

# Nhược điểm cần phải sửa đổi trong thiết kế hầm giao thông ở Việt Nam

## Weak points must have been reformed in designing communication tunnels of Vietnam

Đỗ Thụy Đăng<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

\* Dothuydang@gmail.com (corresponding author's E-mail)

### Abstract

Designs of road communication tunnels on land in our country recently, which are depended type design of foreign country too much; even regardless of internal design standard.

This lesson bring up some main weak points must have been reformed in that designs; together with orientations in order to overcome them.

### 1 - Mở đầu:

Ở nước ta gần đây đã xây dựng thêm nhiều hầm giao thông, góp phần phát triển giao thông nói riêng, đồng thời góp phần phát triển kinh tế và quốc phòng nói chung. Chúng thuộc nhiều chủng loại hầm khác nhau:

- Hầm đường bộ xuyên núi, như: hầm Hải Vân – một trong những hầm đường bộ dài trên thế giới, lại có các cửa nằm trong tầng đất đá phủ kém liên kết; hầm Đèo Ngang...

- Hầm đường bộ chui dưới đường giao thông đô thị, như: hầm đường xe cơ giới Đại Cồ Việt – Kim Liên (Hà Nội), hầm đi bộ dưới nút giao thông Ngã Tư Sở (Hà Nội), cùng nhiều hầm chui khác ở Hà Nội và các thành phố khác.

- Hầm đường bộ vượt sông, như hầm Thủ Thiêm (Thành phố Hồ Chí Minh).

Nói chung, chúng đều được xây dựng trên nền tảng phương pháp thi công hiện đại; cho nên đã đạt được hiệu quả kỹ thuật đáng kể.

Nhưng, do các nhà thiết kế và thẩm định thiết kế của chúng ta còn quá phụ thuộc vào các chuyên gia nước ngoài, cho nên vẫn không tránh được những nhược điểm bởi thói quen của họ. Đặc biệt là ý đồ của họ lại mang cả tính xô vanh: một mặt, ít vận dụng các nguyên lý tự nhiên trong đảm bảo an toàn phòng chống thiên tai, địch họa và cháy nổ bất thường; mặt khác, luôn cố gắng kết hợp truyền bá khoa học và công nghệ từ thấp đến cao, với tiêu thụ vốn cho vay bằng hàng hóa của mình theo tỷ lệ cao nhất và hạn chế nội địa hóa công nghệ sản xuất chúng; nhất là, luôn đề cao biện pháp nhân tạo công nghệ cao nhằm đảm bảo an toàn phòng chống thiên tai, địch họa và cháy nổ bất thường trên cơ sở những trang thiết bị giám sát và xử lý đất tiền phải mua của họ.

Dưới đây chúng ta tập trung tìm ra những nhược điểm chính liên quan đến an toàn trong các thiết kế hầm giao thông đường bộ trên cạn ở nước ta gần đây; cùng với những định hướng khắc phục chúng, để góp phần phát triển giao thông an toàn và bền vững hơn.

### 2. Nhược điểm trong sơ đồ thông gió đường hầm

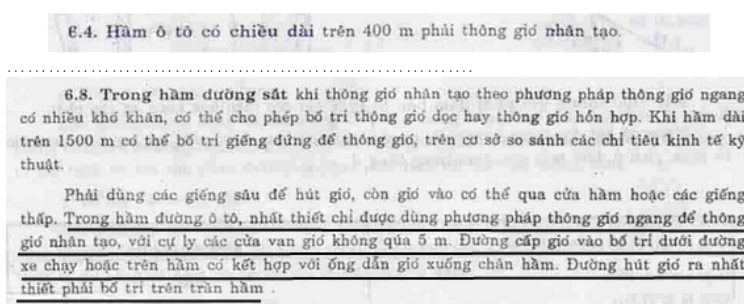
#### 2.1. Sơ đồ thông gió đường hầm ô tô dài

Ngay từ năm 1988 chúng ta đã ban hành TCVN 4527 – 1988 Hầm đường sắt và hầm đường ô tô – Tiêu chuẩn thiết kế [1]. Trong tiêu chuẩn này đã bắt buộc phải thiết kế thông gió cho hầm, đảm bảo

phòng chống và xử lý cháy nổ (kể cả cháy nổ xe và các đám cháy nổ khác) trong hầm giao thông nhanh chóng và đạt hiệu quả an toàn cao (hình 1).

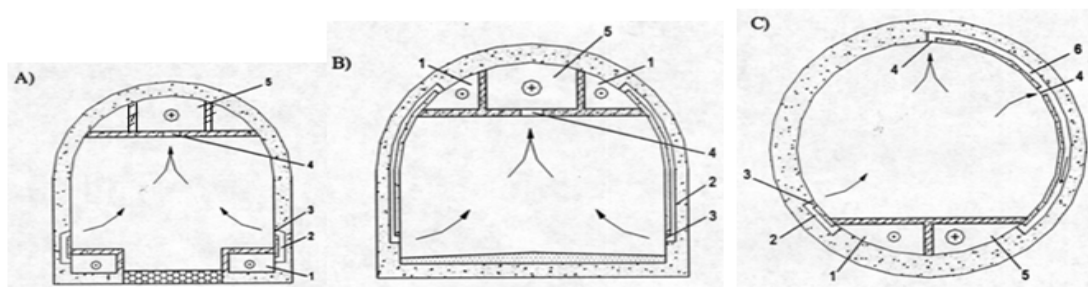
Tuy nhiên, khi hầm giao thông ngắn, nếu chiều cố yêu cầu kinh tế; cả yêu cầu thông gió thông thường, cũng như yêu cầu phòng chống và xử lý cháy nổ trong hầm, vẫn có thể đáp ứng từng điều kiện cụ thể bằng 1 phương án thích hợp nào đó, theo sơ đồ thông gió dọc [2].

Khi hầm đường ô tô không dài lắm; để thông gió an toàn, tốt nhất vẫn là áp dụng sơ đồ thông gió ngang. Nhưng đôi khi, nếu chiều cố yêu cầu kinh tế; cũng có thể áp dụng hạn chế 1 phương án thích hợp nào đó, theo sơ đồ thông gió nửa ngang: nếu vừa đảm bảo trong hầm chỉ cho xe chạy 1 chiều, lại không chế được chất lượng xe, lưu tốc xe và khoảng cách giữa các xe chạy theo cùng 1 làn; vừa đảm bảo công tác tổ chức điều hành, giám sát và quản lý khai thác hầm luôn được tự động hóa; vừa đảm bảo cả đường giao thông và luồng gió đều được phân đoạn không quá 400 mét [2] & [3].



**Hình 1.** Trích TCVN 4527 – 1988 Hầm đường sắt và hầm đường ô tô – Tiêu chuẩn thiết kế [1]

Khi hầm đường ô tô dài; để thông gió, nếu vẫn chỉ áp dụng 1 phương án nào đó theo các sơ đồ thông gió dọc và sơ đồ thông gió nửa ngang nào đó, sẽ rất tốn kém, mà cả hiệu quả giao thông, cũng như hiệu quả phòng chống và xử lý cháy nổ trong hầm vẫn hạn chế; hậu quả của những sự cố cháy nổ trong hầm để có thể trở nên khủng khiếp. Cho nên, khi đó nhất thiết phải áp dụng 1 phương án thích hợp nào đó theo sơ đồ thông gió ngang (hình 2). Chỉ có như thế, mới hạn chế được tối đa những khả năng gây cháy nổ và cháy nổ lan truyền các xe trong hầm. Khi đó, một mặt, mọi xe chạy trong hầm được làm mát gần như nhau; mặt khác, gió bẩn và gió nóng sinh ra trong luồng xe chạy, đều được thu nhanh chóng qua các cửa thu trên trần, theo ống dẫn gió bẩn, đến máng gió bẩn, rồi đến nơi xử lý thích hợp, theo từng yêu cầu cụ thể [1], [2], [3], [4] & [5].



**Hình 2.** Sơ đồ mặt cắt ngang 1 số đường hầm có luồng ô tô chạy được thông gió ngang.

A/ Đường hầm nhỏ hẹp dạng vòm. Máng gió sạch ở dưới nền, máng gió bẩn ở trên trần. Trần được ngâm cứng với vỏ hầm và được gia cường bằng các thanh giằng cũng được ngâm cứng với vỏ hầm.

*B/ Đường hầm rộng lớn dạng vòm. Máng gió sạch và các máng gió bản đều ở trên trần. Không gian trên trần được chia thành các máng, bằng các vách ngăn ngàm cứng với vỏ hầm và với trần.*

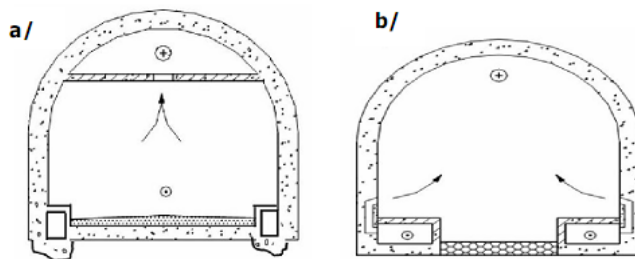
*C/ Đường hầm dạng tròn có đường kính lớn. Máng gió sạch và máng gió bản đều ở dưới nền.*

*1 – Máng gió sạch. 2 – Ống dẫn gió sạch. 3 – Cửa cấp gió sạch. 4 – Cửa thu gió bản.*

*5 – Máng gió bản. 6 – Ống dẫn gió bản*

Hầm Hải Vân gồm 1 hầm chính và 1 hầm phụ trợ. Mặc dù hầm chính có độ dài 6280m, đã vượt xa độ dài giới hạn thông gió dọc hiệu quả, lại tổ chức xe chạy 2 chiều; nhưng mới chỉ được áp dụng sơ đồ thông gió dọc từng đoạn, kết hợp với quạt tiếp sức và lọc bụi tĩnh điện [2]. Vì thế, dù đã có sự hỗ trợ của hệ thống trang thiết bị đắt tiền, có chế độ tự động (các quạt tiếp sức phản lực, hệ thống lọc bụi tĩnh điện và hệ thống trang thiết bị giám sát); mà ngay khi lưu lượng xe chạy qua lại hầm chưa cao, đã không chế tốc độ và khoảng cách chặt chẽ; nhưng khả năng phòng chống và hỗ trợ xử lý cháy nổ, cũng như các sự cố khác trong hầm; đặc biệt là khả năng tạo điều kiện an toàn cho quá trình sơ tán người và xe khỏi khu vực nguy hiểm trong hầm, vẫn chỉ đạt được yêu cầu thấp. Chắc chắn trong tương lai, khi nhu cầu lưu lượng và chất lượng giao thông qua lại cao lên, tốt nhất là nâng cấp sơ đồ thông gió cho hầm này lên thành sơ đồ thông gió ngang theo 1 phương án thích hợp nào đó (hình 2) [4].

Thực ra, ngay từ đầu tại đây đã nên mở rộng cả 2 hầm theo yêu cầu: mỗi hầm xe chạy 1 chiều và cùng được thông gió ngang; để vừa tăng được lưu lượng vận chuyển, vừa để đảm bảo an toàn cho hầm, vừa đỡ phải dùng 1 số trang thiết bị đắt tiền, vừa đỡ phải đập phá cải tạo làm tăng chi phí chung. Còn việc xây dựng đường hầm thứ ba để hỗ trợ chúng chỉ nên đặt ra khi cần thiết.



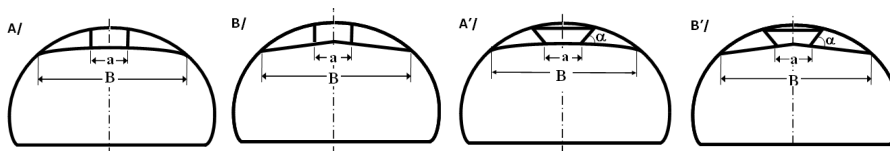
**Hình 3.** Các sơ đồ thông gió nửa ngang, có thể áp dụng cho hầm Đèo Cả khi xe chạy cùng chiều gió:

*a/ Mỗi phân đoạn luồng vận tải đều được cấp gió sạch vào. b/ Mỗi phân đoạn luồng vận tải đều được thu gió bẩn ra.*

Hầm Đèo Cả (Phú Yên – Khánh Hòa) đang xây dựng có độ dài 3900 m, gồm 2 hầm đơn [6]; thuộc nhóm các hầm vượt độ dài giới hạn hiệu quả khi thông gió dọc toàn phần; cũng như khi thông gió dọc từng phân đoạn khoảng (200 ÷ 400)m (kể cả có giếng gió trung gian, quạt thổi tiếp sức, làm mát và lọc bụi tĩnh điện). Tuy vậy, do hầm này không quá dài; cho nên có 1 số người cho rằng để thông gió chỉ cần dùng sơ đồ thông gió dọc từng phân đoạn khoảng (200 ÷ 400)m, có bổ sung quạt tiếp sức phản lực, cùng các thiết bị làm mát và lọc bụi tĩnh điện; rồi tăng cường giám sát; sẽ không xảy ra sự cố cháy nổ xe nghiêm trọng trong hầm.

Thực ra, khi áp dụng sơ đồ thông gió dọc như thế, khả năng cháy nổ xe trong hầm không cao; nhưng chắc chắn trong các phân đoạn giữa hầm, ở các thời điểm có hàm lượng khí cháy cao, cùng với

sự cộng tác dụng của các yếu tố xấu: chất lượng xe kém, gầm xe bám nhiều bụi thấm nhiên liệu, lại xả khí thải lẫn nhiên liệu ở nhiệt độ cao; gió cuốn dưới gầm xe; có tia lửa giữa gầm xe với nền hầm; có bão từ ...; vẫn tiềm ẩn khả năng cháy nổ, thậm chí cả khả năng cháy nổ lan truyền [5]. Vì thế, với hầm Đèo Cả, tốt nhất vẫn là áp dụng sơ đồ thông gió ngang (hình 2).



**Hình 4.** Sơ đồ một số kiểu trần hầm có khả năng ổn định cao.

Nhưng vì hầm này không quá dài; mỗi phân đoạn của luồng vận tải chỉ dưới 400m và xe chạy cùng chiều gió; cho nên, để giảm mức đầu tư, có thể chọn sơ đồ thông gió phối hợp sau [3]:

- Các nút nối luồng vận tải với các hầm hoặc giếng gió, đều cấp gió sạch vào; còn trong từng phân đoạn luồng vận tải đều được thông gió nửa ngang dựa theo sơ đồ hình 3a, để gió bắn từ luồng vận tải, qua các cửa thu gió bắn, được dẫn theo đường hầm, hoặc máng gió bắn độc lập đến nơi xử lý.

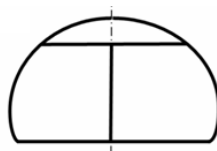
- Các hầm hoặc giếng gió, đều thoát gió ra; còn trong từng phân đoạn luồng vận tải đều được thông gió nửa ngang dựa theo sơ đồ hình 3b; để gió sạch dẫn trong đường hầm, hoặc máng gió độc lập, qua các cửa gió sạch, cấp cho luồng vận tải.

Thêm vào đó, nếu 1 vài phân đoạn luồng vận tải có thêm quạt gió tăng sức hoặc hệ thống lọc bụi và làm mát, hiệu quả an toàn thông gió và phòng chống cháy nổ cho hầm sẽ càng cao hơn.

Nên tận dụng các không gian dưới nền và vòm nóc để làm các máng gió.

Khi dùng không gian dưới nền hầm để làm máng gió, cần chú ý: nếu không bố trí dưới mức nền hầm, có thể thiết kế vòm nóc liên hợp với các tường đứng; còn nếu phải bố trí dưới mức nền hầm; để tăng độ an toàn và giảm thiểu các sự cố ảnh hưởng đến kết cấu vỏ hầm, nên chọn dạng hầm hình móng ngựa, hoặc dạng đường cong khép kín nào đó (hình tròn, ô van...) phù hợp với các tải trọng cụ thể.

Khi dùng không gian phần vòm nóc hầm làm máng gió, để phòng ngừa sự cố sụt trần hầm như ở hầm Sasago (Nhật Bản) [7], cần chú ý:



**Hình 5.** Sơ đồ hầm có trần và hàng cột hoặc tường đỡ.

- Hệ thống vỏ hầm, trần hầm và các giếng treo đều liên kết cứng bằng các liên kết bê tông cốt thép chìm có khả năng chống ăn mòn và chịu môi lâu dài.

- Cần tạo cho trần hầm có dạng mũi thuyền, hoặc 2 mái dốc; để có lực đập ngang, hạn chế khả năng trần tự sụt và tăng ổn định cho vỏ hầm; trường hợp hầm rộng cho phép tách đôi, có thể sử dụng trần phẳng có hàng cột hoặc tường đỡ phù hợp với tổ chức vận tải (hình 4 và hình 5) [7].

## 2.2. Sơ đồ thông gió hầm đường bộ dưới đường giao thông đô thị

### 2.2.1. Có 2 loại hầm đường bộ dưới đường giao thông đô thị

- Hầm đường ô tô dưới nút giao thông trên mặt đô thị (như hầm Đại Cồ Việt – Kim Liên, Hà Nội).
- Hầm dành riêng cho người đi bộ (như các hầm ngang đường Phạm Hùng, Hà Nội) và hầm phân luồng cho người đi bộ và xe thô sơ chui ngang đường hoặc chui dưới nút giao thông trên mặt đô thị (như hầm dưới nút giao thông Ngã tư sở, Hà Nội).

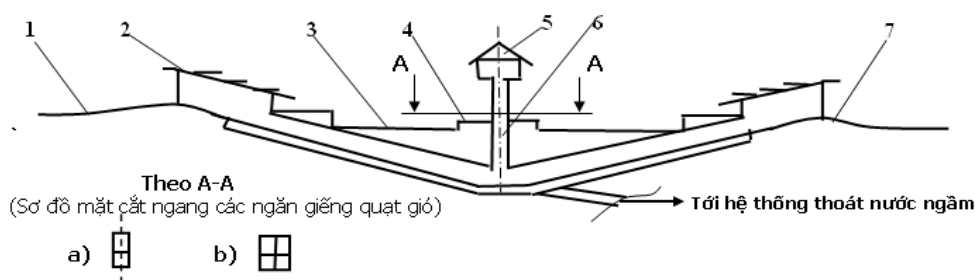
Đây là các hầm đường bộ chui dưới đường giao thông trên mặt đô thị, có các đặc điểm tối thiểu sau:

- Khoảng cách giữa 2 cửa hầm xa nhất (đo theo trục dọc nối giữa chúng) không quá 500 mét. Có thể bố trí bình đồ tuyến hầm cắt bình đồ đảo phân dòng hoặc dải đất phân luồng giao thông trên mặt.

- Có trục dọc là đường vòng xuống; với các cửa ở độ cao xấp xỉ bằng nhau. Toàn hệ thống đường hầm đều nằm gần mặt đất và chủ yếu đều được xây dựng theo phương pháp đào hở; cho nên, rất dễ thiết lập các giếng đứng thông từ đoạn hầm vòng lên đảo giao thông hay dải đất phân luồng giao thông; để kết hợp chiếu sáng với thông gió theo từng phân đoạn cánh hầm.

- Các cửa hầm đường ô tô tiếp cận với lòng đường; còn các cửa hầm đường cho người đi bộ và xe thô sơ tiếp cận với vỉa hè. Đường vào cửa hầm đều là gờ chắn nước tràn, có độ chênh cao tương đối so với mặt đường phía ngoài tối thiểu là 50 cm.

- Trên các cửa hầm cần có mái che thông minh; hình thành bởi các cánh chớp lật (được điều khiển từ xa), bằng kính mờ để hạn chế nắng, chống nước mưa và đón gió khi cần thiết.



**Hình 6** – Sơ đồ cắt dọc hầm đường bộ chui dưới đường giao thông đô thị

(có giếng quạt gió thông lên đảo giao thông và các mái che cửa hầm).

a) – Giếng gió có 2 ngăn theo 2 cánh, khi hầm không có vách ngăn kín.

b) - Giếng gió có số ngăn gấp 2 số luồng hầm có vách ngăn kín.

1 – Vỉa hè. 2 – Mái che thông minh kiểu chớp lật thấu quang trên các cửa hầm. 3 – Lòng đường.

4 – Đảo giao thông. 5 – Trạm quạt gió. 6 – Giếng gió. 7 – Bờ chắn nước.

2.2.2. Do mỗi hầm đều được chia ra thành từng đoạn ngắn không quá 300 mét; cho nên việc chọn sơ đồ thông gió ở đây phụ thuộc chủ yếu vào tổ chức giao thông trong hầm

- Với mọi đường hầm cho người đi bộ và xe thô sơ, trong điều kiện thông thường chỉ cần áp dụng sơ đồ thông gió dọc tự nhiên từng phần; nhưng để dự phòng xử lý sự cố cháy nổ trong hầm, tại giếng gió trung gian vẫn cần có trạm quạt gió dự phòng cùng với hệ thống cửa điều tiết và đổi chiều gió.

- Với các hầm đường ô tô chui dưới nút giao thông, cần áp dụng sơ đồ thông gió dọc từng phần, kết hợp yếu tố thông gió tự nhiên với yếu tố thông gió cưỡng bức bằng quạt, trên cơ sở vừa bố trí các

trạm quạt trên các giếng gió, vừa bố trí các trạm quạt trên các cửa hầm; rồi vận hành sao cho thỏa mãn yêu cầu gió không bị quẩn dưới gầm xe chạy, để tránh hiện tượng tích tụ khí cháy nổ trong vùng dễ có tia lửa điện giữa gầm xe và nền hầm:

+ Nếu trong hầm, xe chạy theo 1 chiều; cũng như trong luồng hầm cho 1 chiều xe chạy được thông gió độc lập bởi vách ngăn giữa các luồng và các cửa bên cạnh chúng đều được đóng kín (để gió trong mỗi luồng hầm xe chạy, luôn được cách ly với gió trong mọi luồng hầm xe chạy khác); trong điều kiện bình thường, chỉ cần áp dụng sơ đồ thông gió dọc tự nhiên từng phần. Hệ thống trang thiết bị thông gió dự phòng chỉ sử dụng để xử lý những hiện tượng thời tiết bất thường làm giảm hàm lượng oxy trong hầm, đặc biệt là để dự phòng để ứng phó khi có sự cố (kể cả sự cố cháy nổ) trong hầm.

+ Nếu trong hầm, xe chạy theo cả 2 chiều, nhưng không tách biệt luồng gió; trong điều kiện bình thường, cần tùy theo tương quan giữa chế độ gió tự nhiên và sự thay đổi bất lợi về thời tiết, cũng như lưu lượng xe chạy theo các chiều mà linh hoạt áp dụng sơ đồ thông gió dọc từng phần với sự hỗ trợ của từ 1 đến 3 trạm quạt gió cho thích hợp; riêng khi cần xử lý sự cố cháy nổ trong hầm, phải kết hợp vận hành quạt gió với các cửa gió để khống chế đám cháy nổ theo yêu cầu.

### **2.3. Biện luận chung về thông gió đường hầm ở nước ta**

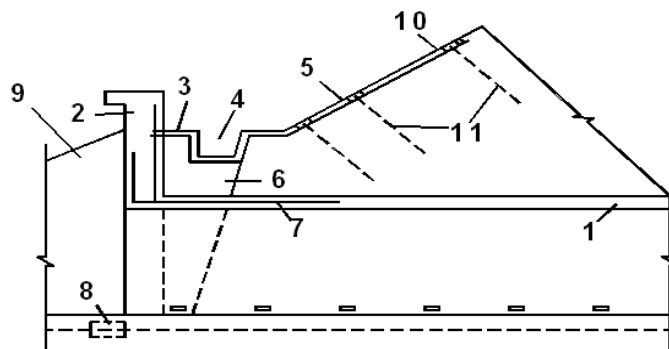
Quá trình sử dụng hầm đường bộ ở nước ta đã cho thấy nguy cơ cháy nổ trong hầm vẫn rất cao [8].

Rõ ràng, với hầm đường xe cơ giới, khi áp dụng bất kỳ sơ đồ thông gió dọc nào đó, dù có hỗ trợ quạt tăng sức, thiết bị làm mát, thiết bị lọc bụi ... vẫn khó phòng ngừa được sự cố cháy nổ trong hầm. Còn khi áp dụng sơ đồ thông gió nửa ngang, khả năng phòng ngừa này có tăng lên chút ít, trong khi khả năng xử lý hậu quả sự cố cháy nổ trong hầm được tăng lên đáng kể. Nhưng sơ đồ thông gió nửa ngang tuy chi phí không cao, vẫn chưa đạt yêu cầu về an toàn thông gió và phòng chống cháy nổ trong hầm, nhất là khi hầm dài, trong luồng hầm vận chuyển lại tổ chức xe chạy 2 chiều. Cho nên, chỉ khi thỏa mãn tiêu chuẩn thiết kế thông gió hầm đường sắt và hầm đường ô tô hiện hành của Việt Nam chúng ta (TCVN 4527 – 1988), mới đủ khả năng tối đa về phòng chống và nhanh chóng ứng phó với các sự cố cháy nổ trong hầm; góp phần đáp ứng yêu cầu sử dụng hầm đạt hiệu quả bền vững.

Có thể nói rằng: thiết kế thông gió cho hầm Hải Vân hiện nay, mới chỉ đạt yêu cầu “cơ bản”, vẫn chưa đáp ứng được các yêu cầu: “hiện đại và Việt Nam”. Bởi vì, trên thế giới, rất nhiều hầm đường ô tô hiện đại đã áp dụng sơ đồ thông gió ngang và tiêu chuẩn thiết kế hiện hành của Việt Nam (TCVN 4527 – 1988), cũng đã yêu cầu thiết kế thông gió ngang cho đường hầm chạy xe cơ giới.

Sau khi cân đối các yêu cầu kinh tế với các yêu cầu kỹ thuật an toàn và môi trường sinh thái đối với các đường hầm dài như hầm Hải Vân và hầm Đèo Cả, trên cơ sở xác định các yêu cầu về an toàn và bảo vệ môi trường sinh thái ở đây, còn liên quan đến cả sự phát triển kinh tế vùng, cùng với vấn đề trật tự an ninh và an toàn xã hội; có thể cho phép suy ra rằng, cần thực hiện ngay sơ đồ thông gió ngang cho hầm Đèo Cả và sớm chuyển đổi hệ thống thông gió cho hầm Hải Vân từ sơ đồ thông gió dọc từng đoạn, thành sơ đồ thông gió ngang từng đoạn [2], [3], [4] & [5].

### **3. Vị trí và kiến trúc cửa hầm xuyên bờ núi đất đá kém liên kết**



**Hình 7:** Sơ đồ cửa và cỗ hầm có tường mặt cứng.

1 - Vỏ chống; 2 - Tường mặt cứng; 3 - Hành lang có liên kết giằng với tường mặt; 4 - Rãnh đón dòng tiêu năng và lái dòng; 5 - Hệ thống dầm, giằng gia cố; 6 - Khối đệm; 7 - Thép liên kết; 8 - Hố ga và rãnh thoát nước; 9 - Tường cánh hào cửa hầm; 10 - Bờ dốc chính diện đã gia cường và phủ thảm thực vật; 11 - Neo bê tông cốt thép.

Cửa hầm đáp ứng cả yêu cầu làm đẹp và giữ môi trường sinh thái cân bằng bền lâu và yêu cầu mang tải, đảm bảo an toàn cho không gian làm việc xung quanh; đặc biệt là mặt đường và sân công tác trước cửa hầm ngay từ khi mở gương đào, chống tạm thời cửa và cỗ hầm từ ngoài vào.

Theo sơ đồ cấu tạo, các cửa hầm có thể chia thành 2 loại [9] & [10]: Cửa hầm có tường mặt cứng (hình 7) và cửa hầm có đoạn vỏ chống dày nhô dài cùng với khối đắp phản áp vây quanh (hình 8 và hình 9).

Nói chung, suốt quá trình xây dựng và sử dụng hầm; các cửa hầm loại 1, vừa có nhiều ưu điểm đáng kể hơn, vừa có ít nhược điểm cần chú ý hơn:

- Về vị trí, các cửa hầm loại 1 vừa tiết kiệm mặt bằng, vừa giảm bớt được chiều dài hầm.

- Khi đất đá bờ dốc chính diện hào cửa hầm mềm yếu (nhất là có lẫn các tầng lãn) và khi đào chống tạm thời cửa và cỗ hầm từ ngoài vào theo phương pháp ngầm truyền thống; lại càng thấy các cửa hầm loại 1 có những ưu điểm vượt trội. Không những chúng có hiệu quả kinh tế, kỹ thuật, mỹ thuật và an toàn cao trong quá trình sử dụng; mà chúng còn dễ hỗ trợ các hoạt động thi công hơn; nhất là khi xây dựng loại cửa hầm này theo 2 bước: sơ bộ tạm thời và tăng bền cố định.

Khi đó, để tạo áp lực vào phía bờ dốc chính diện hào cửa hầm, đảm bảo kết hợp giảm thiểu cả khả năng cắt trượt bờ dốc và khả năng sụt lở đoạn cỗ hầm đang đào chống tạm thời; trước khi mở gương ngầm ngoài cùng, có thể nhanh chóng thiết lập cửa hầm sơ bộ tạm thời, bằng bê tông phun sợi thép hoặc bê tông phun lưới thép; sao cho tường này có đường trọng lực rơi qua lưng tường vào bờ dốc chính diện hào cửa hầm. Thậm chí, ngay trong giai đoạn đào chống tạm thời cửa và cỗ hầm trong đất phủ mềm yếu, khi tiến toàn gương từ ngoài vào; vẫn dễ tạo cho chúng có độ bền cao và lực phản áp lớn vừa phù hợp với yêu cầu hỗ trợ chống cắt trượt bờ dốc phía trên cửa hầm, vừa có khả năng liên kết chặt chẽ với phần kết cấu tăng bền và trang trí cố định tiếp theo [3] & [11].

Cho nên, để đảm bảo an toàn chung, các cửa hầm Hải Vân và Đèo Ngang vẫn cần bổ sung tường mặt cứng, cùng với các kết cấu hỗ trợ thu gom phóng vật và nước mặt xuống các hố ga của hệ thống thoát nước mặt đường trước cửa hầm [9] & [10]. Còn khi xây dựng các hầm sắp tới, nhất là các cửa

hầm bên bờ dốc đất đá kém liên kết và các bờ dốc đất lẫn tảng lẫn, cần cố gắng áp dụng sớm loại cửa hầm có tường mặt cứng (hình 7).

**4. Sơ đồ thường gặp để gia cố bờ dốc chính diện hào cửa hầm trong đất đá kém liên kết**

**4.1.** Gần đây, các hào cửa hầm xuyên núi trong tầng đất đá phủ mềm yếu đều được khoét sâu vào núi, để giảm chiều dài đoạn cổ hầm trong đó; vì thế các bờ dốc chính diện của chúng thường cao và được phân tầng, rồi gia cố bằng các tường và mạng dầm (dốc), giằng (ngang) cùng với neo xiên qua nút mạng (hình 8, hình 9, hình 10 và hình 11).



**Hình 9:** Cửa Nam hầm Đèo Ngang ngày khánh thành 21-8-2004. [12]

**Hình 8:** Các cửa Nam hầm Hải Vân ngày khánh thành 5/6/2005

Trên thực tế, mạng kết cấu này mới chỉ đáp ứng được yêu cầu xử lý và gia cố các bờ dốc thông thường; nhưng vẫn chưa thoả mãn yêu cầu xử lý và gia cố các bờ dốc chính diện hào cửa hầm trong đất đá kém liên kết.

Dưới đây chúng ta chỉ xem xét hệ thống dầm, giằng và neo xiên xử lý và gia cố các bờ dốc chính diện hào cửa hầm trong đất đá trầm tích liên kết sét mềm yếu, có độ cao đáng kể, độ dốc trung bình; với cửa và cổ hầm có diện tích mặt cắt ngang sử dụng từ trung bình trở lên ( $S_{sd} \geq 20m^2$ ), được đào chống tạm thời từ ngoài vào, theo phương pháp truyền thống (tương tự như hầm Hải Vân và hầm Đèo Ngang).



**Hình 10 – Bờ dốc trên nóc cửa Nam hầm Hải Vân.**

A/ Mở gương ngầm hầm chính qua tường bê tông phun.

B/ Hố sụt thủng nóc cửa tạm hầm chính ngày 10/9/2001.

**4.2.** Nói chung, kết cấu mạng dầm, giằng gia cường lâu dài cho bờ dốc đất đá mềm yếu (nhất là đất đá trầm tích vụn rời liên kết sét), có thể bằng bê tông cốt thép đúc tại chỗ hoặc đúc sẵn. Nhưng đối với các bờ dốc chính diện hào cửa hầm xuyên núi; để giảm khả năng hình thành các khớp dèo, giảm độ võng cho chúng, nhất là các giằng nằm gác qua phía trên cửa và cổ hầm đào theo phương pháp ngầm



truyền thống (hình 10B); toàn hệ thống này chỉ nên bằng bê tông cốt thép đúc tại chỗ; hơn nữa, chúng phải bắt đầu làm việc được trước khi mở gương ngầm từ ngoài vào.

Tiếp theo, để có cơ sở chọn sơ đồ hệ thống dầm, giằng làm việc ở đây, chúng ta tìm hiểu đặc tính công tác của các nhóm sơ đồ hệ thống dầm, giằng được đúc tại chỗ bằng bê tông cốt thép, có kích thước mặt cắt ngang cỡ nhật, đã và đang được dùng để gia cố các bờ dốc chính diện của các hào cửa hầm Hải Vân, hầm Đèo Ngang và 1 số hầm khác mới xây dựng gần đây:

**4.2.1. Trường hợp 1:** Mỗi phần bờ dốc chính diện trên 1 tầng đều có dạng mặt phẳng nghiêng; còn hệ thống dầm, giằng ở đây được bố trí theo ô mạng; trong đó, các dầm dọc gần theo đường hướng dốc, còn mỗi giằng gần như nằm theo 1 đường đồng mức (hình 8, hình 9, hình 10 và hình 11). Hệ thống này, tuy có tác dụng tốt trong việc chống cát trượt bờ dốc; nhưng do tự trọng khá lớn, lại trải rộng trên bề mặt các bờ dốc; cho nên chúng vẫn tiềm ẩn nhiều khả năng gây sự cố cho cửa và cổ hầm trong quá trình đào chống tạm thời từ ngoài vào:

- Khi đất đá dưới nền của chúng bị lún sụt; các nút mạng không đủ phản lực để hình thành các khớp dẻo, cho phép chúng bị võng xuống, gây tải trọng phụ cục bộ. Khi tính liên kết và mật độ của đất đá ở đây càng kém và chiều rộng không gian đào ngầm bên dưới càng lớn, chúng càng dễ võng xuống, làm cho khối đất đá trên biên đào ngầm càng dễ sụt lở hơn (hình 10b).



**Hình 11:** Cửa Nam hầm Cam Đường (đường cao tốc Nội Bài – Lào Cai đầu tháng 7/2013) [13].

1 – Dầm (dọc); 2 – Giằng (ngang).

- Các dòng chảy, hoặc các phóng vật độc lập từ trên đỉnh dốc xuống chưa bị cưỡng bức phân luồng và thu gom xuống các hố ga của hệ thống thoát nước bên cạnh cửa hầm, cho nên chúng vẫn có thể gây tác hại cho cửa hầm, đường giao thông và mặt bằng công tác trước cửa hầm [9] & [10].

**4.2.2. Trường hợp 2:** Mỗi phần bờ dốc chính diện trên 1 tầng đều có dạng rãnh lõm, với các đáy rãnh gần như cùng nằm trong 1 mặt phẳng đứng với trục dọc cổ hầm; còn hệ thống dầm, giằng cũng được bố trí theo ô mạng gần như trên. Do độ võng bề mặt này, đã làm cho mạng dầm, giằng ở đây kém hiệu quả hơn hệ thống nói trên:

- Chúng gây tổn kém hơn, lại dễ bị võng xuống nhiều hơn, gây tải trọng phụ thẳng đứng lớn hơn, làm cho khối đất đá trên nóc gương đào ngầm dễ sụt lở hơn.

- Chúng lại thu dòng chảy và các phóng vật độc lập từ trên đỉnh dốc xuống cửa hầm, có thể gây tác hại lớn cho cửa hầm, đường giao thông và sân công tác trước cửa hầm.

**4.2.3. Trường hợp 3:** Mỗi phần bờ dốc chính diện trên 1 tầng đều có dạng sóng dọc lồi (cong lồi hoặc gãy khúc lồi), có đỉnh lồi gần như cùng nằm trong 1 mặt phẳng đứng với trục dọc cổ hầm; còn hệ

thống dầm, giằng cũng vẫn được bố trí theo ô mạng gần như trên. Hệ thống dầm, giằng này có hiệu quả cao hơn các hệ thống nói trên; vì chúng vừa khó võng xuống hơn, nhờ dễ nhận được phản lực xô ngang hơn; nên ít gây tải trọng phụ cho khối đất đá dễ sụt lở trên nóc gương đào ngầm; lại vừa có khả năng phân luồng để dẫn dòng chảy và các phóng vật độc lập từ trên đỉnh dốc xuống các hố ga tiêu năng và thu gom rác bên cạnh cửa hầm; đảm bảo không gây ảnh hưởng đến cửa hầm, đường giao thông và sân công tác trước cửa hầm. Tuy nhiên, do mặt cắt ngang các dầm, giằng ở đây đều khá lớn, các giằng lại được bố trí theo đường đồng mức, nên vật liệu bị phân bố dàn trải; vừa gây lãng phí; vừa gây cản dòng nước thấm làm tăng tải trọng trong mặt phẳng thẳng đứng cho cửa và cổ hầm.

**4.3.** Từ những nhận định sơ bộ nêu trên, có thể thấy mỗi sơ đồ mạng dầm (dốc), giằng (ngang) đã và đang sử dụng đều vẫn tiềm ẩn khả năng gây 1 số sự cố nào đó: Thứ nhất, do bờ dốc chính diện hào cửa hầm gần như có cùng góc dốc, nên các dầm dốc ở đây gần như song song với nhau, không có tác dụng định hướng phân dòng nước và phóng vật từ trên đỉnh dốc lao xuống; cho nên, bờ dốc chính diện ở đây vẫn dễ để xảy ra sự cố phóng vật lao xuống cửa hầm, thậm chí xuống cả đường giao thông và sân công tác trước cửa hầm. Thứ hai, do mỗi dầm giằng nằm theo 1 đường đồng mức, cho nên ngay cả trong trường hợp 3 nói trên, chúng vẫn gây cản dòng nước thấm từ trên xuống theo bờ dốc, làm cho đất đá ở đây có thể quá bão hòa nước, dễ sụt lở thẳng đứng xuống không gian cửa và cổ hầm mới đào theo phương pháp ngầm từ ngoài vào (hình 10b).

Rõ ràng, các sơ đồ mạng dầm, giằng này đang đòi hỏi phải có giải pháp cải tiến.

## **5. Một số định hướng cải tiến sơ đồ mạng dầm, giằng và neo xiên:**

**5.1.** Để bờ dốc chính diện hào cửa hầm có tác dụng phân dòng và chống tác hại của cả nước mặt và nước ngầm, nên vừa tạo mặt dốc, kết hợp với bổ sung những biện pháp chuyên dùng; vừa tăng thêm nhiệm vụ cho hệ thống dầm, giằng; rồi chọn sơ đồ bố trí và quy cách của chúng cho phù hợp:

*- Để tiết kiệm và an toàn hơn, cần xử lý bề mặt bờ dốc chính diện hào cửa hầm; sao cho giao tuyến của nó với mặt phẳng thẳng đứng vuông góc với trục dọc cổ hầm, cũng như trên bình đồ, đều có dạng cong (hoặc gãy khúc) lồi, tạo sóng dọc lồi phân luồng dòng chảy; rồi bố trí các dầm dốc chính và các giằng nghiêng theo sơ đồ hình thang lệch. Trong đó, các dầm dốc chính (nằm theo đường hướng dốc): có mặt cắt ngang chịu lực lớn hơn và có khoảng giãn cách lớn dần từ trên xuống; để chúng vừa làm nhiệm vụ chống cắt trượt và chống hình thành khe nứt căng cho bờ dốc, vừa làm nhiệm vụ phân luồng dòng chảy và các phóng vật độc lập từ trên đỉnh dốc xuống [9] & [10]. Còn các giằng nghiêng: có mặt cắt ngang chịu lực nhỏ hơn, có chiều dài lớn dần từ trên xuống, có trục dọc*

*không nằm theo đường đồng mức, mà hơi lệch so với mặt phẳng ngang  $\beta = (7^\circ \div 10^\circ)$  và thấp dần về phía các máng bờ dốc bên cạnh hầm; để chúng vừa có tác dụng giằng giữ, định vị và tăng cứng cho các dầm dốc; vừa có tác dụng giữ cây cỏ chống xói mòn bề mặt; mà vẫn hướng được dòng nước trọng lực trong đất đá ở đây thấm sang các máng bờ dốc bên cạnh hầm; tạo thuận lợi cho việc điều hòa môi trường vi khí hậu và sinh thái. Thêm nữa, khi trong cùng 1 bờ dốc chính diện hào cửa hầm có từ 2 cửa hầm trở lên, hệ thống dầm, giằng và neo xiên ở đây, lại cần phải tạo ra được trên mỗi cửa*

và cổ hầm có 1 sống dọc phân dòng riêng, để phòng chống tác hại của các dòng chảy và phóng vật độc lập lao từ trên dốc xuống cho từng cửa hầm.

- Để chống bào mòn và tăng liên kết cho đất đá bờ dốc; việc trồng cỏ, cần kết hợp với việc trồng các cây họ si và đa, để bộ rễ chằng chịt của chúng có tác dụng như các neo liên kết đất đá ở đây [14].

- Để vừa tăng khả năng tháo khô, vừa tăng khả năng kết khối của đất đá trên các bờ dốc; có thể sử dụng thêm các neo ống thoát nước [14].

**5.2.** Về hệ thống neo xiên, cần từ điều kiện hiện trường cụ thể để định hướng nhiệm vụ, cùng với quy cách và sơ đồ bố trí [15] & [16]:

**5.2.1.** Khi bờ dốc chính diện hào cửa hầm là khối đá nứt nẻ mạnh có lấp nhét hạt vụn; mạng neo ở đây với quy cách hợp lý, có thể dễ dàng nhận được từng nhiệm vụ chịu kéo, chịu cắt, hay tổ hợp cả 2 nhiệm vụ này; cả ngắn hạn và lâu dài, đạt hiệu quả cao.

**5.2.2.** Còn khi đất đá ở đây là khối trầm tích hạt vụn liên kết sét mềm yếu, chúng thường chỉ có thể làm việc đạt được hiệu quả đáng kể khi nhận nhiệm vụ chủ yếu là chống cắt trượt tạm thời trong quá trình đào chống tạm thời cửa và cổ hầm. Để làm tốt cả nhiệm vụ chống cắt trượt cùng với hình thành khe nứt căng trên bờ dốc chính diện hào cửa hầm và nhiệm vụ chống sụt thẳng đứng cho khối đất đá từ bờ dốc xuống không gian cửa và cổ hầm mới đào ra; các neo trong bờ dốc ở đây, không những phải có kết cấu thích hợp với điều kiện môi trường cụ thể, mà còn phải có độ dài và sơ đồ bố trí tương xứng với yêu cầu đặt ra. Khi đó, về kết cấu, để chúng làm việc thuận lợi, cả ngắn hạn và lâu dài; nói chung, chúng nên có kết cấu dính kết toàn phần, có độ cứng vững và khả năng chống ăn mòn cao; đồng thời, bên cạnh khả năng chịu cắt và chịu uốn cao, vẫn có khả năng chịu kéo dọc tương đối tốt khi làm việc trong đất đá hạt vụn liên kết sét; điển hình như kết cấu bê tông cốt thép toàn độ dài.

**5.2.3.** Khi có không gian ngầm cửa và cổ hầm trong bờ dốc, khối đất đá ở đây vừa bị lực đẩy ra, vừa bị lực kéo xuống. Trong đó lực kéo xuống là nguy hiểm hơn, cho nên cần phải chú ý chống giữ cẩn thận hơn. Nhưng do trước khi có không gian này, không thể bố trí neo bám giữ chắc chắn vào bề mặt sẽ lộ ra xung quanh không gian đó; hơn nữa do lượng nước trong đất đá, đôi khi làm mất khả năng chịu kéo dọc của các neo. Vì thế, để gia cường tạm thời cho khối đất đá phía trên không gian này, không bố trí các neo gần thẳng đứng.

**5.2.4.** Dù đất đá trên bờ dốc chính diện hào cửa hầm thuộc loại hạt vụn liên kết sét, nhưng nếu quá trình đào chống tạm thời cửa và cổ hầm chỉ diễn ra trong điều kiện liên kết sét ổn định (thí dụ vào mùa khô); để giữ bờ dốc ở đây, trước khi thực hiện quá trình đó, có thể chỉ cần đưa vào sử dụng hệ thống dầm, giằng như nêu trong tiểu mục 5.1 ở trên, mà không cần hệ thống các neo xiên phối hợp.

**5.2.5.** Trước khi thực hiện quá trình đào chống tạm thời cửa và cổ hầm trong đất đá bờ dốc chính diện hào cửa hầm thuộc loại hạt vụn có liên kết không cao; để giữ bờ dốc ở đây, tốt nhất nên đưa vào sử dụng hệ thống dầm, giằng và neo xiên ngắn, để giảm tải cho hệ thống kết cấu chống giữ tạm thời trong quá trình đào gương cửa và cổ hầm.

Khi đó, để hạn chế mỗi nguy hiểm của thành phần tải trọng thẳng đứng, các neo xiên nên cần có đặc tính và sơ đồ bố trí hợp với các định hướng trong các tài liệu [14]&[15]; trên cơ sở là:

- Đường kính thân neo xiên nên là ( $a_{nx} \geq 90mm$ ). Ở phần bờ dốc trên phân đoạn cổ hầm ở độ sâu thực tế  $H_{n.t.} \leq \frac{H_{gk}}{2}$ , khoảng cách giữa các neo xiên là ( $1,0m \leq a_{nx} \leq 1,2m$ ); riêng các hàng neo xiên thấp nhất của mỗi tầng có tường chắn cứng dưới chân, phải định vị với tường chắn cứng (kể cả tường chắn cứng tạm thời quanh cửa hầm) và khoảng cách giữa chúng ( $a_{nxx} \approx 1,0m$ ). Còn ở các phần bờ dốc khác, khoảng cách giữa các neo xiên có thể là ( $1,0m \leq a_{nx} \leq 1,2m$ ).
- Thân neo nên hợp với mặt phẳng nằm ngang các góc nhọn: ( $35^\circ \leq \psi \leq 40^\circ$ ).
- Mỗi mặt cắt thẳng đứng vuông góc với trục dọc cổ hầm kể từ mức đai ốc đuôi neo xiên hàng thứ 3 từ dưới lên, cần cắt qua ít nhất 3 hàng neo và toàn hệ thống neo phải giữ được ít nhất 1/2 khối đất đá có khả năng sụt xuống cửa và cổ hầm tạo thành hồ sụt thông lên mặt lộ trên bờ dốc.



**Hình 12.** Cửa Nam nhánh phụ hầm Hải Vân chống sơ bộ bằng neo dọc dài, chống tạm thời bằng các vì chống thép chữ H có giằng cứng, rồi phụt bê tông lấp đầy và phun bê tông phủ bề mặt.

**5.2.6.** Khi phải đào chống tạm thời cửa và cổ hầm trong đất đá bờ dốc chính diện hào cửa hầm kém liên kết (nhất là trầm tích liên kết sét lẫn tầng lẫn); có thể coi hệ thống dầm, giằng và neo xiên ngăn như nêu trong tiểu mục 5.2.5, chỉ chuyên làm nhiệm vụ chống cắt trượt bờ dốc. Còn để phòng chống tác hại của áp lực đất đá xung quanh biên đào cửa và cổ hầm; gây biến dạng, chuyển vị đất đá ở đây; nhất là gây sụt lở khối đất đá trên nóc thông lên mặt lộ trên bờ dốc, thường phải sử dụng thêm các kết cấu gia cố khối đất đá vây quanh biên đào trước khi tiến gương ngầm theo toàn chiều dài cửa và cổ hầm (neo dọc dài, khoan phụt ép vữa gia cường ...), hay theo từng chu kỳ tiến gương ngầm (cọc ván đóng tủa ra, neo ngắn tủa ra); kết hợp với các kết cấu chống giữ bên trong biên đào ngay khi đào lộ ra (hình 12). Đây là 1 vấn đề lớn, cần trình bày riêng.

## 6. Kết luận:

Trong số các yếu tố cần có để sử dụng hầm đường bộ đạt hiệu quả bền vững, trước hết là thiết kế chúng phải có tính an toàn cao, trên cơ sở kinh tế và kỹ thuật cho phép. Vì thế, việc vạch ra những nhược điểm trong các thiết kế hầm đường bộ đã qua, cùng với những định hướng phù hợp với công tác cải tạo nâng cấp những hầm cũ và công tác thiết kế các hầm mới là vô cùng cần thiết.

**6.1** – Vấn đề thông gió đường hầm ô tô xuyên núi phải đáp ứng nhiều yêu cầu khác nhau:

- Những yêu cầu dễ đáp ứng khi đường hầm ngắn, hoặc khi đường hầm dài trung bình có lưu lượng vận chuyển qua hầm tương đối nhỏ.
- Những yêu cầu khó đáp ứng khi đường hầm dài, xe chạy 2 chiều với lưu lượng tương đối lớn.

Khi đường hầm dài và khi đã xác định ô nhiễm không khí là nguyên nhân gây ung thư cao, việc thông gió đảm bảo an toàn phòng chống cháy nổ trong hầm càng cần phải nâng cao, không những để phòng ngừa khả năng xảy ra cháy nổ xe lan truyền, dẫn đến sập đổ hầm, gây tai họa khủng khiếp; mà còn để đảm bảo vi khí hậu trong hầm luôn mát lạnh.

Hầm Hải Vân và hầm Đèo Cả đều là những hầm dài, chúng ta cần sáng suốt chi trước “những đồng tiền khôn”, để sử dụng sớm loại sơ đồ thông gió hợp lý, cho phép phòng ngừa tối đa những tai họa đó.

**6.2** – Việc chọn loại cửa hầm có tường mặt cứng không chỉ liên quan đơn thuần đến sắc thái mỹ thuật, mà còn mang cả quan điểm tiết kiệm mặt bằng và đảm bảo an toàn đạt hiệu quả bền vững lâu dài cho cửa hầm, các công trình quanh cửa hầm, cùng với hoạt động giao thông qua cửa hầm; cho nên, cần cố gắng áp dụng.

**6.3** – Các hầm đường bộ chui qua đường phố, cũng như qua các nút giao thông đường phố đều là các công trình giao thông ngầm đô thị rất cần các giếng gió trung gian và các nhà che cửa hầm “thông minh”; vừa để tiết kiệm năng lượng, vừa để tăng khả năng an toàn thông gió và phòng chống cháy nổ trong hầm. Thế mà, chúng đều có thể xây dựng theo phương pháp đào hở; cho nên, ngay trong các thiết kế xây dựng mới, chúng ta đều cần cố gắng tìm giải pháp quy hoạch và kiến trúc phù hợp, để kết hợp phát triển kinh tế giao thông với bảo vệ cảnh quan môi trường bền vững.

**6.4** - Hệ thống dầm, giằng và neo xiên nghiên cứu ở đây cần đáp ứng các yêu cầu tối thiểu sau:

- Gia cố bờ dốc; phân luồng dòng chảy và các phóng vật xuống các hố ga và các rãnh dẫn dòng bên các lề đường cạnh cửa hầm.

- Hạn chế khả năng sụt lở thẳng đứng xuống không gian ngầm cửa và cổ hầm mới hình thành của khối đất đá yếu phía trên.

- Hiện đang có nhiều sơ đồ mạng dầm, giằng và neo xiên khác nhau; nhưng để đạt hiệu quả cao; nên chọn sơ đồ mạng dầm, giằng gồm các dầm dốc lớn và các giằng nghiêng nhỏ, bằng bê tông cốt thép đúc tại chỗ, bố trí theo hình thang lệch, tạo sóng dọc lồi phân luồng dòng chảy, từ mặt phẳng thẳng đứng chứa trục dọc cửa và cổ hầm, sang 2 rãnh dẫn dòng, xuống hố ga tiêu năng và thu gom vật rắn của hệ thống rãnh thoát nước mặt đường, cạnh cửa hầm, như đã nêu trong mục 5.1 ở trên; cùng với các neo xiên qua nút mạng dầm, giằng; theo các điều kiện nêu trong tiêu mục 5.2.5 ở trên.

- *Sơ đồ mạng dầm, giằng mới này tuy khó thi công hơn đôi chút; nhưng có hiệu quả an toàn vượt trội; cho nên cần được áp dụng cho mọi bờ dốc chính diện hào cửa hầm có điều kiện tương ứng sắp tới; trước hết là cho các bờ dốc chính diện có điều kiện tương ứng trong số các hầm Phước Tượng, Phú Gia (Thừa Thiên – Huế), Hòa Vang (Đà Nẵng) và Đèo Cả (Phú Yên – Khánh Hòa).*

- Hơn nữa để hỗ trợ cho hệ thống dầm, giằng và neo xiên đã nêu; trên bề mặt các bờ dốc xung quanh hào cửa hầm, còn rất cần được trồng cỏ, kết hợp với các cây họ si và đa nữa.

*Sử dụng hợp lý mạng dầm, giằng và neo xiên để xử lý và gia cố bờ dốc chính diện hào cửa hầm xuyên núi là một mảng nghệ thuật trong nền nghệ thuật xây dựng hầm nói chung; không nên công thức hóa chúng, rồi ứng dụng máy móc tràn lan; mà vừa phải chế hóa từng ưu, nhược điểm của chúng, trên cơ sở quy nạp và suy diễn duy vật biện chứng đầy sắc bén: xem xét sự vận động, phát*

*triển của các yếu tố ảnh hưởng, bao hàm cả những mâu thuẫn của các tiền đề; để rồi vừa sửa đổi, bổ sung, thay thế một vài chi tiết; thậm chí, tìm phương án khác theo hoàn cảnh cụ thể.*

**Tài liệu tham khảo:**

- [1] - TCVN 4527 – 1988 Hàm đường sắt và hàm đường ô tô – Tiêu chuẩn thiết kế. Nxb. Xây dựng – Hà Nội – 2003.
- [2] – Đỗ Thụy Đăng – Đường hầm Hải Vân thông gió chưa tốt , vì sao ? - T/C Xây dựng – Hà Nội – 10/2005.
- [3] – Đỗ Thụy Đăng – Vài bài học từ hầm Hải Vân và hầm Đèo Ngang cho các hầm xuyên núi khác – Báo cáo hội thảo “40 năm hợp tác Việt Nam - Nhật bản trong xây dựng: Thành tựu và cơ hội – Kỹ thuật xây dựng công trình ngầm, giao thông và địa kỹ thuật” – NXB Xây dựng - Hà Nội - 2013.
- [4] - Đỗ Thụy Đăng - Hầm Hải Vân hiện tại và tương lai – T/C Người Xây Dựng – Hà Nội - 3/2006.
- [5] – Đỗ Thụy Đăng – Nâng cao khả năng phòng chống cháy nổ xe trong hầm Hải Vân – T/C Người xây dựng – Hà Nội – 11/2008.
- [6] - Công ty Cổ phần Đầu tư Đèo Cả - Quy mô Dự án Hầm đường bộ qua Đèo Cả [7] – Đỗ Thụy Đăng & Đỗ Ngọc Anh – Bài học từ vụ sập trần hầm đường ô tô Sasago ở Nhật Bản. T/C Người xây dựng – Hà Nội - 1&2/2013.
- [8] - Thế Phong & nnk - Hội thảo “Hiển kế khai thác hiệu quả hầm đường bộ bền vững”.
- [9] – Đỗ Thụy Đăng – Cơ sở thiết kế loại cửa hầm giao thông có tường mặt cứng – T/C Người xây dựng – Hà Nội – 4/2006.
- [10] – Đỗ Thụy Đăng – Cửa hầm đường ô tô dưới đèo Hải Vân – T/C Xây dựng – Hà Nội – 11/2005.
- [11] - Đỗ Thụy Đăng – Định hướng chống giữ bờ dốc chính diện hào cửa hầm xuyên núi trong đất phủ mềm yếu, khi tiến toàn gương cửa và cổ hầm từ ngoài vào – T/C Người xây dựng – Hà Nội – 11&12/2013.
- [12] – Đại Dương – Khánh thành hầm đường bộ Đèo Ngang
- [13] – Cao Cường – Vũ Sơn – Đường cao tốc Nội Bài – Lào Cai đoạn cuối 19 km: Khẩn trương thi công về đích đúng kế hoạch
- [14] – Đỗ Thụy Đăng – Cơ sở chọn phương án bảo vệ và gia cố sườn dốc bên khối đất đá rời có liên kết sét – T/C Xây dựng – Hà Nội – 8/2011.
- [15] - Đỗ Thụy Đăng – Cơ sở bố trí và tính toán vì neo gia cường khối đá. - Thông tin Tư vấn thiết kế TEDI - Tổng công ty tư vấn thiết kế GTVT - Hà Nội – 12/2007.
- [16] - Đỗ Thụy Đăng – Nguyên lý làm việc của vì neo gia cường khối đá - T/C Người xây dựng – Hà Nội – 3/2008.