

Đánh giá các giải pháp cách âm bằng phương pháp mô phỏng

■ TS. TRẦN VŨ TỰ

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

■ ThS. NGUYỄN THỊ TUYẾT HƯƠNG

Ủy ban Kiểm tra Tỉnh ủy tỉnh An Giang

TÓM TẮT: Nghiên cứu này phát triển chương trình mô phỏng trong Netlogo để đánh giá độ cách âm của vật liệu sử dụng trong xây dựng và giao thông. Nội dung nghiên cứu gồm hai phần chính. Phần thứ nhất liên quan đến các thí nghiệm thực tế đánh giá độ cách âm của vật liệu. Phần thứ hai liên quan đến sự phát triển chương trình mô phỏng trong Netlogo để đánh giá độ cách âm của vật liệu trên cơ sở xem xét các biến cảnh nghiên cứu mà thực nghiệm chưa triển khai được. Kết quả mô phỏng với sai số kiểm chứng mô hình là 17% đã dự báo sự cách âm của vật liệu, trong đó chương trình mô phỏng cho thấy sự giảm âm lên đến 49,75% so với truyền âm trực tiếp trong không khí khi sử dụng kết cấu tường 20cm có khe giữa kết hợp vật liệu cao su non và mút hơi gà. Nghiên cứu là tiền đề cho những nghiên cứu sâu về cách âm của vật liệu trong công trình xây dựng và giao thông sau này.

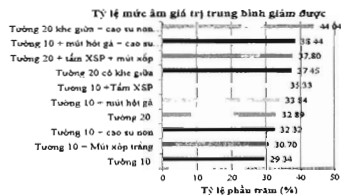
TỪ KHÓA: Mô phỏng, tiếng ồn, giảm ồn, giải pháp cách âm

ABSTRACT: The research develops a simulation program in Netlogo to evaluate the efficiency of soundproof solutions used in the field of construction and transportation engineering. The paper includes two main parts. The first main part relates to experiments on soundproofing materials. The second main part concerns the development of simulation models in Netlogo to evaluate the soundproof level of materials based on simulation scenarios. The simulation models with a figure of 17% in validation error predicts efficiently the soundproof level of the materials, showing that the soundproofing can be up to by 49,7% compared with direct transmission in the air without any soundproofing structure once using 20cm width wall with the middle air slot in combination with two kinds of foam (yellow foam and memory foam). The research is useful for further studies on soundproofing materials used in the field of construction and transportation engineering afterward.

KEYWORDS: Simulation, noise, noise reduction, soundproofing

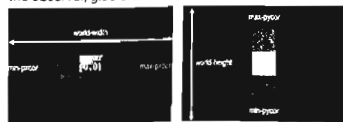
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xã hội ngày càng phát triển, nhu cầu sống và sinh hoạt tinh thần của con người càng cao, trong đó những đòi hỏi về cách âm vật liệu trong xây dựng và giao thông ngày càng đặt ra để giảm thiểu sự ô nhiễm tiếng ồn, ảnh hưởng đến sức khỏe và đời sống con người. Xuất phát từ thực tế đó, nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát các loại vật liệu cách âm thường dùng, tiến hành đo đặc tính cách âm [4] để có thể so sánh hiệu quả cách âm của các loại vật liệu. Nhóm nghiên cứu bước đầu đã cho ra kết quả thực nghiệm của các vật liệu và tổ hợp vật liệu cách âm khi so sánh mức độ giảm âm khi truyền qua kết cấu so với truyền tiếp trong không khí mà không qua kết cấu nào, kết quả như sau:



Hình 2.1: Tỷ lệ mức cường độ âm giảm [4]

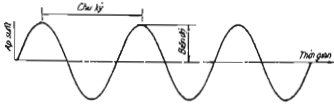
Dựa trên kết quả thực nghiệm [4], nhóm nghiên cứu sử dụng Netlogo [2] như là công cụ mô phỏng đánh giá các hiện tượng sử dụng kết cấu vật liệu cách âm mà chưa thể thực nghiệm do những khó khăn về thời gian và tài chính. Đây là một môi trường lập trình mô phỏng lại tự nhiên và các hiện tượng xã hội, được đề xuất bởi Uri Wilensky năm 1999 [2,3]. NetLogo được phát triển phù hợp cho việc mô hình hóa các hệ thống phức tạp, được tạo thành từ các tác nhân như: turtles, patches, links và the observer, giao diện toạ độ như sau:



Hình 2.2: Toạ độ "patches" của phần mềm NetLogo

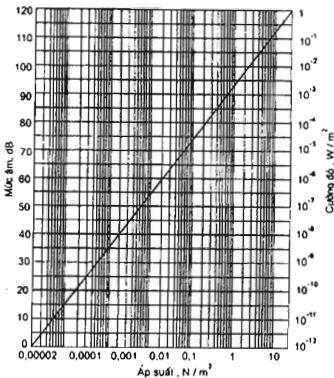
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Lý thuyết truyền sóng âm đã được đưa ra bởi nhiều học giả với quan niệm sóng âm dao động theo biểu đồ hình sin và tắt dần theo không gian và thời gian. Trong nghiên cứu này, tác giả áp dụng giả thiết dao động của các phần tử theo thời gian được thể hiện như sau:



Hình 2.1: Biểu diễn dao động của các phần tử theo thời gian [1]

Thêm vào đó, mức âm và mức áp suất âm của cùng một âm được xem là như nhau và gọi chung là mức âm và mối quan hệ giữa cường độ, áp suất, mức âm được thể hiện qua hình sau:



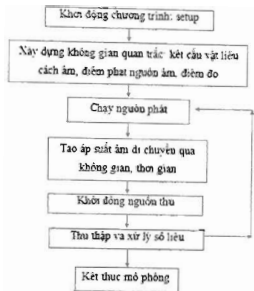
Hình 2.2: Quan hệ giữa cường độ, áp suất và mức âm [1]

Hình 2.2 là cơ sở để tác giả thực hiện chuyển đổi kết quả giá trị mức âm trung bình của các trường hợp đo trực tiếp tại nguồn phát, đo cách nguồn phát 01m, tường 10cm, tường 20cm, tường 20cm có khe giữa thành giá trị áp suất thông qua đối chiếu với đồ thị trong chương trình mô phỏng.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phát triển thuật toán

Dựa trên chương trình có sẵn trong thư viện của Netlogo, nghiên cứu đã phát triển code và thực hiện xây dựng các viên cảnh mô phỏng mức âm thanh truyền qua kết cấu vật liệu cách âm thông qua việc sử dụng mô hình sóng để thực hiện mô phỏng. Thuật toán sử dụng như sau:



Hình 3.1: Sơ đồ thực hiện quá trình mô phỏng

Giao diện sau khi phát triển code cho trường hợp truyền trực tiếp trong không khí, bao gồm nguồn phát, nguồn thu và đường truyền sóng được sử dụng mô phỏng cụ thể như hình sau:



Hình 3.2: Giao diện mô hình mô phỏng trong chương trình NetLogo

Nguyên lý của quá trình mô phỏng được thực hiện như sau: nghiên cứu thực hiện tạo nguồn phát, thiết bị đo âm thanh, sóng âm, đường truyền sóng âm, kết cấu vật liệu cách âm thông qua sử dụng các phần tử cơ bản của Netlogo. Để kiểm chứng việc mô phỏng đạt hiệu quả, nghiên cứu đã viết các code để điều chỉnh biên độ dao động, tổn thất đường âm trong không khí và truyền qua kết cấu vật liệu sao cho kết quả các giá trị mức âm của quá trình mô phỏng gần giống hoặc chính xác với các kết quả đo thực tế trong quá trình thực nghiệm. Quá trình này được hiệu chỉnh sau nhiều vòng lặp để được kết quả hội tụ nhất. Sau khi có kết quả mô phỏng về mức âm gần giống với kết quả thực nghiệm, nghiên cứu tiếp tục mô phỏng các trường hợp kết hợp vật liệu và kết cấu cách âm chưa được thực hiện trong quá trình thực nghiệm. Phương trình dao động của sóng được giả thiết trong nghiên cứu này được viết như sau:

$$y = A \sin(\omega t)$$

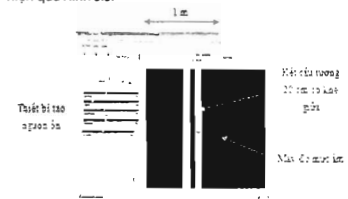
Trong đó: A - Biên độ dao động; ω - Tần số góc.

Các giá trị biên độ dao động được quan trắc trực tiếp từ thí nghiệm thực tế để đưa vào mô hình mô phỏng. Tần

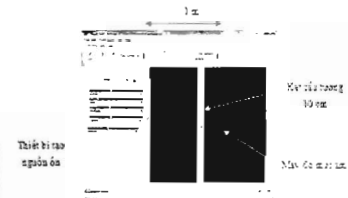
số góc $\omega_1 = 2/T$ được tính toán trực tiếp thông qua giá trị tần số f của sóng qua trắc thực nghiệm, bằng cách xác định các giá trị chu kỳ trung bình của mức âm.

3.2. Các viên cảnh mô phỏng

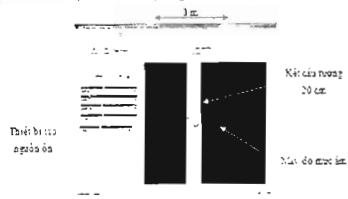
Để kết quả mô phỏng các viên cảnh đạt giá trị tin cậy, tác giả đã xây dựng mô hình mô phỏng trên cơ sở kiểm chứng với kết quả thực nghiệm đối với các trường hợp đã có kết quả thực nghiệm như kết quả với thí nghiệm kết cấu đối với tường 10cm, tường 20cm và tường 20cm khe giữa. Các viên cảnh mô phỏng được thể hiện qua Hình 3.3.



a) - Hình ảnh mô phỏng kết cấu tường 20cm khe giữa



b) - Hình ảnh mô phỏng kết cấu tường 10cm

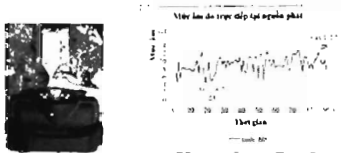


c) - Hình ảnh mô phỏng kết cấu tường 20cm
Hình 3.3: Các loại kết cấu được mô phỏng bằng phần mềm NetLogo

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Thực nghiệm đo mức âm khi đặt máy đo tại vị trí nguồn phát

Nghiên cứu sử dụng máy đo độ ồn NL-42 [5] để đo mức âm trực tiếp tại nguồn phát. Kết quả đo như sau:



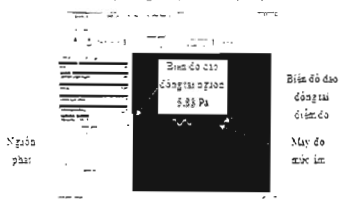
Hình 4.1: Kết quả thực nghiệm khi đặt máy đo trực tiếp tại nguồn phát

Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, khi đặt máy đo tại vị trí nguồn phát thì đo được mức âm giá trị lớn nhất (max) là 112,70 dB, giá trị nhỏ nhất là 104,50 dB và giá trị trung bình là 109,29 dB. Với giá trị trung bình của mức âm là 109,29 dB đối chiếu với biểu đồ quan hệ thì giá trị của biên độ dao động của áp suất âm là 5,83 Pa. Kết quả biên độ nguồn phát được thể hiện trong chương trình phần mềm như sau:



Hình 4.2: Kết quả mô phỏng đối với trường hợp giá trị biên độ 5,83

Tương tự trường hợp tính biên độ dao động của mức âm tại nguồn phát, biên độ dao động của trường hợp đặt máy đo trực tiếp cách nguồn phát 01m là 0,73 Pa. Mô hình mô phỏng được thể hiện qua hình sau:



Hình 4.3: Kết quả mô phỏng tại điểm đo cho trường hợp truyền trực tiếp trong không khí cách 01m

Để kiểm chứng mô hình, nghiên cứu sử dụng giá trị sai số là sai số tương đối trung bình (Mean Relative Error, MRE) để so sánh kết quả thực tế quan trắc được và kết quả mô phỏng từ chương trình mô phỏng. Công thức biểu diễn như sau:

$$MRE = \frac{|V_{\text{mô phỏng}} - V_{\text{thực nghiệm}}|}{V_{\text{thực nghiệm}}} \times 100\%$$

Trong đó:

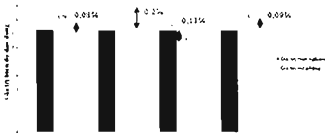
$V_{\text{mô phỏng}}$ - Giá trị biên độ dao động mô phỏng;

$V_{\text{thực nghiệm}}$ - Giá trị biên độ dao động thực nghiệm.

Qua tính toán các kết quả sai số, nghiên cứu thực

hiện so sánh đánh giá giữa giá trị thực nghiệm và giá trị mô phỏng đối với trường hợp đặt máy đo trực tiếp cách nguồn phát 01m. Nghiên cứu cho thấy rằng, sai số trung bình giữa giá trị biên độ dao động mô phỏng và biên độ dao động thực nghiệm là 0,12%, kết quả như sau:

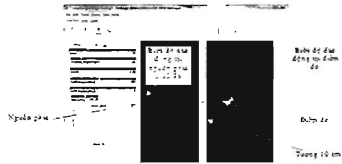
So sánh kết quả thực nghiệm và kết quả mô phỏng



Hình 4.4: So sánh biên độ dao động của giá trị thực nghiệm và giá trị mô phỏng

4.2. Kết quả trường hợp mô phỏng đối với tường 10cm

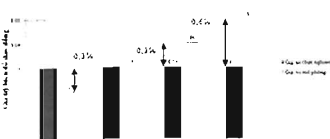
Giá trị mức âm trung bình của kết quả thực nghiệm qua kết cấu tường 10cm đo được là 64,49 dB, giá trị này sẽ được dùng để đo trong biểu đồ quan hệ để suy ra biên độ dao động áp suất là 0,03 Pa. Giao diện mô phỏng được thể hiện qua hình sau:



Hình 4.5: Màn hình mô phỏng tại điểm đo cho trường hợp truyền qua kết cấu tường 10cm

Từ việc mô phỏng áp suất âm truyền qua kết cấu tường 10cm, kết quả cho thấy rằng có 4 giá trị gần đúng với kết quả thực nghiệm. Nghiên cứu thực hiện so sánh với kết quả biên độ dao động thực nghiệm với giá trị sai số là 0,3%, được thể hiện biểu đồ sau:

So sánh kết quả thực nghiệm và kết quả mô phỏng



Hình 4.6: Đánh giá biên độ dao động của giá trị thực nghiệm và giá trị mô phỏng đối với trường hợp đo truyền qua tường 10cm

4.3. So sánh áp suất âm giữa kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm

Từ các giá trị của kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm, nghiên cứu thực hiện đối chiếu, so sánh các giá trị biên độ áp suất âm giữa mô phỏng và thực nghiệm được thể hiện qua Hình 4.7.

So sánh giữa giá trị mô phỏng và thực nghiệm

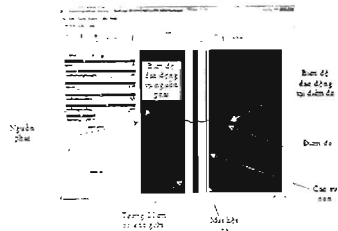


Hình 4.7: Kết quả so sánh giữa kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm

Mô hình mô phỏng được xác nhận với giá trị mô phỏng và giá trị thực nghiệm xấp xỉ như nhau, xếp trên đường gần 45° với sai số trung bình là 17% (Hình 4.7). Điều đó cho thấy mô hình mô phỏng gần đúng với thực tế và chấp nhận được.

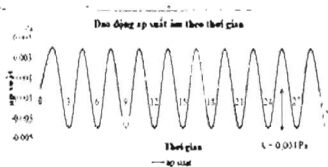
4.4. Kết quả trường hợp mô phỏng đối với tường 20cm có khe giữa kết hợp cao su non và mút hạt gà

Việc mô phỏng trường hợp mô phỏng đối với tường 20cm có khe giữa kết hợp cao su non và mút hạt gà được thực hiện sau khi các thông số liên quan đến sóng âm truyền quan môi trường vật liệu được xác định và giá thiết không đổi, giao diện mô phỏng như sau:



Hình 4.8: Giao diện mô phỏng sóng âm truyền qua kết cấu tường 20cm có khe giữa kết hợp cao su non và mút hạt gà

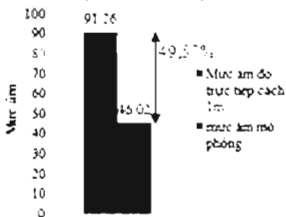
Kết quả biên độ áp suất âm tại điểm đo thông qua chương trình mô phỏng là 0,002, -0,006, 0,002, -0,006. Từ kết quả trên, nghiên cứu thực hiện lấy giá trị trung bình công của 4 giá trị mô phỏng của biên độ áp suất là 0,004 Pa. Biên độ dao động của áp suất được thể hiện như hình sau:



Hình 4.9: Biên độ áp suất âm theo kết quả mô phỏng

Kết quả mô phỏng cho trường hợp này với biên độ áp suất là 0,004Pa sẽ được chuyển đổi qua mức âm là 46,02 dB. Kết quả nghiên cứu cho thấy, so với mức âm trung bình của trường hợp đo cách nguồn phát 01m là 91,26 dB thì trường hợp mô phỏng tường 20cm có khe giữa kết hợp cao su non và mút hút gà có mức âm giảm trung bình là 45,24 dB tương đương với giảm 49,57% so với tỷ lệ mức âm đo trực tiếp cách nguồn phát 01m. Kết quả mức âm giảm được thể hiện qua biểu đồ hình sau:

Đánh giá mức âm mô phỏng



Hình 4.10: Tỷ lệ cách âm đối với tường 20cm có khe giữa kết hợp mút hút gà và cao su non

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu xây dựng chương trình mô phỏng dựa trên phần mềm NetLogo để mô phỏng hiệu quả cách âm của các loại vật liệu trên cơ sở mô hình hóa đường truyền âm từ nguồn phát đến nguồn thu. Kết quả kiểm chứng mô hình mô phỏng cho thấy, giá trị thực tế và giá trị mô phỏng chênh lệch nhau 17% nên mô hình mô phỏng đáng tin cậy để có thể mô phỏng cho các viên cảnh. Dựa trên mô hình mô phỏng, nghiên cứu dự báo sự giảm âm khi sử dụng kết cấu tường 20cm có khe giữa kết hợp vật liệu cao su non và mút hút gà là 49,57% khi so sánh với mức âm đo trực tiếp trong không khí cách nguồn phát 01m. Kết quả mô phỏng có thể dùng dự báo mô phỏng âm truyền qua kết cấu vật liệu cũng như dự báo cho những trường hợp mà chưa tiến hành thực nghiệm. Tuy nhiên, mô hình mô phỏng còn khá đơn giản, tính chất truyền âm qua vật liệu vẫn chưa được mô hình chính xác theo cách ứng xử của vật liệu. Những hạn chế sẽ nghiên cứu trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Võ Châu Ngân (11/2003), *Giáo trình ô nhiễm tiếng ồn và kỹ thuật xử lý*.
- [2]. Wilensky, U. (1997), *NetLogo Rope model*, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Rope>, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- [3]. Wilensky, U. (1999), *NetLogo*, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- [4]. Nguyễn Thị Tuyết Hương, Trần Vũ Tự (2019), *Nghiên cứu, đánh giá các giải pháp cách âm giảm ồn trong công trình xây dựng*, Tạp chí GTVT, tr.55-62, ISSN 2354-0818.
- [5]. Introduction Manual, *Sound Level Meter - NL-42*, <https://www.tbve.nl/info/handleidingNL52.pdf>.

Ngày nhận bài: 27/02/2020

Ngày chấp nhận đăng: 19/3/2020

**Người phản biện: PGS. TS. Lê Anh Thắng
TS. Nguyễn Sỹ Hùng**