

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài.

Vùng đồng bằng sông Cửu Long và khu vực thành phố Hồ Chí Minh có bề dày tầng đất yếu lớn và biến đổi phức tạp, phần lớn các công trình cầu khu vực này đều gặp các sự cố về lún lệch giữa đường và cầu, xe ra vào cầu bị giằng xóc. Việc nghiên cứu các giải pháp cấu tạo để cải thiện độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu khu vực thành phố Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long có ý nghĩa quan trọng và cấp thiết.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu.

Mục tiêu của đề tài là nghiên cứu đề xuất một số giải pháp kết cấu thích hợp cho công trình đường dẫn vào cầu khu vực thành phố Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long, cải thiện độ êm thuận, đảm bảo hàng hóa và hành khách trên ô tô có được sự êm thuận khi ô tô lưu thông qua cầu, đảm bảo an toàn khi lái xe cũng như vận tốc xe chạy trên đường.

### 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.

Đối tượng để nghiên cứu là các giải pháp thiết kế đường dẫn vào cầu và sự ảnh hưởng của hiện tượng lún lệch giữa đường và cầu đến độ êm thuận của người + hàng hóa trên ô tô và lực bám đường đủ cho người tài xế điều khiển xe an toàn.v.v. trong quá trình khai thác.

Đề tài chưa xem xét đến các yếu tố khác có thể xảy ra đồng thời trên hạng mục đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu như: hiện tượng mất ổn định mái taluy nền đắp, hiện tượng lún sụt, trượt trôi.v.v.

### 4. Nội dung nghiên cứu.

Nghiên cứu ứng dụng các kết quả nghiên cứu trước đây về các ngưỡng giới hạn êm thuận của người + hàng hóa khi chịu tác động của sự dao động, giằng xóc; giới hạn về lực bám đường trong điều khiển xe ô tô.v.v. để đánh giá độ êm thuận của mặt đường dẫn vào cầu.

Nghiên cứu ngưỡng giới hạn điều kiện mấp mô mặt đường dẫn vào cầu theo các yêu cầu về độ êm thuận, từ đó đề xuất một số giải pháp thiết kế cho đoạn đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu.

### 5. Phương pháp nghiên cứu.

Sử dụng phương pháp kết hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm cùng với

việc ứng dụng công nghệ tin học trong tính toán.

## **6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.**

- **Ý nghĩa khoa học:** Nghiên cứu đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu thông qua việc đánh giá độ êm thuận của người + hàng hóa trên xe và yêu cầu lái xe an toàn khi xe ô tô chịu tác động đồng thời của các yếu tố ảnh hưởng như: mấp mô mặt đường, độ đàn hồi của hệ thống giảm xóc, độ đàn hồi của bánh xe.v.v. vì vậy kết quả đánh giá độ êm thuận được chính xác và toàn diện hơn.
- **Ý nghĩa thực tiễn:** Đề xuất được 2 giải pháp kết cấu mới để cải thiện độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu. Xây dựng được phần mềm đánh giá độ êm thuận cho hạng mục đường dẫn vào cầu.

## **7. Điểm mới của luận án.**

- Xây dựng mô hình tương tác động lực học giữa 3 đối tượng: điều kiện mặt đường + hệ thống dao động của xe ô tô + người và hàng hóa trên xe... để phục vụ cho nghiên cứu cơ sở lý thuyết về độ êm thuận. Từ mô hình này có thể xác định được các thông số về chuyển vị thẳng đứng, gia tốc dao động thẳng đứng của các bộ phận trên xe, hệ số xung kích IM.v.v. tại mọi thời điểm xe lưu thông trên tuyến đường.
- Đề xuất được chỉ tiêu và các cấp độ để đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu bằng các giá trị định lượng cụ thể, khắc phục được một số nhược điểm của việc đánh giá mang tính chất định tính như hiện nay.
- Đã xây dựng các quy tắc chuyển tiếp độ lún lệch giữa đường và cầu thỏa mãn các yêu cầu về êm thuận (tiêu chí thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu) phục vụ cho công tác thiết kế và quản lý khai thác hạng mục đường dẫn vào cầu.
- Đề xuất được 02 giải pháp kết cấu mới để cải thiện độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu.

## Chương 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG TRÌNH ĐƯỜNG DẪN VÀO CẦU

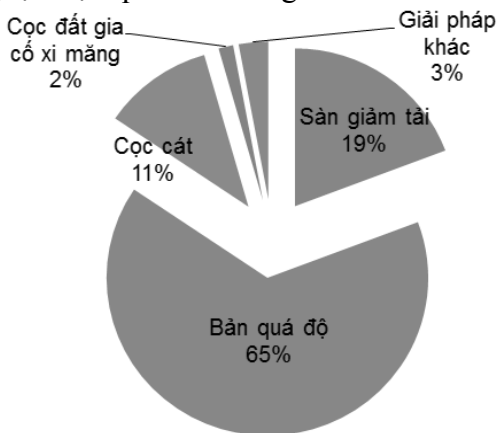
### 1.1. Tổng quan về điều kiện địa hình, địa chất tại khu vực nghiên cứu

Khu vực đồng bằng sông Cửu Long và phần lớn địa bàn thành phố Hồ Chí Minh có bề dày tầng đất yếu lớn từ vài mét đến vài chục mét, một số nơi đến 40-50m. Các tầng đất có trạng thái từ mềm yếu đến rất mềm yếu, khả năng chịu tải thấp, tính biến dạng cao.

### 1.2. Tổng quan về các giải pháp thiết kế đường dẫn vào cầu

Rất nhiều giải pháp thiết kế đường dẫn vào cầu đã được áp dụng vào thực tế như: Đào thay đất; cọc đất gia cố xi măng; phun chất kết dính cải thiện các chỉ tiêu cơ lý của đất; kết cấu sàn giảm tải; móng cọc kết hợp lưới địa kỹ thuật; bắc thấm/ cọc cát kết hợp gia tải trước; bơm hút chân không; bản quá độ; các giải pháp kết hợp khác.v.v.

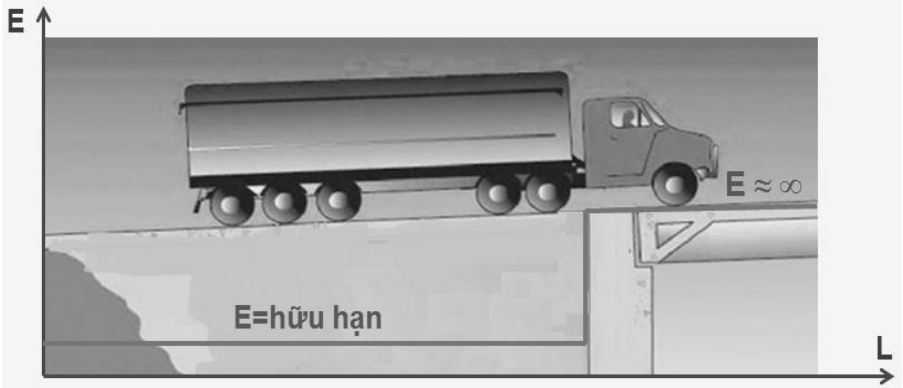
Tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long, các giải pháp bản quá độ, sàn giảm tải, cọc cát kết hợp gia tải trước.v.v. đang được sử dụng rất phổ biến (Hình 1.9). Tuy nhiên, các giải pháp này hiện nay vẫn chưa thật sự mang lại hiệu quả như mong muốn.



Hình 1.9. Tỷ lệ sử dụng các giải pháp thiết kế tại khu vực nghiên cứu

Gần đây, Bộ GTVT cũng đã ban hành “Quy định tạm thời về các giải pháp kỹ thuật công nghệ đối với đoạn chuyển tiếp giữa đường và cầu (cống) trên đường ô tô”, các chỉ dẫn kỹ thuật và giải pháp công nghệ cho đoạn đường dẫn vào cầu đã được quy định chặt chẽ hơn.

### 1.3. Hiện tượng mất êm thuận tại vị trí tiếp giáp giữa đường và cầu



Hình 1.13. Sự thay đổi đột ngột độ cứng nền đường tại vị trí tiếp giáp

Đường dẫn vào cầu là công trình đặc biệt, nó là hạng mục kết nối giữa hai công trình có triết lý thiết kế khác nhau. Tại vị trí tiếp giáp, do độ cứng của nền thay đổi đột ngột dẫn đến sự thay đổi đột ngột về biến dạng, hình thành “bước nhảy” về độ cứng cũng như biến dạng (độ chênh lệch lún). Khi lưu thông qua “bước nhảy” này, ô tô bị giằng xóc gây ra sự mất êm thuận cho người và hàng hóa trên xe, cũng như làm suy giảm lực bám giữa bánh xe với mặt đường dẫn đến tai nạn giao thông.v.v.

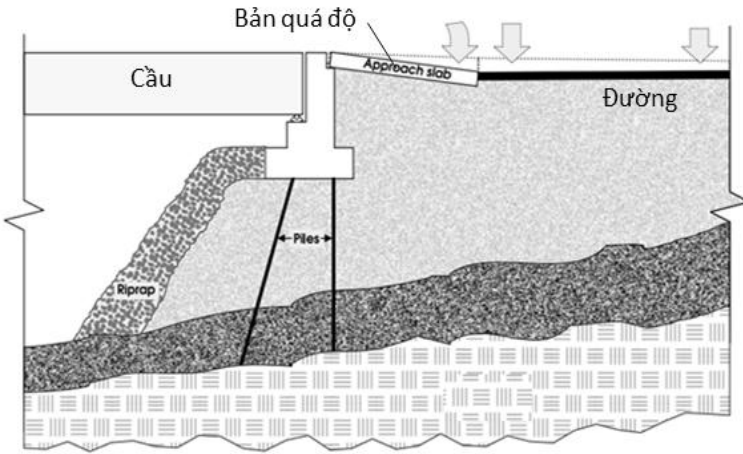
Bước nhảy tại các công trình cầu khu vực đồng bằng sông Cửu Long là rất lớn. Ví dụ tại cầu Văn Thánh 2 (Tp. Hồ Chí Minh), mố cầu gần như là không lún, nhưng độ lún tại đoạn đường dẫn vào cầu lại rất lớn: Bờ quận 1, lún khoảng 15cm/1 năm, bờ quận Bình Thạnh lún khoảng 37cm/1 năm.

### 1.4. Các kết quả nghiên cứu trước đây về đường dẫn vào cầu

Từ việc nghiên cứu sự làm việc của kết cấu bản quá độ với một đầu bản gối lên vai kê tại mố, đầu còn lại của bản gác lên dầm kê đặt ở nền đường, trong quá trình khai thác một đầu bản sẽ lún theo độ lún của mố cầu, đầu còn lại lún theo độ lún nền đường dẫn vào cầu, trắc dọc đoạn đường dẫn vào cầu hình thành 2 điểm xóc ở 2 đầu kết cấu bản quá độ (Hình 1.17).

Khi độ lún đoạn đường dẫn vào cầu càng lớn, điểm xóc này càng phát triển và gây ra sự giằng xóc cho người và phương tiện ra vào cầu. Vậy độ lún của đoạn đường dẫn vào cầu lớn đến mức độ nào (hoặc các điểm xóc lớn đến mức độ nào) thì đoạn đường dẫn vào cầu còn thỏa mãn điều kiện

êm thuận để ô tô ra vào cầu?

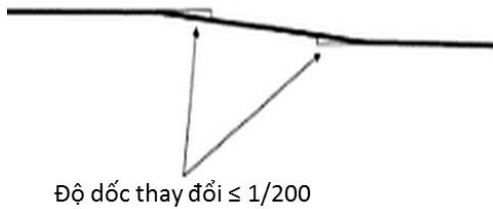


Hình 1.17. Sơ đồ làm việc của kết cấu bản quá độ

\*\* Briaud, J.L (1997) đưa ra chỉ dẫn về giới hạn độ lớn của các điểm xóc (giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc) của mặt đường dẫn vào cầu sử dụng kết cấu bản quá độ:  $\leq 1/200$ . Từ cơ sở này tác giả đưa ra công thức xác định chiều dài của bản quá độ:

$$L_{ct} \geq 200 \cdot (S_f - S_a) \tag{1-1}$$

Cầu
Bản quá độ
Đường



Hình 1.18. Giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc Briaud, J.L (1997)

\*\* Long, J.H. (1998) đưa ra khuyến cáo: khi sự thay đổi độ dốc dọc 1/100 -:-1/125 thì các đơn vị quản lý công trình cầu phà nên bắt đầu tiến hành các biện pháp duy tu, sửa chữa.

Tiếp tục phát triển kết quả nghiên cứu trên, nhiều nhà khoa học đã đưa ra các ngưỡng giới hạn khác nhau ứng với các cấp đường khác nhau, dao động trong phạm vi từ 1/125-:-1/250. Một số nghiên cứu đã vận dụng kết quả nghiên cứu kết cấu bản quá độ nêu trên vào sử dụng cho các giải pháp

xử lý nền khác, với quan điểm chuyển tiếp độ lún lệch giữa đường và cầu bằng một đoạn thẳng tuyến tính vượt nối giữa cao độ mặt đường (sau lún) với cao độ mặt cầu (tạm gọi là quy tắc chuyển tiếp độ lún dạng tuyến tính), từ đó xây dựng các công thức xác định chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu.

### **1.5. Quy định về độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu trong các tiêu chuẩn thiết kế**

Nhiều tiêu chuẩn thiết kế trong và ngoài nước đã đưa các giới hạn về độ bằng phẳng theo phương dọc vào tiêu chuẩn thiết kế, các giới hạn đề xuất trong phạm vi từ 1/125-:-1/250 tùy theo cấp đường hoặc theo vận tốc thiết kế.

### **1.6. Các vấn đề đang tồn tại và định hướng nghiên cứu**

Có rất nhiều hướng khác nhau để tiếp cận và giải quyết vấn đề mất êm thuận tại vị trí tiếp giáp giữa đường và cầu đắp trên đất yếu. Nhiều đề tài nghiên cứu trước đây đã tiếp cận theo hướng phân tích bài toán ứng suất – biến dạng, từ đó đề xuất giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu theo tiêu chí về cường độ thông qua khả năng mang tải của kết cấu. Các nghiên cứu theo hướng này đã đạt nhiều thành công lớn, đã có nhiều đóng góp quan trọng trong thực tiễn thiết kế và thi công đoạn đường dẫn vào cầu.

Luận án sẽ tiếp cận theo hướng: lấy độ êm thuận của người + hàng hóa trên xe, lực bám đường của bánh xe để đảm bảo lái xe an toàn.v.v. làm tiêu chí thiết kế. Với mục tiêu giải quyết các nội dung chính như sau:

- (1) Nghiên cứu phương pháp đánh giá êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu.
- (2) Nghiên cứu quy tắc thay đổi quy mô gia cường nền móng theo chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu trên cơ sở độ êm thuận.
- (3) Nghiên cứu lựa chọn một số giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu phù hợp cho các công trình cầu ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

## Chương 2: XÂY DỰNG MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU ĐỘ ÊM THUẬN ĐOẠN ĐƯỜNG DẪN VÀO CẦU

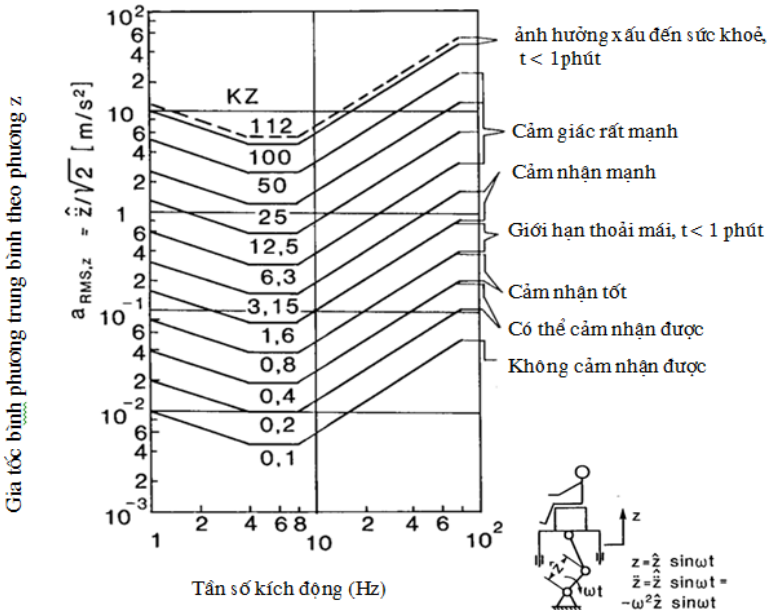
### 2.1. Lựa chọn phương pháp đánh giá độ êm thuận

Sau khi phân tích ưu nhược điểm của các phương pháp đánh giá độ êm thuận đang sử dụng phổ biến trong ngành cầu đường hiện nay, kết hợp với mục tiêu học tập nâng cao chuyên môn, cũng như mong muốn làm rõ ảnh hưởng của đoạn đường dẫn vào cầu đến từng đối tượng cụ thể như: người + hàng hoá trên xe, lực bám giữa bánh xe với mặt đường, v.v. đề tài tiến hành xây dựng một phương pháp đánh giá độ êm thuận riêng phục vụ cho nghiên cứu đoạn đường dẫn vào cầu.

Phân tích kết quả nghiên cứu đã được công bố trước đây, các chỉ tiêu sau có thể sử dụng để nghiên cứu luận án.

#### a. Đối với con người

- b. Sử dụng chỉ tiêu cường độ dao động KB. Tiêu chuẩn TCVN 6964-1:2001 “Rung động và chấn động cơ học – Đánh giá sự tiếp xúc của con người với rung động toàn thân” quy định các ngưỡng  $K_z$  như Hình 2.1.



Hình 2.1. Sự phụ thuộc của gia tốc theo tần số

### b. Đối với hàng hoá

Theo đề xuất của Hiệp hội đóng gói Đức BFSV, ngưỡng an toàn cho hàng hoá như sau.

- + Giới hạn cảnh báo:  $a_{\max} = 0,3g$
  - + Giới hạn can thiệp:  $a_{\max} = 0,5g$
- ( 2-5)

### c. Chỉ tiêu về tải trọng động

Dùng hệ số tải trọng động cực tiểu  $K_{\text{dyn},\min}$  đánh giá khả năng truyền lực dọc khi tăng tốc và khi phanh, giữ ổn định quỹ đạo chuyển động của xe.

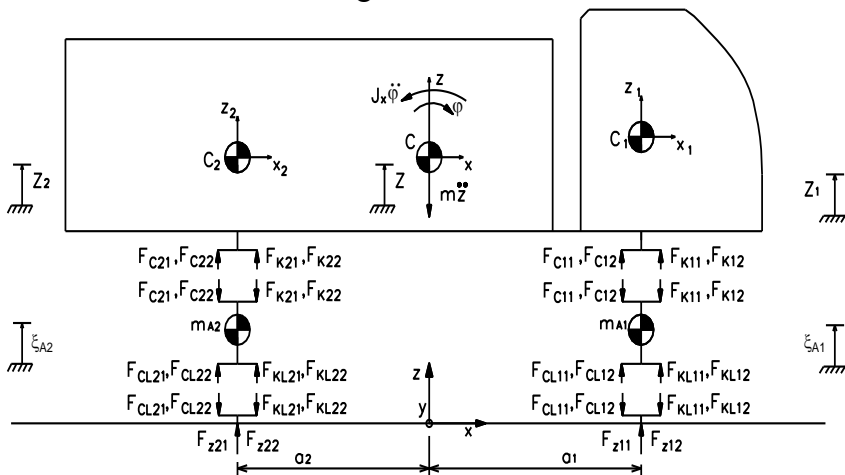
$$K_{\text{dyn},\min} = \frac{\min(F_{z,d})}{F_{z,t}} \quad 0 \leq K_{\text{dyn},\min} \leq 1 \quad ( 2-6)$$

- Giới hạn cảnh báo:  $K_{\text{dyn},\min} = 0,5$
- Giới hạn can thiệp:  $K_{\text{dyn},\min} = 0$

### 2.2. Xây dựng mô hình nghiên cứu độ êm thuận

Để xác định các chỉ tiêu  $K_z$ ,  $a_z$ ,  $K_{\text{dyn},\min}$ .v.v. có thể tiến hành đo trực tiếp trên xe. Tuy nhiên, phương pháp này tốn kém. Luận án chọn phương án xây dựng mô hình tương tác động lực học giữa 3 đối tượng: điều kiện mặt đường + hệ thống dao động của xe ô tô + người và hàng hóa trên xe... để xác định các chỉ tiêu trên.

Xét các mục tiêu nghiên cứu của luận án, khả năng thu thập thông số kỹ thuật của xe và khả năng tiến hành các thí nghiệm thực tế.v.v.luận án lựa chọn xe tải 2 cầu Maz 5551 để nghiên cứu.



Hình 2.15. Sơ đồ đặt lực lên xe theo phương dọc



Các phương trình toán:

$$m.\ddot{z} = F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12} + F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22} \quad (2-10)$$

$$J_y.\ddot{\phi} = a_2(F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22}) - a_1(F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12}) \quad (2-11)$$

$$z_1 = z_{11} = z_{12} = z - a_1\phi \quad (2-12)$$

$$z_2 = z_{21} = z_{22} = z + a_2\phi \quad (2-13)$$

$$m_{A1}\ddot{\xi}_{A1} = -(F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12}) + (F_{CL11} + F_{CL12} + F_{KL11} + F_{KL12}) \quad (2-14)$$

$$m_{A2}\ddot{\xi}_{A2} = -(F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22}) + (F_{CL21} + F_{CL22} + F_{KL21} + F_{KL22}) \quad (2-15)$$

$$F_{C11} = C_{11} \cdot (\xi_{A11} - z_{11}) = C_{11} \cdot (\xi_{A11} - z + a_1\phi) \quad (2-16)$$

$$F_{C12} = C_{12} \cdot (\xi_{A12} - z_{12}) = C_{12} \cdot (\xi_{A12} - z + a_1\phi) \quad (2-17)$$

$$F_{C21} = C_{21} \cdot (\xi_{A21} - z_{21}) = C_{21} \cdot (\xi_{A21} - z - a_2\phi) \quad (2-18)$$

$$F_{C22} = C_{22} \cdot (\xi_{A22} - z_{22}) = C_{22} \cdot (\xi_{A22} - z - a_2\phi) \quad (2-19)$$

$$F_{K11} = K_{11} \cdot (\dot{\xi}_{A11} - \dot{z}_{11}) = K_{11} \cdot (\dot{\xi}_{A11} - \dot{z} + a_1\dot{\phi}) \quad (2-20)$$

$$F_{K12} = K_{12} \cdot (\dot{\xi}_{A12} - \dot{z}_{12}) = K_{12} \cdot (\dot{\xi}_{A12} - \dot{z} + a_1\dot{\phi}) \quad (2-21)$$

$$F_{K21} = K_{21} \cdot (\dot{\xi}_{A21} - \dot{z}_{21}) = K_{21} \cdot (\dot{\xi}_{A21} - \dot{z} - a_2\dot{\phi}) \quad (2-22)$$

$$F_{K22} = K_{22} \cdot (\dot{\xi}_{A22} - \dot{z}_{22}) = K_{22} \cdot (\dot{\xi}_{A22} - \dot{z} - a_2\dot{\phi}) \quad (2-23)$$

$$\begin{cases} F_{CLij} = C_{Lij} \cdot (h_{ij} - \xi_{ij}) \text{ nếu } \left[ h_{ij} - \left( \xi_{ij} + \frac{(m_{ij} + m_{Aij})g}{C_{Lij}} \right) \right] > 0 \\ F_{CLij} = 0 \text{ nếu } \left[ h_{ij} - \left( \xi_{ij} + \frac{(m_{ij} + m_{Aij})g}{C_{Lij}} \right) \right] \leq 0 \quad i = 1, 2; j = 1, 2 \end{cases} \quad (2-24)$$

Với :  $m_{ij} + m_{Aij}$  - Trọng lượng bám trên mỗi bánh xe.

$$F_{KL11} = K_{L11} (\dot{h}_{11} - \dot{\xi}_{11}) = K_{L11} (\dot{h}_{11} - \dot{\xi}_{A1}) \quad (2-25)$$

$$F_{KL12} = K_{L12} (\dot{h}_{12} - \dot{\xi}_{12}) = K_{L12} (\dot{h}_{12} - \dot{\xi}_{A1}) \quad (2-26)$$

$$F_{KL21} = K_{L21} (\dot{h}_{21} - \dot{\xi}_{21}) = K_{L21} (\dot{h}_{21} - \dot{\xi}_{A2}) \quad (2-27)$$

$$F_{KL22} = K_{L22} (\dot{h}_{22} - \dot{\xi}_{22}) = K_{L22} (\dot{h}_{22} - \dot{\xi}_{A2}) \quad (2-28)$$

$$F_{z,t11} = F_{z,t12} = \frac{(m_{A1} + m_1) \cdot g}{2} \quad (2-29)$$

$$F_{z,t21} = F_{z,t22} = \frac{(m_{A2} + m_2) \cdot g}{2} \quad (2-30)$$

$$F_{z,d11} = F_{L11} + F_{z,t11} \quad (2-31)$$

$$F_{z,d12} = F_{L12} + F_{z,t12} \tag{2-32}$$

$$F_{z,d21} = F_{L21} + F_{z,t21} \tag{2-33}$$

$$F_{z,d22} = F_{L22} + F_{z,t22} \tag{2-34}$$

$$IM(\%) = \left( \frac{F_{z,d}}{F_{z,t}} - 1 \right) \cdot 100\% \tag{2-35}$$

Các phương trình từ (2-10) đến (2-34)

tạo thành một hệ phương trình toán học mô tả sơ đồ cấu trúc của mô hình “đường-xe-người”.

### 2.3. Các chỉ tiêu và cấp độ đánh giá độ êm thuận

#### a. Cấp độ êm thuận

Khi xe đi qua những mấp mô này, dao động trên xe là rất bé, con người không cảm nhận được, hàng hóa trên xe không bị đổ vỡ, lực bám đường giữa bánh xe và mặt đường đảm bảo điều kiện vận hành an toàn.

- Cường độ dao động tại trọng tâm cabin xe:  $K_z \leq 20$
- Gia tốc dao động tại trọng tâm thùng xe:  $a_{\max} \leq 0,3g$
- Hệ số tải trọng động cực tiểu tại các bánh xe:  $K_{\text{dyn},\min} \leq 0,5$

#### b. Cấp độ cảnh báo

Nếu mấp mô trên mặt đường đã vượt quá cấp độ êm thuận nhưng chưa đạt đến cấp độ can thiệp, khi xe đi qua những mấp mô này thì con người đã cảm nhận tương đối mạnh về dao động, giằng xóc do mặt đường gây ra, hàng hóa trên xe có khả năng bị đổ vỡ.v.v. cơ quan quản lý công trình nên triển khai công tác lập dự án, lên kế hoạch duy tu sửa chữa.

- Cường độ dao động tại trọng tâm cabin xe:  $20 < K_z < 50$
- Gia tốc dao động tại trọng tâm thùng xe:  $0,3g < a_{\max} < 0,5g$
- Hệ số tải trọng động cực tiểu tại các bánh xe:  $0 < K_{\text{dyn},\min} < 0,5$

#### c. Cấp độ can thiệp

Khi xe đi qua những mấp mô nằm trong vùng giới hạn này, con người đã cảm nhận tương đối mạnh về dao động do mặt đường gây ra, hàng hóa trên xe có khả năng bị đổ vỡ.v.v. cơ quan quản lý công trình nên triển khai công tác lập dự án, lên kế hoạch duy tu sửa chữa.

- Cường độ dao động tại trọng tâm cabin xe:  $K_z \geq 50$
- Gia tốc dao động tại trọng tâm thùng xe:  $a_{\max} \geq 0,5g$

- Hệ số tải trọng động cực tiểu tại các bánh xe:  $K_{\text{dyn,min}} = 0$

## 2.4. Lập phần mềm đánh giá độ êm thuận

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, đề tài mô phỏng mô hình “đường-xe-người” bằng ngôn ngữ Matlab Simulink (2010).

## 2.5. Thí nghiệm kiểm tra tính đúng đắn của mô hình

Luận án đã thực hiện các thí nghiệm cần thiết để đánh giá tính đúng đắn của mô hình:

- Kiểm tra quy luật vật lý: Kết quả kiểm tra cho thấy, về mặt định tính kết quả thu được từ mô hình phù hợp với các quy tắc cơ bản về lực và chuyển vị.
- Thí nghiệm trực tiếp trên xe: Thu thập kết quả đo trực tiếp trên xe, so sánh với kết quả khảo sát bằng mô hình, các đồ thị thí nghiệm và tính toán có hình dạng phù hợp nhau, các giá trị cực đại phù hợp (sai số từ 6.03% đến 8.52%). Pha của các đồ thị có sự chênh lệch giữa thí nghiệm và tính toán.



Hình 2.33. Đường và xe thí nghiệm (ngày 13/11/2013)

- So sánh “độ êm thuận” và “độ bằng phẳng theo phương dọc”: Mô phỏng điều kiện mặt đường theo các nghiên cứu đi trước đã công bố (theo Briaud, tiêu chuẩn của Úc, tiêu chuẩn của Trung Quốc, quy định tạm thời của Việt Nam, Tổng Cty Tư vấn thiết kế GTVT (TEDI)..), sử dụng mô hình “đường-xe-người” để khảo sát, đánh giá mức độ tương đồng giữa kết quả khảo sát từ mô hình với các giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc mà các nghiên cứu đi trước đã công bố. Kết quả phân

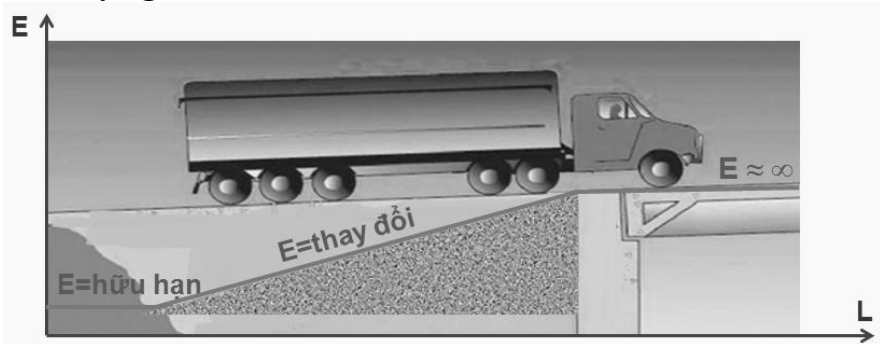
tích thể hiện trong bảng 2.4.

Bảng 2.4. Đối chiếu g.hạn độ bằng phẳng trong các kết quả nghiên cứu.

STT	Tiêu chuẩn/ tác giả nghiên cứu	Vận tốc (km/h)	Độ bằng phẳng theo phương dọc	Độ êm thuận cho người		Độ êm thuận cho hàng hóa		Độ an toàn khi lái xe		Chênh lệch
				$K_{z-t}$ ( $m/s^2$ ) (theo các nghiên cứu trước đây)	$K_{z-lim}$ ( $m/s^2$ ) (theo [28])	$a_{it}$ ( $m/s^2$ ) (theo các nghiên cứu trước đây)	$a_{lim}$ ( $m/s^2$ ) (theo BFSV [31])	$K_{dyn,it}$ ( $m/s^2$ ) (theo các nghiên cứu trước đây)	$K_{dyn,lim}$ ( $m/s^2$ ) (theo [30])	
1	Tiêu chuẩn TK của Úc	Không đề cập	3/1000	0,5835	1,00	0,316	2,943	0,96	0,5	41,65%
		80	6/1000	1,0816	1,048	0,53	2,943	0,93	0,5	-3,21%
2	Tiêu chuẩn TK của Trung Quốc	100	4/1000	0,7598	1	0,4675	2,943	0,95	0,5	24,02%
		Không đề cập	1/200	0,962	1	0,5209	2,943	0,93	0,5	3,8%
3	Kết quả nghiên cứu của Briand	60	1/175-:1/125	1,1957	1,21	0,4878	2,943	0,91	0,5	1,18%
		80	1/250-:1/175	0,7598	1,048	0,4675	2,943	0,95	0,5	27,5%
		40	1/125	0,7853	1,482	0,2309	2,943	0,94	0,5	47,01%
4	Kết quả nghiên cứu của TEDI	60	1/150	1,0005	1,21	0,4082	2,943	0,93	0,5	17,31%
		80	1/175	0,7598	1,048	0,4675	2,943	0,95	0,5	27,5%
		100	1/200	0,962	1	0,5209	2,943	0,93	0,5	3,8%
5	Quy định tạm thời của Việt Nam	80	1/175	0,7598	1,048	0,4675	2,943	0,95	0,5	27,5%
		100	1/200	0,962	1	0,5209	2,943	0,93	0,5	3,8%

## Chương 3: CÁC GIẢI PHÁP THIẾT KẾ ĐOẠN ĐƯỜNG DẪN VÀO CẦU ĐÁP TRÊN ĐẤT YẾU

### 3.1. Tư duy nghiên cứu



Hình 3.1. Nguyên tắc thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu

Về nguyên tắc, để đảm bảo chuyển tiếp êm thuận thì đoạn đường dẫn vào cầu phải được thiết kế với độ cứng ( $E$ ) thay đổi sao cho có thể chuyển tiếp hài hòa độ cứng giữa công trình cầu và công trình đường. Tuy nhiên, tính đàn hồi của nền đường chỉ là tương đối, khi tải trọng lớn, các khu vực biến dạng dẻo hình thành và phát triển, quan hệ ứng suất-biến dạng không còn là tuyến tính nữa.

Do quan hệ giữa độ cứng nền ( $E$ ) và biến dạng ( $\epsilon$ ) nền là mật thiết, nên việc nghiên cứu chuyển tiếp biến dạng của nền đường thực chất cũng là một hướng tiếp cận khác của việc nghiên cứu chuyển tiếp độ cứng nền. Vì vậy, luận án sẽ nghiên cứu sự chuyển tiếp về biến dạng của nền (chuyển tiếp độ chênh lệch lún giữa đường và cầu) theo các yêu cầu về êm thuận. Trên cơ sở quy tắc chuyển tiếp này, sẽ đề xuất giải pháp thiết kế phù hợp cho đoạn đường dẫn vào cầu.

### 3.2. Nghiên cứu các quy tắc chuyển tiếp độ lún

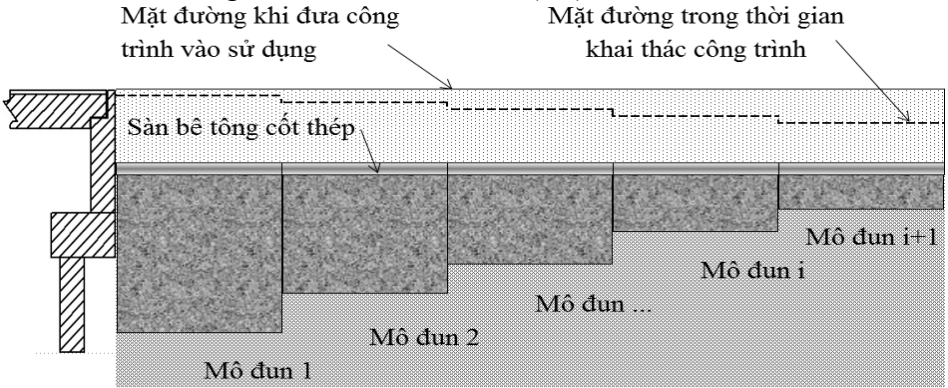
#### 3.2.1. Quy tắc chuyển tiếp độ lún lệch dạng đường bậc thang

##### 3.2.1.1. Mục tiêu nghiên cứu.

Giả thiết chọn một giải pháp kết cấu sàn như Hình 3.3, tại thời điểm đưa công trình vào khai thác, mặt đường là bằng phẳng, tuy nhiên trong quá trình sử dụng, do sự lún không đều giữa các mô đun kết cấu nên trắc dọc mặt đường sẽ có dạng đường bậc thang.

Vấn đề cần đặt ra:

- Chiều dài của các mô đun sàn liền kề nhau (L) nên chọn là bao nhiêu?
- Độ chênh lún giữa hai mô đun liền kề ( $\Delta S$ ) nên chọn là bao nhiêu?



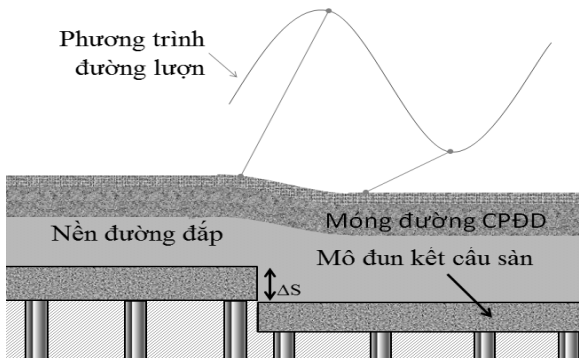
Hình 3.3. Sơ đồ chuyển tiếp độ lún dạng bậc thang.

### 3.2.1.2. Mô hình hóa điều kiện mặt đường

Đối với kết cấu áo đường mềm, khi xảy ra sự lún lệch giữa các mô đun sàn, do tính dẻo của bê tông nhựa, ma sát của các lớp vật liệu đắp.v.v. nên mặc dù mặt sàn lún có dạng bậc thang, nhưng mặt đường xe chạy sẽ luôn được vuốt tròn bởi một đường lượn cong.

Khảo sát số liệu các đường lượn cong tại các vị trí lún gãy trên đoạn đường dẫn vào cầu thực tế, sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu luận án thiết lập được phương trình đường lượn cong:

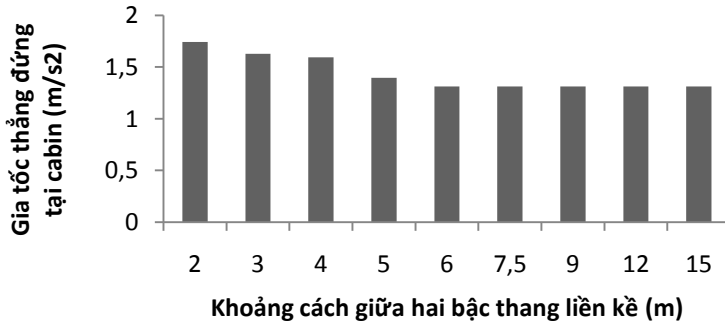
$$y = 2E^{-15} * x^3 - 0.0388 * x^2 + 0.0932 * x - 0.0189 \quad (3-1)$$



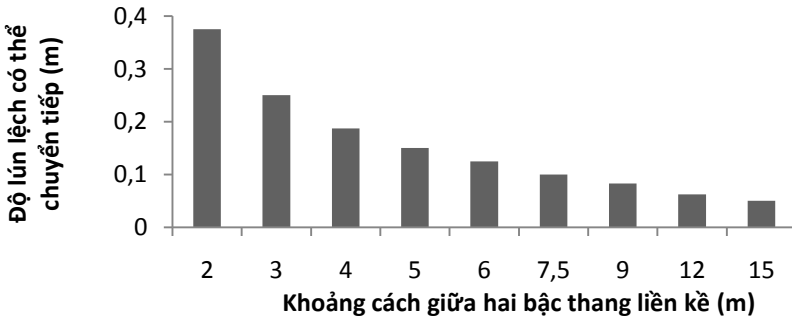
Hình 3.8. Dạng mặt đường thực tế tại vị trí bậc thang

Dùng phương trình (3-1) để mô phỏng sự vuốt cong tại các bậc thang (vị trí nối tiếp giữa 2 mô đun sàn liền kề).

### 3.2.1.3. Nghiên cứu khoảng cách hợp lý giữa các bậc thang



Hình 3.10. Quan hệ giữa gia tốc thẳng đứng tại ca bin xe với khoảng cách giữa hai bậc thang liền kề (đường cấp 80 và đường cao tốc)



Hình 3.13. Quan hệ giữa độ lún lệch có thể chuyển tiếp với khoảng cách giữa hai bậc thang liền kề (đường cấp 60 trở xuống)

Từ các kết quả phân tích, xét thêm tính khả thi trong thiết kế cấu tạo giải pháp và thực tế xây dựng công trình. Kiến nghị nên lựa chọn chiều dài 1 mô đun kết cấu sàn trong phạm vi từ 4,0:-7,0m.

### 3.2.1.4. Nghiên cứu giới hạn độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề

Để điều kiện êm thuận của đoạn đường dẫn đầu cầu luôn thỏa mãn trong suốt thời gian sử dụng công trình, tại thời điểm cuối chu kỳ khai thác, độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề ( $\Delta S$ ) không được vượt quá các giới hạn sau:

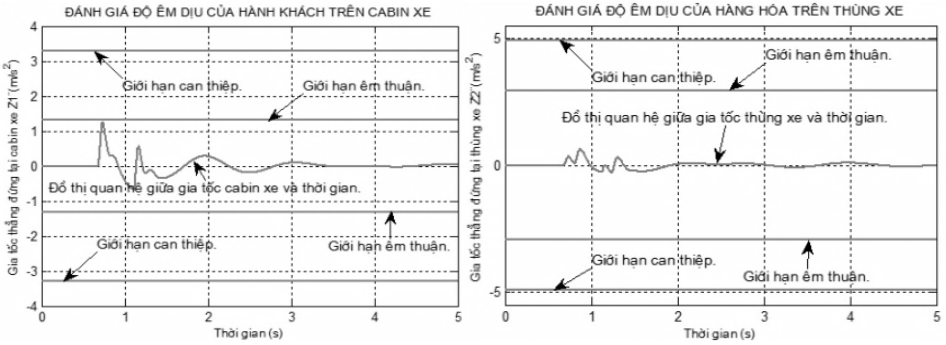
#### a. Đường cấp 80 và đường cao tốc

##### a.1. Giới hạn êm thuận

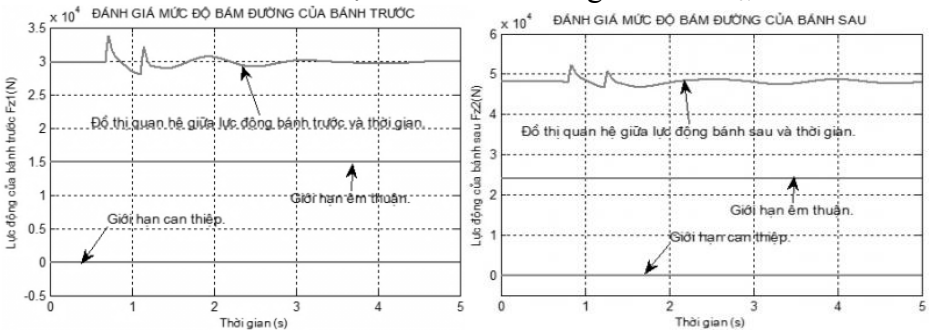
- Giới hạn êm thuận:

$$\Delta S_{et} = 2\text{cm} \quad (3-2)$$





Hình 3.14. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta S_{ct} = 2\text{cm}$



Hình 3.15. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta S_{ct} = 2\text{cm}$

- Hệ số xung kích IM:

$$IM = 16.14\% = \max \left\{ \begin{aligned} &\left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.376 T}{2.976 T} - 1 \right) * 100\% = 13.44\% \\ &\left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.2145 T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 8.45\% \end{aligned} \right. \quad (3-3)$$

### a.2. Giới hạn can thiệp

- Giới hạn can thiệp:

$$\Delta S_{ct} = 6\text{cm} \quad (3-4)$$

- Hệ số xung kích IM:

$$IM = 32.27\% = \max \left\{ \begin{aligned} &\left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.9286 T}{2.976 T} - 1 \right) * 100\% = 32.00\% \\ &\left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.8630 T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 21.94\% \end{aligned} \right. \quad (3-5)$$

### b. Đường cấp 60 trở xuống

Tiến hành tương tự như đường cấp 80 và đường cao tốc, ta xác định được các giới hạn cho đường cấp 60 trở xuống như sau:

### b.1. Giới hạn êm thuận

- Giới hạn êm thuận:

$$\Delta S_{ct} = 3\text{cm} \quad (3-6)$$

- Hệ số xung kích:

$$IM = 20.17\% = \max \left\{ \begin{aligned} & \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.5618T}{2.976T} - 1 \right) * 100\% = 19.68\% \\ & \left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.3519T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 11.31\% \end{aligned} \right. \quad (3-7)$$

### b.2. Giới hạn can thiệp

- Giới hạn can thiệp:

$$\Delta S_{ct} = 7\text{cm} \quad (3-8)$$

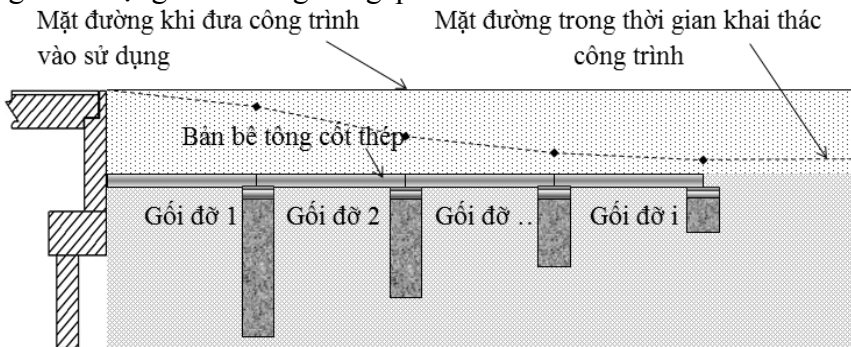
- Hệ số xung kích:

$$IM = 48.40\% = \max \left\{ \begin{aligned} & \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{4.1341T}{2.976T} - 1 \right) * 100\% = 38.91\% \\ & \left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.9140T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 23.00\% \end{aligned} \right. \quad (3-9)$$

## 3.2.2. Quy tắc chuyển tiếp độ lún lệch dạng đường gập khúc

### 3.2.2.1. Mục tiêu nghiên cứu

Giả thiết chọn một giải pháp kết cấu bản như Hình 3.22, tại thời điểm đưa công trình vào khai thác, mặt đường là bằng phẳng, tuy nhiên trong quá trình sử dụng, do sự lún không đều giữa các gối đỡ nên trắc dọc mặt đường sẽ có dạng các đường nối gập khúc với nhau.



Hình 3.22. Sơ đồ chuyển tiếp độ lún dạng đường gập khúc

Vấn đề đặt ra:

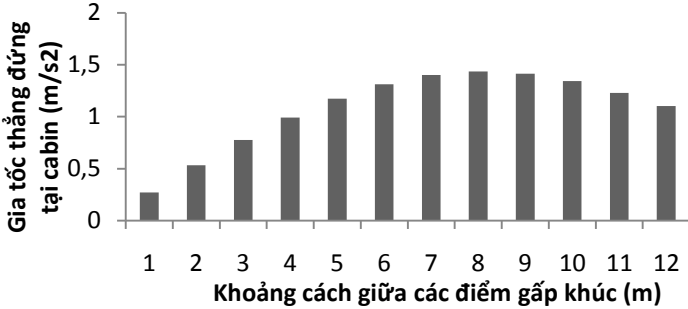
- Chiều dài của các mô đun bản (L) nên chọn là bao nhiêu ?
- Hiệu đại số độ dốc giữa 2 đoạn dốc liền kề ( $\Delta i = i_n - i_{n-1}$ ) nên chọn giới

hạn là bao nhiêu?

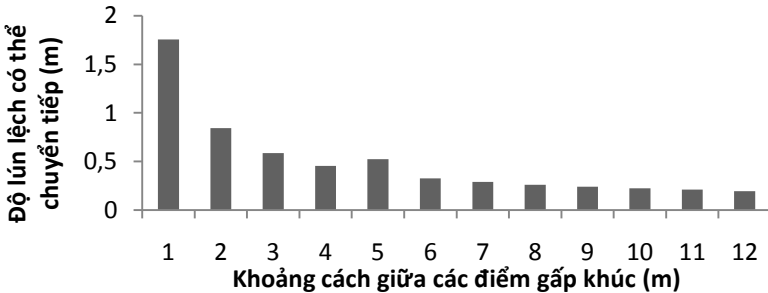
### 3.2.2.2. Mô hình hóa điều kiện mặt đường

Sử dụng phương trình (3-1) để mô phỏng sự vượt cong tại các điểm gấp khúc.

### 3.2.2.3. Nghiên cứu khoảng cách hợp lý giữa các điểm gấp khúc



Hình 3.26. Quan hệ giữa gia tốc thẳng đứng tại ca bin xe với khoảng cách giữa các điểm gấp khúc (đường cấp 60 trở xuống)



Hình 3.27. Quan hệ giữa độ lún lệch có thể chuyển tiếp với khoảng cách giữa các điểm gấp khúc (đường cấp 80 và cao tốc)

Từ các kết quả phân tích, xét thêm tính khả thi trong thiết kế cấu tạo giải pháp và thực tế xây dựng công trình. Kiến nghị lựa chọn khoảng cách giữa các điểm gấp khúc trong phạm vi từ 4,0:-7,0m.

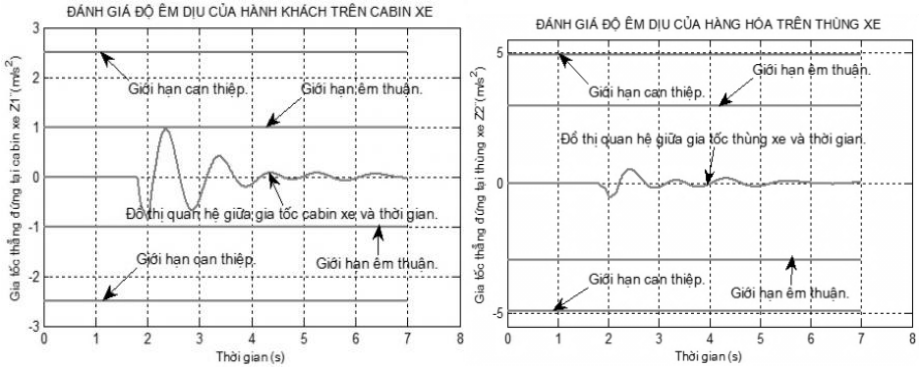
### 3.2.2.4. Nghiên cứu giới hạn hiệu đại số độ dốc ( $\Delta i = |i_n - i_{n-1}|$ ) giữa 2 đoạn dốc liền kề

#### a. Đường cấp 80 và đường cao tốc

##### a.1. Giới hạn êm thuận

- Giới hạn êm thuận:

$$\Delta i_{et} = |i_n - i_{n-1}| = 5\% \quad (3-10)$$



Hình 3.29. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta i_{ct} = 5\%$

- Hệ số xung kích IM:

$$IM = 8.23\% = \max \left\{ \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.221 T}{2.976 T} - 1 \right) * 100\% = 8.23\% \right. \quad (3-11)$$

$$\left. \left( \frac{F_{z,d}^{bansau}}{F_{z,t}^{bansau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.008 T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 4.15\% \right.$$

## a.2. Giới hạn can thiệp

- Giới hạn can thiệp:

$$\Delta i_{ct} = |i_n - i_{n-1}| = 10\% \quad (3-12)$$

- Hệ số xung kích IM:

$$IM = 16.43\% = \max \left\{ \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.465 T}{2.976 T} - 1 \right) * 100\% = 16.43\% \right. \quad (3-13)$$

$$\left. \left( \frac{F_{z,d}^{bansau}}{F_{z,t}^{bansau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.207 T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 8.29\% \right.$$

## b. Đường cấp 60 trở xuống

Tiến hành tương tự như đường cấp 80 và đường cao tốc, ta xác định được các giới hạn cho đường cấp 60 trở xuống như sau:

### b.1. Giới hạn êm thuận

- Giới hạn êm thuận:

$$\Delta i_{ct} = |i_n - i_{n-1}| = 8\% \quad (3-14)$$

- Hệ số xung kích:

$$IM = 11.22\% = \max \left\{ \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.31 T}{2.976 T} - 1 \right) * 100\% = 11.22\% \right. \quad (3-15)$$

$$\left. \left( \frac{F_{z,d}^{bansau}}{F_{z,t}^{bansau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.008 T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 4.15\% \right.$$

## b.2. Giới hạn can thiệp

- Giới hạn can thiệp:

$$\Delta i_{ct} = |i_n - i_{n-1}| = 15\% \quad (3-16)$$

- Hệ số xung kích:

$$IM = 20.86\% = \max \left\{ \begin{aligned} & \left( \frac{F_{z,d}^{banhtrouc}}{F_{z,t}^{banhtrouc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.597T}{2.976T} - 1 \right) * 100\% = 20.86\% \\ & \left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.18T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 7.73\% \end{aligned} \right. \quad (3-17)$$

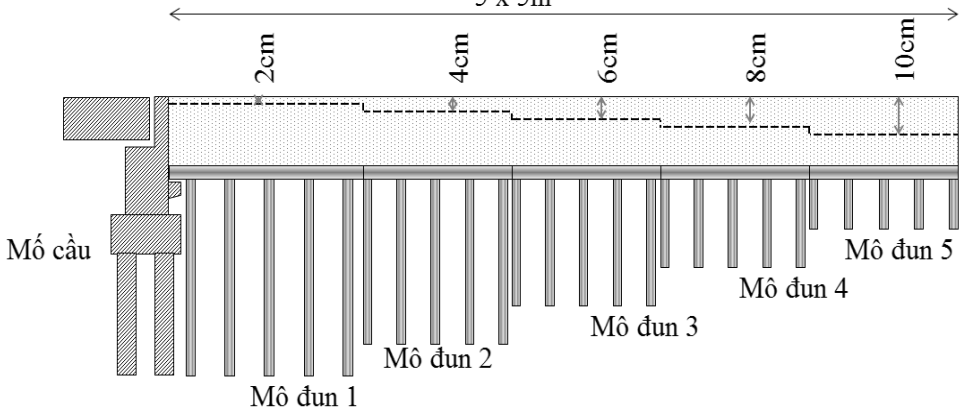
## 3.3. Phân tích chi tiết 02 giải pháp thiết kế mới

### 3.3.1. Phân tích chi tiết giải pháp sàn giảm tải mềm

Đường cấp 80, độ lún cố kết còn lại:  $S=10\text{cm}$ ; Độ chênh lệch lún mà kết cấu đoạn đường dẫn vào cầu cần xử lý chuyển tiếp là  $S=10\text{cm}$ . Chia kết cấu sàn giảm tải ra thành 5 mô đun (Hình 3.37), chọn độ chênh lệch lún giữa 2 mô đun sàn kế tiếp nhau:

$$\Delta S = 2\text{cm} \leq \Delta S_{et} = 2\text{cm}$$

5 x 5m



Hình 3.37. Độ lún các mô đun sàn sau 15 năm

Tiến hành phân tích các phương án chiều sâu đặt sàn giảm tải theo các tiêu chí:

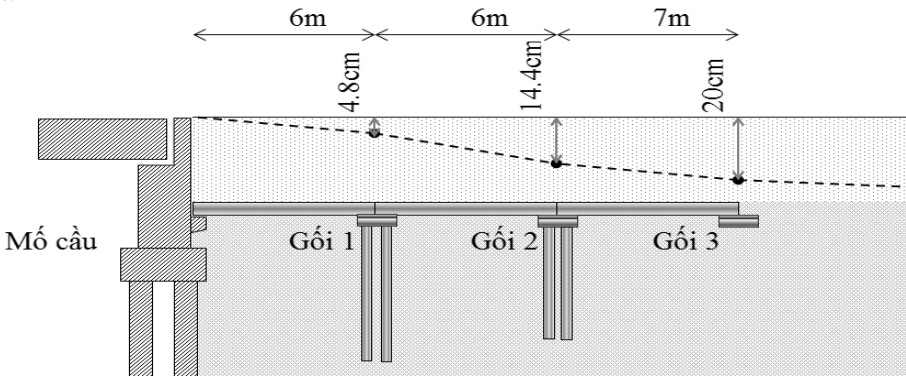
- Độ êm thuận của mặt đường.
- Tiết kiệm vật liệu xây dựng.
- Điều kiện thiết kế kết cấu áo đường.

Kiến nghị:

- Với tuyến đường sử dụng kết cấu áo đường cứng, nên đặt cao độ mặt sàn bằng với cao độ kết cấu áo đường;
- Với tuyến đường sử dụng kết cấu áo đường mềm, khi không có tính toán đặc biệt, nên đặt cao độ mặt sàn nằm thấp hơn đáy kết cấu áo đường từ 1,0m :- 1,5m.

### 3.3.2. Phân tích chi tiết giải pháp bản quá độ nhiều nhịp

Đường cấp 60, độ lún cố kết còn lại:  $S=20\text{cm}$ . Giải pháp bản quá độ đề xuất cho công trình gồm 3 nhịp có các thông số kỹ thuật như Hình 3.43, hiệu đại số giữa 2 dốc liền kề không vượt quá ngưỡng giới hạn êm thuận  $\Delta i_{ct}=8\text{‰}$ .



Hình 3.43. Độ lún cho phép tại các gối đỡ

Tương tự như phân tích ở mục 3.3.1, xét thêm tính khả thi trong thiết kế cấu tạo giải pháp và thực tế xây dựng công trình. Kiến nghị:

- Với tuyến đường sử dụng kết cấu áo đường cứng, nên đặt cao độ mặt bản quá độ bằng với cao độ kết cấu áo đường.
- Với tuyến đường sử dụng kết cấu áo đường mềm, khi không có tính toán đặc biệt, nên đặt cao độ mặt bản quá độ nằm thấp hơn đáy kết cấu áo đường từ 1,0m :- 1,5m.

### 3.4. Một số kiến nghị về các phương án nền móng.

Phương án móng cọc đóng bố trí trong kết cấu Sàn giảm tải mềm và kết cấu Bản quá độ nhiều nhịp nêu trên không phải là phương án nền móng duy nhất. Tùy theo yêu cầu về kinh tế, điều kiện địa hình, địa chất... có thể lựa chọn một phương án nền móng khác (hoặc kết hợp nhiều phương án khác nhau) để tạo ra một giải pháp thiết kế phù hợp cho công trình đường

dẫn vào cầu, miễn rằng độ lún theo thời gian của các mô đun (hoặc gối đỡ) thoả mãn yêu cầu của các quy tắc chuyên tiếp độ lún.

Bảng 3.6. Đề xuất lựa chọn phương án kết cấu nền móng, gối đỡ.

STT	Giải pháp	Phạm vi áp dụng hiệu quả									
		Theo chiều dày tầng đất yếu					Theo độ lún dư cho phép trong quá trình khai thác				
		< 5m	5 :- 20m	20 :- 25m	25 :- 40m	> 40m	< 5cm	5 :- 10cm	10 :- 25cm	> 25cm	
1	Đào thay đất	X						X		X	
2	Gia cố nền bằng hệ cọc tre, củ tràm	X						X		X	
3	Giếng cát		X					X		X	
4	Bấc thấm		X	X				X		X	
5	Bơm hút chân không		X	X				X		X	
6	Cọc đất gia cố xi măng		X	X	X			X		X	
7	Hệ móng cọc đóng + sần BTCT		X	X	X	X		X			
8	Hệ móng cọc đất gia cố XM + lưới địa KT		X	X	X			X		X	
9	Hệ móng cọc khoan nhồi + sần BTCT				X	X		X		X	

## KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu và những đóng góp của luận án được tổng kết và tóm tắt như sau:

### 1. Những đóng góp về mặt khoa học

- Đã đề xuất một số chỉ tiêu, các cấp độ đánh giá độ êm thuận và đề xuất được các tiêu chí thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu theo yêu cầu về chuyển tiếp êm thuận.
- Đã xây dựng một mô hình toán học đường-xe-người để xác định các giới hạn biến dạng mặt đường nhằm đảm bảo yêu cầu chuyển tiếp êm thuận.
- Đã phân tích và xác định giá trị hệ số xung kích IM trên đoạn đường dẫn vào cầu ứng với các tiêu chí thiết kế về độ êm thuận.

### 2. Những đóng góp về mặt thực tiễn

- Đã xây dựng được một phần mềm nhằm đánh giá đoạn chuyển tiếp từ đường vào cầu theo các tiêu chí về êm thuận nêu trên.
- Đã phân tích và đề xuất cụ thể về 02 giải pháp thiết kế (Sàn giảm tải mềm + Bản quá độ nhiều nhịp) để cải thiện độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu khu vực đồng bằng sông Cửu Long (đã được Vụ KHCN sử dụng ở điều 4.3 và 5.2 - “Quy định tạm thời về các giải pháp kỹ thuật công nghệ đối với đoạn chuyển tiếp giữa đường và cầu (cống) trên đường ô tô” ban hành theo Quyết định số 3095/QĐ-BGTVT).

### 3. Kiến nghị

- Kiến nghị Bộ Giao thông Vận tải tạo điều kiện cho phép ứng dụng kết quả nghiên cứu vào xử lý thí điểm một số đoạn chuyển tiếp từ đường vào cầu tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long để có điều kiện bổ sung, hoàn thiện kết quả nghiên cứu.
- Trên cơ sở các Tiêu chí thiết kế do luận án đề xuất, kiến nghị tiếp tục nghiên cứu đề xuất thêm một số giải pháp thiết kế khác phù hợp với điều kiện khan hiếm vật liệu xây dựng của khu vực đồng bằng sông Cửu Long như: Cọc đất gia cố xi măng, khoan phụt vữa áp lực cao (Jet Grouting), v.v.



#### **4. Những hạn chế**

Kết quả nghiên cứu của luận án còn tồn tại những nhược điểm sau:

- Hệ phương trình chưa toàn diện: Mô hình nghiên cứu do luận án xây dựng vẫn còn nhiều hạn chế như chưa xét đến yếu tố lắc ngang của xe, sự ma sát giữa các lá nhíp, chưa nghiên cứu được ảnh hưởng của nguồn gây dao động là rung động của động cơ, lực hãm khi ô tô ra vào cầu..v.v.
- Xe tải 2 cầu Maz 5551 chưa thật sự đại diện cho dòng xe thực tế: lựa chọn chủng loại xe để phân tích là xe tải 2 cầu Maz 5551, nhưng chưa có những phân tích chặt chẽ để chứng minh tính đại diện của xe Maz 5551 cho dòng xe thực tế đang lưu thông trên đường hiện nay.
- Chưa xét đến sự mất ổn định, trượt .v.v. của đường dẫn vào cầu: Luận án chưa nghiên cứu các vấn đề khác liên quan đến đoạn đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu như mất ổn định, sụt trượt mái taluy.v.v.

#### **5. Hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài**

Các nghiên cứu tiếp theo nên tập trung vào:

- Hoàn thiện mô hình nghiên cứu: Nghiên cứu lựa chọn chủng loại xe phù hợp, có thể đại diện cho dòng xe đang lưu thông tại Việt Nam. Khắc phục được những hạn chế được trình bày ở mục 4, xây dựng hoàn thiện hệ phương trình vi phân mô tả mối tương tác động lực học “đường – xe – người”.
- Nghiên cứu, đề xuất thêm các giải pháp thiết kế mới: Trên cơ sở các quy tắc chuyển tiếp độ lún vừa thiết lập, cần phân tích chuyên sâu tìm kiếm những giải pháp thiết kế phù hợp hơn cho đoạn đường dẫn vào cầu.