

Nghiên cứu thiết kế mặt cắt ngang hầm đô thị và hầm ngoài đô thị đáp ứng điều kiện an toàn giao thông

A Study on cross-section design to ensure the traffic safety for road tunnels in urban and rural areas

> TS NGUYỄN HỮU DŨNG

Bộ môn Đường bộ, Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: dungnh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hầm đường bộ là một công trình giao thông yêu cầu tuổi thọ thiết kế cao với mục tiêu thi công an toàn, hiệu quả, giảm thiểu rủi ro và đẩy nhanh tiến độ; quá trình vận hành và khai thác cần đáp ứng năng lực thông xe, mức độ an toàn; đồng thời chi phí đầu tư hiệu quả và hợp lý.

Do đó nghiên cứu thiết kế mặt cắt ngang hầm đường bộ (bao gồm: hầm đô thị và ngoài đô thị) cần đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật, an toàn và kinh tế, dựa trên điều kiện địa chất, địa hình, đặc điểm khu vực, biện pháp thi công (New Austrian Tunneling Method - NATM, Tunnel Boring Machine - TBM, Immersed Tunnel) và mục tiêu khai thác; để từ đó đề xuất mặt cắt ngang hầm tối ưu đảm bảo sự chuyển động an toàn của các phương tiện giao thông.

Từ khóa: Biện pháp thi công NATM, TBM, Mặt cắt ngang.

ABSTRACT

The road tunnel is a transportation structure that requires a high design service life, aiming for safe and efficient construction while minimizing risks and accelerating progress. Its operation and maintenance must ensure traffic capacity, safety levels, and cost-effective investment. Therefore, the study of cross-sectional design for road tunnels (including urban and rural tunnels) must meet the technical, safety and economic requirements based on geological and topographical conditions, as well as the regional characteristics, construction methods (such as the New Austrian Tunneling Method - NATM, Tunnel Boring Machine - TBM, and Immersed Tunnel), with the operational objectives. This approach enables the proposal of an optimal tunnel cross-section that ensures the safe movement of traffic vehicles.

Keyword: NATM; TBM; Immersed tunnel; cross-section.

1. NGUYÊN TẮC THIẾT KẾ

Nguyên tắc thiết kế mặt cắt ngang hầm đường bộ để đảm bảo sự chuyển động an toàn của các phương tiện giao thông, tạo điều kiện an toàn và hiệu quả cao trong quá trình thi công, khai thác, vận hành. Trong đó 2 yếu tố quan trọng quyết định đến mặt cắt ngang hầm bao gồm:

1.1 Kích thước cơ bản của mặt cắt ngang

• **Số làn xe:** Mỗi ống hầm nên bố trí tối thiểu hai làn xe để đáp ứng năng lực thông xe và giảm nguy cơ tai nạn. Số làn xe được tính toán dựa trên lưu lượng giao thông thiết kế năm tương lai và năng lực thông hành tối đa của một làn xe trong hầm.

• **Bề rộng một làn xe:** Đảm bảo đủ kích thước hình học của các loại phương tiện lưu thông và đáp ứng bề rộng theo tốc độ thiết kế được quy định trong tiêu chuẩn thiết kế (thông thường $B=3,5-3,75m$ / mỗi làn xe). Phần lớn các tiêu chuẩn thiết kế quy định bề rộng một làn xe phụ thuộc vào tốc độ thiết kế (ví dụ: $V=80km/h$ khi đó $B=3,5m$ / làn xe; $V=100km/h$ khi đó $B=3,75m$ / làn xe).

• **Dải an toàn:** Là khoảng rộng tối thiểu 50cm, để phân cách phần vạch sơn của mép đường xe chạy với bó vỉa hai bên. Trong trường hợp diện tích trong hầm hạn chế, có thể tận dụng khoảng rộng của hệ thống thoát nước dọc được bố trí bằng nắp rãnh bê tông chịu lực để thay thế dải an toàn.

Đối với ống hầm lưu thông với tốc độ $V=60-80km/h$ thì bề rộng dải an toàn tối thiểu là 0,5m.

Đối với ống hầm lưu thông với tốc độ $V\geq 100km/h$ thì bề rộng dải an toàn tối thiểu là 0,75m.

• **Đường thoát nạn:** bố trí chạy dọc theo chiều dài hầm và nên thiết kế cao hơn mặt đường xe chạy là 15cm. Chiều rộng thông thủy của đường thoát nạn không được nhỏ hơn 1,2m; chiều cao thông thủy không nhỏ hơn 1,9m và được dẫn trực tiếp đến lối thoát nạn; đồng thời phải được bảo vệ khỏi ảnh hưởng của giao thông trong hầm (theo TCVN 13878:2023). Ngoài ra, mặt đường trong hầm khi có hệ thống quản lý phương tiện có thể được coi là một phần của đường thoát nạn.

• **Lối thoát hiểm (còn được gọi là lối thoát nạn):** Lối thoát hiểm cho người đi bộ cần được đánh dấu và chỉ dẫn rõ ràng bằng hệ thống biển báo; khoảng cách giữa 02 lối thoát nạn dọc theo chiều dài hầm không vượt quá 300m. Chiều cao thông thủy của lối ra thoát nạn không nhỏ hơn 1,9m và chiều rộng thông thủy không nhỏ hơn 1,0m (theo TCVN 13878:2023).

• **Đường bảo dưỡng:** Lối đi rộng ít nhất đường 0,75m ở một hoặc cả hai bên sát vỏ hầm, để đủ bề rộng thực hiện công tác bảo dưỡng hầm.

• **Chiều cao tĩnh không hầm:** Đảm bảo cho các phương tiện xe cơ giới khổ lớn lưu thông, thông thường hầm cao từ 4,75 - 5,0m. Cụ thể: tĩnh không đứng tối thiểu cho các đường hầm phải là 4,75m cho hầm đường ô tô và 5,0m đối với hầm trên đường cao tốc. Tĩnh không đứng tối thiểu đối với bất kỳ hầm đường bộ đều không được nhỏ hơn tĩnh không cho phép đối với công trình đường dẫn vào hầm.

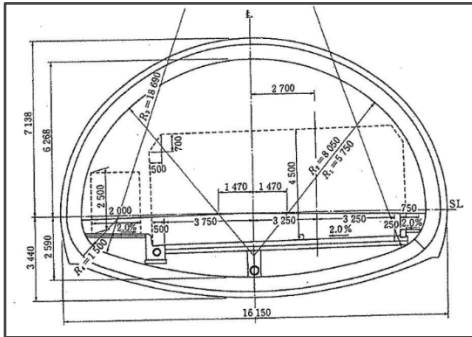
1.2 Biện pháp thi công đào hầm

a. Biện pháp thi công khoan và nổ mìn theo NATM (New Austrian Tunneling Method):

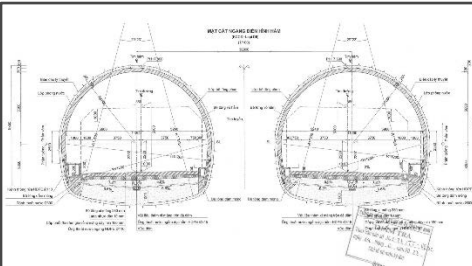
• Mặt cắt ngang hầm theo phương pháp thi công NATM thường có dạng hình vòm (hình cung hoặc elip). Ngoài ra, tùy theo điều kiện địa chất và yêu cầu công trình, mặt cắt ngang hầm có thể được điều chỉnh thành hình móng ngựa (horseshoe), hình oval hoặc hình bán elip để tối ưu hóa sự ổn định và tiết kiệm vật liệu gia cố.

• Lý do sử dụng mặt cắt ngang hầm dạng vòm để phân bố ứng suất đều hơn, giảm nguy cơ sụt lún. Tận dụng tốt khả năng chịu lực của đất đá xung quanh. Giảm biến dạng và đảm bảo độ ổn định của kết cấu hầm.

• Đối với hầm NATM, để đảm bảo tối ưu về tiết kiệm diện tích đào hầm và đảm bảo điều kiện chịu lực tốt nhất của kết cấu vòm hầm, việc lựa chọn tiết diện mặt cắt ngang hầm có thể tham khảo Tiêu chuẩn thiết kế hầm xuyên núi Nhật Bản năm 2006 với các giá trị bán kính đường hầm tương ứng là **R1 : R2 : R3 = 1,4 : 1 : 3,2**



Hình 1 thể hiện: Mặt cắt ngang hầm NATM đã được thẩm định và phê duyệt của dự án cao tốc Bắc-Nam phía Đông.



b. Biện pháp thi công khoan hầm bằng thiết bị TBM (Tunnel Boring Machine):

• Mặt cắt ngang của hầm TBM thường có dạng hình tròn. Lý do sử dụng mặt cắt ngang hình tròn khi khoan hầm bằng máy TBM là

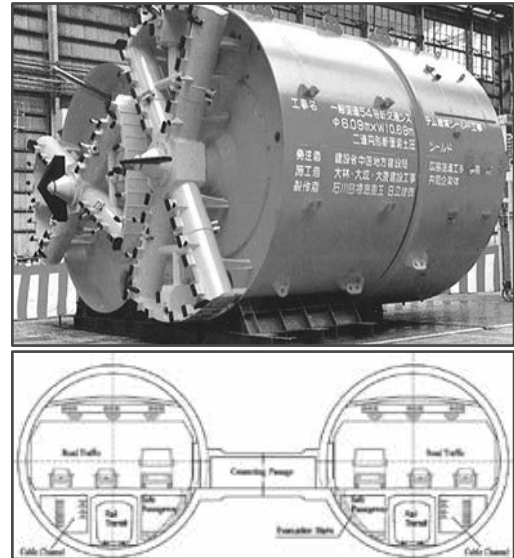
do thiết bị TBM khi vận hành có đầu cắt dạng tròn, giúp đào hầm với mặt cắt đồng nhất. Phân bố ứng suất đồng đều, giảm nguy cơ sụt lún và nứt vỡ kết cấu. Đồng thời dễ dàng lắp đặt hệ thống vỏ hầm bằng các tấm bê tông đúc sẵn.

• Phương pháp khoan hầm TBM phù hợp với nhiều loại địa chất, đặc biệt là đất yếu và địa tầng có áp lực nước lớn. Thích hợp khi khoan hầm đô thị hoặc khu vực dân cư đông đúc.

• Ngoài ra, trong một số trường hợp đặc biệt, máy đào khiên TBM có thể có mặt cắt hình **Elip** hoặc **hình số 8 (tức là hai hình tròn liền nhau, chữ OO, "Double-O-Tube Shield")** khi cần tăng không gian hoặc bố trí thêm làn giao thông. Ngoài ra thường được sử dụng trong thi công hầm giao thông đô thị, đặc biệt là đường hầm đôi dành cho tàu điện ngầm, nơi không thể đào hai hầm riêng biệt do nguy cơ sụt lún hoặc không gian hạn chế.

• Hiện nay các nước phát triển (như Mỹ, CHLB Đức, Pháp, Ý, Nhật...) phần lớn sử dụng phương pháp đào hầm TBM để giảm ô nhiễm không khí (bụi, khí thải) và hạn chế tiếng ồn và rung chấn.

• **Hình 2 thể hiện:** Mặt cắt ngang hầm sử dụng 02 máy khoan TBM có đường kính 15,4m, để đào hai đường hầm dài 8.950m nằm dưới vùng châu thổ sông Dương Tử, gần TP Thượng Hải, Trung Quốc - mỗi đường hầm được thiết kế có quy mô mặt cắt ngang của đường cao tốc 03 làn xe ô tô (Bäppler 2007; Huang 2008).



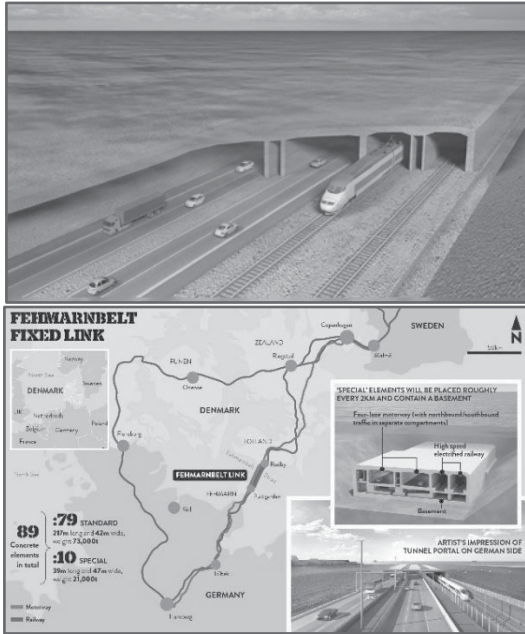
c. Biện pháp thi công theo phương pháp hầm chìm (Immersed Tunnel Method):

• Mặt cắt ngang của phương pháp thi công hầm chìm (Immersed Tunnel) thường có dạng hình chữ nhật hoặc hình hộp. Trong đó hình chữ nhật (rectangular box) là loại mặt cắt phổ biến nhất. Được cấu tạo từ các đốt hầm bằng bê tông cốt thép, dễ thi công, lắp ghép và chống thấm tốt.

• Mặt cắt hình chữ nhật có nhiều khoang (multi-cell box section). Trong đó mỗi khoang dành cho các mục đích phương tiện khác nhau (xe ô tô, đường sắt, đường ống kỹ thuật...). thường áp dụng trong các tuyến hầm chìm lớn (như hầm vượt sông, hầm vượt biển).

• Điển hình là đường hầm chìm vượt biển Fehmarn Belt (chiều dài hầm 18km kết nối Đức với Đan Mạch; khởi công năm 2020 và dự kiến hoàn thành năm 2029). Mặt cắt ngang hầm chìm có 04 làn đường cao tốc cho xe ô tô và 02 tuyến đường sắt tốc độ cao, được khởi công năm 2020 và dự kiến hoàn thành năm 2029. Hầm có mặt cắt hình chữ nhật nhiều khoang (được thiết kế 79 đốt hầm bê tông cốt thép, mỗi đốt dài 217m, rộng 42m, cao 9,0m, được đúc sẵn trên bờ rồi chìm

xuống đáy biển) để tối ưu không gian cho cả ô tô và tàu hỏa (**thể hiện tại Hình 3 dưới**).



2. SỰ KHÁC NHAU KHI LỰA CHỌN MẶT CẮT NGANG HẦM TRONG ĐÔ THỊ VÀ NGOÀI ĐÔ THỊ

Thiết kế quy mô mặt cắt ngang hầm đường bộ có sự khác biệt giữa khu vực đô thị và ngoài đô thị; do sự khác nhau về nhu cầu giao thông, không gian mặt bằng, điều kiện môi trường và yêu cầu an toàn. Dưới đây là sự so sánh giữa hai dạng mặt cắt ngang:

2.1 Nhu cầu về giao thông

a. Hầm trong đô thị:

❖ Được thiết kế để đáp ứng lưu lượng giao thông với nhiều loại phương tiện có động cơ, bao gồm: xe ô tô cá nhân, xe buýt, tàu điện và xe máy (*đặc biệt đối với những đô thị có mật độ phương tiện xe máy cao*).

❖ Bao gồm nhiều làn xe mỗi hướng và cần bố trí không gian lưu thông cho người bộ hành, xe đạp hoặc hệ thống giao thông công cộng (*bao gồm: làn xe buýt hoặc tàu điện ngầm nếu có*).

❖ Bề rộng làn xe trong hầm thường bố trí tối thiểu, do hạn chế không gian và chi phí Giải phóng mặt bằng trong môi trường đô thị đông đúc.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Được thiết kế để đáp ứng lưu lượng giao thông chủ yếu dành cho phương tiện ô tô cá nhân, xe tải, và xe Container.

❖ Thông thường mặt cắt ngang hầm chỉ lưu thông 2 hướng xe chạy; Số làn xe trên mỗi hướng phụ thuộc vào lưu lượng phương tiện cơ giới và quy mô cấp đường.

❖ Bề rộng làn xe trong hầm được bố trí tuân thủ theo tiêu chuẩn thiết kế, phụ thuộc vào tốc độ thiết kế và cấp đường tương ứng (*ví dụ: đối với $V=80\text{km/h}$ thì bề rộng một làn xe là $B=3,5\text{m}/1$ làn xe; đối với $V=100\text{km/h}$ thì bề rộng một làn xe là $B=3,75\text{m}/1$ làn xe*).

2.2 Nhu cầu về không gian mặt bằng

a. Hầm trong đô thị:

❖ Không gian mặt bằng trong đô thị thường bị hạn chế do cơ sở hạ tầng hiện có (*các tòa nhà và hệ thống tiện ích*) không thể di dời và phá bỏ.

❖ Thiết kế kích thước mặt cắt ngang hầm trong đô thị cần tối ưu hóa trong việc sử dụng không gian hạn chế, bao gồm việc nghiên cứu các cấu hình mặt cắt xếp chồng, mặt cắt dạng vuông

hoặc mặt cắt nhiều tầng hầm để phù hợp với khu vực không gian chật hẹp của đô thị.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Được xây dựng ở khu vực ngoài đô thị, nên ít hạn chế về không gian và mặt bằng. Do đó cho phép thiết kế các dạng mặt cắt ngang hầm theo quy mô thông thường, tuân thủ theo tiêu chuẩn kỹ thuật về tốc độ và cấp đường.

❖ Không nhất thiết bố trí các dạng mặt cắt ngang hầm quá phức tạp với nhiều tầng hầm.

2.3 Tính năng an toàn trong hầm

a. Hầm trong đô thị:

❖ Yêu cầu các hệ thống an toàn tiên tiến hơn do mật độ phương tiện và người đi bộ cao.

❖ Hệ thống thông gió phải xử lý mức độ ô nhiễm cao hơn và cần kiểm tra nguy cơ cháy nổ trong không gian đô thị chật hẹp.

❖ Có thể bố trí các lối thoát hiểm riêng hoặc hầm thoát hiểm song song gần với hầm chính để dễ dàng tiếp cận trong trường hợp ứng cứu khẩn cấp.

❖ Theo QCVN 07-4:2016/BXD yêu cầu: đối với hầm đô thị có chiều dài $\geq 500\text{m}$ cần bố trí ống hầm thoát hiểm chạy song song với ống hầm chính. Trường hợp mặt cắt ngang thiết kế lưu thông 2 ống hầm chạy song song, thì không yêu cầu xây dựng hầm thoát hiểm riêng mà sử dụng ống hầm này để làm chức năng thoát hiểm cho ống hầm kia.

❖ Điểm dừng xe khẩn cấp trong hầm: phải xây dựng các điểm dừng xe khẩn cấp với khoảng cách tối đa 400m cho mỗi chiều xe chạy (theo QCVN 07-4:2016/BXD).

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Hệ thống an toàn trong hầm được thiết kế đơn giản hơn, với khoảng cách giữa các lối thoát nạn dài hơn (*thông thường đối với hầm ngoài đô thị khoảng cách giữa hai lối thoát ngang cách nhau 300 mét*).

❖ Hệ thống thông gió chủ yếu tập trung vào việc xử lý hút khói trong tình huống khẩn cấp, hơn là kiểm soát chất lượng không khí liên tục.

2.4 Thông gió và kiểm soát môi trường

a. Hầm trong đô thị:

❖ Yêu cầu hệ thống thông gió tiên tiến và hiện đại để duy trì chất lượng không khí, đặc biệt trong khu vực có mật độ giao thông cao.

❖ Các biện pháp kiểm soát tiếng ồn và chấn động là cần thiết để giảm thiểu tác động đến cư dân và công trình xung quanh.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Yêu cầu về hệ thống thông gió đơn giản hơn, do mật độ giao thông thấp.

❖ Kiểm soát tiếng ồn và rung động thường ít quan trọng hơn, do có ít công trình bị ảnh hưởng xung quanh và vị trí hầm thường bố trí cách xa các khu dân cư.

2.5 Làn dành cho bộ hành, xe đạp, xe máy

a. Hầm trong đô thị:

❖ Thường bố trí lối đi dành riêng cho người đi bộ hoặc làn dành riêng cho xe đạp, xe máy; đặc biệt trong các hầm đô thị có mật độ khách du lịch đông đúc hoặc những đô thị phụ thuộc vào phương tiện xe hai bánh có động cơ.

❖ Việc đảm bảo người bộ hành có thể tiếp cận các lối thoát hiểm là một yếu tố quan trọng trong thiết kế hầm trong đô thị.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Hiếm khi bố trí cơ sở hạ tầng dành cho người đi bộ hoặc xe đạp, xe máy; vì nhu cầu sử dụng của khu vực ngoài đô thị là rất thấp.

❖ Do đó thiết kế quy mô mặt cắt ngang chủ yếu tập trung vào phương tiện cơ giới (*xe ô tô cá nhân và xe tải*).

2.6 Hệ thống chiếu sáng và biển báo

a. Hầm trong đô thị:

❖ Yêu cầu hệ thống chiếu sáng nâng cao để đảm bảo tầm nhìn tốt trong điều kiện giao thông dày đặc và an toàn cho người bộ hành.

❖ Biển báo có thể bao gồm hệ thống hiển thị động để cập nhật tình hình giao thông theo thời gian thực và quản lý phương tiện tuân thủ làn đường.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Hệ thống chiếu sáng được thiết kế để đảm bảo tầm nhìn xa với cấu hình đơn giản hơn.

❖ Biển báo tĩnh thường được áp dụng để đáp ứng theo quy định của tiêu chuẩn kỹ thuật, do mật độ giao thông ít phức tạp hơn.

2.7 Đặc điểm về kết cấu chống đỡ hầm

a. Hầm trong đô thị:

❖ Thường được xây dựng bằng phương pháp đào hở (*cut-and-cover*); công nghệ thi công *Top-down* (từ trên xuống), hoặc khoan TBM (*tunnel-boring-machine*) để giảm thiểu tác động đến các hoạt động trên mặt đất.

❖ Có thể cần gia cố để chịu tải trọng tác động từ các công trình lân cận.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Thường sử dụng phương pháp khoan TBM (*Tunnel-Boring-Machine*) hoặc khoan-nổ (*Drill-and-Blast*) trong địa hình tự nhiên.

❖ Thiết kế kết cấu chống đỡ đơn giản hơn; do ít chịu tác động từ cơ sở hạ tầng xung quanh.

2.8 Chi phí xây dựng và bảo trì

a. Hầm trong đô thị:

❖ Chi phí xây dựng và bảo trì hầm thông thường cao hơn, do bố trí hệ thống an toàn tiên tiến, hạn chế về không gian và yêu cầu tích hợp trong môi trường đô thị.

❖ Cần kiểm tra và bảo trì thường xuyên do lưu lượng và mật độ sử dụng cao, sự hao mòn lớn.

b. Hầm ngoài đô thị:

❖ Chi phí bảo trì thấp hơn, do thiết kế đơn giản, thiết kế thông thường theo định hình; đồng thời thành phần phương tiện lưu thông trong hầm không quá phức tạp và công tác vận hành đơn giản hơn.

❖ Khoảng thời gian bảo trì có thể kéo dài hơn, do ít hao mòn và mật độ sử dụng không cao.

❖ Bảo trì ít thường xuyên hơn; nhưng cần phải tính đến chiều dài hầm lớn và khả năng xác suất xử lý các tình huống tai nạn với tốc độ cao hơn.

Tóm lại: Thiết kế mặt cắt ống hầm cần được tối ưu hóa dựa trên các yêu cầu đặc thù về khu vực, địa hình, biện pháp thi công, điều kiện an toàn và mục đích sử dụng, được tổng hợp theo bảng phía dưới.

Đặc điểm	Hầm đô thị	Hầm ngoài đô thị
Lưu lượng giao thông	Nhiều loại phương tiện (ô tô / xe đạp / xe máy / bộ hành)	Chủ yếu ô tô, xe tải và Container
Mặt bằng	Hạn chế, không thể di dời và phá bỏ	Ít hạn chế về mặt bằng
Đặc điểm an toàn	Hệ thống tiên tiến cùng với tần suất lối thoát hiểm bố trí mật độ cao	Hệ thống thông dụng, tần suất lối thoát hiểm bố trí theo quy định
Thông gió	Yêu cầu cao về kiểm soát ô nhiễm	Yêu cầu cơ bản đảm bảo chức năng hút khói

Đặc điểm	Hầm đô thị	Hầm ngoài đô thị
Chiếu sáng	Cải thiện để tăng khả năng quan sát khi mật độ xe tăng lên	Đơn giản hơn, với khoảng cách bố trí xa hơn
Làn xe máy & xe đạp & bộ hành	Bố trí làn dành riêng cho xe đạp & xe máy & bộ hành	Hiếm khi sử dụng
Kết cấu chống đỡ	Yêu cầu cao hơn do hạn chế mặt bằng	Phù hợp với tầng địa chất

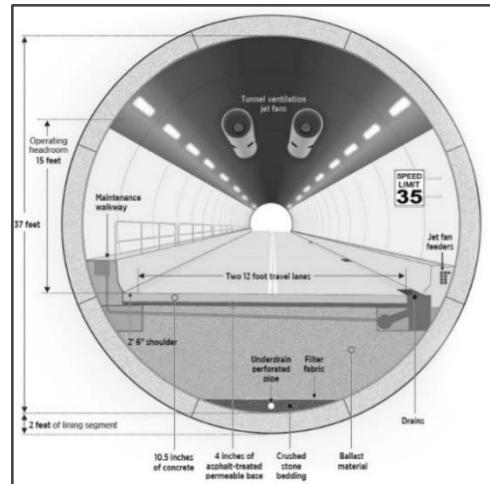
3. VẬN DỤNG TRONG THỰC TIỄN

Phần này giới thiệu và phân tích các mặt cắt ngang hầm đường bộ đã được vận dụng trong các hồ sơ thiết kế của các dự án thực tiễn tại Việt Nam và trên thế giới.

3.1 Mặt cắt ngang hầm trong đô thị

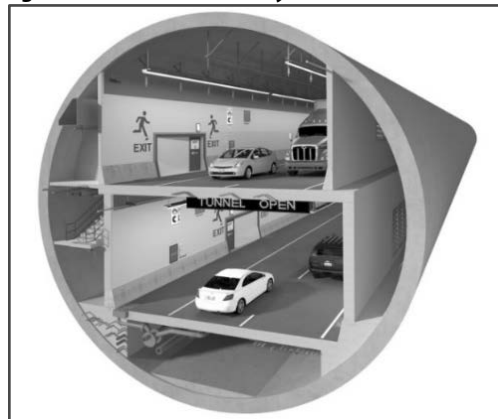
a. Đường hầm Cảng Miami (Mỹ):

❖ Đường hầm Cảng Miami (còn được gọi là đường hầm "State Road 887") là một đường hầm nằm dưới biển dài 4.200 feet (≈ 1.300 m) nằm tại Miami bang Florida. Nó gồm hai đường hầm song song (một chiều cho mỗi hướng) chạy dưới vịnh Biscayne, kết nối MacArthur Causeway trên đảo Watson với PortMiami trên đảo Dodge.



❖ Hầm Cảng Miami được thi công theo phương pháp TBM, kết nối Cảng Miami với đảo Watson, và được thông xe vào ngày 3/8/2014. Trong tháng đầu tiên, đường hầm trung bình tiếp nhận 7.000 phương tiện mỗi ngày, và hiện tại có gần 16.000 phương tiện/ngày di chuyển đến cảng.

b. Đường hầm "SR 99 Tunnel" (Mỹ):

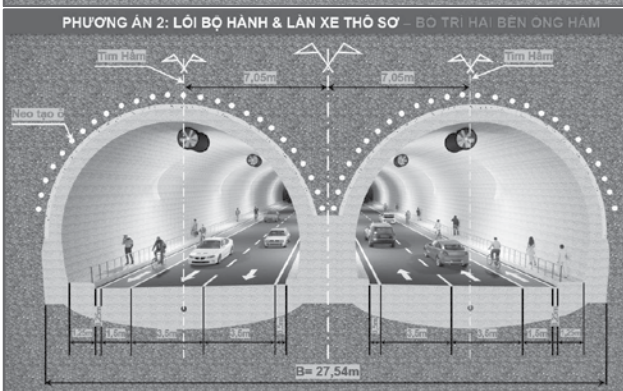
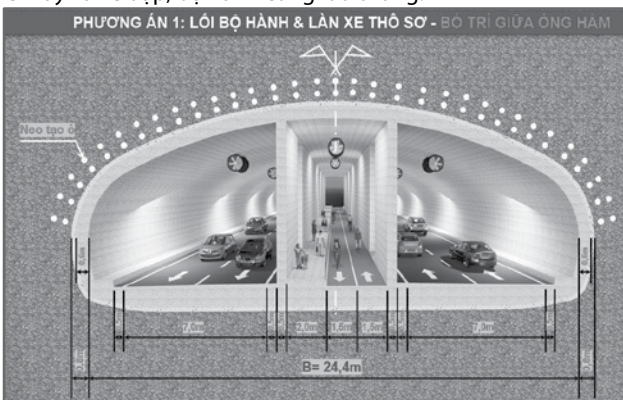


❖ Đường hầm “SR 99 Tunnel” là một đường hầm giao thông nằm dưới Seattle, Washington, Mỹ, thuộc Dự án thay thế cầu Viaduct SR 99 (Seattle Waterfront). Được gọi là **Alaskan Way Viaduct Replacement Tunnel**, đường hầm này là một phần của dự án nhằm cải thiện hệ thống giao thông trong thành phố Seattle và thay thế cầu Viaduct SR 99 cũ, vốn đã bị hư hỏng sau trận động đất năm 2001.

❖ Đường hầm dài 2 dặm (3,2 km), được thiết kế mặt cắt ngang gồm 02 tầng hầm, kết nối một phần của đại lộ State Route 99 (SR 99) đi qua khu vực trung tâm thành phố Seattle, từ SoDo ở phía Nam đến South Lake Union ở phía Bắc.

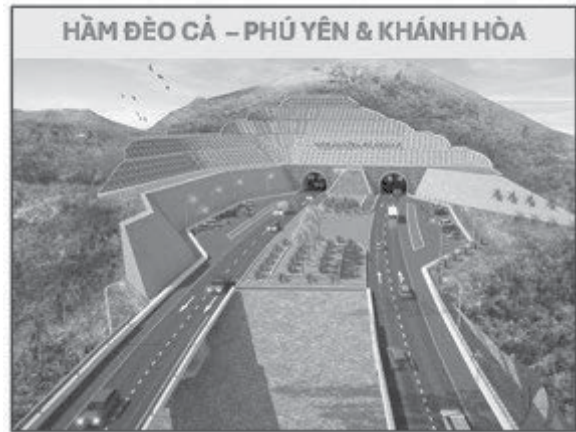
c. Mặt cắt ngang hầm đô thị được đề xuất trong các thành phố có mật độ xe máy và bộ hành đông đúc:

Dưới đây là hình ảnh một số mặt cắt ngang hầm tham khảo trong khu vực đô thị được đề xuất bố trí phục vụ cho phương tiện ô tô, xe máy và xe đạp, bộ hành cùng lưu thông.



3.2 Mặt cắt ngang hầm ngoài đô thị - trên các tuyến quốc lộ và cao tốc

Điển hình là hình ảnh mặt cắt ngang hầm Đèo Cả (kết nối Phú Yên - Khánh Hòa), được thể hiện hình phía dưới.



4.KẾT LUẬN:

Thiết kế mặt cắt ngang hầm cần được tối ưu với các yếu tố an toàn cần được xác định thông qua sự kết hợp giữa các tiêu chí sau đây:

a) Đặc điểm giao thông: Số làn xe, tốc độ thiết kế, cấp đường, loại phương tiện và lưu lượng giao thông.

b) Biện pháp thi công đào hầm: Dựa trên phương pháp thi công (NATM hay TBM hay hầm chìm) sẽ đề xuất mặt cắt ngang hầm có hình dạng phù hợp.

c) Đặc điểm địa chất: Độ ổn định của đất, đá, điều kiện mực nước ngầm và rủi ro địa chấn.

d) Tiêu chuẩn an toàn: Tuân thủ các quy định trong nước và quốc tế.

e) Yếu tố kinh tế: Giảm thiểu chi phí xây dựng và bảo trì mà không ảnh hưởng đến tiêu chí an toàn.

f) Đặc điểm về môi trường: Giảm thiểu tác động đến hệ sinh thái và sự gián đoạn trong quá trình thi công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bäßler, K., 2007, Mix-shields for Shanghai motorway tunnels. Tunnel 7/2007: 53-59.
2. Huang, R. 2008. Overview of ShanghaiYangtze River Tunnel Project, Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground - Ng, Huang & Liu (eds), Taylor & Francis: 29-44.
3. AASHTO LRFDTUN-1, LRFD Road Tunnel Design and Construction Guide Specification, 2017.
4. AASHTO 2010. Technical Manual for Design of Road Tunnels - Civil Elements.
5. TCVN 13878:2023: Tiêu chuẩn Phòng cháy chữa cháy - Hầm đường bộ - Yêu cầu thiết kế - năm 2023.
6. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 07-4:2016/BXD: Các công trình hạ tầng kỹ thuật - Công trình giao thông.