

VẤN ĐỀ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM THÍCH ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NƯỚC BIỂN DÂNG

THE PROBLEM OF UNDERGROUND CONSTRUCTION TO ADAPT TO CLIMATE CHANGE (CC) AND SEA LEVEL RISE (SLR)

PGS.TS. Nguyễn Đức Nguồn

Đại học Kiến trúc Hà Nội

Tóm tắt: Bài báo trình bày các biểu hiện của biến đổi khí hậu và nước biển dâng, các tác động có hại của sự biến đổi đó đối với sự làm việc của công trình ngầm. Để giảm bớt các tác động có hại đó, bài báo trình bày các vấn đề cần xét tới trong các dự án xây dựng công trình ngầm, đồng thời bài báo cũng đưa ra các ý kiến, kiến nghị điều chỉnh, bổ sung một số tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành của nước ta nhằm xây dựng công trình ngầm thích ứng với điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng.

Abstract: This paper presents the manifestations of climate change and sea level rise, the adverse effects of such changes on the work of the underground. To reduce the harmful effects that the article presents the issues to be considered in the project to build underground, articles and comments are also made recommendations for adjusting and supplementing a number of criteria and norms prevailing in our country to build underground conditions adapt to climate change and sea level rise.

1. MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH), nhiệt độ trên toàn cầu tăng và nước biển dâng tác động đến toàn bộ điều kiện sống của mọi sinh vật trên toàn cầu, tác động xấu lên toàn bộ các lĩnh vực kinh tế - xã hội của tất cả các nước trên toàn thế giới, trong đó Việt Nam là một trong những đất nước chịu tác động nặng nề nhất.

Nhiệt độ tăng, mực nước biển dâng (NBD) cao tác động trực tiếp đến điều kiện tự nhiên và các công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị, đặc biệt là các đô thị vùng ven biển.

Trước tình hình đó vấn đề nghiên cứu phân tích, đánh giá và đề xuất điều chỉnh bổ sung các yêu cầu trong các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành về công trình hạ tầng kỹ thuật để ứng phó với BĐKH và NBD là rất cần thiết.

2. CÁC BIỂU HIỆN CỦA BĐKH VÀ NBD

Biến đổi khí hậu trái đất là sự thay đổi của hệ thống khí hậu gồm khí quyển, thủy quyển, sinh quyển, thạch quyển hiện tại và trong tương lai bởi các nguyên nhân tự nhiên và nhân tạo.

Nguyên nhân chính của biến đổi khí hậu Trái đất là do sự gia tăng các hoạt động tạo ra các chất thải khí nhà kính, các hoạt động khai thác quá mức các bể hấp thụ khí nhà kính như sinh khối, rừng, các hệ sinh thái biển, ven bờ và đất liền khác. Các khí thải ảnh hưởng chính đến BĐKH là các khí CO₂, CH₄, N₂O, HFC_s, PFC_s và SF₆. Trong đó CO₂ phát thải khí đốt cháy nhiên liệu hóa thạch (than, dầu, khí) là nguồn khí nhà kính chủ yếu do con người gây ra trong khí quyển. Trong những năm gần đây, lượng phát thải CO₂ tăng từ mức 1,1% trong những năm 1990 lên mức 3,3% trong giai đoạn 2000-2004.

Theo báo cáo của tổ chức Liên Hợp Quốc thì nguyên nhân biến đổi khí hậu 90% là do con người gây nên, chỉ khoảng 10% là do tự nhiên.

Từ năm 1906- 2005 nhiệt độ trung bình toàn cầu tăng lên 0,74⁰ C và tốc độ tăng của nhiệt độ trong 50 năm gần đây gấp đôi so với 50 năm trước. Nhiệt độ trên lục địa tăng nhanh hơn so với trên đại dương (theo IPCC-2007). Hiện tượng mưa lớn tăng ở nhiều khu vực trên thế giới. Theo dự đoán, vào cuối thế kỷ 21 nhiệt độ toàn cầu có thể tăng lên 4⁰C.

Số liệu đo đạc từ vệ tinh cho thấy trong giai đoạn 1993-2003 tốc độ tăng của mực nước biển trung bình toàn cầu là 3,1±0,5mm/năm nhanh hơn đáng kể so với giai đoạn 1961-2003. Nói chung mực nước biển tăng nhanh vào cuối thế kỷ 19 và tăng gấp 3 lần trong hai thập niên qua. Nguyên nhân chính là sự dẫn nở nhiệt của Đại dương và sự tan băng.

Cùng với nước biển dâng tốc độ lún sụt của mặt đất đạt 1,5-5,3cm/năm đe dọa nhiều thành phố trên thế giới vào năm 2100 (Thái lan, Mĩ, Ấn Độ, Bangladesh,...), đe dọa khoảng 65 triệu dân vùng lưu vực sông Mê Công.

3. KỊCH BẢN VỀ BĐKH VÀ NBD Ở VIỆT NAM

Theo kịch bản do Bộ Tài nguyên và Môi trường nghiên cứu và công bố năm 2008 [5], BĐKH và NBD ở nước ta được phân theo 7 vùng khí hậu: Tây Bắc, Đông Bắc, Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ tương ứng với 03 kịch bản “nhà kính”: phát thải cao (A₂), phát thải trung bình (B₂), phát thải thấp (B₁). Trong đó kịch bản được khuyến cáo lựa chọn để có biện pháp ứng phó là B₂. Với kịch bản này, BĐKH và NBD ở nước ta vào cuối thế kỷ 21 sẽ như sau:

3.1 Lượng mưa trung bình so với thời kỳ 1980-1999 như sau:

| Vùng | Các mốc thời gian của thế kỷ 21 | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2060 | 2070 | 2080 | 2090 | 2100 |
| Tây Bắc | 1,4 | 2,1 | 3,0 | 3,8 | 4,6 | 5,4 | 6,1 | 6,7 | 7,4 |
| Đông Bắc | 1,4 | 2,1 | 3,0 | 3,8 | 4,7 | 5,4 | 6,1 | 6,8 | 7,3 |
| Đông bằng Bắc Bộ | 1,6 | 2,3 | 3,2 | 4,1 | 5,0 | 5,9 | 6, | 7,3 | 7,9 |
| Bắc Trung Bộ | 1,5 | 2,2 | 3,1 | 4,0 | 4,9 | 5,7 | 6,4 | 7,1 | 7,7 |
| Nam Trung Bộ | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 3,2 |
| Tây Nguyên | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| Nam Bộ | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 |
| Nước biển dâng, cm | 12 | 17 | 23 | 30 | 37 | 46 | 54 | 64 | 75 |

3.2 Mức tăng nhiệt độ trung bình năm (°C) so với thời kỳ 1980-1999 như sau:

| Vùng | Các mốc thời gian của thế kỷ 21 | | | | | | | | |
|------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2060 | 2070 | 2080 | 2090 | 2100 |
| Tây Bắc | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 2,6 |
| Đông Bắc | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,6 | 1,8 | 2,1 | 2,3 | 2,5 |
| Đông bằng Bắc Bộ | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 |
| Bắc Trung Bộ | 0,5 | 0,8 | 1,1 | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 2,4 | 2,6 | 2,8 |
| Nam Trung Bộ | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,9 |
| Tây Nguyên | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| Nam Bộ | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |

Diện tích bị ngập lụt ở nước ta:

Theo kịch bản này thì đến năm 2100 nước biển có thể dâng lên 75cm so với hiện nay. Trong trường hợp đó:

- Khu vực thành phố Hồ Chí Minh bị ngập mất khoảng 10% diện tích tức là khoảng 204km²;
- Khu vực Đồng bằng sông Cửu Long bị ngập mất khoảng 19% diện tích, tức là khoảng 7500km².

4. TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH VÀ NBD ĐỐI VỚI HỆ THỐNG CÔNG TRÌNH NGẦM

4.1 Các hậu quả đối với điều kiện xây dựng

- Co giảm diện tích đất xây dựng;
- Làm xói lở bờ biển và nhiễm mặn nguồn nước;
- Gây khó khăn cho việc thoát nước;
- Tăng tải trọng và tăng áp lực lên công trình ngầm;
- Gây lụt lội ngập nước, khả năng xâm thực cao, phá hủy các công trình xây dựng.

Nếu theo kịch bản A₂, trường hợp nước biển dâng 100cm, Việt Nam có thể thiệt hại 10% GDP và 10 % dân số bị ảnh hưởng. Trong đó Tp. Hồ Chí Minh sẽ bị ngập khoảng 23% diện tích đất, tương đương khoảng 437km²; vùng Đồng bằng sông Cửu bị ngập khoảng 37,8% diện tích đất, tương đương khoảng 15116km².

4.2 Tác động đối với công trình ngầm

BĐKH và NBD gây lũ lụt, hạn hán, sa mạc hóa, gây tác hại lớn đối với các công trình xây dựng nói chung và đối với các công trình ngầm đô thị nói riêng, cụ thể:

- Nhiệt độ tăng, băng tan, nước biển dâng có thể gây biến dạng mặt đất, nứt vỡ bề mặt, giết chết nhiều loại thực vật gây xói mòn, trượt lở đất những khu vực công trình đi qua;
- Nhiệt độ tăng giảm bất thường, chênh lệch nhiệt độ lớn, biến dạng nhiệt có thể gây nứt gãy công trình, đặc biệt đối với các công trình ngầm dạng tuyến như các tuyến đường chạy tàu, tủy nện kỹ thuật...;
- Gây nứt nẻ bề mặt, tạo nên các đường đứt gãy của vỏ trái đất, dẫn đến động đất, sóng thần gây sụt lở, chảy dẻo, hóa lỏng nền, phá hủy các công trình lịch sử, kiến trúc, sụp đổ công trình ngầm.
- Hệ thống thoát nước hiện tại một số nơi có thể mất tác dụng, không có cửa thoát;
- Mức nước dâng cao có thể đẩy nổi công trình ngầm;
- Mức nước cao, áp lực lớn gây thấm vào công trình ngầm làm ảnh hưởng đến chất lượng kết cấu và các hệ thống kỹ thuật trong đó;
- Sự cố công trình, đứt gãy hệ thống đường chạy tàu, tủy nện kỹ thuật có thể gây nên cháy nổ đối với các đường ống cấp điện; làm tê liệt hệ thống cấp nước, nhiễu loạn hệ thống thông tin;
- Mức nước dâng cao dẫn đến áp lực nước tăng lên tác dụng lên kết cấu công trình ngầm.
- Giảm cường độ đất nền; gây lún sụt và biến dạng công trình;
- Giảm tuổi thọ công trình.

Tuy nhiên trong một số quy chuẩn, tiêu chuẩn về xây dựng ngầm hiện hành (ví dụ: QCXD 08/ 2009/BXD- phần tàu điện ngầm, TCVN 4527 : 1988- Hàm đường sắt và hàm đường ô tô...) chưa hề đề cập tới các ảnh hưởng của BĐKH và NBD, chưa đưa ra các quy định bắt buộc trong quá trình thiết kế, thi công, khai thác công trình ngầm nhằm ứng phó với các tác động đó.

⊕ Tác động của BDKH và NBD và các vấn đề cần xét trong dự án công trình ngầm

| Tác động của BDKH và NBD | Các vấn đề cần xét trong dự án công trình ngầm | | | | | | |
|---|--|------------|---------------|-----------|----------------|----------------|------------------|
| | Kết cấu công trình | Chống thấm | Chống đẩy nổi | Thông gió | Cấp-Thoát nước | Cấp điện, PCCC | An toàn vật liệu |
| Ngập nước | X | X | X | | X | X | X |
| Nhiễm mặn | X | | | | | X | X |
| Thay đổi nhiệt độ bất thường | X | | | X | | X | |
| Xói ngầm, hóa lỏng nền | X | | | | | | |
| Sạt lở đất | X | | | | | | |
| Thay đổi tính chất cơ lý nền đất | X | | | | | | |
| Áp lực nước ngầm | X | | | | | | |
| Biến dạng mặt đất | X | | | | X | X | |
| Tác động tương hỗ giữa kết cấu và nền đất | X | | | | | | X |

5. MỘT SỐ ĐỀ XUẤT ĐIỀU CHỈNH, BỔ SUNG TRONG QUY CHUẨN, TIÊU CHUẨN HIỆN HÀNH VỀ XÂY DỰNG NGẦM

5.1. Công tác khảo sát xây dựng trong quy chuẩn, tiêu chuẩn xây dựng ngầm cần được đề cập tới các vấn đề sau đây:

1. Công tác khảo sát phải đánh giá được tình hình BDKH và NBD trong khu vực theo kịch bản đã được chấp nhận.

2. Cung cấp đầy đủ các số liệu, tài liệu, thông số kỹ thuật về các công trình ngầm và công trình trên mặt đất hiện có, hiện trạng địa hình, các điều kiện địa chất - công trình, địa chất - thủy văn do hậu quả của BDKH và NBD tại khu vực gây nên, khả năng tồn tại các loại khí độc tại khu vực xây dựng để làm cơ sở xác định phạm vi, độ sâu công trình, lựa chọn công nghệ thi công thích hợp nhằm bảo đảm an toàn cho người, công trình nổi và công trình ngầm lân cận.

3. Dự báo các thay đổi bất thường về điều kiện địa chất - công trình, địa chất - thủy văn cũng như ảnh hưởng của BDKH và NBD tại khu vực xây dựng, cần có các thí nghiệm mô phỏng để đánh giá được sự thay đổi các tính chất cơ - lý của khối đất xung quanh công trình và có đánh giá cụ thể phục vụ công tác thiết kế, thi công xây dựng công trình ngầm.

4. Công tác khảo sát địa chất - công trình, địa chất - thủy văn cần lưu ý các vùng đứt gãy, các vùng có nguy cơ xói ngầm, cát chảy, trượt lở, động đất.

5. Xây dựng công trình ngầm cần phải tiến hành khảo sát vệ sinh môi trường- công trình.

Công trình ngầm thường nằm ở độ sâu lớn, được xây dựng tại những vùng trung tâm đô thị, các công trình kéo dài dạng tuyến đi qua nhiều vùng nhiều khu vực, chúng có ảnh hưởng lớn đến điều kiện xung quanh, cũng như trạng thái môi trường, địa kỹ thuật, thủy văn. Do đó vấn đề khảo sát vệ sinh môi trường- công trình là nhiệm vụ quan trọng trong việc bảo vệ môi trường xung quanh khi xây dựng công trình ngầm dạng tuyến cũng như các công trình đào sâu.

Công tác khảo sát vệ sinh môi trường- công trình khi xây dựng công trình ngầm cần thực hiện những phần chính sau:

- a) Nghiên cứu trạng thái môi trường thiên nhiên;
- b) Nghiên cứu địa kỹ thuật môi trường;
- c) Môi trường địa chất - thủy văn;
- d) Nghiên cứu các yếu tố về văn hoá, xã hội, lịch sử khu vực.

6. Bảo đảm vệ sinh- môi trường và phải hoàn trả mặt bằng sau khi hoàn thành nhiệm vụ khảo sát.

5.2. Công tác thiết kế xây dựng công trình ngầm

Công trình ngầm là những công trình có vốn đầu tư lớn, kỹ thuật phức tạp, niên hạn khai thác lâu dài, do đó công tác thiết kế có ý nghĩa rất quan trọng. Trong đó cần phải xét được đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng trong quá trình thi công cũng như khai thác công trình, đặc biệt trong điều kiện BDKH và NBD.

1. Khi thiết kế phải xét đến điều kiện BDKH và NBD trong khu vực theo kịch bản đã được chấp nhận.

2. Thiết kế kết cấu công trình ngầm cần dựa trên điều kiện địa chất - công trình, điều kiện địa chất- thủy văn và công nghệ thi công có xét đến điều kiện BDKH và NBD khu vực trên cơ sở mô phỏng tác động của chúng.

3. Cần xét đến tính đồng bộ trong việc xây dựng công trình ngầm kết nối phù hợp với quần thể kiến trúc của các công trình liền kề, trên mặt đất, với hệ thống hạ tầng kỹ thuật chung của đô thị; bảo đảm an toàn, không làm ảnh hưởng đến các công trình xây dựng lân cận; kết hợp với yêu cầu bảo đảm an ninh, quốc phòng khi cần thiết, đồng thời phải có giải pháp về bảo tồn cây xanh, bảo vệ di tích lịch sử, văn hóa tại khu vực xây dựng;

4. Thiết kế các hệ thống chiếu sáng, điều hòa, thông gió, cấp nước, thoát nước, cấp điện, phòng cháy, chữa cháy, thoát hiểm và hệ thống kiểm soát khai thác vận hành trong công trình phải phù hợp với loại và cấp công trình theo quy định của pháp luật về xây dựng và phải xét đến các yếu tố ảnh hưởng do điều kiện biến đổi khí hậu gây nên;

5. Cần có các biện pháp bảo đảm các yêu cầu về tăng cường chống thấm, chống ăn mòn và xâm thực;

6. Có quy trình vận hành sử dụng, quy định bảo trì công trình ngầm và phải đề xuất nhiệm vụ của công tác quản lý địa kỹ thuật.

7. Do các công trình ngầm thường được xây dựng tại những nơi đông dân cư nên khi tính toán, thiết kế hố đào sâu trong các vùng xây chen cần có những quy định cần thiết để bảo vệ môi trường và công tác an toàn nói chung.

8. Khi tính toán cần xét đến khả năng thay đổi các điều kiện địa chất - thủy văn cũng như các tính chất cơ - lý của đất, các hiện tượng lún sụt, xói ngầm, cát chảy, tính trương nở của đất do BDKH và NBD cũng như các yếu tố tự nhiên khác gây nên.

9. Kết cấu chắn giữ hố đào sâu được lựa chọn trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế- kỹ thuật trong điều kiện cụ thể và phải xét đến các điều kiện và niên hạn khai thác cũng như ảnh hưởng của BDKH và NBD tại khu vực.

5.3 Yêu cầu về vật liệu, cách nước và chống ăn mòn

1. Cách nước cho công trình ngầm nhằm các mục đích sau:

- Cách nước chống thấm sử dụng để bảo vệ các bộ phận kết cấu công trình ngầm tránh tác động có hại (ăn mòn hoá học) của nước mặt và nước ngầm cũng như để chống rỉ do dòng điện dò;

- Cách nước kín sử dụng để chống thấm qua các liên kết mối nối của kết cấu;
- Cách nước nóng, cách nhiệt cho công trình.

2. Trong điều kiện BDKH và NBD, tất cả kết cấu ngầm chịu lực và bao che cần phải được làm bằng vật liệu chống thấm hoặc có lớp cách nước chuyên dùng có khả năng chống thấm, chống ăn mòn do nước biển và các hóa chất khác gây nên.

3. Loại vật liệu cách nước (cách nước sơ cấp), phương pháp xây dựng cách nước (cách nước thứ cấp) và độ tin cậy cách điện cho công trình ngầm cần được quy định cụ thể.

4. Cần có các yêu cầu về các mối nối liên kết của kết cấu công trình ngầm đảm bảo cách nước trong điều kiện áp lực tăng và khả năng ăn mòn cao của nước ngầm nhiễm mặn.

5.4 Các yêu cầu về thông gió, phòng cháy, chiếu sáng cho công trình ngầm cần có được bổ sung trong điều kiện BDKH và NBD, ví dụ: sự thay đổi nhiệt độ, chế độ gió, điều kiện ngập nước...

5.5 Quan trắc địa kỹ thuật đối với công trình ngầm

Trong điều kiện BDKH và NBD nhiều yếu tố ảnh hưởng bất lợi tới công trình ngầm do đó công tác quan trắc địa kỹ thuật đối với công trình này là rất cần thiết, cần phải được quy định cụ thể.

Trong quy chuẩn, tiêu chuẩn xây dựng ngầm cần có các yêu cầu đối với công tác quan trắc địa kỹ thuật :

- a) Quan trắc địa kỹ thuật phải được thực hiện theo quy định trong suốt quá trình thi công và theo thời gian quy định trong quá trình khai thác công trình ngầm;
- b) Quan trắc địa kỹ thuật bao gồm các quan trắc BDKH và NBD trên địa bàn đô thị, trên bản thân công trình ngầm, môi trường địa chất, các công trình lân cận;
- c) Công tác quan trắc địa kỹ thuật thực hiện theo đúng phương án quan trắc đã được chủ đầu tư hoặc chủ quản lý sử dụng phê duyệt;
- d) Khi quan trắc thấy có yếu tố bất thường thì nhà thầu xây dựng phải thông báo cho chủ đầu tư hoặc chủ quản lý sử dụng và cơ quan thiết kế để có các biện pháp xử lý kịp thời.

5.6 Bảo trì công trình ngầm

Công trình ngầm nằm hoàn toàn trong khối đất đá, kết cấu của chúng tác động tương hỗ với khối đất xung quanh, chịu tác động của tải trọng đất đá và tất cả các biến đổi trong khối đất đá cũng như tác động của nước ngầm (thấm, ăn mòn...). Do đó công tác bảo trì thường xuyên và định kỳ đối với loại công trình này là điều bắt buộc.

1. Trong điều kiện BDKH và NBD công trình ngầm phải được bảo trì theo quy định phù hợp với điều kiện biến đổi môi trường.

2. Công trình ngầm phải thực hiện chế độ bảo trì (thường xuyên và định kỳ).

3. Khi thực hiện công tác bảo trì, phải chú ý kiểm tra nghiêm ngặt hệ thống đấu nối công trình; các thiết bị kiểm soát thông gió, chiếu sáng, phòng chống cháy nổ và bảo vệ môi trường.

4. Cần có quy định về việc lưu trữ hồ sơ thiết kế công trình ngầm

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Diễn biến của BDKH và NBD là rất phức tạp, ảnh hưởng xấu toàn diện tới môi trường và điều kiện xây dựng đặc biệt đối với hệ thống công trình ngầm đô thị do đó cần sớm biện pháp ứng phó;
- Các quy chuẩn, tiêu chuẩn công trình ngầm đô thị nói riêng và công trình ngầm nói chung cần xét đến kịch bản của BDKH và NBD đã được chấp nhận, kết cấu của chúng cần được xây dựng phù hợp với điều kiện môi trường được dự báo và dự kiến phân đoạn trong quá trình xây dựng.
- Trong điều kiện BDKH và NBD kết cấu công trình ngầm đô thị cần được kiên cố hóa, thông gió, cách nước và chống ăn mòn tốt và cần được quan trắc, bảo trì phù hợp trong quá trình khai thác.
- Cần sớm có kế hoạch rà soát lại các tiêu chuẩn, quy chuẩn trong lĩnh vực xây dựng ngầm nói chung và công trình ngầm đô thị nói riêng nhằm ứng phó với điều kiện BDKH và NBD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] QCVN 07:2010/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia các công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị;
- [2] Nghị định Số: 39/2010/NĐ-CP Về quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị, ngày 07 tháng 4 năm 2010;
- [3] QCXDVN 08:2009/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về công trình ngầm đô thị.
 - a. Phần 1. Tàu điện ngầm;
- [4] TCVN 4527 : 1988- Hàm đường sắt và hàm đường ô tô
- [5] Chương trình mục tiêu Quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu, BTNMT, 2008.