÁP CHỐNG THẤM TRUYỀN THỐNG PHỔ BIẾN

Với các cấu kiện xây dựng thường xuyên hoặc có khả năng tiếp xúc với nước, nguyên tắc chung chống thấm là tìm mọi cách ngăn chặn không cho nước tiếp xúc với cấu kiện cần chống thấm hoặc bít kín đường thấm của nước bên trong vật liệu của cấu kiện (các đường thấm này gọi là **hệ mao dẫn** của cấu kiện, thường là các lỗ rỗng xốp li ti thông nhau hoặc các khe nứt trong vật liệu của cấu kiện), làm cho nước không thể xuyên qua chúng (hoặc nếu nước có xâm nhập được vào cấu kiện cũng không được phép xuyên qua chúng để thoát ra các mặt còn lại không tiếp xúc với nước).

Khi việc chống thấm tác động ở bề mặt cấu kiện tiếp xúc với nước (nơi mà nước sẽ đi vào cấu kiện), ngăn chặn không cho nước tiếp xúc với cấu kiện cần chống thấm hoặc bít kín đường đi của nước bên trong cấu kiện, nói cách khác là làm cho nước không thể đi vào cấu kiện, hoặc nếu có thì chỉ được phép xâm nhập một ít mà thôi, ta gọi đó là giải pháp chống thấm thuận. Còn giải pháp chống thấm ngược là khi nó chỉ tác động ở bề mặt không trực tiếp tiếp xúc với nước, nói cách khác chống thấm ngược chỉ tác động ở bề mặt mà nước sẽ đi ra khỏi cấu kiện, làm cho nước không thể đi ra khỏi cấu kiện, khi đó bên trong cấu kiện 'ngậm' đầy nước.



Hình 1. Chống thấm thuận và chống thấm ngược

Rõ ràng là với cả chống thấm thuận và chống thấm ngược, bề mặt tác động chống thấm phải đảm bảo 'kín' hoàn toàn, chỉ một vài chỗ chống thấm không đạt có thể làm giảm hoặc mất hẳn hiệu quả chống thấm, thậm chí khi đó, kết cấu chống thấm thuận lại 'phản tác dụng', nghĩa là làm cho phần nước đã thấm vào cấu kiện khó mà thoát ngược ra!

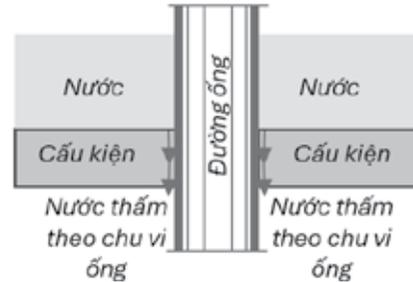
Chống thấm được xem là hiệu quả khi:

- Bề mặt tác động chống thấm cần đảm bảo 'kín nước' hoàn toàn.
- Thời gian không được thấm phải đủ dài, thông thường ít nhất phải từ 10 năm trở lên.

Trong thực tế ít có đơn vị chống thấm trong nước nào chọn

cam kết bảo hành chống thấm từ 10 năm trở lên vì nhiều lý do, trong đó có lý do các cấu kiện cần chống thấm làm từ vữa xi măng và bê tông trong quá trình sử dụng thường xuyên xuất hiện thêm nhiều vết nứt mà nếu không kiểm soát được có thể làm mất hiệu quả chống thấm.

Các cấu kiện xây dựng thường bị thấm như tường xây, thành và đáy bê tông của bể nước, tầng hầm, sê nô, mái bằng và sàn phòng vệ sinh, sàn giặt rửa,... nghĩa là tất cả các cấu kiện có khả năng tiếp xúc với nước, thường xuyên hoặc không thường xuyên. Ngoài ra cục bộ những chỗ có các vật liệu khác xuyên qua cấu kiện như các đường ống xuyên tường/sàn cũng thường thấy nước thấm quanh chỗ tiếp xúc.



Hình 2. Nước thấm quanh chỗ tiếp xúc của đường ống xuyên cấu kiện.

Các giải pháp chống thấm trong thực tế xây dựng rất đa dạng, dưới đây chỉ nêu một số giải pháp chống thấm truyền thống điển hình được dùng phổ biến:

(1)- Phủ các lớp vật liệu cách nước lên bề mặt cấu kiện tiếp xúc với nước để cách ly hoàn toàn nước với cấu kiện: Phương pháp này khá đa dạng, có thể là quét các loại sơn chống thấm (bao gồm cả PU - polyurethane, keo epoxy), trát các lớp vữa chống thấm, dán các màng nhựa, màng bitum, ốp các loại gạch chống thấm, bọc các tấm sợi cac bon (FRP),... Rõ ràng nếu các vật liệu cách nước này không bị hư hỏng trong quá trình sử dụng công trình thì nó là giải pháp tuyệt vời, nhưng tiếc thay trong thực tế, nhiều trường hợp sử dụng giải pháp này không hiệu quả hoặc chỉ có hiệu quả trong thời gian khá ngắn ban đầu, sau đó mất tác dụng do lớp vật liệu chống thấm bị bung tróc, nứt vỡ, bị thủng/rách hoặc bị phân hủy (vì nhiều lý do, trong đó lý do phổ biến là cấu kiện bị biến dạng do chịu lực, chịu chấn động, do co giãn nhiệt, do co ngót, do từ biến,... làm xuất hiện thêm vết nứt mới hoặc mở rộng vết nứt cũ - gọi chung là bị nứt thêm), chưa kể trong quá trình thi công chống thấm chỉ cần không cẩn thận, để sót lại một vài chỗ cho nước xuyên qua cũng có thể làm mất tác dụng chống thấm ngay từ đầu.

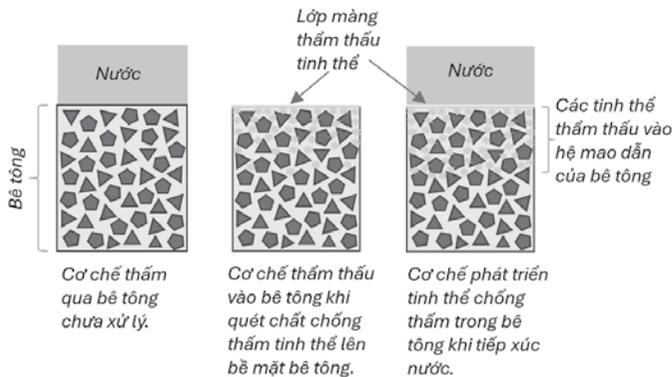


Hình 3. Chống thấm tường và đáy bể nước bằng cách ốp gạch men

(2)- Quét các chất lỏng có tính thấm thấu mạnh lên bề mặt các vật liệu có tính rỗng xốp như gạch xây, vữa xi măng (đã đông cứng), bê tông, thậm chí cả đá tự nhiên... Khác với các lớp chống thấm ở giải pháp (1) là 'độc lập' với vật liệu của cấu kiện nên dễ bị bong tróc, nứt vỡ, rách,..., các chất lỏng này thấm vào cấu kiện

ở một độ sâu nhất định để bịt kín phần hệ mao dẫn của cấu kiện mà nó thấm thấu. Đây cũng là giải pháp chống thấm tuyệt vời, nhưng nó sẽ trở nên mất tác dụng khi vì lý do nào đó cấu kiện bị nứt thêm (với độ sâu vết nứt vượt quá chiều dày thấm thấu của chất chống thấm).

Riêng với trường hợp chất lỏng thấm thấu loại tinh thể (chẳng hạn như Silanes và Siloxanes, Sodium Silicate, Lithium Silicate, Calcium Stearate,...), sau khi thấm thấu vào hệ mao dẫn cấu kiện, nó phản ứng với nước và hơi ẩm trong vật liệu để tạo ra các tinh thể không thấm, giúp bịt kín hệ mao dẫn trong phạm vi thấm thấu, ngăn nước xâm nhập vào cấu kiện [1]. Giải pháp dùng chất lỏng thấm thấu loại tinh thể là một giải pháp chống thấm mới xuất hiện trong thời gian gần đây, cũng có thể được xem là một giải pháp đột phá trong công nghệ chống thấm.



Hình 4. Cơ chế làm việc của màng chống thấm thấm thấu tinh thể

(3)- Sử dụng các chất phụ gia chống thấm trong quá trình trộn các thành phần vật liệu của vữa xi măng và bê tông để giúp giảm lỗ rỗng/khe nứt xuất hiện trong cấu kiện trong quá trình đông cứng. Nói chung nhiều loại phụ gia ngày nay có khả năng bịt kín hoàn toàn hệ mao dẫn trong cấu kiện như phụ gia chống thấm tinh thể (crystalline waterproofing additives), phụ gia latex hoặc polymer,... Giải pháp này giúp chống thấm hiệu quả cho các cấu kiện làm từ vữa xi măng và bê tông.

Trong số các phụ gia chống thấm, loại phụ gia tinh thể là một tiến bộ nổi bật trong công nghệ chống thấm thời gian gần đây. Ngoài việc tạo tinh thể bịt kín hệ mao dẫn, nó còn có khả năng hàn gắn dần các vết nứt trong bê tông (nó sẽ tác dụng với nước thấm vào để tiếp tục tạo ra các tinh thể không thấm, giúp bịt kín khe nứt). Bề rộng vết nứt tối đa có thể tự hàn gắn được lên đến 0,5mm [1].

(4)- Làm bịt hệ mao dẫn bên trong cấu kiện bằng cách đưa vào cấu kiện các chất trám ở thể lỏng (khi thi công) bằng áp lực bên ngoài, sau khi được đưa vào cấu kiện các chất trám sẽ lấp đầy tất cả những chỗ mà nước có khả năng chui qua.

(4a)- Biện pháp ngâm nước xi măng loãng chống thấm cũng thuộc giải pháp (4): đây là biện pháp dân gian, ít tốn kém, nhìn đơn giản nhưng hiệu quả cao, tuy nhiên đòi hỏi thời gian khá lâu, có thể đến vài tuần hoặc cả tháng.

(4b)- Bơm/tiêm keo epoxy/foam là biện pháp tiên tiến hiện nay, cũng thuộc giải pháp (4), cho thời gian xử lý nhanh hơn nhiều so với biện pháp ngâm nước xi măng loãng, nhưng chi phí cao hơn, nhất là khi dùng keo epoxy.

(5)- Một giải pháp khác để chống thấm cho vật liệu vữa xi măng và bê tông mà không phải dùng thêm các chất phụ gia hoặc hóa chất chống thấm, là thiết kế thành phần cấp phối hợp lý, sử dụng biện pháp đầm nén chặt vật liệu trong quá trình thi công (thậm chí đầm nhiều lần) và thực hiện bảo dưỡng tốt. Giải

pháp này nói chung không thể triệt tiêu hết toàn bộ các lỗ rỗng và khe nứt trong vật liệu, nên thường không ngăn được hoàn toàn việc nước thâm nhập vào cấu kiện, mà chủ yếu kéo dài thời gian thấm cũng như làm giảm lưu lượng thấm ở mức chấp nhận được.

Hiện nay công nghệ đúc ly tâm các cấu kiện bê tông cốt thép cho độ đặc chắc của bê tông cực cao, cũng thuộc giải pháp (5).

(6)- Đối với cấu kiện bê tông cốt thép, việc sử dụng công nghệ dự ứng lực (gây ứng suất trước) tác dụng lên cấu kiện đã đông cứng giúp giảm đáng kể độ rỗng xốp và loại bỏ hầu như toàn bộ các khe nứt bên trong bê tông, nên cũng giúp tăng khả năng chống thấm của chúng.

Trong các giải pháp chống thấm trên, có loại làm việc ở trạng thái 'dẻo' (có người còn gọi là chống thấm loại 'mềm'), có loại làm việc ở trạng thái 'đòn' (có người còn gọi là chống thấm loại 'cứng').

Ở đây khái niệm chống thấm làm việc ở trạng thái 'dẻo' được hiểu là khi cấu kiện bị biến dạng khá lớn, làm cho cấu kiện bị nứt thêm, nhưng kết cấu chống thấm vẫn không bị hư hỏng, vẫn còn đảm bảo tính năng chống thấm. Còn khái niệm chống thấm làm việc ở trạng thái 'đòn' để chỉ những kết cấu chống thấm sẽ bị hư hỏng, không còn đảm bảo tính năng chống thấm, khi cấu kiện bị biến dạng dẫn đến cấu kiện bị nứt thêm trong quá trình khai thác.

Theo cách phân loại chống thấm 'dẻo' và 'đòn' ở trên thì ta dễ dàng nhận thấy loại chống thấm 'đòn' chỉ phù hợp cho các cấu kiện chịu biến dạng nhỏ, không có khả năng làm cấu kiện bị nứt thêm. Loại chống thấm 'đòn' phù hợp khi dùng cho sàn và tường các phòng vệ sinh, hoặc các bể nước nhỏ, hoặc các kết cấu không chịu các rung động mạnh, chịu các hoạt tải thay đổi không lớn, ít bị co giãn theo thời tiết, co ngót còn lại ít, v.v. Còn chống thấm 'mềm' về nguyên tắc phù hợp cho tất cả các trường hợp kết cấu, đặc biệt là các tường bao ngoài nhà, các sàn sân thượng (nơi nhiệt độ thường xuyên thay đổi với biên độ lớn) mà không có các giải pháp cách nhiệt, hoặc ở các sân mái, ban công có đặt các tháp giải nhiệt cho máy lạnh trung tâm (thường xuyên chịu rung động), hay ở các bể nước lớn có mực nước thay đổi nhiều (hoạt tải thay đổi lớn), v.v. Đương nhiên trong những trường hợp mà cả loại chống thấm 'đòn' và chống thấm 'dẻo' đều phù hợp thì việc chọn loại nào ngoài phụ thuộc vào yếu tố kinh tế còn cần xem xét thêm các yếu tố khác như khả năng gây ô nhiễm nguồn nước; khả năng bị phân hủy nhanh khi tiếp xúc với nguồn nước bẩn, có nhiều hóa chất ăn mòn; khả năng chịu tác dụng của ngoại lực tác dụng (như lực chà rửa, ma sát, va đập của dòng chảy); khả năng bám dính với các loại vật liệu xây dựng khác, v.v.

Trong những giải pháp chống thấm phổ biến liệt kê ở trên, giải pháp cách ly bề mặt cấu kiện bằng các loại vật liệu có tính dẻo cao như flinkote, sơn acrylic, màng bitum, màng PU,... thuộc loại chống thấm 'dẻo', còn lại hầu hết thuộc loại chống thấm 'đòn'. Riêng giải pháp chống thấm bằng tinh thể tuy có gốc vô cơ nhưng do có khả năng đặc biệt tự làm 'liền' các vết nứt (khi tiếp xúc với nước) mà ta có thể xem nó thuộc loại chống thấm 'dẻo'.

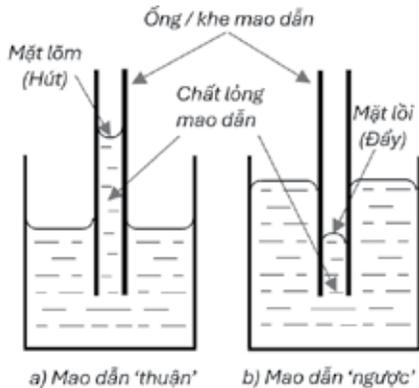
Tuy nhiên nhiều loại sơn chống thấm có nguồn gốc hữu cơ, sau một vài năm (tùy có hay không có biện pháp bảo vệ), dưới các tác động của thời tiết, các màng sơn sẽ bị lão hóa hoặc phân hủy theo thời gian, mất dần tính dẻo (hoặc khi bề rộng vết nứt phát triển vượt quá khả năng đàn nỡ của màng sơn), thì màng sơn này bị xé rách (hoặc do các tác động ngoại lực không mong muốn làm rách màng sơn), hiệu quả chống thấm sẽ giảm (bị thấm ít), thậm chí có thể mất khả năng chống thấm (nghĩa là cấu kiện bị thấm như khi chưa có màng sơn). Riêng với các màng bitum, màng PU, thông thường độ dẻo được duy trì từ 10 đến 20

năm hoặc hơn (tùy có hay không có biện pháp bảo vệ). Như vậy sau khi hết 'tuổi thọ', các vật liệu chống thấm 'dẻo' gốc hữu cơ sẽ trở thành vật liệu chống thấm 'dòn', nghĩa là khi cấu kiện bị nứt thêm thì kết cấu chống thấm sẽ bị xé rách và hiệu quả chống thấm giảm hoặc mất.

Tới đây ta nhận thấy các giải pháp chống thấm truyền thống, cho dù là chống thấm loại 'cứng' hay 'mềm' (trừ giải pháp chống thấm tinh thể) có một nhược điểm chung là kết cấu chống thấm sẽ mất tác dụng khi nó bị nứt, rách, tróc,... Khi tình trạng nứt thêm làm hư hỏng các lớp chống thấm đã nêu trên thì nước sẽ xuyên qua các chỗ hư hỏng này để chui vào hệ mao dẫn của cấu kiện gây thấm. Sở dĩ nước dễ dàng chui vào hệ mao dẫn của cấu kiện vì hầu hết vật liệu của cấu kiện xây dựng hiện nay đều là các vật liệu ưa nước (hydrophilic), có tính hút nước mạnh. Đây cũng là điểm yếu của các giải pháp chống thấm truyền thống do các vật liệu vữa xi măng hoặc bê tông đều là những vật liệu dòn, rất dễ bị nứt thêm trong quá trình sử dụng, làm cho các giải pháp chống thấm truyền thống dễ bị mất tác dụng (trừ giải pháp dùng loại vật liệu chống thấm tinh thể hoặc vật liệu chống thấm còn độ dẻo).

3. CÔNG NGHỆ CHỐNG THẤM MỚI VỚI CƠ CHẾ "MAO DẪN NGƯỢC": BƯỚC ĐỘT PHÁ TRONG CÔNG NGHỆ CHỐNG THẤM

Để thấy rõ hơn bản chất của cơ chế chống thấm dùng nguyên lý 'mao dẫn ngược' ta nhắc lại khái niệm về hiện tượng mao dẫn thông qua hình ảnh minh họa bên dưới:



Hình 5. Hiện tượng mao dẫn của chất lỏng trong ống đường kính nhỏ hoặc khe hẹp

Do đa số hiện tượng mao dẫn thường gặp trong cuộc sống là hiện tượng chất lỏng trong các ống đường kính nhỏ hoặc khe hẹp bị hút lên cao hơn mực chất lỏng bên ngoài (mà ta tạm gọi là mao dẫn 'thuận' - hình 5a), vì vậy ở đây ta dùng từ mao dẫn 'ngược' để mô tả cho trường hợp ngược lại: chất lỏng trong các ống đường kính nhỏ hoặc khe hẹp bị đẩy xuống thấp hơn mực chất lỏng bên ngoài (hình 5b).

Như đã biết, bản chất của hiện tượng mao dẫn là do tương quan của lực kết dính (adhesive forces) giữa các phân tử chất lỏng và bề mặt vật liệu của ống/khe với lực nội kết (cohesive forces) giữa các phân tử chất lỏng với nhau.

Khi lực kết dính của các phân tử chất lỏng và bề mặt vật liệu của ống/khe lớn hơn lực nội kết giữa các phân tử chất lỏng, ta có hiện tượng mao dẫn 'thuận'.

Khi lực kết dính của các phân tử chất lỏng và bề mặt vật liệu của ống/khe nhỏ hơn lực nội kết giữa các phân tử chất lỏng, ta có hiện tượng mao dẫn 'ngược'.

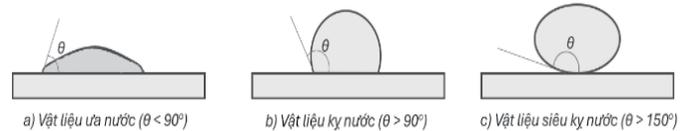
Vấn đề: Đối với chất lỏng là nước, các vật liệu như thế nào sẽ gây hiện tượng mao dẫn 'thuận' hoặc hiện tượng mao dẫn 'ngược'?

Theo kết quả nghiên cứu về hiện tượng mao dẫn [3] thì:

- Những vật liệu nào có góc tiếp xúc với bề mặt chất lỏng nói chung, nước nói riêng (θ) nhỏ hơn 90° đều có tính hút nước, nghĩa là có khả năng mao dẫn 'thuận'. Những vật liệu này gọi là vật liệu ưa nước (hydrophilic). Góc θ càng nhỏ hơn 90° thì tính hút nước (hay khả năng mao dẫn 'thuận') càng cao.

- Những vật liệu nào có $\theta > 90^\circ$ đều có tính đẩy nước, nghĩa là có khả năng mao dẫn 'ngược'. Những vật liệu này gọi là vật liệu kỵ nước (hydrophobic). Góc θ càng lớn hơn 90° thì tính đẩy nước (hay khả năng mao dẫn 'ngược') càng cao. Khi vật liệu kỵ nước có $\theta > 150^\circ$ thì được gọi là vật liệu siêu kỵ nước.

Để nhận diện rõ hơn về tính chất ưa nước, kỵ nước và siêu kỵ nước của các loại vật liệu, ta xem hình dưới đây minh họa ứng xử của giọt nước trên bề mặt từng loại vật liệu:



Hình 6. Ứng xử của giọt nước trên bề mặt các loại vật liệu

Liên hệ giữa hình 6 và hình 5, ta có thể thấy đa số các vật liệu xây dựng thông thường như gạch xây, vữa xi măng (đã đông cứng), bê tông, gỗ, thép,... đều là vật liệu ưa nước, thậm chí ưa nước mạnh, nếu bên trong chúng có hệ mao dẫn thì sẽ xuất hiện hiện tượng mao dẫn 'thuận' (nghĩa là nước sẽ bị lực mao dẫn trong hệ mao dẫn hút vào trong); còn các vật liệu chống thấm theo công nghệ mao dẫn 'ngược' thuộc loại vật liệu kỵ nước và siêu kỵ nước, nếu bên trong chúng có hệ mao dẫn thì sẽ xuất hiện hiện tượng mao dẫn 'ngược' (nghĩa là nước sẽ bị lực mao dẫn trong hệ mao dẫn đẩy ra ngoài nếu nước có khuynh hướng chui vào hệ mao dẫn). Lưu ý lực 'đẩy' của vật liệu kỵ nước sẽ nhỏ hơn lực 'đẩy' của vật liệu siêu kỵ nước trong cùng điều kiện.

Nói cách khác, nhìn hình giọt nước trên bề mặt vật liệu chống thấm theo cơ chế mao dẫn 'ngược' ta có thể dễ dàng nhận biết vật liệu chống thấm đó thuộc loại kỵ nước hay siêu kỵ nước.

Hiện nay trên thế giới cũng như ở nước ta đã có một số công ty cho ra đời sản phẩm chống thấm sử dụng vật liệu kỵ nước và siêu kỵ nước, họ không dùng từ 'mao dẫn ngược' mà thường sử dụng các thuật ngữ như 'hiệu ứng lá sen' (Lotus effect), 'vật liệu siêu kỵ nước' (superhydrophobic), 'công nghệ đẩy nước' (water repulsion),...

Tuy nhiên đa số các sản phẩm chống thấm này đều ở dạng màng mỏng phủ lên bề mặt cấu kiện, làm cho nước không bám lên bề mặt vật liệu chống thấm mà trôi tuột đi (khi bề mặt cấu kiện không nằm ngang). Vì vậy khi màng này bị nứt/rách thì tại những chỗ nứt/rách đó không thể hiện được khả năng mao dẫn 'ngược' (vì lớp phủ quá mỏng), nước vẫn bị vật liệu của cấu kiện có tính ưa nước (mao dẫn 'thuận') hút vào, nghĩa là khi màng chống thấm bị nứt thì hiệu quả chống thấm bị giảm hoặc bị mất.

Vì vậy mẫu chốt của giải pháp chống thấm theo cơ chế mao dẫn 'ngược' là lớp vật liệu chống thấm phải đủ dày, để khi nó bị nứt theo cấu kiện thì khe nứt của nó đủ sâu để tạo lực đẩy (mao dẫn 'ngược') không cho nước chui qua khe nứt trên lớp chống thấm, như vậy nước không thể chui vào hệ mao dẫn trong cấu kiện. Còn nếu cấu kiện được tạo thành từ vật liệu kỵ nước/siêu kỵ nước (ở đây viết tắt là VLM cho gọn) thì hiệu quả tự chống thấm của cấu kiện là miễn bàn, cho dù cấu kiện có phát sinh thêm bao nhiêu vết nứt thì toàn bộ hệ mao dẫn trong cấu kiện sẽ đẩy nước (đương nhiên cũng cần có điều kiện, sẽ được đề cập ở phần dưới).

Ngoài ra nếu có thêm tác động của các lực nào đó đủ lớn lên phần nước (mà thắng được lực mao dẫn 'ngược') thì nước vẫn có

thể bị đẩy xuyên qua hệ mao dẫn 'ngược' trong VLM để chui vào hệ mao dẫn 'thuận' của cấu kiện.

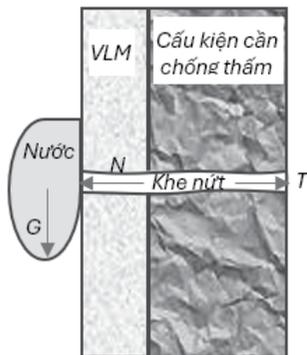
Trong thực tế công trình xây dựng, nước thường chịu thêm một số lực tác động như lực trọng trường (trọng lực), áp lực thủy tĩnh, áp suất trên mặt thoáng của khối nước, v.v., tùy trường hợp mà các lực này có tham gia vào và có thể thắng được lực 'mao dẫn ngược' hay không để chui vào hệ mao dẫn gây thấm.

Ta xem xét một số trường hợp điển hình sau:

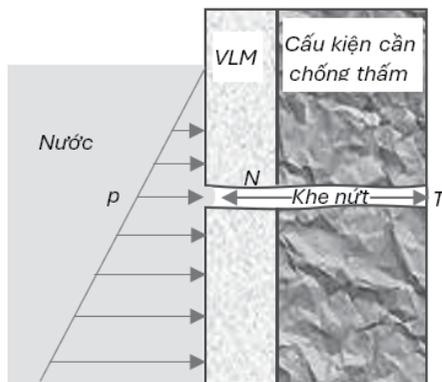
(1)- Với trường hợp cấu kiện có dạng tường đứng, khe nứt ăn sâu vào lớp VLM theo phương vuông góc với bề mặt lớp VLM (hình 7a, b):

(1a)- Khi phần nước tiếp xúc với bề mặt lớp VLM là lớp nước mỏng chảy từ trên xuống (chẳng hạn nước mưa chảy trên mặt tường bao của công trình), hầu như không có lực nào đẩy nước vào khe nứt trên vật liệu chống thấm (hình 7a), nên chắc chắn mặt tường có lớp VLM sẽ không cho phép nước chui vào, và tường sẽ không bị thấm, cho dù tường làm bằng vật liệu có tính mao dẫn thuận cao.

(1b)- Khi phần nước tiếp xúc với bề mặt lớp VLM là khối nước tác động trên một diện rộng của bề mặt VLM (chẳng hạn nước trong bể chứa tác động lên thành bể chứa), thì khi áp lực ngang của nước đủ lớn, nó sẽ thắng được lực 'mao dẫn ngược' để xuyên qua lớp vật liệu chống thấm và làm cho kết cấu bị thấm (và ngược lại, khi áp lực ngang của nước nhỏ hơn lực 'mao dẫn ngược', tường sẽ không bị thấm) (hình 7b).



G: Trọng lực
N: Lực mao dẫn 'ngược'
T: Lực mao dẫn 'thuận'

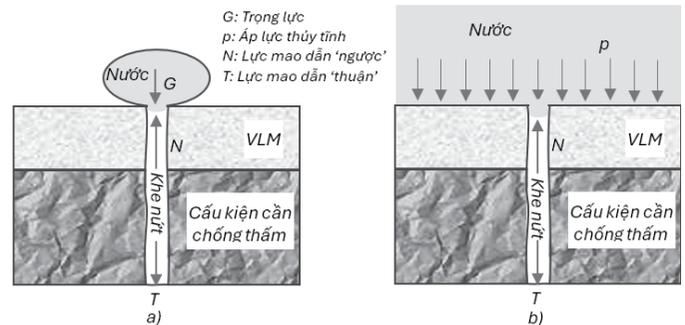


p: Áp lực thủy tĩnh
N: Lực mao dẫn 'ngược'
T: Lực mao dẫn 'thuận'

Hình 7. Ứng xử của nước trên mặt tường đứng

(2)- Với trường hợp cấu kiện có dạng mặt nằm ngang (hoặc

có độ dốc ít, chỉ vài phần trăm), tiếp xúc với nước ở mặt trên của lớp VLM (chẳng hạn sàn mái, sàn phòng vệ sinh, đáy bể chứa,...): phần nước trên bề mặt tiếp xúc sẽ chịu thêm tác dụng của trọng lực (nếu là lớp nước mỏng, minh họa bằng một giọt nước - xem hình 8a; nếu là lớp nước dày, khi đó tác dụng của trọng lực chính là áp lực thủy tĩnh tại bề mặt VLM - xem hình 8b). Khi lớp nước đủ dày, trọng lượng của nó có thể thắng được lực 'mao dẫn ngược' để xuyên qua lớp VLM và làm cho kết cấu bị thấm (ngược lại, nước vẫn chưa thể xuyên qua khe nứt để gây thấm).

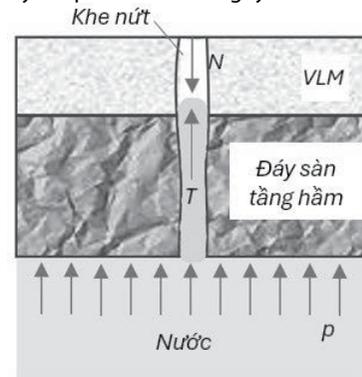


Hình 8. Ứng xử của nước bên trên mặt sàn nằm ngang

(3)- Với trường hợp cấu kiện có dạng mặt nằm ngang, tiếp xúc với nước ở mặt dưới (chẳng hạn trần của các phòng có độ ẩm cao/nhiều hơi nước hoặc đáy sàn tầng hầm, đáy các bể chứa ngầm):

(3a)- Chẳng hạn trường hợp trần của các phòng có độ ẩm cao /nhiều hơi nước: Khi không có lớp VLM, hơi ẩm sẽ bám lên đáy trần thành lớp nước mỏng, thông thường phần nước này sẽ bị lực mao dẫn 'thuận' của vật liệu làm trần hút lên trên qua hệ mao dẫn gây thấm ngược lên trên trần (khi trọng lượng nước hút vào trong khe cân bằng với lực mao dẫn 'thuận' thì phần nước đọng lại dưới trần sẽ không được hút lên nữa). Khi có lớp VLM, các giọt nước li ti không thể bám lên trần để hình thành lớp nước hay giọt nước. Điều này dễ lý giải do ở VLM không có lực mao dẫn 'thuận' (mà chỉ có lực mao dẫn 'ngược'), cộng thêm lực trọng trường, làm cho hơi ẩm không thể bám vào bề mặt của VLM (và cho dù (giả sử) có bám được lên bề mặt VLM thì cũng không thể thấm ngược lên trên theo hệ mao dẫn do bị lực mao dẫn 'ngược' đẩy ra).

(3b)- Ở trường hợp đáy sàn tầng hầm, đáy các bể chứa ngầm (hình 9): khi xung quanh đáy nước, phần áp lực 'đẩy nổi' tác dụng từ dưới lên của khối nước nếu đủ lớn để thắng được lực 'mao dẫn ngược' để xuyên qua lớp vật liệu chống thấm (ngược lại, nước vẫn chưa thể xuyên qua khe nứt để gây thấm lên trên).



Hình 9. Sử dụng lớp VLM để chống thấm ngược đáy sàn tầng hầm

Về mặt định lượng, chiều cao mao dẫn (chiều cao mực nước dâng trong ống mao dẫn) được tính theo công thức ([4]):

$$h = \frac{2\delta \cdot \cos\theta}{\gamma g}$$

trong đó δ là sức căng bề mặt; θ là góc thấm ướt; g là gia tốc trọng trường; r là bán kính ống mao dẫn; γ là khối lượng riêng của nước.

Tuy nhiên trong thực tế các khe nứt của các vật liệu ưa nước, kỵ nước và siêu kỵ nước không có một kích thước rõ ràng, nhất định như của ống mao dẫn trong thí nghiệm, nên để xác định được chiều cao mao dẫn của loại VLM này có lẽ cần phải làm rất nhiều thí nghiệm với nhiều chiều sâu và chiều rộng khe nứt khác nhau để hy vọng tìm ra được công thức tính phù hợp.

Mục tiêu của bài báo là lý giải cơ chế chống thấm của các giải pháp truyền thống và giải pháp mới, nên tác giả tập trung vào phân định tính để hiểu rõ hơn bản chất cơ chế chống thấm.

Về mặt định tính, có thể nhận định rằng nếu chiều dày của lớp VLM này nhỏ và/hoặc chiều rộng khe nứt lớn thì hiệu quả 'mao dẫn ngược' sẽ không lớn, dẫn đến chống thấm kém hiệu quả (và ngược lại, nếu chiều dày của lớp VLM này lớn và/hoặc chiều rộng khe nứt nhỏ thì hiệu quả 'mao dẫn ngược' sẽ lớn, dẫn đến chống thấm sẽ có hiệu quả cao).

4. VỀ CÔNG NGHỆ CHỐNG THẤM DÙNG CƠ CHẾ MAO DẪN 'NGƯỢC' Ở NƯỚC TA

Theo tìm hiểu của tác giả, hiện tại ở nước ta đã có sản phẩm chống thấm theo cơ chế mao dẫn ngược 'made in Vietnam', mà điển hình là sản phẩm INTOC-05 của Công ty TNHH Tân Tín Thành (INTOC).

Từ các thông tin giới thiệu sản phẩm của công ty INTOC thì chất chống thấm INTOC-05 là một loại hóa chất dùng kết hợp với xi măng, sau khi hòa trộn chất này với xi măng sẽ được một loại vữa chống thấm mà sau khi đông cứng, nếu đổ nước lên trên bề mặt thì nước sẽ không bám dính lên bề mặt vật liệu mà tạo thành các hạt nước hình cầu (khi giọt nước nhỏ) và hình mũ nấm (khi giọt nước lớn) với góc tiếp xúc $\theta > 150^\circ$.

Khi hơi nghiêng bề mặt này thì các giọt nước sẽ chảy tuột đi để lại bề mặt hoàn toàn khô ráo.

Khi làm cho lớp vữa này bị nứt, đổ nước lên khe nứt thì nước vẫn không bị hút xuống bên dưới.

Theo những nội dung trình bày ở mục 3 thì rõ ràng đây là loại vật liệu siêu kỵ nước.

Loại vật liệu này có lực kết dính của các phân tử nước và bề mặt vật liệu nhỏ hơn lực nội kết giữa các phân tử nước với nhau. Điều đó có nghĩa là nếu trong vật liệu chống thấm mới này có tồn tại hệ mao dẫn thì chẳng những chúng không hút nước vào mà còn đẩy nước ra, làm cho nước không thể chui qua các khe nứt trên chúng. Đây chính là hiện tượng mao dẫn 'ngược' đã đề cập ở trên.

Đến thời điểm hiện nay, Công ty INTOC chưa công bố cụ thể định lượng về khả năng chống thấm của sản phẩm chống thấm theo cơ chế mao dẫn ngược của mình (cụ thể là mối tương quan giữa chiều dày tối thiểu lớp vữa chống thấm, chiều rộng tối đa khe nứt trên nó và áp lực tối đa của khối nước tác dụng lên bề mặt lớp chống thấm mà nó vẫn không cho nước thấm qua khe nứt).

Ngoài ra loại VLM này có nguồn gốc từ xi măng nên vẫn giữ được đặc tính bám dính tốt vào các bề mặt cấu kiện xây dựng khác như bề mặt tường gạch, bề mặt lớp xi măng trát / láng, bề mặt của bê tông. Nhờ lực bám dính tốt này mà việc sử dụng VLM trong chống thấm ngược cũng rất hiệu quả, hầu như không bị nước thấm ra từ cấu kiện làm bong tróc.

Do được thi công tương tự như khi trát /láng lớp vữa xi măng

truyền thống nên công tác chống thấm bằng VLM này khá đơn giản, không đòi hỏi tay nghề cao hay các dụng cụ đắt tiền hoặc thiết bị phức tạp.

Ngoài ra đây là loại vật liệu gốc xi măng (vô cơ) nên tuổi thọ của nó cũng cao như của vữa xi măng/bê tông, giúp giảm nhẹ cho công tác bảo vệ, bảo trì (cả về chi phí), thậm chí không cần phải thay thế sau thời gian dài làm việc như của một số giải pháp chống thấm truyền thống.

5. KẾT LUẬN

Qua các nội dung đã trình bày và phân tích ở trên, chúng tôi cho rằng việc 'phát minh' ra loại VLM có khả năng 'mao dẫn ngược' có ý nghĩa to lớn trong lĩnh vực chống thấm các công trình xây dựng, đặc biệt khi kết cấu công trình được làm từ các vật liệu giòn, nhạy cảm với các biến dạng trong quá trình khai thác (nghĩa là một biến dạng 'nhỏ' hoặc 'vừa phải' cũng có thể gây nứt vật liệu làm kết cấu). Và điều quan trọng là các loại vật liệu phổ biến làm kết cấu công trình hiện nay như gạch đất sét nung, vữa xi măng (để xây, trát) và bê tông, cả bê tông cốt thép (không tính loại dự ứng lực) đều thuộc loại vật liệu giòn, nhạy cảm với các biến dạng trong quá trình khai thác.

Sản phẩm chống thấm theo cơ chế mao dẫn 'ngược' của Việt Nam là một niềm tự hào của người Việt, có thể nói là một bước đột phá trong công nghệ chống thấm. Tuy nhiên nếu được đầu tư nghiên cứu thích đáng cho việc xác định các giới hạn (khả năng) chống thấm của loại vật liệu chống thấm này thì khi đó mới dễ dàng đưa công nghệ và sản phẩm vươn tầm thế giới.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-TP.HCM đã tạo điều kiện về thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tài liệu giới thiệu về công nghệ chống thấm tinh thể của hãng Xypex - Canada - *Concrete Waterproofing by Crystallization* - 2022.
- [2] Nguyễn Duy Hưng, Lê Hoài Long, Nguyễn Minh Tâm. *Khảo sát tình trạng thấm đột ở các công trình xây dựng*. Tạp chí Xây dựng - số 12.2016, tr.26-30.
- [3] Judith Geils, Gesa Patzelt, Antonia Kesel - *The larger the contact angle, the lower the adhesion*. Bionics Congress - Bremen - 2018, p.188-195.
- [4] Nguyễn Ngọc Trúc, Nguyễn Văn Hoàng, Đỗ Ngọc Hà, Nguyễn Thảo Ly. *Đặc điểm mao dẫn và khả năng ứng dụng của xi măng nhiệt điện than làm vật liệu chống mao dẫn muối cho công trình xây dựng ven biển*. Tạp chí Khoa học ĐHQG Hà Nội - Các Khoa học Trái đất và Môi trường - Tập 36 - 2020, tr.17-27.