

# Nghiên cứu ảnh hưởng của rung động đất nền do máy thi công trên tuyến đường sắt đô thị

■ **TS. NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG; NGUYỄN HỮU QUYẾT**

*Trường Đại học Giao thông vận tải*

■ **KS. TRẦN QUANG MINH; KS. TRẦN THẢO LINH**

*Công ty TNHH Giao thông vận tải*

**TÓM TẮT:** Hoạt động thi công xây dựng công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình ngầm gây lan truyền chấn động trong nền đất làm ảnh hưởng đến công trình lân cận. Bài báo tập trung vào việc xác định và phân tích các ảnh hưởng rung động do máy thi công khi thi công tường chắn D-walls thuộc phần ngầm của tuyến đường sắt đô thị thị điểm TP. Hà Nội đến nền đất và các công trình lân cận, từ đó xác định phạm vi và mức độ ảnh hưởng đến các công trình xung quanh công trường thi công, đưa ra các khuyến cáo để có biện pháp đảm bảo an toàn các công trình này trong suốt quá trình thi công xây dựng tuyến đường sắt trong đô thị. Cụ thể hơn, nhóm tác giả trình bày phương pháp đo đạc, xử lý số liệu phù hợp để xác định các rung động đất nền do các thiết bị thi công khi thi công trên tuyến đường Kim Mã gây ra, đối chiếu với điều kiện thực tế và các tiêu chuẩn hiện hành nhằm đánh giá được mức độ và các ngưỡng ảnh hưởng đến công trình lân cận.

**TỪ KHÓA:** Rung động đất nền, công trình ngầm, đường sắt đô thị

**ABSTRACT-** Construction activities of construction works, especially underground works, cause vibration propagation in the ground, affecting the phosphorus construction. This paper will focus on identifying and analyzing the vibration effects caused by construction machines when constructing D-walls of underground sections of Hanoi City's pilot urban railway to the foundation and neighboring buildings. Since then determine the scope and extent of the impact on the surrounding construction site, make recommendations to take measures to ensure safety of these works during the construction of the railway in urban. More specifically, the authors present the appropriate measurement and data processing method to identify ground vibration caused by construction equipment during

construction on Kim Mã Street, in comparison with actual conditions. International standards and current standards to assess the extent and thresholds of impacts on adjacent structures

**KEYWORDS:** Ground vibration, underground construction, urban railway

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giao thông ngầm là một hình thức giao thông tiên tiến, sử dụng hợp lý không gian ngầm, cho phép giải quyết nhiều vấn đề của các đô thị lớn trên thế giới. Ở Việt Nam, đặc biệt là Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh đã tiến hành khởi công các dự án đường sắt đô thị. Khi thi công hệ thống này sẽ phát sinh rung động gây khó chịu cho dân cư sinh sống hai bên tuyến và có thể gây phá hoại kết cấu của công trình xây dựng nếu xảy ra cộng hưởng [2]. Đây là một mối quan tâm rất lớn đối với các nhà chức trách, trong đó vấn đề quan trọng nhất chính là đảm bảo an toàn cho các công trình sẵn có. Các rung động từ việc thi công tuyến đường sắt đô thị hiện chưa có bất cứ nghiên cứu nào để cập đến, chưa có cơ sở để đánh giá an toàn cho các công trình lân cận. Tuyến đường sắt đô thị đang được thi điểm có các phần được thi công ngầm. Chính vì vậy, ảnh hưởng của quá trình thi công đến rung động đất nền và các công trình lân cận là rất lớn.

Các công trình lân cận tuyến đường sắt đô thị hiện có những công trình cũ, những công trình mang ý nghĩa lịch sử đối với người Việt Nam. Một số công trình cạnh tuyến đường sắt đô thị thị điểm TP. Hà Nội, dọc theo trục đường Kim Mã đang thi công phần dầm hạ ngầm, việc sử dụng các máy đào, thi công rung hạ cọc gần nhà dân... khiến đa số các căn nhà tại vị trí này có nguy cơ xuất hiện hư hỏng. Chính vì vậy, vấn đề rung động đất nền ảnh hưởng đến các công trình lân cận, đặc biệt là các công trình dân dụng là vô cùng cấp thiết.

Hơn nữa, ở Việt Nam, quy định các tham số về chấn động rung, máy đo và phương pháp đo chỉ định

lại ở mức khái quát thông qua các tiêu chuẩn và quy chuẩn như: TCVN 6963:2001, TCVN 7378:2004 và QCVN 27:2010/BTNMT [3].

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT DAO ĐỘNG ĐẤT NÉN

Rung động đất nền từ các nguồn như nổ mìn, đóng cọc, máy móc hoặc giao thông đường bộ/đường sắt và các nguồn rung khác gây ra sóng lan truyền trong nền đất tác động lên công trình, con người sống xung quanh khu vực thi công. Điều này gây ảnh hưởng xấu đến con người và công trình lân cận. Chính vì vậy, nhu cầu đánh giá ảnh hưởng của rung động đất nền lên kết cấu công trình để xác định các hư hại có thể xảy ra là vô cùng cần thiết.

Có nhiều loại rung động đất nền, trong đó về cơ bản bao gồm các dạng sau:

- Rung liên tục: Nguồn rung tác dụng liên tục lên nền đất trong thời gian dài và liên tục (thường diễn ra liên tục cả ngày và đêm). Đây thường là các hoạt động thi công xây dựng đường bộ (lu lên nền đường) hoặc xây dựng đào công trình ngầm trong lòng đất.

- Rung động tắt dần (xung): Là sự phát triển nhanh chóng lên đến ngưỡng giới hạn của rung động, sau đó tắt dần nhưng có thể có một số chu kỳ rung nhất định (tùy thuộc vào tần số và sự suy giảm khả năng truyền sóng). Rung động tắt dần thường gặp ở dạng tác dụng đột ngột lực lên nền đất trong thi công đóng cọc, đào bằng phương pháp đập, với chu kỳ diễn ra ngắn, thường là dưới hai giây.

- Rung động gián đoạn có thể được định nghĩa là các tác dụng gián đoạn liên tục (như máy khoan) hoặc các rung động liên tục thay đổi về cường độ tác dụng lên nền đất.

Hầu hết các tiêu chuẩn đánh giá rung động được công bố bởi các tổ chức hiện nay đề cập đến một số ngưỡng bất lợi cho con người và công trình cơ bản vẫn chủ yếu dựa vào kết quả kiểm tra chuyển động liên tục. Trên cơ sở đó, có thể đánh giá rung động đất nền trên hai tiêu chí: ảnh hưởng đến con người và ảnh hưởng đến công trình. Trong bài báo này, các tác giả sẽ chỉ tập trung vào các đánh giá đối với kết cấu công trình.

Để đánh giá mức độ rung động, các tiêu chuẩn quốc tế xác định những điều sau đây là phù hợp nhất để cung cấp hướng dẫn về thiết kế xây dựng có thể xảy ra từ hoạt động xây dựng cơ giới:

- Tiêu chuẩn DIN 4150-3: 1999 Rung động kết cấu - phần 3: Ảnh hưởng của rung động lên các cấu trúc. Khi áp dụng tiêu chuẩn này với các tòa nhà thương mại và khu dân cư xung quanh khu vực thi công hạ tầng tuyến ngầm tại đường Kim Mã thì ngưỡng rung gây hư hại lên kết cấu trung bình nằm trong khoảng từ 15 - 40 PPV mm/s (Peak particle velocity) ứng với tần số của máy thi công (máy đào) là từ 13,4 - 25,2 Hz

- Tiêu chuẩn Anh 7385-2: 1993 Đánh giá và đo lường độ rung trong các tòa nhà, phần 2: Hướng dẫn về mức độ thiệt hại từ rung động từ mặt đất. Cùng theo tiêu chuẩn này thì PPV chiếm ưu thế với máy móc có tần số từ 4 - 15

Hz là từ 20 - 30 (mm/s) áp dụng với các loại tòa nhà công nghiệp, thương mại và các khu dân cư.

- Swiss Standard VSS-SN640-312a: 1992: Tiêu chuẩn có tính đến loại xây dựng và tần số của nguồn rung.

Theo đó, mỗi bộ tiêu chuẩn đều có những quy định về các ngưỡng giới hạn khác nhau.

Có nhiều công thức thực nghiệm đã được đề xuất để xác định vận tốc giới hạn với từng loại nguồn rung nhằm đánh giá ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Trong bài báo này, các tác giả tập trung chủ yếu vào dạng nguồn rung sử dụng một trọng lượng lớn để tác dụng lực lên nền đất (rung chấn không liên tục), ngưỡng giới hạn có thể được tính thông qua công thức (1):

$$PPV = 67 \left( \frac{r}{\sqrt{mh}} \right)^{-1.1} \quad (1)$$

Trong đó: PPV - Vận tốc riêng cực đại (m/s);

r - Khoảng cách từ nguồn (m);

m - Khối lượng thả (tấn);

h - Chiều cao thả (m).

Trên cơ sở của các tiêu chuẩn đánh giá quốc tế, việc đánh giá rung động các công trình đo hoạt động thi công tuyến đường sắt đô thị thị điểm TP. Hà Nội sẽ dựa trên tình trạng của các công trình lân cận, đối chiếu để đề xuất các ngưỡng tốt nhất cho công trình tại Việt Nam.

## 3. ĐO ĐẠC VÀ XỬ LÝ, ĐÁNH GIÁ SỐ LIỆU RUNG ĐỘNG ĐẤT NÉN TẠI HIỆN TRƯỜNG

### 3.1. Vị trí và thiết bị đo

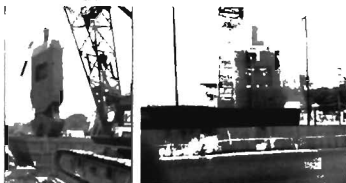
Tuyến đường sắt đô thị thị điểm TP. Hà Nội đã bắt đầu khởi công và xây dựng phần ngầm. Nhóm tác giả đã tiến hành thí nghiệm đo đạc tại vị trí bắt đầu hạ ngầm. Đây là nơi tập trung nhiều máy móc với cường độ tác dụng rung theo đánh giá là lớn nhất trên toàn tuyến thi công, có ảnh hưởng mạnh đến rung động đất nền và các công trình lân cận.



Hình 3.1: Công trường thi công dốc hạ ngầm và các công trình lân cận

Để đo đạc mức độ ảnh hưởng do rung chấn từ hoạt động thi công dốc hạ ngầm thuộc tuyến đường sắt thị điểm, sử dụng các cảm biến gia tốc được gắn trên các neo định chế tạo chuyên dụng ngập sâu trong đất nhằm

thu được toàn bộ các tín hiệu từ trong lòng đất do hoạt động thi công gây ra.



Hình 3.2: Hình ảnh nguồn rung - máy thi công tương D-wall

Nguồn rung ở đây là máy đào công suất lớn, trọng lượng thả là 30 tấn, được sử dụng để đào tường vây D-walls. Phương pháp đào ở đây là phương pháp khoan đập, sử dụng trong lượng của gầu khoan để phá vỡ các tầng địa chất, từ đó mức đất đá lên. Gầu khoan sẽ gây ra xung kích lớn trong lòng đất, truyền đến các tầng địa chất khác tạo thành rung động đất nền, ảnh hưởng đến xung quanh. Dưới đây là các thiết bị phục vụ quá trình đo đạc:



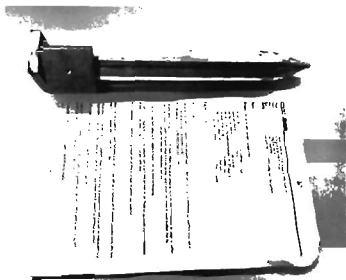
Hình 3.3: Cảm biến gia tốc



Hình 3.4: Bộ thu nhận tín hiệu

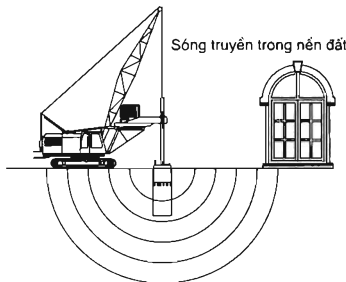


Hình 3.5: Máy tính và phần mềm chuyên dụng



Hình 3.6: Đinh neo thu tín hiệu

### 3.2. Thực nghiệm đo đạc rung động đất nền

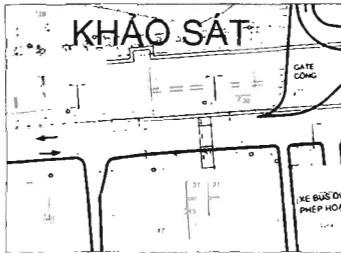


Sóng được truyền trong đất theo dạng hình cầu, tại các vị trí nằm cách tâm rung một khoảng bằng nhau (cùng bán kính) trong điều kiện đồng nhất sẽ có các rung động giống nhau với cùng tần số và vận tốc. Dựa trên điều này, nhóm nghiên cứu tiến hành đo đạc rung theo các sơ đồ đường thẳng, cách tám gây rung cách khoảng cách khác nhau. Cảm biến gia tốc được đặt trên các đỉnh thu tín hiệu đồng ngập trong đất ít nhất 50 cm và đặt trên nền của các công trình lân cận. Việc này cho phép thu được các tín hiệu về rung của đất nền và công trình xung quanh tâm rung.

Trên một đường thẳng, bố trí ba điểm đo lần lượt cách tâm rung 3,5 m, 8,5 m, 12,5 m. Tiến hành đo trên 4 đường thẳng với các hướng khác nhau để tính toán và đối chiếu các kết quả. Mỗi lần đo, kết quả ghi lại cần phải đầy đủ các thời điểm: trước khi đào, trong khi đào và sau khi đào. Dữ liệu được ghi lại đối với các độ sâu khác nhau từ 4 - 25 m, từ đó nhận biết được sự khác nhau trong một chu kỳ thực hiện để có thể đánh giá được tổng thể ảnh hưởng của việc thi công đến rung động đất nền và các công trình lân cận.



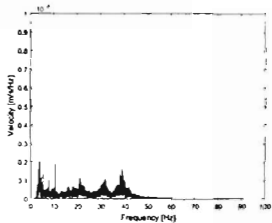
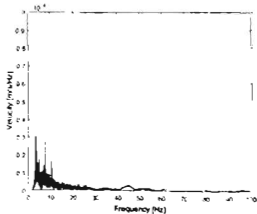
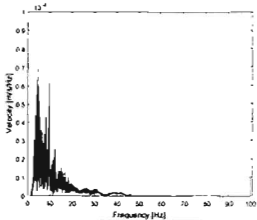
Hình 3.7: Bố trí điểm đo và ghi dữ liệu



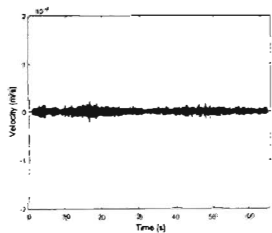
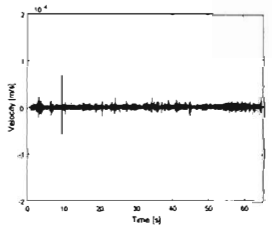
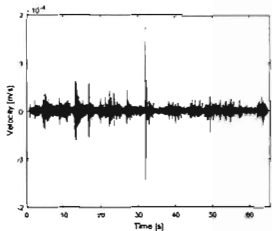
Hình 3.8: Các vị trí bố trí điểm đo rung thực tế

### 3.3. Kết quả đo và đánh giá rung động đất nền

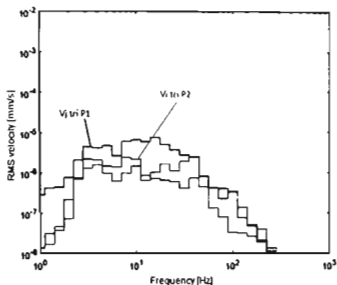
Thông qua tính toán bằng các phương pháp số trên lập trình matlab, các tín hiệu thu được từ đo đặc hiện trường được xử lý để so sánh và đánh giá.



Hình 3.9: Biểu đồ vận tốc trên miền tần số trên các điểm đo trên một đường thẳng



Hình 3.10: Biểu đồ vận tốc trên miền thời gian trên các điểm đo trên một đường thẳng



Hình 3.11: Biểu đồ vận tốc rung trên miền tần số của các điểm đo trên mặt đường thẳng

Kết quả phân tích và đo đặc hiện trường được đối với chiều cao thả gầu đào là 25 m (từ điểm thả gầu đào đến điểm chạm nền đất), khối lượng gầu đào là 30 tấn thi tại các vị trí cách tâm rung các khoảng 3,5 m, 8,5 m, 12,5 m vận tốc cực đại đạt được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 3.1. Kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm

STT	Khoảng cách với tâm rung (m)	PVV tính toán lý thuyết (mm/s)	PVV đo đặc hiện trường (mm/s)	Sai số
1	3,5	6,44	6,5	0,93%
2	8,5	2,42	2,26	6,6%
3	12,5	1,587	1,587	0%

Có thể thấy, kết quả đo đạc và xử lý hiện trường sai khác không đáng kể so với lý thuyết tính toán. Điều này khẳng định phương pháp đo và xử lý hiện trường hoàn toàn có thể áp dụng để xác định ảnh hưởng của rung động đất nền.

Khoảng cách an toàn khi thi công là ngoài phạm vi bán kính 11 m tính từ tâm gây rung động ứng với tốc độ PPV là 3 mm/s.

Đãi tần số tại các điểm có vận tốc lớn nhất đều nằm trong khoảng từ 1 - 10 Hz. Tại vị trí cách tâm rung 3,5 m, vận tốc rung thu được khá lớn, vượt qua ngưỡng quy định cho phép trong DIN 4150-3:1999. Vị trí cách tâm rung 8,5 m và 12,5 m vận tốc rung thu được không vượt ngưỡng giới hạn, đảm bảo an toàn cho công trình. Càng xa tâm rung, vận tốc rung lớn nhất càng giảm và không ảnh hưởng nhiều đến công trình. Khi càng đào sâu, ảnh hưởng rung của máy đào càng giảm đối với các vị trí đo và công trình lân cận do sóng bị triệt tiêu dần trong quá trình truyền từ lòng đất lên.

Thực tế khảo sát thấy được, các công trình lân cận vùng thi công đều đảm bảo an toàn, các giá trị đo được gần với tiêu chuẩn DIN 4150-3:1999, có thể ứng dụng tiêu chuẩn này để đánh giá rung động đất nền và các công trình lân cận trong quá trình thi công tuyến đường sắt đô thị thi điểm TP Hà Nội.

4. KẾT LUẬN - KIẾN NGHỊ

Nhiều hoạt động xây dựng liên quan đến cơ sở hạ tầng đường bộ làm phát sinh rung đất nền có thể làm ảnh hưởng tới con người cũng như gây ra thiệt hại cho các công trình hoặc ảnh hưởng đến người cư ngụ trong các tòa nhà liền kề, do đó làm phát sinh các khiếu nại giữa người dân và bên thi công. Do vậy, việc đánh giá khả năng thiệt hại do rung động trong các tòa nhà, công trình do nhiều nguồn khác nhau, đặc biệt là do giao thông đường sắt đô thị là vấn đề cần quan tâm.

Phương pháp dự đoán rung chấn mặt đất không giống như các phép đo vật lý, không thể mô tả các rung chấn theo các thành phần tần số riêng lẻ của chúng (tức là phổ tần số). Do đó, đầu ra của chúng bị giới hạn ở biên độ dao động, thông thường là về tốc độ hạt cực đại. Từ việc xem xét các tiêu chuẩn liên quan đến rung động khác nhau, hai tiêu chí [4] sau được đề xuất để đánh giá sơ bộ các rung chấn mặt đất dự đoán: PPV 0,5 mm/s cho sự làm phiền đến cư dân tòa nhà; PPV 5 mm/s cho thiệt hại công trình.

Phương pháp thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng khi thi công đường sắt đô thị đến rung động của đất nền và công trình lân cận sẽ cung cấp phương pháp đo đặc hiện trường chính xác, đồng thời đưa ra các đánh giá về vận độ an toàn cho các công trình lân cận trong hoạt động thi công tuyến metro tại TP Hà Nội. Về lâu dài có thể phát triển thêm trong quá trình khai thác tuyến đường sắt đô thị. Kết quả của đề tài có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo hữu ích cho các đơn vị tư vấn, sinh viên, giảng viên và nghiên cứu sinh quan tâm đến lĩnh vực giám sát sức khỏe công trình.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Ku Leuven, Mohammad Amin Lak (2/2013), *Numerical Prediction of Ground Vibrations Generated By Road Traffic And Pavement Breaking*.
- [2]. Nguyễn Quang Dũng (2013), *Nghiên cứu rung động và biện pháp giảm rung động trong nền do khai thác hệ thống tàu điện ngầm, Hà Nội*.
- [3]. Vũ Trọng Tấn, Nguyễn Ngọc Thu, Võ Thị Hồng Quyên, *Đo tham số chấn động rung trong quản lý môi trường bằng các máy thăm dò địa chấn*, Trung tâm Địa vật lý - Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam.
- [4]. *New Zealand Transport Agency research report 485*.
- [5]. TS. Nguyễn Lan, *Rung động đất nền*.
- [6]. *Một số tài liệu liên quan khác*.

Ngày nhận bài: 05/4/2020

Ngày chấp nhận đăng: 11/5/2020

Người phản biên: PGS. TS. Ngô Văn Minh  
PGS. TS. Hồ Xuân Nam