

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn khoa học của GS. TS. Nguyễn Việt Trung và PGS. TS. Doãn Minh Tâm. Các số liệu và kết quả trong đề tài là hoàn toàn trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình khoa học nào khác.

Nghiên cứu sinh

Phan Quốc Bảo

## LỜI CẢM ƠN

Tôi xin tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Thầy giáo đã hướng dẫn khoa học cho tôi: GS.TS. Nguyễn Việt Trung và PGS.TS. Doãn Minh Tâm - hai Thầy đã tặng cho tôi nhiều tài liệu khoa học quý, tận tình truyền dạy cho tôi những kinh nghiệm trong nghiên cứu khoa học, định hướng nghiên cứu cho luận án của tôi, đưa ra những quyết định điều chỉnh rất quan trọng và kịp thời, giúp tôi hoàn thành luận án.

Tôi xin cảm ơn PGS.TS. Vũ Đức Chính, TS. Đỗ Hữu Thắng, PGS.TS. Nguyễn Hữu Trí, TS. Nguyễn Việt Khoa, PGS.TS. Võ Văn Hường, PGS.TS. Bùi Phú Doanh và TS. Nguyễn Văn Trà đã tặng cho tôi nhiều tài liệu khoa học và đóng góp nhiều ý kiến chuyên môn quý báu cho luận án.

Tôi xin cảm ơn quý Thầy, Cô của Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải; Đại học Giao thông Vận tải; Đại học Xây Dựng; Đại học Bách khoa Hà Nội; Học viện Kỹ thuật Quân sự; các nhà khoa học và các bạn đồng nghiệp tại trường Đại học Giao thông Vận tải Tp. Hồ Chí Minh.v.v. đã nhiệt tình giúp đỡ tôi trong thời gian vừa qua.

Tôi gửi lời cảm ơn đến Cha Mẹ tôi và Vợ tôi – những người đã động viên và thay tôi thu xếp công việc gia đình trong suốt thời gian tôi thực hiện luận án.

Xin chân thành cảm ơn!

*Hà Nội, tháng 3 năm 2015*

Nghiên cứu sinh

Phan Quốc Bảo

# MỤC LỤC

MỞ ĐẦU .....	1
1. Tính cấp thiết của đề tài .....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu .....	1
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu .....	1
4. Nội dung nghiên cứu .....	2
5. Phương pháp nghiên cứu .....	2
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn .....	3
7. Điểm mới của luận án .....	3
Chương 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG TRÌNH ĐƯỜNG DẪN VÀO CẦU .....	5
1.1. Tổng quan về điều kiện địa hình, địa chất tại khu vực nghiên cứu .....	5
1.1.1. Tổng quan .....	5
1.1.2. Chỉ tiêu cơ lý cơ bản của đất yếu ở khu vực nghiên cứu .....	5
1.1.3. Sự phân bố đất yếu .....	6
1.1.3.1. Khu vực I .....	6
1.1.3.2. Khu vực II .....	6
1.1.3.3. Khu vực III .....	8
1.1.3.4. Khu vực IV .....	8
1.1.3.5. Khu vực V .....	9
1.2. Tổng quan về các giải pháp thiết kế đường dẫn vào cầu .....	9
1.2.1. Các giải pháp thiết kế đường dẫn vào cầu đang sử dụng phổ biến trên thế giới và tại Việt Nam .....	9
1.2.2. Một số giải pháp công nghệ theo Quy định tạm thời của Bộ GTVT .....	11
1.2.3. Các giải pháp thiết kế phổ biến tại khu vực nghiên cứu .....	13
1.3. Hiện tượng mất êm thuận tại vị trí tiếp giáp giữa đường và cầu .....	15

1.3.1. Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng mất êm thuận tại vị trí tiếp giáp .....	15
1.3.2. Độ chênh lệch lún giữa đường và cầu tại khu vực nghiên cứu .....	17
1.3.2.1. Tại các công trình cầu khu vực đồng bằng sông Cửu Long.....	17
1.3.2.2. Tại cầu Văn Thánh 2 (Tp. Hồ Chí Minh).....	18
1.3.3. Các nguyên nhân gây ra sự chênh lệch lún .....	19
1.3.3.1. Ảnh hưởng của sự đầm chặt và loại vật liệu đắp sau mố.....	20
1.3.3.2. Lún cố kết của đất nền .....	20
1.3.3.3. Ảnh hưởng của thoát nước sau mố.....	20
1.3.3.4. Loại mố cầu .....	21
1.4. Các kết quả nghiên cứu trước đây về đường dẫn vào cầu .....	21
1.4.1. Độ bằng phẳng theo phương dọc/ chiều dài bản quá độ .....	21
1.4.2. Giải pháp thiết kế mới .....	25
1.4.3. Mô hình “đường-xe” .....	26
1.5. Quy định về độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu trong các tiêu chuẩn thiết kế .....	27
1.5.1. Quy định trong các tiêu chuẩn thiết kế ở nước ngoài [9], [26] .....	27
1.5.2. Quy định trong tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam .....	28
1.6. Các vấn đề đang tồn tại và định hướng nghiên cứu.....	28
1.6.1. Một số vấn đề đang tồn tại cần tiếp tục nghiên cứu giải quyết .....	28
1.6.2. Định hướng nghiên cứu .....	29
<b>Chương 2: XÂY DỰNG MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU ĐỘ ÊM THUẬN CHO ĐOẠN ĐƯỜNG DẪN VÀO CẦU .....</b>	<b>30</b>
2.1. Lựa chọn phương pháp đánh giá độ êm thuận.....	30
2.1.1. Các phương pháp đánh giá độ bằng phẳng/ độ êm thuận phổ biến.....	31
2.1.2. Nhận xét về các phương pháp đánh giá độ êm thuận phổ biến .....	32
2.1.3. Lựa chọn phương pháp đánh giá độ êm thuận .....	33

2.1.3.1. Lựa chọn chỉ tiêu đánh giá độ êm thuận .....	33
2.1.3.2. Lựa chọn phương pháp đánh giá độ êm thuận .....	36
2.2. Xây dựng mô hình nghiên cứu độ êm thuận.....	37
2.2.1. Môi quan hệ “Đường – Xe – Người” .....	37
2.2.2. Lựa chọn phương pháp mô hình hóa điều kiện mặt đường.....	38
2.2.3. Lựa chọn phương pháp mô phỏng dao động ô tô.....	39
2.2.3.1. Mô phỏng theo mô hình 1/4 xe (Quarter-car Model).....	39
2.2.3.2. Mô phỏng theo mô hình 1/2 xe (Half-car Model).....	40
2.2.3.3. Mô phỏng theo mô hình 4/4 (mô hình không gian, Full-car model) .....	40
2.2.3.4. Lựa chọn phương pháp mô nghiên cứu.....	41
2.2.4. Lựa chọn chủng loại xe nghiên cứu.....	41
2.2.5. Mô tả toán học sơ đồ cấu trúc mô hình “đường-xe-người” .....	45
2.2.5.1. Sơ đồ cấu trúc.....	45
2.2.5.2. Cơ sở lý thuyết và các giả thiết .....	46
2.2.5.3. Lập phương trình toán học mô tả sơ đồ cấu trúc của mô hình.....	47
2.3. Các chỉ tiêu và cấp độ đánh giá độ êm thuận .....	54
2.3.1. Các chỉ tiêu đánh giá độ êm thuận.....	54
2.3.2. Các cấp độ đánh giá độ êm thuận.....	54
2.4. Lập phần mềm đánh giá độ êm thuận.....	56
2.4.1. Sơ đồ khối.....	56
2.4.2. Xây dựng các khối “con” trong hệ thống phần mềm .....	57
2.5. Kiểm tra tính đúng đắn của mô hình .....	59
2.5.1. Kiểm tra quy luật vật lý .....	60
2.5.2. Thí nghiệm kiểm tra độ chính xác của mô hình .....	63
2.5.2.1. Mục tiêu.....	63

2.5.2.2. Lựa chọn phương pháp thí nghiệm. ....	64
2.5.2.3. Đường và xe thí nghiệm.....	64
2.5.2.4. Thiết bị và sơ đồ đo.....	66
2.5.2.5. Kết quả đo và nhận xét.....	69
2.5.3. So sánh “độ êm thuận” và “độ bằng phẳng theo phương dọc” .....	72
2.5.3.1. Theo tiêu chuẩn của Úc.....	73
2.5.3.2. Theo tiêu chuẩn của Trung Quốc .....	74
2.5.3.3. Theo Briaud.....	74
2.5.3.4. Theo Tổng công ty Tư vấn thiết kế Giao thông Vận tải (TEDI) .....	75
2.5.3.5. Theo Quy định tạm thời của Việt Nam .....	75
2.5.3.6. Tổng hợp kết quả khảo sát và nhận xét.....	75
<b>Chương 3: NGHIÊN CỨU MỘT SỐ GIẢI PHÁP THIẾT KẾ ĐOẠN ĐƯỜNG DẪN VÀO CẦU ĐÁP TRÊN ĐẤT YẾU .....</b>	<b>78</b>
3.1. Tư duy nghiên cứu.....	78
3.2. Nghiên cứu các quy tắc chuyển tiếp độ lún.....	80
3.2.1. Quy tắc chuyển tiếp độ lún lệch dạng đường bậc thang.....	80
3.2.1.1. Mục tiêu nghiên cứu.....	80
3.2.1.2. Mô hình hóa điều kiện mặt đường .....	81
3.2.1.3. Nghiên cứu khoảng cách hợp lý giữa các mấp mô bậc thang.....	86
3.2.1.4. Nghiên cứu giới hạn độ chênh lệch lún giữa hai mô đụn liền kề.....	89
3.2.2. Quy tắc chuyển tiếp độ lún lệch dạng đường gấp khúc .....	94
3.2.2.1. Mục tiêu nghiên cứu.....	94
3.2.2.2. Mô hình hóa điều kiện mặt đường .....	94
3.2.2.3. Nghiên cứu khoảng cách hợp lý giữa các điểm gấp khúc.....	95
3.2.2.4. Nghiên cứu giới hạn hiệu đại số độ dốc giữa 2 đoạn dốc liền kề .....	99
3.3. Phân tích chi tiết 02 giải pháp thiết kế đề xuất.....	103

3.3.1. Phân tích chi tiết giải pháp sàn giảm tải mềm.....	103
3.3.1.1. Các giả thiết cơ bản.....	103
3.3.1.2. Khảo sát giải pháp.....	104
3.3.1.3. Phân tích lựa chọn chiều sâu đặt sàn giảm tải.....	106
3.3.2. Phân tích chi tiết giải pháp bản quá độ nhiều nhịp.....	108
3.3.2.1. Các giả thiết cơ bản.....	108
3.3.2.2. Khảo sát giải pháp.....	109
3.3.2.3. Lựa chọn chiều sâu đặt bản quá độ.....	111
3.4. Một số kiến nghị về các phương án nền móng.....	111
3.5. Phân tích ưu nhược điểm của các giải pháp đề xuất.....	114
3.5.1. Khả năng kiểm soát và hạn chế các mấp mô hình thành trong quá trình khai thác.....	114
3.5.2. Khả năng dự báo độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu.....	114
3.5.3. Chi phí xây dựng.....	114
3.5.3.1. Phân tích tỷ lệ khối lượng BTCT của các giải pháp đề xuất.....	116
3.5.3.2. So sánh chi phí xây dựng của các giải pháp.....	118
3.5.4. Độ êm thuận.....	119
3.5.4.1. Khảo sát thu thập số liệu mấp mô mặt đường dẫn vào cầu.....	119
3.5.4.2. Đánh giá độ êm thuận của các giải pháp.....	121
KẾT LUẬN.....	125
1. Những đóng góp về mặt khoa học.....	125
2. Những đóng góp về mặt thực tiễn.....	125
3. Kiến nghị.....	125
4. Những hạn chế.....	126
5. Hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài.....	126

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Đơn vị	Ý Nghĩa
A	m <sup>2</sup>	Diện tích tiết diện
a <sub>1</sub>	m	Khoảng cách từ cầu trước đến trọng tâm xe
a <sub>2</sub>	m	Khoảng cách từ cầu sau đến trọng tâm xe
2b <sub>1</sub>	m	Chiều rộng cơ sở cầu trước
2b <sub>2</sub>	m	Chiều rộng cơ sở cầu sau
BTNN		Bê tông nhựa nóng
CPĐĐ		Cấp phối đá dăm
C <sub>L1</sub>	N/m	Độ cứng hướng đứng của lớp trước
C <sub>L1</sub>	N/m	Độ cứng hướng đứng của lớp sau
C <sub>1j</sub>	N/m	Độ cứng nhíp trước
C <sub>2j</sub>	N/m	Độ cứng nhíp sau
$E_{chung}^{bq}$	MPa	Mô đun đàn hồi chung bình quân của các công trình
$E_{chung}^i$	MPa	Mô đun đàn hồi chung của công trình thứ i
E <sub>1</sub>	MPa	Mô đun đàn hồi của vật liệu lớp dưới
E <sub>2</sub>	MPa	Mô đun đàn hồi của vật liệu lớp trên
$E_{tb}^{bq}$	MPa	Mô đun đàn hồi trung bình bình quân của các lớp vật liệu kết cấu áo đường
K <sub>1j</sub>	N/m	Hệ số cản treo trước
K <sub>n</sub> , K <sub>t</sub>	N/m	Hệ số cản của hệ thống treo ở hành trình nén và hành trình trả
L	m	Chiều dài cơ sở của ô tô/ Chiều dài đường dẫn vào cầu



$\ell$	m	Phạm vi phân bố tải trọng xe theo hướng dọc/ cạnh dài của móng
G	Tấn	Trọng lượng một xe
h	m	Chiều cao nền đắp/ chiều dày lớp đất yếu
$h_{ij}$	m	Chiều cao mấp mô đường
$h_0$	m	Chiều cao mấp mô sóng mặt đường.
$i_M$	%	Hệ số xung kích
$i, i_d$	%, ‰	Độ dốc dọc tuyến
$\Delta i$	‰	Hiệu đại số hai dốc dọc kế tiếp nhau
$\Delta S$	m	Độ lún lệch giữa 2 giải pháp kết cấu/ chiều cao bậc thang trong chuyển tiếp độ lún dạng bậc thang
$2w_1$	m	Khoảng cách giữa hai nhíp trước
$2w_2$	m	Khoảng cách giữa hai nhíp sau
$\varphi$	Rad, °	Góc lắc dọc thân xe/ Góc ma sát trong của đất
$\varphi_{tb}$	°	Góc ma sát trong trung bình của các lớp đất
$\xi_{A1}$	m	Chuyển vị phương thẳng đứng trọng tâm cầu trước
$\xi_{A2}$	m	Chuyển vị phương thẳng đứng trọng tâm cầu sau
$Z_1$	m	Chuyển vị phương thẳng đứng trọng tâm khối lượng được treo trước
$Z_2$	m	Chuyển vị phương thẳng đứng trọng tâm khối lượng được treo sau
$F_{Lij}$	N	Lực đàn hồi hướng kính của lớp
$F_C$	N	Lực đàn hồi của hệ thống treo
$F_k$	N	Lực cản của hệ thống treo
$F_{z,t}$	N	Tải trọng tĩnh phương thẳng đứng

$F_{Z,d}$	N	Tải trọng động phương thẳng đứng
$m$	kg	Khối lượng toàn bộ xe
$m_{A1}$	kg	Khối lượng phần không được treo trước
$m_{A2}$	kg	Khối lượng phần không được treo sau
$m_1$	kg	Khối lượng được treo trước
$m_2$	kg	Khối lượng được treo sau
NCS		Nghiên cứu sinh
KB, Kz		Cường độ dao động
$K_{dyn,max}$		Hệ số tải trọng động cực đại
$k_{tc}$		Hệ số độ tin cậy
$f$	Hz	Tần số
$v$	Km/h	Vận tốc xe
$V_{tk}$	Km/h	Vận tốc thiết kế
$J_y$	$kgm^2$	Mô men quán tính đối với trục y đi qua trọng tâm của thân xe
$S$	m	Độ lún của móng
$S_{\infty}$	m	Độ lún cuối cùng của nền đường
$S_d$	m	cổ kết còn lại tại cuối đường dẫn vào cầu
$t$	sec	Thời gian

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Hình 0.1	Sơ đồ tư duy của luận án.	4
Hình 1.1	Bản đồ phân bố đất yếu khu vực đồng bằng sông Cửu Long	7
Hình 1.2	Vị trí công trình đường dẫn vào cầu	9
Hình 1.3	Sơ đồ cọc đất gia cố xi măng theo phương pháp tiếp cận	10
Hình 1.4	Cấu tạo sàn giảm tải cầu Kênh Năm (Cà Mau)	10
Hình 1.5	Kết cấu bản quá độ điển hình	11
Hình 1.6	Xử lý đất yếu bằng bác thám kết hợp cọc kết chân không	12
Hình 1.7	Xử lý đất yếu bằng công nghệ cọc gia cường	12
Hình 1.8	Giải pháp thay đổi chiều dài và mật độ cọc ở đoạn đường chuyển tiếp để đảm bảo chuyển đổi êm thuận độ lún giữa đường và cầu	13
Hình 1.9	Tỷ lệ sử dụng các giải pháp thiết kế tại khu vực nghiên cứu	13
Hình 1.10	Xu hướng thiết kế chiều dài kết cấu bản quá độ	14
Hình 1.11	Xu hướng thiết kế chiều dài kết cấu sàn giảm tải	14
Hình 1.12	Xu hướng thiết kế chiều dài đoạn gia cố bằng cọc cát	15
Hình 1.13	Sự thay đổi đột ngột độ cứng nền đường tại vị trí tiếp giáp	17
Hình 1.14	Lún lệch tại đường dẫn cầu vượt Tân Cảng (Tp. HCM)	18
Hình 1.15	Nguyên nhân gây ra hiện tượng lún lệch (Briaud) [35]	19
Hình 1.16	Chi tiết ống thoát nước sau móng	21
Hình 1.17	Sơ đồ làm việc của kết cấu bản quá độ	22
Hình 1.18	Giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc Briaud, J.L (1997)	22
Hình 1.19	Mô hình “đường – xe” của Xiaomin Shi.	26
Hình 2.1	Sự phụ thuộc của gia tốc bình phương trung bình theo	34

	tần số	
Hình 2.2	Sự phụ thuộc của cường độ dao động theo thời gian	35
Hình 2.3	Sơ đồ nghiên cứu mối quan hệ “đường-xe-người”	37
Hình 2.4	Mấp mô đơn vị	38
Hình 2.5	Mấp mô dạng hàm điều hòa	38
Hình 2.6	Mấp mô dạng hàm ngẫu nhiên	38
Hình 2.7	Mô hình 1/4 xe	39
Hình 2.8	Mô hình 1/2 xe	40
Hình 2.9	Mô hình không gian	40
Hình 2.10	Đặc trưng của xe tải thiết kế (xe 3 trục) theo 22TCN 272 :05[3]	41
Hình 2.11	Xe tải 2 trục Maz 5551 (16 tấn)	43
Hình 2.12	Mô hình “đường-xe-người” (theo phương dọc)	45
Hình 2.13	Mô hình “đường-xe-người” (theo phương ngang)	45
Hình 2.14	Mô hình hệ thống treo.	48
Hình 2.15	Mô hình lớp.	50
Hình 2.16	Sơ đồ đặt lực lên xe theo phương dọc	51
Hình 2.17	Sơ đồ đặt lực phần đầu xe	51
Hình 2.18	Sơ đồ đặt lực phần thùng xe	51
Hình 2.19	Sơ đồ khối của phần mềm	56
Hình 2.20	Khối mô tả phương trình ( 2-10)	57
Hình 2.21	Khối mô tả phương trình ( 2-11)	58
Hình 2.22	Khối mô tả phương trình ( 2-14)	58
Hình 2.23	Khối mô tả phương trình ( 2-15)	59
Hình 2.24	Khối mô tả phương trình ( 2-12), ( 2-13)	59
Hình 2.25	Kết quả khảo sát khi kích động $h_{11}=h_{12}=h_{21}=h_{22}=0$	60
Hình 2.26	Kết quả khảo sát khi kích động $h_{11}=h_{12}=h_{21}=h_{22}=$ $h_0\sin(2\pi f)t$	61
Hình 2.27	Kết quả khảo sát khi kích động $z_1= 0.05m$	61
Hình 2.28	Kết quả khảo sát khi kích động $z_2= 0.05m$	62

Hình 2.29	Kết quả khảo sát khi kích động $\zeta_1 = 0.05m$	62
Hình 2.30	Kết quả khảo sát khi kích động $\zeta_2 = 0.05m$	63
Hình 2.31	Mấp mô nguồn gây dao động	64
Hình 2.32	Mô tả toán học mặt đường thí nghiệm	65
Hình 2.33	Đường và xe thí nghiệm	66
Hình 2.34	Sơ đồ kết nối thiết bị đo	66
Hình 2.35	Lắp cảm biến V1 và H7 lên xe thí nghiệm	67
Hình 2.36	Máy tính DEWETRON 3000	68
Hình 2.37	Cảm biến V1	68
Hình 2.38	Cảm biến H7	69
Hình 2.39	Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi $v=40km/h$ (mô hình)	69
Hình 2.40	Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi $v=40km/h$ (thí nghiệm)	70
Hình 2.41	Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi $v=80km/h$ (mô hình)	70
Hình 2.42	Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi $v=80km/h$ (thí nghiệm)	70
Hình 2.43	Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi $v=40km/h$ (mô hình)	71
Hình 2.44	Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi $v=40km/h$ (thí nghiệm)	71
Hình 2.45	Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi $v=80km/h$ (mô hình)	71
Hình 2.46	Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi $v=80km/h$ (thí nghiệm)	72
Hình 2.47	Mô phỏng điều kiện mặt đường	73
Hình 2.48	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=100km/h, S=3\%$ )	73
Hình 2.49	Lực động tại bánh trước & bánh sau xe ( $v=100km/h, S=3\%$ )	73
Hình 2.50	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=80km/h, S=6\%$ )	74

Hình 2.51	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=100\text{km/h}$ , $S=4\%$ )	74
Hình 2.52	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=100\text{km/h}$ , $S=1/200$ )	74
Hình 2.53	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=60\text{km/h}$ , $S=1/125$ )	75
Hình 2.54	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=40\text{km/h}$ , $S=1/125$ )	75
Hình 2.55	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=60\text{km/h}$ , $S=1/150$ )	75
Hình 3.1	Nguyên tắc thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu	78
Hình 3.2	Sơ đồ các quy tắc chuyển tiếp độ lún	80
Hình 3.3	Sơ đồ chuyển tiếp độ lún dạng bậc thang	80
Hình 3.4	Mô hình mặt đường dạng bậc thang của Xiaomin Shi	81
Hình 3.5	Đo dạng đường lượn cong tại điểm cuối sàn giảm tải – Cầu số 1, đường Nguyễn Hữu Thọ, Tp.HCM (12/11/2011)	82
Hình 3.6	Đo dạng đường lượn cong tại điểm cuối sàn giảm tải – cầu Bàu Dừa, huyện Cần Giuộc, tỉnh Long An (12/11/2011)	82
Hình 3.7	Nhập số liệu và xử lý kết quả đo trên phần mềm Excel	85
Hình 3.8	Dạng mặt đường thực tế tại vị trí bậc thang	86
Hình 3.9	Điều kiện mặt đường mô phỏng bởi công cụ “Signal Builder”	86
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)	87
Hình 3.11	Quan hệ giữa gia tốc thẳng đứng tại ca bin xe với khoảng cách giữa các bậc thang (đường cấp 60 trở xuống)	87
Hình 3.12	Quan hệ giữa độ lún lệch có thể chuyển tiếp với khoảng cách giữa các bậc thang (đường cấp 80 và cao tốc)	88
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)	89

Hình 3.14	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta S_{et}= 2\text{cm}$	90
Hình 3.15	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta S_{et}= 2\text{cm}$	90
Hình 3.16	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta S_{ct}= 6\text{cm}$	91
Hình 3.17	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta S_{ct}= 6\text{cm}$	91
Hình 3.18	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta S_{et}= 3\text{cm}$	92
Hình 3.19	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta S_{et}= 3\text{cm}$	92
Hình 3.20	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta S_{ct}= 7\text{cm}$	93
Hình 3.21	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta S_{ct}= 7\text{cm}$	93
Hình 3.22	Sơ đồ chuyển tiếp độ lún dạng đường gấp khúc	94
Hình 3.23	Dạng mặt đường thực tế tại điểm gấp khúc	95
Hình 3.24	Điều kiện mặt đường mô phỏng bằng công cụ “Signal Builder”	95
Hình 3.25	Quan hệ giữa gia tốc thẳng đứng tại ca bin xe với khoảng cách giữa các điểm gấp khúc (đường cấp 80 và đường cao tốc)	96
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)	97
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)	98
Hình 3.28	Quan hệ giữa độ lún lệch có thể chuyển tiếp với khoảng cách giữa các điểm gấp khúc (đường cấp 60 trở xuống)	98
Hình 3.29	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta i_{et}= 5\%$	99
Hình 3.30	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta i_{et}= 5\%$	99

Hình 3.31	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta i_{ct} = 10\%$	100
Hình 3.32	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta i_{ct} = 10\%$	100
Hình 3.33	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta i_{ct} = 8\%$	101
Hình 3.34	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta i_{ct} = 8\%$	101
Hình 3.35	Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi $\Delta i_{ct} = 15\%$	102
Hình 3.36	Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi $\Delta i_{ct} = 15\%$	102
Hình 3.38	Mô hình kết cấu sàn giảm tải	105
Hình 3.39	Trường ứng suất hữu hiệu trong đất nền (PA1:+0.00m)	106
Hình 3.40	Mấp mô mặt đường PA3(+1.00m) và PA6 (+3.00m)	106
Hình 3.41	Biểu đồ momen của mô đun sàn 1 (PA1:+0.00m)	106
Hình 3.42	Khối lượng vật liệu BTCT móng cho 1m <sup>2</sup> sàn giảm tải	107
Hình 3.43	Độ lún cho phép tại các gối đỡ	110
Hình 3.44	Mô hình hóa kết cấu bản quá độ	110
Hình 3.46	Trường ứng suất hữu hiệu trong đất nền	111
Hình 3.45	Biểu đồ momen của bản quá độ 1	111
Hình 3.47	Mô hình hoá kết cấu sàn giảm tải cứng trong Plaxis 2D	116
Hình 3.48	Sàn giảm tải mềm: Ứng suất do trọng lượng bản thân đất đắp	117
Hình 3.49	Mô hình giải pháp bản quá độ nhiều nhịp sau khi chia lưới	117
Hình 3.50	Khối lượng vật liệu BTCT/1m rộng đường dẫn vào cầu	117
Hình 3.51	Khảo sát đường dẫn vào cầu Cái Trung – H. Bình Chánh, Tp.HCM	120
Hình 3.52	Khảo sát đường dẫn vào cầu Xóm Củi – Q.7, Tp.HCM	120
Hình 3.53	Biến dạng mặt đường dẫn vào cầu khi sử dụng giải pháp Sàn giảm tải mềm/ Sàn giảm tải sau 15 năm khai thác	121
Hình 3.54	Biến dạng mặt đường dẫn vào cầu khi sử dụng giải	121



pháp Bản quá độ nhiều nhịp/ Bản quá độ sau 15 năm khai thác

- |           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Hình 3.55 | Biểu đồ gia tốc dao động thẳng đứng tại cabin xe khi ô tô chạy trên đường dẫn vào cầu Long Hậu với vận tốc $v=60\text{km/h}$    | 122 |
| Hình 3.56 | Biểu đồ gia tốc dao động thẳng đứng tại thùng xe khi ô tô chạy trên đường dẫn vào cầu Ông Lớn với vận tốc $v=60\text{km/h}$     | 122 |
| Hình 3.57 | Biểu đồ lực động từ bánh xe tác dụng xuống mặt đường khi ô tô chạy trên đường dẫn vào cầu Xóm Củi với vận tốc $v=60\text{km/h}$ | 122 |

## DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1	Thông kê độ lún đường dẫn vào cầu tại khu vực nghiên cứu [27]	18
Bảng 1.2	Quy định độ bằng phẳng theo phương dọc theo JRA 1983	23
Bảng 1.3	Giới hạn độ bằng phẳng theo Lê Bá Vinh và cộng sự	24
Bảng 1.4	Giới hạn độ bằng phẳng theo Nguyễn Hữu Trí	24
Bảng 1.5	Giới hạn độ bằng phẳng theo TEDI	24
Bảng 1.6	Quy định độ bằng phẳng theo phương dọc theo Bộ GTVT	28
Bảng 2.1	Bảng xếp loại chỉ số PSI (theo Carey và Irick, 1960) [40]	31
Bảng 2.2	Chỉ số IRI yêu cầu đối với mặt đường cấp cao A1	32
Bảng 2.3	Các thông số kỹ thuật của xe Maz 5551	44
Bảng 2.4	Bảng đối chiếu giới hạn độ bằng phẳng trong các kết quả nghiên cứu	76
Bảng 3.1	Bảng tổng hợp số liệu mấp mô tại các công trình cầu thực tế	83
Bảng 3.2	Bảng thống kê chiều dài đoạn cong nối tại vị trí bậc thang	85
Bảng 3.3	Bảng tính chiều dài đoạn cong nối giữa 2 đường gấp khúc	95
Bảng 3.4	Bảng tính độ lún giới hạn cho từng mô đun sàn	104
Bảng 3.5	Bảng thông số kỹ thuật chính của kết cấu bản quá độ	109
Bảng 3.6	Các đề xuất lựa chọn phương án kết cấu nền móng, gối đỡ	113
Bảng 3.7	So sánh chi phí xây dựng của các giải pháp thiết kế	118
Bảng 3.8	Kết quả so sánh độ êm thuận của 02 giải pháp đề xuất với một số giải pháp đang sử dụng phổ biến	123

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Sự cố tại vị trí tiếp giáp giữa đường và cầu đắp trên đất yếu (lún gầy, độ cứng thay đổi đột ngột), dẫn đến hiện tượng ô tô bị xóc khi ra vào cầu làm ảnh hưởng đến độ êm thuận của người và hàng hóa trên xe, gây ra tai nạn giao thông, giảm vận tốc xe chạy và tăng chi phí duy tu bảo dưỡng công trình.v.v. đây là dạng sự cố phổ biến, không chỉ xuất hiện riêng tại Việt Nam mà ngay cả các quốc gia phát triển [1]. Kết quả điều tra năm 2005 cho thấy khoảng 25% công trình cầu của Hoa Kỳ cũng đang gặp vấn đề tương tự [43].

Các năm gần đây như 2011, 2012, Bộ Giao thông Vận tải (GTVT) đều xác định là năm chất lượng công trình giao thông. Năm 2013, Bộ GTVT tiếp tục xác định là năm An toàn giao thông và kỷ cương, chất lượng, tiến độ, hiệu quả công trình giao thông của Bộ GTVT. Trong đó sự cố vị trí tiếp giáp giữa đường & cầu và hiện tượng mặt đường lún theo vệt bánh xe là 2 vấn đề lớn mà Bộ GTVT đặc biệt quan tâm.

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 tại vị trí tiếp giáp giữa đường và cầu. Việc nghiên cứu các giải pháp thiết kế để chuyển tiếp êm thuận tại đoạn đường dẫn vào cầu tại khu vực nghiên cứu có ý nghĩa quan trọng và cấp thiết.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của luận án là nghiên cứu đề xuất một số giải pháp thiết kế thích hợp cho đoạn đường dẫn vào cầu khu vực thành phố Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long, nhằm chuyển tiếp êm thuận cho đoạn tuyến, đảm bảo cho hàng hóa và hành khách trên ô tô có được sự thoải mái, tiện nghi khi ô tô lưu thông qua cầu, đảm bảo an toàn khi lái xe cũng như vận tốc xe chạy trên tuyến đường.

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

Đã có nhiều đề tài trong và ngoài nước nghiên cứu về sự cố tại đoạn đường

dẫn vào cầu, kết quả cho thấy các hư hỏng trên được hình thành bởi sự tác động của hàng chục nguyên nhân khác nhau, rải đều từ giai đoạn điều tra khảo sát, thiết kế, thi công cho đến giai đoạn quản lý khai thác công trình.v.v.

Luận án chỉ nghiên cứu tiêu chí thiết kế để có thể chuyển tiếp êm thuận đoạn nối tiếp giữa cầu và đường trên cơ sở xem xét độ êm thuận của người + hàng hóa trên ô tô và điều kiện lái xe an toàn khi ô tô lưu thông qua cầu. Sau đó, vận dụng phối hợp các phương án nền - móng đang được sử dụng phổ biến tại công trình thực tế như: móng cọc BTCT, cọc đất gia cố xi măng.v.v. theo tiêu chí thiết kế mà luận án đã xây dựng, từ đó phân tích - đề xuất ra giải pháp thiết kế mới. Lý thuyết tính toán các phương án nền móng do các nhà khoa học đã công bố trước đây được xem là đúng đắn, có thể sử dụng để tính toán các giải pháp thiết kế do luận án đề xuất.

Luận án chưa xem xét đến các tác động khác có thể xảy ra đồng thời trên đoạn đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu như: hiện tượng mất ổn định mái taluy, hiện tượng lún sụt, trượt trôi, các vấn đề về vật liệu đắp, quản lý dự án, tổ chức thi công, tư vấn giám sát, chi phí xây dựng.v.v.

#### **4. Nội dung nghiên cứu**

Vận dụng các kết quả nghiên cứu đã được công bố về: dao động ô tô, các ngưỡng êm thuận của người + hàng hóa khi chịu ảnh hưởng của dao động/ giằng xóc, lực bám đường đủ cho người tài xế điều khiển xe an toàn.v.v. để phân tích đánh giá sự chuyển tiếp êm thuận từ đường vào cầu. Xây dựng tiêu chí thiết kế đoạn nối tiếp giữa cầu và đường theo yêu cầu về êm thuận.

Phân tích một số phương án nền móng theo tiêu chí chuyển tiếp êm thuận, đề xuất các giải pháp thiết kế cho đoạn đường dẫn vào cầu phù hợp với địa chất khu vực thành phố Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long.

#### **5. Phương pháp nghiên cứu**

Luận án chọn cách tiếp cận với đoạn đường dẫn vào cầu bằng việc nghiên cứu các yêu cầu về độ êm thuận cho người + hàng hóa trên ô tô, lực bám đường đủ cho người tài xế điều khiển ô tô an toàn.v.v. Từ đó nghiên cứu tìm kiếm các giải pháp gia cố nền móng bên dưới đoạn chuyển tiếp này sao cho thỏa mãn các yêu cầu về

êm thuận.

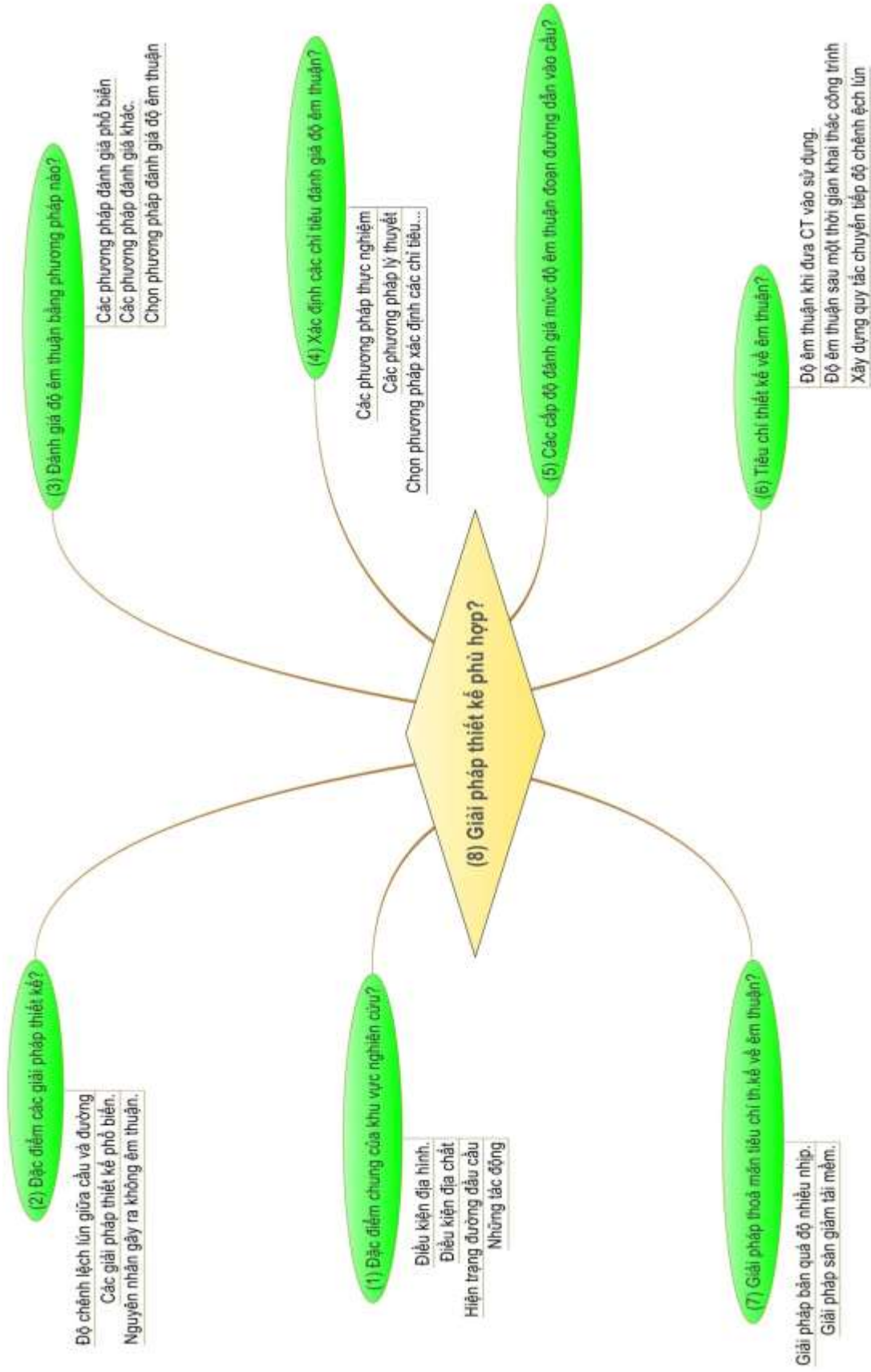
Sử dụng phương pháp kết hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm cùng với việc ứng dụng công nghệ tin học trong tính toán.

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

- **Ý nghĩa khoa học:** Đã nghiên cứu mối tương tác động lực học giữa 3 đối tượng: “điều kiện mặt đường” + “hệ thống dao động của ô tô” + “người và hàng hóa trên ô tô”.v.v. Từ đó đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu trên cơ sở giá trị của những tác động xấu lên người và hàng hóa.v.v. khi ô tô ra/ vào cầu.
- **Ý nghĩa thực tiễn:** Đã nghiên cứu đề xuất một số giải pháp thiết kế mới để cải thiện độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu. Xây dựng được phần mềm đánh giá độ êm thuận có thể sử dụng cho công tác thiết kế và quản lý khai thác công trình đường dẫn vào cầu.

## **7. Điểm mới của luận án**

- Lựa chọn các chỉ tiêu và đề xuất các cấp đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu, khắc phục được tình trạng đánh giá độ êm thuận mang tính chất định tính như hiện nay.
- Xây dựng mô hình “đường – xe – người” giúp dễ dàng xác định được các thông số về chuyển vị, gia tốc dao động thẳng đứng của các bộ phận trên xe, hệ số xung kích IM.v.v. tại mọi thời điểm/ vị trí xe chạy trên đoạn đường dẫn vào cầu.
- Xây dựng các quy tắc chuyển tiếp độ lún (tiêu chí thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu theo yêu cầu về độ êm thuận) phục vụ cho công tác thiết kế và khai thác công trình.
- Đề xuất 02 giải pháp thiết kế mới để cải thiện độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu và phân tích xây dựng các chỉ dẫn kỹ thuật cần thiết.



Hình 0.1 Sơ đồ tư duy của luận án.

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

Trong chương này, luận án trình bày các nội dung chính:

- Tổng quan về điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn.v.v. và các giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu tại khu vực nghiên cứu.
- Tổng quan về các kết quả nghiên cứu về độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu và các giải pháp thiết kế mới đã được các nhà khoa học đi trước công bố, phân tích ưu nhược điểm và xác định phương hướng nghiên cứu của luận án.

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

#### **1.1.1. Tổng quan**

Khu vực đồng bằng sông Cửu Long và phần lớn địa bàn thành phố Hồ Chí Minh có dạng bồn trũng theo hướng Đông Bắc - Tây Nam mà trung tâm bồn trũng là vùng kẹp giữa sông Tiền và sông Hậu. Do điều kiện hình thành nên các tầng trầm tích ở khu vực này có chiều dày lớn và biến đổi phức tạp. Đặc biệt lớp trầm tích phù sa trẻ Holocene gần như phủ kín khắp bề mặt khu vực, có bề dày từ vài mét đến hàng chục mét, một số nơi lên đến 40-:60m. Đặc trưng của hệ trầm tích yếu trong khu vực là đang trong quá trình biến đổi tích tụ, phân hủy hấp thụ hóa sinh, bão hòa nước và bắt đầu vào quá trình cố kết hóa đá, nên các tầng đất có trạng thái từ mềm yếu đến rất mềm yếu, khả năng chịu tải thấp, tính biến dạng cao [16].

#### **1.1.2. Chỉ tiêu cơ lý cơ bản của đất yếu ở khu vực nghiên cứu**

Ngoại trừ lớp trên bề mặt có bề dày khoảng 0.5 đến 3.0m đã được cải tạo, thổ nhưỡng hay thổ cư hóa.v.v. còn lại các tầng trầm tích trẻ Holocene bên dưới chủ yếu là dạng bùn sét có các đặc điểm chung về cơ lý như [24]:

- Trạng thái rất mềm (hoặc rất rời rạc), hoàn toàn bão hòa nước, đang trong quá trình phân hủy hấp thụ hóa sinh, độ ẩm rất cao từ 50% đến 100% (có khu vực đến 120%); khối lượng thể tích khô nhỏ, thường không quá hoặc xấp xỉ  $1.0 \text{ g/cm}^3$ ; độ sệt  $I_L > 1.0$ ; hệ số rỗng  $e > 1.0$  thậm chí có khu vực lên đến 2-:3 hoặc lớn hơn.

- Tính nén lún cao, chỉ số nén  $C_c$  biến đổi từ 0.5 đến 1.5, module tổng biến dạng  $E_{02}$  từ 5-:-10 kG/cm<sup>2</sup>.
- Cường độ sức chống cắt không thoát nước của đất trong phần lớn khu vực đều < 0.2kG/cm<sup>2</sup>.
- Tính thấm nước thấp: tính năng thấm nước của đất yếu rất thấp, thường hệ số thấm theo phương đứng vào khoảng  $i*(10^{-6} \text{ :-} 10^{-8})\text{cm/sec}$  ( $i=1\text{-}:-10$ ).
- Tính không đồng đều: do điều kiện trầm tích nên trong tầng đất dạng bùn sét thường có kẹp tầng đất bột với chiều dày không giống nhau khiến đặc điểm cơ lý theo phương ngang và phương đứng khác nhau.

### **1.1.3. Sự phân bố đất yếu**

Toàn vùng đồng bằng sông Cửu Long có thể chia thành 5 khu vực có hiện diện các dạng đất yếu như sau [24]:

#### **1.1.3.1. Khu vực I**

Đất sét màu xám nâu, xám vàng bao gồm các loại đất sét á sét màu xám nâu, có chỗ đất mềm yếu nằm gối lên trên trầm tích nén chặt, chiều dày không quá 5m. Có một số vùng trũng lầy cục bộ, cao độ từ 1-:-3m. Nước ngầm gặp ở độ sâu 1-:-5m. Nước ở đây có tính ăn mòn acid và ăn mòn sulfat.

#### **1.1.3.2. Khu vực II**

Bao gồm các loại đất yếu: bùn sét, bùn á sét, bùn á cát xen kẹp với các lớp á cát.

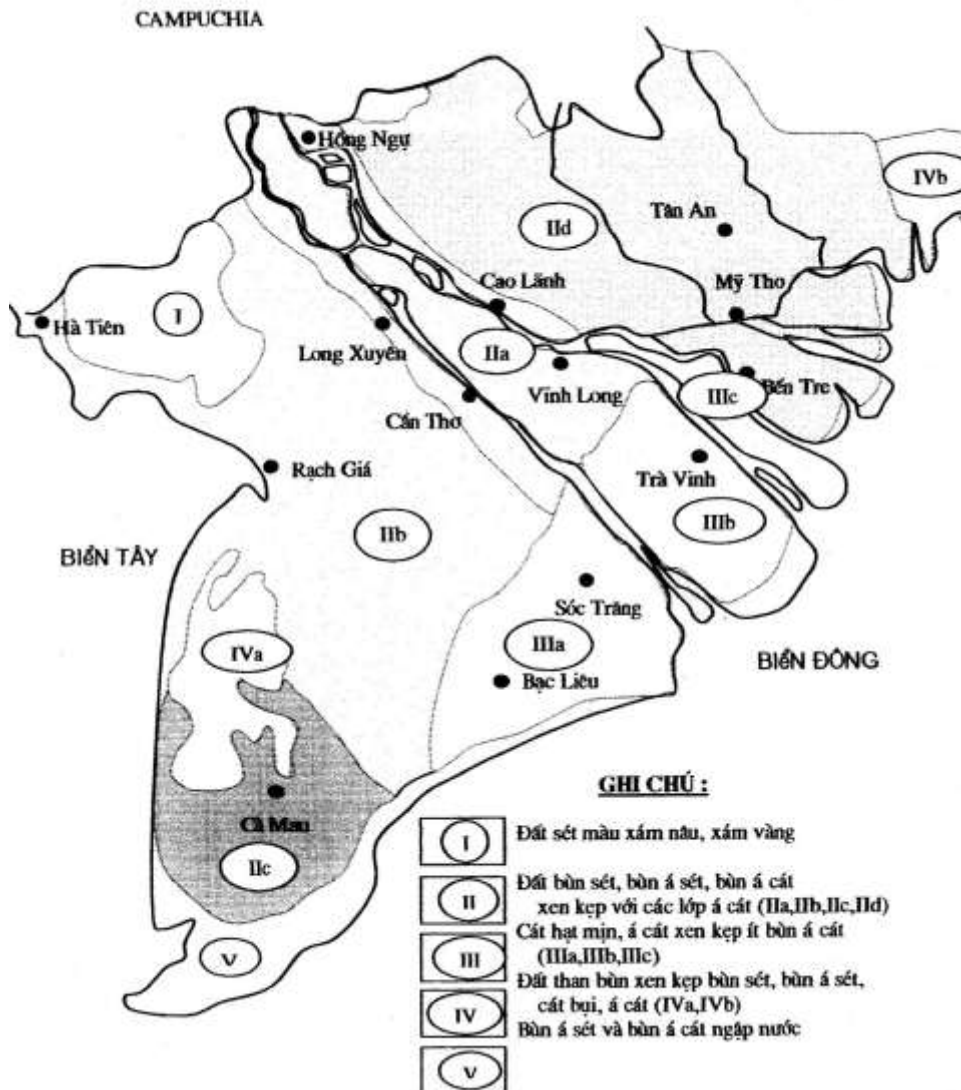
##### **a. Phân khu IIa**

Bùn sét, bùn á sét, phân bố không đều hoặc xen kẹp, tựa lên trên nền sét chặt, chiều dày không quá 20m. Đây là vùng đồng bằng thấp, tích tụ với độ cao từ 1-:-1.5m đến 3-:-4m. Mực nước ngầm cách mặt đất 0.5-:-1.0 m; nước có hoạt tính có khả năng ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép.

##### **b. Phân khu IIb**

Bùn sét, bùn á sét, phân bố không đều hoặc xen kẹp, chiều dày tầng đất yếu có thể đạt đến 80m.





Hình 1.1. Bản đồ phân bố đất yếu khu vực đồng bằng sông Cửu Long

### c. Phân khu IIc

Bùn sét, bùn á sét, phân bố không đều hoặc xen kẽ gò lên trên nền đất sét chặt, chiều dày không quá 25m. Đây là vùng đồng bằng thấp, tích tụ với độ cao từ 1-:-1.5m đến 3-:-4m. Mực nước ngầm cách mặt đất 0.5-:-1.0m, nước có hoạt tính có khả năng ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép.

### d. Phân khu IIId

Ở phân khu này thường hay gặp những dạng đất mềm yếu như trường hợp các phân khu IIa, IIb, IIc đã nêu ở trên. Bề dày tầng đất yếu nhỏ hơn 30m.

### **1.1.3.3. Khu vực III**

Đất nền trong khu vực này bao gồm các dạng sau: Cát hạt mịn, á cát, xen kẹp ít bùn á cát, chúng được chia thành các phân khu như sau:

#### **a. Phân khu IIIa**

Các loại á cát, cát bụi, xen kẹp ít bùn sét bùn á sét, bùn á cát. Chúng nằm trực tiếp trên nền trầm tích nén chặt. Chiều dày tầng trầm tích yếu ở đây không quá 60m. Địa hình ở khu vực này là đồng bằng tích tụ và đồng bằng tích tụ gợn sóng ven biển với độ cao từ 1-:-2m đến 5-:-7m. Mực nước ngầm xuất hiện cách mặt đất 0.5-:-2.0m.

#### **b. Phân khu IIIb**

Đất nền ở phân khu này cũng có những đặc trưng giống như phân khu IIIa, nhưng chiều dày tầng Holoxen không quá 40m.

#### **c. Phân khu IIIc**

Nền đất yếu ở đây có các tính chất, đặc trưng giống như IIIa, IIIb, nhưng chiều dày của tầng Holoxen không quá 25m.

### **1.1.3.4. Khu vực IV**

Nền đất yếu ở khu vực này thường gặp các loại điển hình là đất than bùn xen kẹp bùn sét, bùn á sét, cát bụi và á cát. Chúng cũng được chia thành các phân khu như sau:

#### **a. Phân khu IVa**

Các loại đất hay gặp là: đất than bùn, sét, bùn á sét... chúng thuộc tầng đất yếu Holoxen có chiều dày không quá 25m, gối lên nền trầm tích chặt. Địa hình ở vùng này có dạng đồng bằng tích tụ sinh vật biển có cao độ từ 1.0-:-1.5 m. Mực nước ngầm xuất hiện ngay trên mặt đất.

#### **b. Phân khu IVb**

Đất yếu ở đây bao gồm than bùn, bùn sét, bùn á sét... thuộc tầng Holoxen, chiều dày của chúng không quá 50m phủ trên tầng trầm tích. Địa hình ở đây là dạng đồng bằng tích tụ trũng lầy, cửa sông bị luân lạch chia cắt nhiều. Mực nước ngầm xuất hiện ngay trên mặt đất.

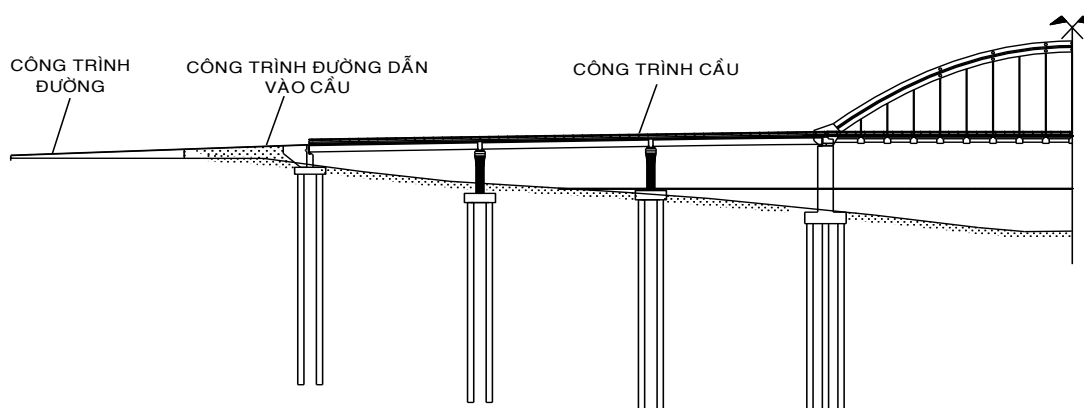
### 1.1.3.5. Khu vực V

Đất yếu ở khu vực này thường gặp là bùn á sét và bùn á cát ngập nước. Địa hình ở đây là dạng đồng bằng tích tụ, trũng lầy dạng vịnh, cửa sông. Mực nước ngầm xuất hiện ngay trên mặt đất, chịu ảnh hưởng của chế độ thủy triều.

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

### 1.2.1. Các giải pháp thiết kế đường dẫn vào cầu đang sử dụng phổ biến trên thế giới và tại Việt Nam

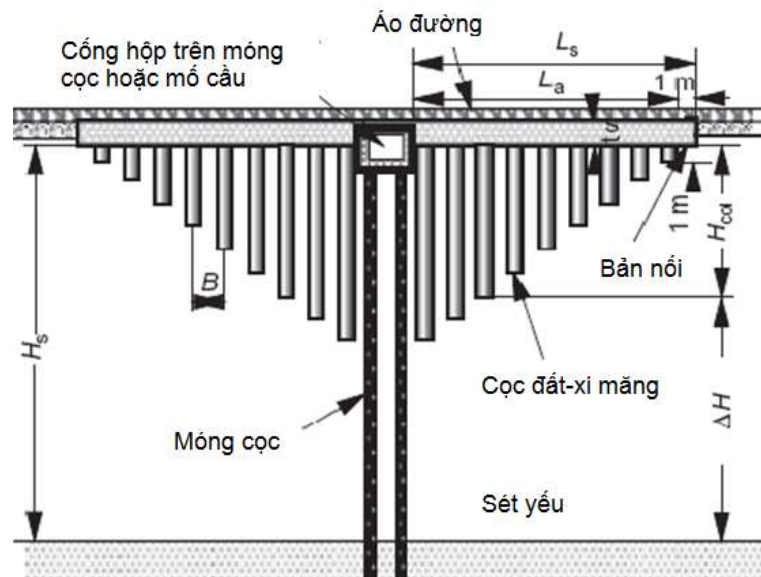
Đường dẫn vào cầu là một công trình chuyển tiếp, có chức năng kết nối, chuyển tiếp độ cứng và độ lún chênh lệch giữa công trình đường với công trình cầu, đảm bảo sự êm thuận cho người và phương tiện lưu thông trên tuyến.



Hình 1.2. Vị trí công trình đường dẫn vào cầu

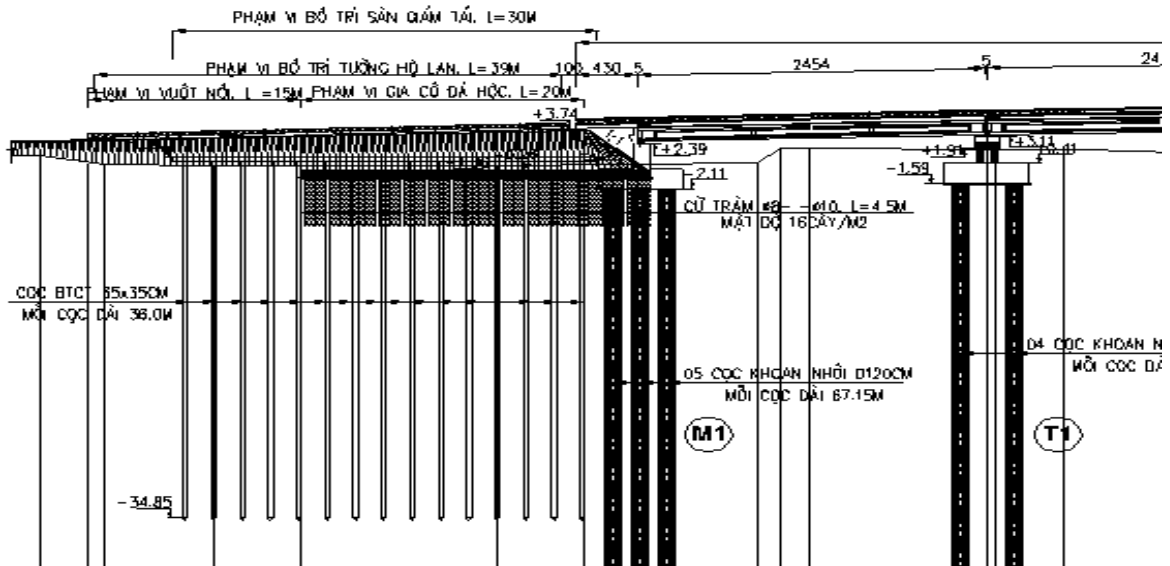
Tùy theo điều kiện địa chất, các yêu cầu về kinh tế, kỹ thuật.v.v. mà có thể vận dụng các giải pháp thiết kế khác nhau. Một số giải pháp thiết kế đang được sử dụng rộng rãi trong và ngoài nước như [20]:

- Các giải pháp được thiết kế theo nguyên tắc thay thế/ hoặc cải thiện chỉ tiêu cơ lý của lớp đất yếu hiện hữu.
  - + Đào thay đất;
  - + Cải thiện chỉ tiêu cơ lý của đất bằng cọc đất gia cố xi măng;
  - + Phun chất kết dính cải thiện các chỉ tiêu cơ lý của đất;
  - + Tăng cường sức kháng cắt của đất bằng các lớp vải địa kỹ thuật;
  - + Sử dụng hệ cọc đá ba lát.



Hình 1.3. Sơ đồ cọc đất gia cố xi măng theo phương pháp tiếp cận

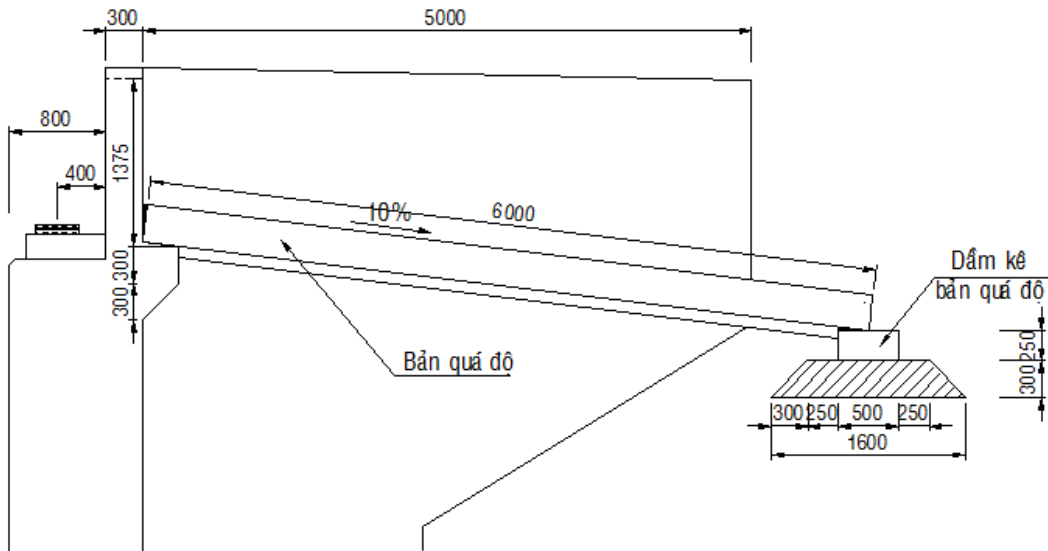
- Các giải pháp được thiết kế theo nguyên tắc sử dụng hệ cọc để truyền tải trọng công trình xuống tầng đất có chỉ tiêu cơ lý tốt hơn nằm sâu bên dưới:



Hình 1.4. Cấu tạo sàn giảm tải cầu Kênh Năm (Cà Mau)

- + Kết cấu sàn giảm tải;
- + Kết cấu móng cọc kết hợp lưới địa kỹ thuật.
- Các giải pháp được thiết kế theo nguyên tắc cố kết trước:
  - + Sử dụng giếng cát kết hợp gia tải trước;
  - + Sử dụng bậc thấm kết hợp gia tải trước;

- + Giải pháp bơm hút chân không.
- Một số giải pháp khác:
  - + Sử dụng vật liệu nhẹ làm vật liệu đắp đường dẫn vào cầu;
  - + Sử dụng giải pháp đất có cốt kết hợp với tường chắn;
  - + Sử dụng kết cấu bản quá độ;
  - + Các giải pháp kết hợp.v.v.

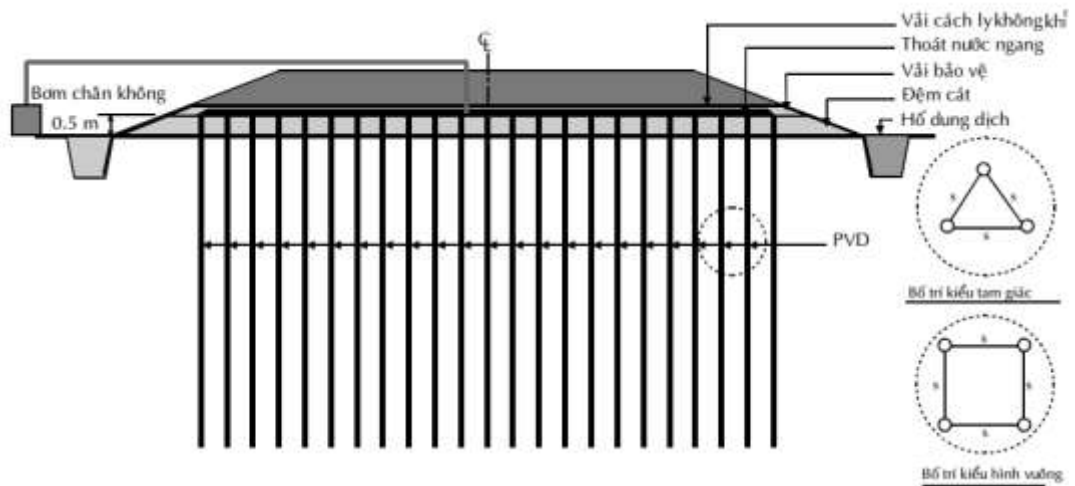


Hình 1.5. Kết cấu bản quá độ điển hình

### 1.2.2. Một số giải pháp công nghệ theo Quy định tạm thời của Bộ GTVT

Bộ GTVT 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” theo Quyết định số 3095/QĐ-BGTVT ký ngày 7 tháng 10 năm 2013. Theo đó, các chỉ dẫn kỹ thuật và giải pháp công nghệ cho đoạn đường dẫn vào cầu đã được quy định cụ thể hơn.

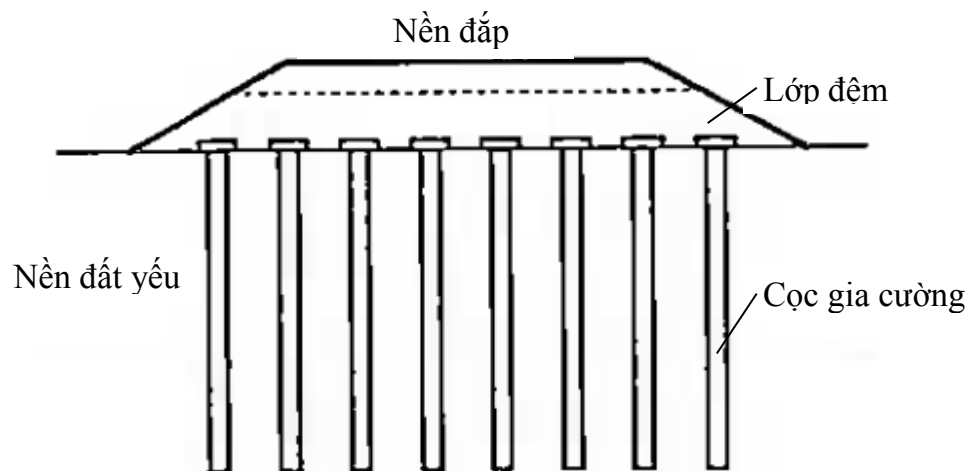
- Giảm chiều cao đất đắp đoạn đường dẫn vào cầu bằng cách tăng chiều dài cầu. Cụ thể, đối với khu vực không có đất yếu chiều cao đoạn đường dẫn vào cầu nên nhỏ hơn 6m, và nhỏ hơn 4m đối với khu vực đất yếu;
- Nền đất yếu bên dưới đoạn đường dẫn vào cầu nên chia thành nhiều đoạn nhỏ và xử lý ở các mức độ khác nhau để tránh tạo ra các bước nhảy do lún dư.



Hình 1.6. Xử lý đất yếu bằng bắc thấm kết hợp cố kết chân không

– Các giải pháp xử lý có thể xem xét như:

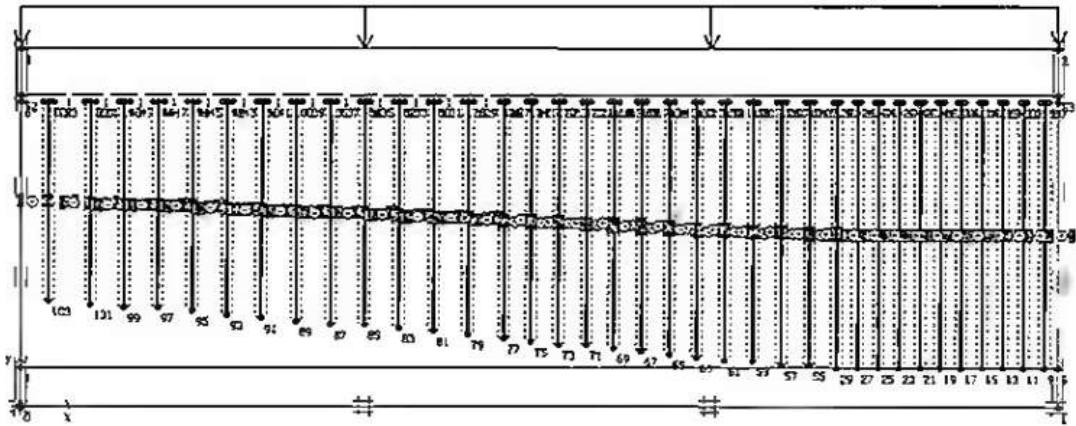
- + Thay đất;
- + Làm chặt đất bằng các phương pháp như: Chặt tải tạm, gia tải khử lún; Thoát nước thẳng đứng bằng bắc thấm, cọc cát; Bơm hút chân không (Hình 1.6); Đầm rung nền.v.v.
- + Xử lý nền đất yếu bằng các phương pháp gia cường (Hình 1.7) như: Cọc đất gia cố chất liên kết vô cơ (xi măng hoặc vôi); Cọc vật liệu hạt (cọc cát, cọc đá dăm,..).



Hình 1.7. Xử lý đất yếu bằng công nghệ cọc gia cường

– Khi biện pháp xử lý đất yếu không khả thi, có thể sử dụng kết cấu sàn giảm tải hoặc cống hộp dọc thay thế cho phần nền đắp nhằm làm giảm áp lực tác

dụng lên đất nền bên dưới.

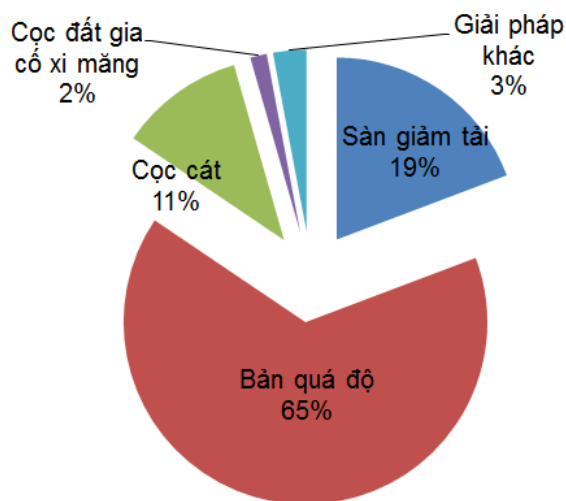


Hình 1.8. Giải pháp thay đổi chiều dài và mật độ cọc ở đoạn đường chuyển tiếp để đảm bảo chuyển đổi êm thuận độ lún giữa đường và cầu

- Để đảm bảo yêu cầu độ bằng phẳng theo phương dọc, kết cấu cọc gia cố cần chuyển dần chiều sâu và mật độ cọc từ cầu ra đường. Có thể tham khảo mỗi bước giảm chiều sâu hạ cọc bằng 10%-15% chiều dài cọc, khoảng cách các cọc có thể tăng dần từ 1.2-:-1.5 lần khoảng cách các cọc (Hình 1.8).

### 1.2.3. Các giải pháp thiết kế phổ biến tại khu vực nghiên cứu

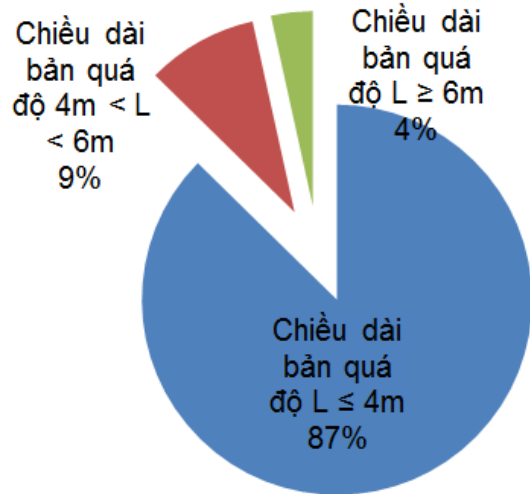
Thông kê hồ sơ thiết kế đường dẫn vào cầu của 135 công trình cầu được thiết kế/ thi công từ năm 2002 -:- 2011 tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long (Xem chi tiết tại Phụ lục 1, tập Phụ lục tính toán) cho thấy:



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

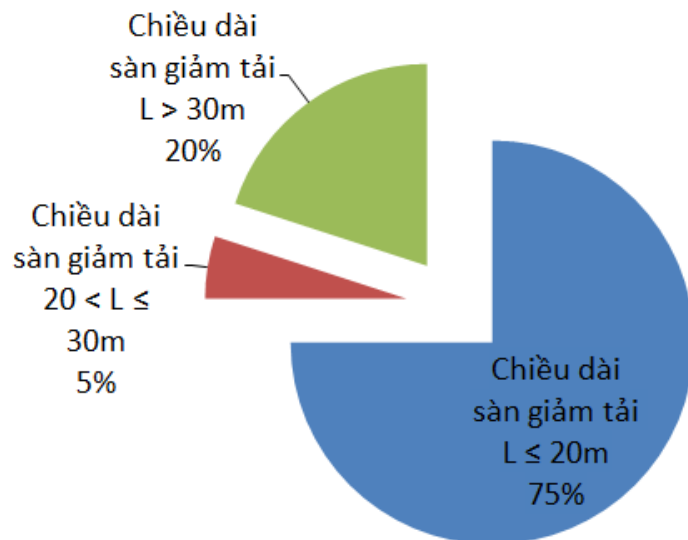
- Giải pháp bản quá độ được sử dụng nhiều nhất (65%), tiếp theo là giải pháp

sàn giảm tải (19%) và giải pháp cọc cát (11%) (Hình 1.9).



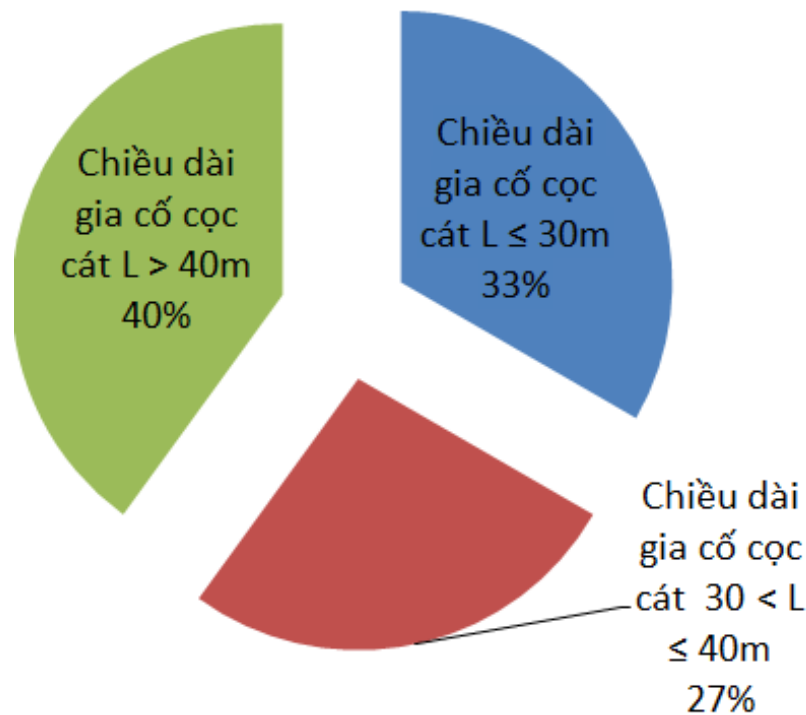
Hình 1.10. Xu hướng thiết kế chiều dài kết cấu bản quá độ

- Chiều dài kết cấu bản quá độ tương đối ngắn. Có đến 87% công trình sử dụng bản quá độ  $\leq 4m$ , bản quá độ có chiều dài từ  $\geq 6m$  chỉ chiếm 4% (Hình 1.10);
- Chiều dài kết cấu sàn giảm tải phổ biến nhất  $\leq 20m$  (chiếm 75%), có khoảng 20% công trình sử dụng chiều dài sàn giảm tải  $> 30m$  (Hình 1.11);
- Chiều dài đoạn xử lý cọc cát  $> 40m$  chiếm khoảng 40%, Chiều dài đoạn xử lý  $\leq 30m$  chiếm khoảng 33% (Hình 1.12).



Hình 1.11. Xu hướng thiết kế chiều dài kết cấu sàn giảm tải





Hình 1.12. Xu hướng thiết kế chiều dài đoạn gia cố bằng cọc cát

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

#### 1.3.1. Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng mất êm thuận 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. Phân tích tổng quan về thiết kế - thi công công trình cầu đường, nhận thấy:

– Đối với công trình cầu:

- + Kết cấu nhịp cầu được làm bằng vật liệu cứng là bê tông cốt thép, được đặt trên một hệ móng cọc vững chắc, cắm vào tầng đất chịu lực tốt nằm sâu bên dưới, độ cứng của mặt cầu là vô cùng lớn;
- + Theo các quy định trong tiêu chuẩn thiết kế cầu hiện nay, mặt đường xe chạy trên cầu gần như không lún trong suốt quá trình khai thác. Công văn số 1425/BGTVT-KHCN, ký ngày 12 tháng 03 năm 2010 (công văn bổ sung cho Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22 TCN 272-2005) của Bộ GTVT quy định độ lún cho phép của móng mố trụ cầu là như sau:

Bảng 1.1. Độ lún cho phép của móng móng, trụ cầu

Độ lún đều tổng thể của móng móng trụ	Độ chênh lún trong phạm vi 30,48m quanh móng móng, trụ và chênh lún giữa các móng trụ	Ứng xử
$\Delta H \leq 25,4\text{mm}$	$\Delta H_{30,48} \leq 19,05\text{mm}$	Cho phép thiết kế và thi công
$25,4\text{mm} < \Delta H \leq 101,6\text{mm}$	$19,05\text{mm} < \Delta H_{30,48} \leq 76,2\text{mm}$	Phải chứng minh độ lún này không gây bất kỳ ảnh hưởng nào quá mức cho phép của các bộ phận kết cấu
$\Delta H > 101,6\text{mm}$	$\Delta H_{30,48} > 76,2\text{mm}$	Báo cáo Bộ GTVT xem xét, phê duyệt

– Đối với công trình đường:

- + Vật liệu xây dựng đường là vật liệu mềm, được đặt trên nền đất có tính đàn hồi, độ cứng của mặt đường là hữu hạn;
- + Theo các quy định trong lĩnh vực thiết kế đường, độ lún của nền đường là cho phép xảy ra trong quá trình khai thác công trình. Điều 1.3.5 quy trình 22TCN 211:06 (Áo đường mềm – Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế) yêu cầu: Sau khi thi công xong kết cấu áo đường, độ lún cố kết cho phép còn lại trong thời hạn thiết kế 15 năm tính từ khi đưa kết cấu áo đường vào khai thác sử dụng tại tim đường được quy định như sau:

Bảng 1.2. Độ lún cố kết cho phép còn lại  $\Delta S$  tại trục tim của nền đường sau khi hoàn thành công trình

Loại cấp đường	Vị trí đoạn nền đắp trên đất yếu		
	Gần móng cầu	Chỗ có cống hoặc đường dân sinh chui dưới	Các đoạn nền đắp thông thường
1. Đường cao tốc các loại, đường cấp I, đường cấp II hoặc đường cấp III vùng	$\leq 10\text{cm}$	$\leq 20\text{cm}$	$\leq 30\text{cm}$

đồng bằng và đồi (tức là các cấp đường có tốc độ thiết kế từ 80Km/h trở lên) có tầng mặt là loại cấp cao A1			
2. Đường cấp III hoặc cấp IV có tốc độ thiết kế từ 60Km/h trở lên và có tầng mặt là loại cấp cao A1	$\leq 20\text{cm}$	$\leq 30\text{cm}$	$\leq 40\text{cm}$

Phân tích trên cho thấy: tuy áp lực tác dụng xuống nền ( $\sigma$ ) là không đổi, nhưng vì độ cứng nền ( $E$ ) của hai công trình cầu và đường là khác nhau nên biến dạng ( $\epsilon$ ) nền của 2 công trình cũng 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.



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

### 1.3.2. Độ chênh lệch lún giữa đường và cầu tại khu vực nghiên cứu

#### 1.3.2.1. Tại các công trình cầu khu vực đồng bằng sông Cửu Long

Trong [27], các tác giả đã thu thập số liệu của 109 công trình đường dẫn vào cầu tại 8 tỉnh ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long, kết quả như sau:

Bảng 1.1. Thống kê độ lún đường dẫn vào cầu tại khu vực nghiên cứu [27]

Tên địa phương	Số lượng cầu được điều tra	Độ lún trung bình hằng năm (cm)
Tỉnh An Giang	21	3 -:- 6
Tỉnh Đồng Tháp	4	2 -:- 5
Thành phố Cần Thơ	3	3 -:- 5
Tỉnh Long An	13	2 -:- 5
Tỉnh Sóc Trăng	23	2 -:- 4
Tỉnh Tiền Giang	9	2 -:- 5
Tỉnh Trà Vinh	14	2 -:- 4
Tỉnh Vĩnh Long	22	2 -:- 5



Hình 1.14. Lún lệch tại đường dẫn cầu vượt Tân Cảng (Tp. HCM)

### 1.3.2.2. Tại cầu Văn Thánh 2 (Tp. Hồ Chí Minh)

Cầu Văn Thánh 2 được đưa vào sử dụng vào tháng 2/2002 thì đến tháng 4/2002 đường đầu cầu đã bắt đầu lún, sau đó là lún với tốc độ cao. Phân viện Khoa học công nghệ xây dựng Miền Nam được phân công quan trắc lún công trình này. Kết quả quan trắc lún từ chu kỳ 1 đến chu kỳ 12 (từ 24/3/2006 đến 25/6/2007) tại công trình này như sau [25]:

Độ lún quan trắc tại bờ quận Bình Thạnh lớn hơn bờ Quận 1. Độ lún trong 1

năm quan trắc là:

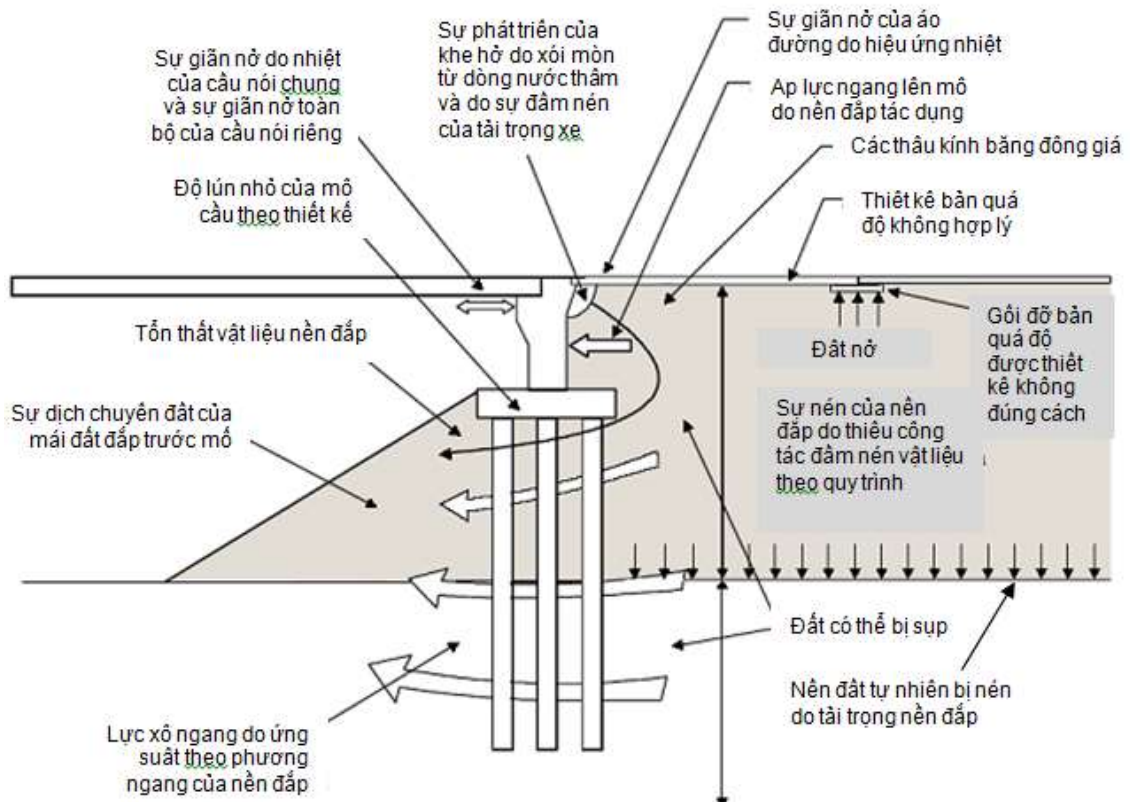
- + Bờ quận 1: Khoảng 15cm/1 năm.
- + Bờ quận Bình Thạnh: Khoảng 37cm/1 năm.

Tốc độ lún quan trắc có khác nhau giữa 2 bờ:

- + Bờ quận 1: Tốc độ lún khá ổn định trong khoảng thời gian quan trắc từ chu kỳ 4 đến chu kỳ 12, khoảng 9mm/1 tháng, tương ứng khoảng 10cm/1 năm.
- + Bờ quận Bình Thạnh: Tốc độ lún giảm dần từ 35-:-40mm/1 tháng tại chu kỳ 1 giảm còn khoảng 14-:-18mm/1 tháng, tương ứng khoảng 17-:-21cm/1 năm.

Độ lún cố kết còn lại thực tế tại các công trình đường đầu cầu tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long lớn hơn nhiều so với độ lún cố kết còn lại cho phép theo Tiêu chuẩn thiết kế.

### 1.3.3. Các nguyên nhân gây ra sự chênh lệch lún



Hình 1.15. Nguyên nhân gây ra hiện tượng lún lệch (Briaud) [35]

Briaud và các cộng sự (1997) [35] đã tóm tắt các nhân tố khác nhau gây ra hiện tượng lún lệch giữa đường và cầu. Những nhân tố này được liệt kê theo nhóm và được sắp xếp theo thứ tự mà chúng góp phần vào hiện tượng lún không đều đoạn đường dẫn vào cầu:

- + Sự đầm nén kém của nền đất đắp sau mố.
- + Lún của đất nền và đất đắp nền đường.
- + Thoát nước kém.
- + Loại mố cầu.
- + Giải pháp thiết kế.v.v.

#### **1.3.3.1. Ảnh hưởng của sự đầm chặt và loại vật liệu đắp sau mố**

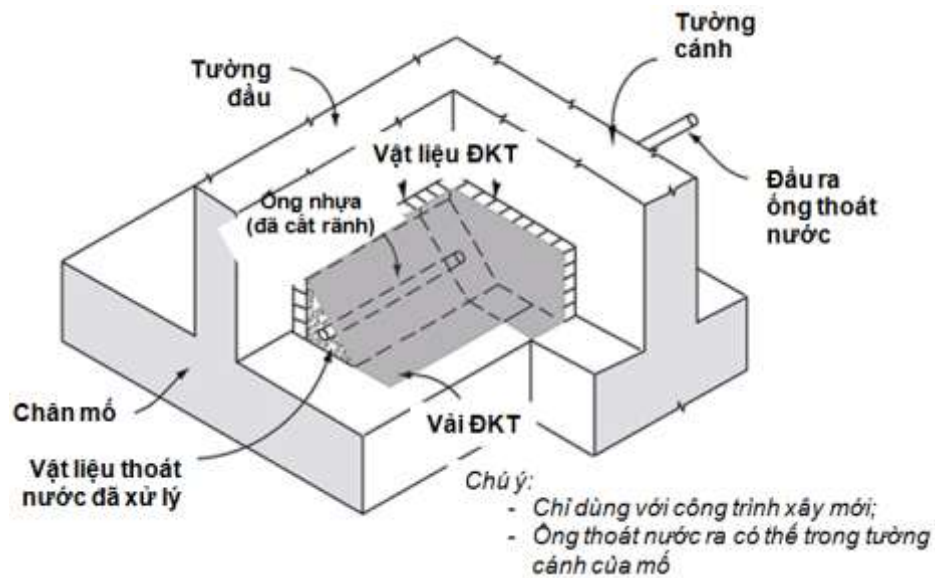
Hầu hết tất cả các đoạn đường dẫn vào cầu đều được xây dựng trên các nền đường đắp để đảm bảo sự kết nối giữa cầu và đường. Do nền đường đắp bằng các lớp vật liệu thông thường là đất được đầm nén chặt bằng các thiết bị đầm. Nếu chất lượng đầm nén kém thì độ rỗng dư trong đất còn nhiều dẫn đến xuất hiện lún. Việc lựa chọn vật liệu đắp để thi công đoạn đường dẫn vào cầu cũng là một trong những nhân tố ảnh hưởng đến độ lún lệch.

#### **1.3.3.2. Lún cố kết của đất nền**

Sự cố kết của đất tự nhiên bên dưới nền đắp là một trong những nhân tố quan trọng quyết định đến độ lún của đường dẫn vào cầu. Khi đất nền tự nhiên bên dưới là đất yếu, việc thi công đoạn đường dẫn vào cầu sẽ có độ lún lớn hơn nền đắp thông thường khác, đòi hỏi phải có các biện pháp xử lý tốn kém nhưng độ lún vẫn cứ tiếp diễn do quá trình cố kết trong đất yếu. Độ lún của đất nền sẽ xuất hiện ngay sau khi có tải trọng đất đắp tác dụng lên và sẽ tiếp tục lún theo thời gian dài.

#### **1.3.3.3. Ảnh hưởng của thoát nước sau mố**

Wahls (1990) [49], White và các cộng sự (2005) [50] đã xác định hệ thống thoát nước của đất đắp sau mố cầu như là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến độ lún của đoạn đường dẫn vào cầu. Sự thoát nước không tốt của vật liệu đắp sau mố có thể gây ra vấn đề lún nghiêm trọng.



Hình 1.16. Chi tiết ống thoát nước sau móng

#### 1.3.3.4. Loại móng cầu

Các loại móng phải tương thích với đường dẫn đầu cầu và chúng phải có tường chắn đủ lớn để giữ ổn định khối đất đắp sau móng cầu, sự chuyển vị của khối đất sau móng sẽ làm tăng thêm độ lún lệch.

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

Đã có rất nhiều đề tài trong và ngoài nước nghiên cứu về sự cố lún gãy trên đường dẫn vào cầu. Các kết quả công bố đã làm sáng tỏ nhiều vấn đề lớn xuyên suốt các giai đoạn khảo sát, thiết kế, thi công và khai thác hạng mục công trình này như:

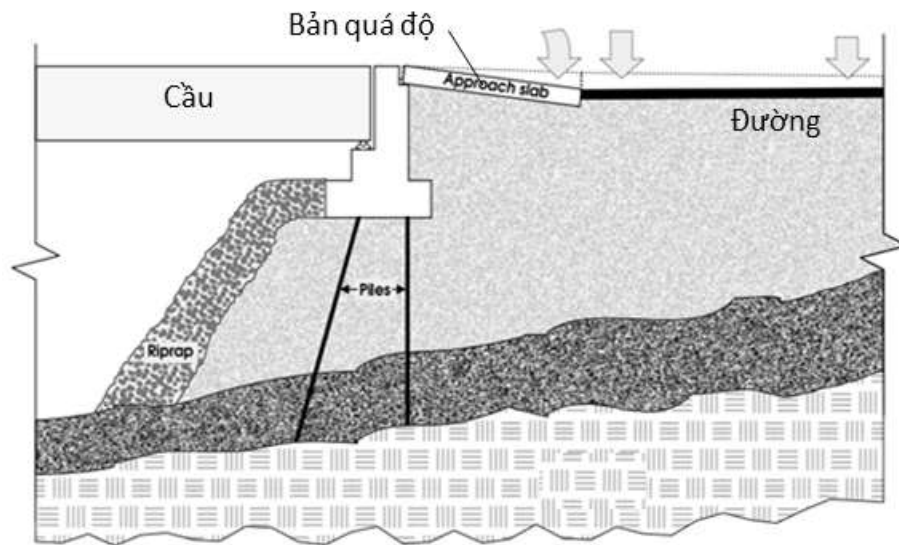
- + Nguyên lý làm việc của các giải pháp thiết kế đường dẫn vào cầu;
- + Các nguyên nhân gây ra lún sụt tại khu vực đường dẫn vào cầu;
- + Những vấn đề còn tồn tại trong các tiêu chuẩn thiết kế;
- + Xây dựng các tiêu chí để thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu như giới hạn độ dốc dọc, xác định chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu.v.v;
- + Đề xuất các giải pháp thiết kế mới.

Đặc biệt có một số vấn đề nổi bật như:

##### 1.4.1. Độ bằng phẳng theo phương dọc/ chiều dài bản quá độ

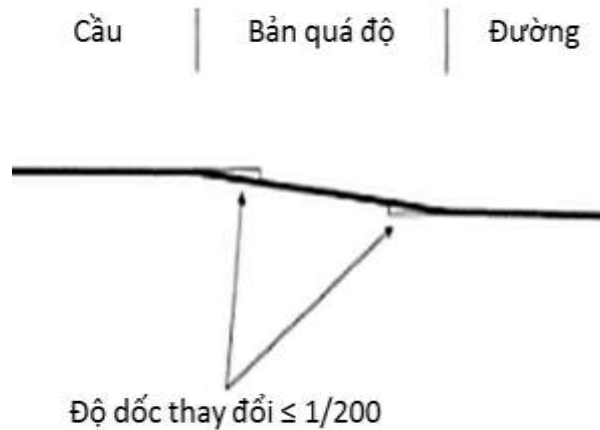
Từ việc nghiên cứu sự làm việc của kết cấu bản quá độ: với một đầu bản gối

lên vai kê tại mô, 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 mô 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 giằng xóc cho người và phương tiện ra vào cầu.



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

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

\*\* Trong [34], 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:  $\leq 1/200$  (Hình 1.18). Từ cơ sở này tác giả đưa ra công thức xác định chiều dài của bản quá độ:

$$L_{ct} \geq 200. (S_f - S_a) \quad (1-1)$$

Trong đó:

- +  $L_{ct}$ : Chiều dài của bản quá độ;
- +  $S_f$ : Độ lún cố kết còn lại tại cuối bản quá độ;
- +  $S_a$ : Độ lún cố kết còn lại tại đầu bản quá độ (độ lún của mố cầu).

\*\* Trong [42], Long, J.H. (1998) cũng đề xuất giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc của đoạn đường dẫn vào cầu:  $\leq 1/200$  để đảm bảo độ êm thuận cho người ngồi trên xe. Bên cạnh đó tác giả cũng đưa ra khuyến cáo: khi sự thay đổi độ dốc dọc 1/100 -> 1/125 thì các đơn vị quản lý công trình cầu phải nên bắt đầu tiến hành các biện pháp duy tu, sửa chữa.

\*\* Trong [9], Bùi Phú Doanh (2011) đã kiến nghị giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc cho đoạn đường dẫn vào cầu 4‰ (tương đương 1/250) cho công trình đường cao tốc.

\*\* Trong [13], Lê Bá Vinh và cộng sự (2005) đã trình bày cách tính chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu theo “phương pháp cọc tiếp cận” của Nhật Bản (JRA 1983):

Bảng 1.2. Quy định độ bằng phẳng theo phương dọc theo JRA 1983

	Ký hiệu	Đơn vị	Tốc độ thiết kế và độ dốc dọc lớn nhất của đường						
Tốc độ chạy xe	v	km/h	30	40	50	60	80	100	120
Độ dốc	$i_d$	%	8	7	6	5	4	3	2

Chiều dài đường dẫn vào cầu  $L$  được xác định theo công thức:

$$L = 100 \frac{S_d}{i_d} \quad (1-2)$$

Trong đó:  $S_d$ : là độ lún cố kết còn lại tại cuối đường dẫn vào cầu.

Từ đó, nhóm tác giả kiến nghị sử dụng phương pháp “vận tốc xe” để xác định chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu L:

Bảng 1.3. Giới hạn độ bằng phẳng theo Lê Bá Vinh và cộng sự

	Ký hiệu	Đơn vị	Tính khoảng cách L theo vận tốc chuyển động của xe						
			30	35	40	45	50	55	60
Vận tốc	V	km/h	30	35	40	45	50	55	60
Độ dốc	$i_d$	%	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5
Chiều dài	L	m	8,33	9,72	11,11	12,5	13,89	15,28	16,67

\*\* Trong [22], Nguyễn Hữu Trí (2013) cũng đề xuất giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc giới hạn của đoạn đường dẫn vào cầu từ 1/150 -:-1/200 tùy theo cấp đường:

Bảng 1.4. Giới hạn độ bằng phẳng theo Nguyễn Hữu Trí

Loại cấp đường	Chiều dài đoạn đường chuyển tiếp (m)	
	Vào cầu	Vào cống
Đường cao tốc các loại, đường cấp I đến cấp IV (đồng bằng) có tầng mặt là loại cấp cao A1.	$L_{ct} \geq 200 * \Delta S_{tt}$ max:60; min:30	$L_{ct} \geq 200 * \Delta S_{tt}$ max:45; min:20
Đường cấp III hoặc cấp IV có tầng mặt là loại cấp cao A2.	$L_{ct} \geq 150 * \Delta S_{tt}$ max:40; min:20	$L_{ct} \geq 150 * \Delta S_{tt}$ max:30; min:20

\*\* Trong [26], các chuyên gia của Tổng công ty Tư vấn thiết kế Giao thông Vận tải (2011) cũng đề xuất chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu và “độ bằng phẳng theo phương dọc” của đoạn đường dẫn vào cầu như sau:

Bảng 1.5. Giới hạn độ bằng phẳng theo TEDI

Loại cấp đường	Chiều dài đoạn chuyển tiếp	Độ bằng phẳng theo phương dọc
Đường cao tốc và đường cấp 80.	40m	1/250-:-1/175 (4‰ -:- 6‰)
Đường cấp 60 trở xuống.	40m	1/175-:-1/125 (6‰ -:- 8‰)

**Nhận xét:**

Từ việc nghiên cứu sự làm việc của kết cấu bản quá độ, các nhà khoa học đi trước đã đưa ra các giới hạn về độ lớn của điểm xóc tại 2 đầu bản quá độ (độ bằng phẳng theo phương dọc) nhằm thỏa mãn các yêu cầu về êm thuận. Một số nghiên cứu sau này 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.

Việc đưa ra phương án chuyển tiếp độ lún lệch giữa đường và cầu bằng 1 đường thẳng tuyến tính như trên nhằm thỏa mãn các yêu cầu về độ êm thuận là rất tốt. Tuy nhiên, các cơ sở lý thuyết để đưa ra các giới hạn nêu trên vẫn chưa được rõ ràng: Đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu bằng các chỉ tiêu gì? Ngưỡng giới hạn các chỉ tiêu đó là bao nhiêu? Xác định các chỉ tiêu đó bằng phương pháp nào?.v.v.

Do các kết quả nghiên cứu của Briaud, Long.v.v. được thực hiện trong điều kiện kết cấu áo đường cứng, kết cấu bản quá độ được đặt ngay trên mặt đường xe chạy, các mấp mô hình thành trong quá trình khai thác có dạng góc nhọn. Trong kết cấu áo đường mềm, bản quá độ được đặt chìm trong nền đường, khi xảy ra lún lệch các mấp mô được vượt bằng đường lượn cong, việc vận dụng các giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc cho kết cấu áo đường mềm cũng cần được nghiên cứu phát triển thêm.

**1.4.2. Giải pháp thiết kế mới**

**\*\* Các giải pháp gia cố cọc theo nguyên lý cọc chuyển tiếp:**

Trong [9], [13], [23] & [47] các tác giả đề xuất giải pháp thiết kế hệ cọc đất gia cố xi măng, hoặc hệ cọc cường độ cao kết hợp với lưới địa kỹ thuật.v.v. có quy mô cọc gia cố thay đổi theo chiều dài đoạn đường dẫn (Hình 1.3).

**Nhận xét:**

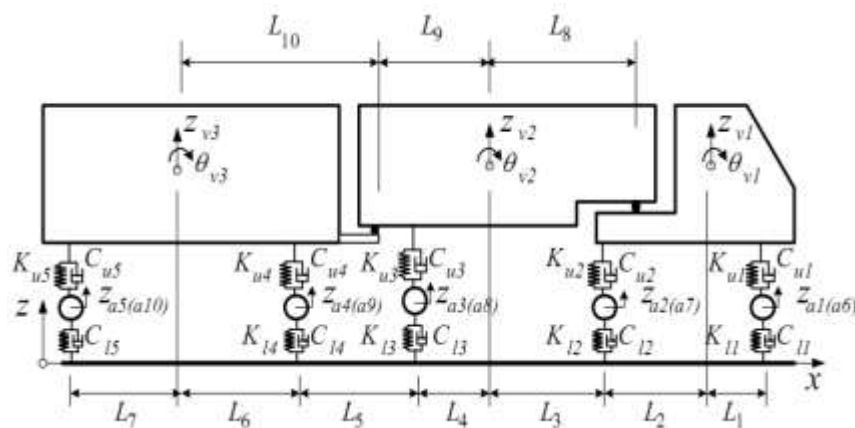
Về tổng quan, các giải pháp thiết kế mới đề xuất cho đoạn đường dẫn vào cầu

đều được thực hiện theo xu hướng tăng dần mức độ gia cường nền móng từ đường dẫn vào mố cầu, nhằm chuyển tiếp độ cứng và độ lún lệch từ đường vào cầu. Quy mô gia cường được thiết kế trên cơ sở quy tắc chuyển tiếp tuyến tính độ lún lệch giữa đường và cầu. Tuy nhiên không phải giải pháp gia cố nền nào cũng có thể thực hiện theo quy tắc tuyến tính này, ví dụ các giải pháp là khối cứng như sàn giảm tải.v.v.

Việc nghiên cứu tìm kiếm thêm các quy tắc thay đổi quy mô gia cường nền móng theo chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu trên cơ sở tiêu chí về độ êm thuận, trên cơ sở đó có thể nghiên cứu bổ sung thêm một số các giải pháp thiết kế mới, nhằm làm phong phú hơn trong việc lựa chọn các giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu của các kỹ sư thiết kế cầu đường là rất cần thiết.

### 1.4.3. Mô hình “đường-xe”.

Trong [48] Xiaomin Shi (2006) đã sử dụng mô hình “đường – xe” để phân tích, xác định giá trị lực động tác dụng lên kết cấu bản quá độ. Trong đó, tác giả xây dựng 02 bộ phương trình dao động: một cho xe rơ-móc, một cho kết cấu sàn giảm tải và liên kết 2 bộ phương trình này lại với nhau thông qua điểm tiếp xúc tại lớp, sau đó mô phỏng mô hình “đường – xe” bằng phần mềm Matlab.



Hình 1.19. Mô hình “đường – xe” của Xiaomin Shi.

#### Nhận xét:

Có thể do đối tượng nghiên cứu của Xiaomin Shi là lực động tác dụng lên bản quá độ, nên yếu tố ảnh hưởng của mấp mô mặt đường đến “người” và “hàng hóa” trên xe chưa được tác giả xem xét đúng mức. Luận án có thể kế thừa ý tưởng của

Xiaomin Shi, xây dựng mới mô hình “đường – xe – người, hàng hóa”, kết hợp với ngưỡng giới hạn về độ êm thuận của từng đối tượng, để có thể khảo sát chi tiết hơn nữa các ảnh hưởng do điều kiện mặt đường tác động lên người và hàng hóa trên xe, phục vụ cho việc đánh giá độ êm thuận của 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**

### **1.5.1. Quy định trong các tiêu chuẩn thiết kế ở nước ngoài [9], [26]**

Độ bằng phẳng theo phương dọc là độ dốc dọc giữa 2 điểm trên mặt đường theo phương dọc tìm đường do sự chênh lệch độ lún của 2 điểm đó. Để đảm bảo sự chuyển tiếp êm thuận, không gây ra “xóc” mạnh cho xe chạy, thì đoạn đường dẫn vào cầu phải đảm bảo “độ bằng phẳng theo phương dọc”. Dưới đây là quy định về độ lún dư, sự thay đổi độ dốc dọc do lún dư của đoạn đường dẫn vào cầu tại một số quốc gia:

- + Úc: Độ lún dư nền đường là 100mm, trường hợp đặc biệt tối đa là 160mm trong 40 năm sau khi dự án hoàn thành. Lún không đều tối đa (thay đổi theo độ dốc) là 3‰ theo phương dọc và 10‰ theo phương ngang trong thời gian 40 năm sau khi dự án hoàn thành;
- + Trung Quốc: Đối với tốc độ thiết kế từ 80-:-100km/h, nếu độ dốc dọc thay đổi từ 4‰-:-6‰ trở xuống thì không làm cho hành khách có cảm giác khó chịu. Trong quy phạm kỹ thuật bảo dưỡng sửa chữa đường ô tô thì quy định: sự chênh lệch lún của bản mặt cầu với nền đường nếu lớn hơn 12cm thì gọi là hỏng hóc nghiêm trọng;
- + Thụy Điển: Độ dốc thay đổi do lún không đều gây ra phải  $\leq 4‰$ ;
- + Pháp: Độ dốc thay đổi tối đa do lún không đều gây ra cho phép từ 3.8‰ -:- 6‰;
- + Nhật Bản: Đối với đường cao tốc, nếu độ lún dư tạo ra sự chênh lệch quá 15cm thì phải sửa chữa;
- + Mỹ: Không quy định cụ thể mà từng Bang có những quy định riêng tùy theo yêu cầu khai thác sử dụng và đặc thù của vùng. Có nhiều Bang

quy định rất chi tiết đoạn đường dẫn vào cầu như: chiều dài, kết cấu đường dẫn, loại vật liệu đắp và các chỉ tiêu vật lý, phương pháp đắp đất và các giải pháp thoát nước sau mố. Theo Wahls (1990), độ dốc thay đổi do lún không đều của đường đầu cầu cho phép bằng 1/200 trong phạm vi chiều dài bản quá độ.

### 1.5.2. Quy định trong tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam

Theo “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”, độ bằng phẳng theo phương dọc tim đường của đoạn đường dẫn vào cầu được quy định như sau:

Bảng 1.6. Quy định độ bằng phẳng theo phương dọc theo Bộ GTVT

Đoạn chuyển tiếp trên đường và công trình trên đường		Độ bằng phẳng ( $S \leq$ )				
Cấp đường	Công trình	Tốc độ thiết kế (km/h)				
		40	60	80	100	120
Đường Cao tốc (TCVN 5729-2012)	Cầu	-	1/175	1/200	1/250	
	Cống	-	1/150			
Đường ô tô (cấp I-IV) (TCVN 4054-2005)	Cầu	1/125	1/150	1/175	1/200	
	Cống	1/125		1/150		

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

### 1.6.1. Một số vấn đề đang tồn tại cần tiếp tục nghiên cứu giải quyết

Kết quả phân tích tổng quan cho thấy có một số vấn đề đang tồn tại mà luận án cần tiếp tục nghiên cứu giải quyết:

- (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 của người + hàng hóa trên xe, lực bám đường của bánh xe để đảm bảo lái xe an toàn.
- (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.
- (4) Nghiên cứu giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc (S) trong điều kiện

kết cấu áo đường mềm.

- (5) Nghiên cứu khắc phục hiện tượng lún sụt, sạt lở mái ta luy tại các công trình đường dẫn vào cầu đắp cao.
- (6) Nghiên cứu đề xuất các thiết kế mẫu, định hình, các giải pháp thiết kế tối ưu về mặt kinh tế.v.v.

Luận án này xin phép chỉ nghiên cứu giải quyết các vấn đề (1), (2) và (3).

### **1.6.2. Định hướng nghiên cứu**

Hiện nay, 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. Trên cơ sở tiêu chí này, sẽ đề xuất các giải pháp thiết kế phù hợp..

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

Trong Chương 2, luận án nghiên cứu các nội dung chính:

- Phân tích và lựa chọn các chỉ tiêu và cấp độ đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu.
- Xây dựng mới 01 mô hình dao động của ô tô tải 02 cầu, làm cơ sở lý thuyết cho việc nghiên cứu tìm kiếm các giải pháp thiết kế mới sẽ được thực hiện ở Chương 3.
- Xây dựng mới phần mềm đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu.
- Thực hiện một số thí nghiệm thực tế tại hiện trường và tính toán - so sánh phương pháp đánh giá độ êm thuận do luận án đề xuất với các kết quả nghiên cứu đã được công bố trước đây nhằm khẳng định sự phù hợp của mô hình nghiên cứu.

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

Qua khảo sát hiện trạng các sự cố tại các đoạn đường dẫn vào cầu tại khu vực nghiên cứu, nhận thấy các đối tượng chính chịu tác động trực tiếp bởi sự mất êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu gồm:

- Người trên xe: Khi xe lưu thông qua đoạn đường dẫn vào cầu không bằng phẳng, dưới tác động kích thích của các mấp mô, toàn bộ hệ thống của xe sẽ xuất hiện dao động. Hiện tượng dao động theo thời gian sẽ gây ra mệt mỏi cho hành khách trên xe, dao động kéo dài sẽ gây ra bệnh lý; Đối với tài xế, sự mệt mỏi dẫn đến mất phản ứng linh hoạt gây ra tai nạn giao thông.v.v.
- Hàng hóa trên xe: Sự rung động của thùng xe khi ô tô đi qua các điểm xóc cũng gây ra đổ vỡ hàng hóa, lực xung kích từ bánh xe làm hư hỏng mặt đường, phản lực ngược lại từ mặt đường cũng làm hư hỏng kết cấu ô tô.v.v.
- Điều khiển xe: Khi xe chạy qua mặt đường không bằng phẳng, áp lực



từ bánh xe xuống mặt đường sẽ thay đổi, lực bám giữa bánh xe và mặt đường bị suy giảm, công tác hãm xe và điều khiển xe không còn hiệu quả theo ý muốn của tài xế, hiện tượng tách bánh khỏi mặt đường sẽ gây mất an toàn khi xe chuyển động.v.v.

Để đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu cần thiết phải đánh giá độ êm thuận của từng đối tượng bị ảnh hưởng nêu trên.

### **2.1.1. Các phương pháp đánh giá độ bằng phẳng/ độ êm thuận phổ biến**

Hiện nay chuyên ngành xây dựng cầu đường thường sử dụng các phương pháp phổ biến sau để đánh giá độ êm thuận:

#### **a. Độ bằng phẳng của mặt đường**

Sử dụng nệm có chiều dày thay đổi theo 5 nấc: 3mm, 5mm, 7mm, 10mm, 15mm để đo khe hở giữa cạnh dưới của thước 3m với mặt đường. Từ kết quả đo được sẽ đánh giá mức độ bằng phẳng của mặt đường ứng với các cấp độ: Rất tốt, tốt, đạt yêu cầu [5].

Chỉ tiêu này đã được phát triển và đưa vào tiêu chuẩn 22TCN 16:79.

#### **b. Chỉ số năng lực phục vụ hiện thời PSI**

PSI (Present Serviceability Index) được xây dựng từ các thí nghiệm về đường bộ của AASHTO trong giai đoạn từ năm 1955-:-1962 tại Ottawa, Illinois. Đây là một chỉ tiêu tổng hợp đánh giá chất lượng phục vụ của mặt đường thông qua độ bằng phẳng mặt đường, tỷ lệ khe nứt, tỷ lệ diện tích phải dặm và sửa chữa.

PSI được đánh giá bằng phương pháp chuyên gia và có giá trị từ 0-:-5.

Bảng 2.1. Bảng xếp loại chỉ số PSI (theo Carey và Irick, 1960) [40]

Chỉ số	Xếp loại (mô tả)
0 ÷ 1	Rất xấu
1 ÷ 2	Xấu
2 ÷ 3	Khá
3 ÷ 4	Tốt
4 ÷ 5	Rất tốt

#### **c. Chỉ số gồ ghề quốc tế IRI**

Năm 1986 dưới sự tài trợ của The World Bank, The United States National

Cooperative Highway Research Program (NCHRP) đã nghiên cứu toàn diện về những tác động của điều kiện mặt đường và đề xuất sử dụng chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI (International Roughness Index) để đánh giá độ êm thuận của mặt đường.

Tại Việt Nam việc sử dụng chỉ số IRI được đưa vào Tiêu chuẩn 22TCN 277.01, hiện nay chỉ số này đang được sử dụng rất phổ biến.

Bảng 2.2. Chỉ số IRI yêu cầu đối với mặt đường cấp cao A1 [6]

Loại mặt đường	Cấp đường	Tình trạng mặt đường			
		Tốt	Khá	Kém	Rất kém
Cấp cao A1: Bê tông nhựa chặt, bê tông xi măng đổ tại chỗ	Đường cao tốc cấp 120, cấp 100 và cấp 80; đường ô tô cấp 80.	$IRI \leq 2$	$2 < IRI \leq 4$	$4 < IRI \leq 6$	$6 < IRI \leq 8$
	Đường cao tốc cấp 60; đường ô tô cấp 60	$IRI \leq 3$	$3 < IRI \leq 5$	$5 < IRI \leq 7$	$7 < IRI \leq 9$
	Đường ô tô cấp 40, 20	$IRI \leq 4$	$4 < IRI \leq 6$	$6 < IRI \leq 8$	$8 < IRI \leq 10$

#### d. Độ bằng phẳng theo phương dọc (S)

Đây là chỉ tiêu đang được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế và các nghiên cứu về đoạn đường dẫn vào cầu (xem chi tiết tại các mục 1.5.1, 1.4.1). Theo [2], độ bằng phẳng theo phương dọc là: Độ dốc dọc giữa hai điểm trên mặt đường theo phương dọc tim đường do sự chênh lệch độ lún của hai điểm đó.

Tùy theo cấp đường và chủng loại công trình, độ bằng phẳng theo phương dọc (S) thay đổi từ 1/125:-1/250 (xem Bảng 1.6).

#### 2.1.2. Nhận xét về các phương pháp đánh giá độ êm thuận phổ biến

Phân tích các phương pháp đánh giá độ bằng phẳng/ độ êm thuận đang sử dụng phổ biến trong lĩnh vực xây dựng cầu đường, nhận thấy:

- Độ bằng phẳng của mặt đường đo bằng thước 3m chỉ thích hợp cho việc kiểm tra chất lượng mặt đường bê tông nhựa sau khi thi công

xong, không phù hợp để phân tích đánh giá đưa ra các chỉ dẫn thiết kế, kích cỡ nệm nhỏ không thể áp dụng cho điều kiện đoạn tuyến có độ lún lệch lớn như khu vực đoạn đường dẫn vào cầu.v.v. nên sẽ không được lựa chọn để phục vụ cho việc nghiên cứu độ êm thuận của luận án.

- Chỉ số năng lực phục vụ hiện thời PSI là chỉ số tổng hợp tình trạng hư hỏng mặt đường + độ gồ ghề.v.v. để đánh giá tuổi thọ mặt đường; chỉ số gồ ghề IRI là các chỉ số đo độ bằng phẳng tích lũy trên từng Km.v.v. Nhìn chung các chỉ số này không thích hợp để nghiên cứu những mấp mô dạng điểm xóc, có tính chất cục bộ trên đoạn tuyến ngắn như đoạn đường dẫn vào cầu.
- Chỉ số độ bằng phẳng theo phương dọc (S) cũng chỉ đánh giá ảnh hưởng của “độ dốc dọc giữa 2 điểm trên mặt đường theo phương dọc tim đường do sự chênh lệch độ lún của 2 điểm” một cách tổng quan, không đánh giá chi tiết cho từng đối tượng: người + hàng hóa trên xe, lực bám đường của bánh xe.v.v. như định hướng nghiên cứu của luận án.

Với mục tiêu học tập nâng cao chuyên môn và 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. Luận án cần xây dựng một phương pháp đánh giá độ êm thuận riêng phục vụ cho nghiên cứu.

### **2.1.3. Lựa chọn phương pháp đánh giá độ êm thuận**

#### **2.1.3.1. Lựa chọn chỉ tiêu đánh giá độ êm thuận**

Trên thế giới đã có rất nhiều công bố khoa học về đánh giá độ êm thuận của các đối tượng: hành khách + hàng hóa trên xe, độ an toàn khi lái xe.v.v. Xem xét các yếu tố như:

- Khả năng tiếp cận của luận án: mức độ khó của phương pháp thí nghiệm xác định các chỉ tiêu đánh giá, các trang thiết bị thí nghiệm hiện có tại Việt Nam có thể sử dụng cho phương pháp đó.
- Sự phù hợp với điều kiện Việt Nam: Các giới hạn về độ êm thuận đã

công bố đó phải phù hợp với thể trạng người Việt Nam.

Theo kết quả nghiên cứu đã được công bố của nước ngoài, các chỉ tiêu sau có thể sử dụng để đánh giá độ êm thuận của hành khách + hàng hóa trên xe, độ an toàn khi lái xe.v.v.

**a. Đối với con người [28]**

Để đánh giá khả năng chịu đựng của con người bị ảnh hưởng bởi sự rung động và giằng xóc, có thể sử dụng chỉ tiêu cường độ dao động KB để đánh giá. KB là một hàm số của gia tốc bình phương trung bình, tần số dao động và thời gian tác dụng được tính toán phụ thuộc vào phương tác dụng:

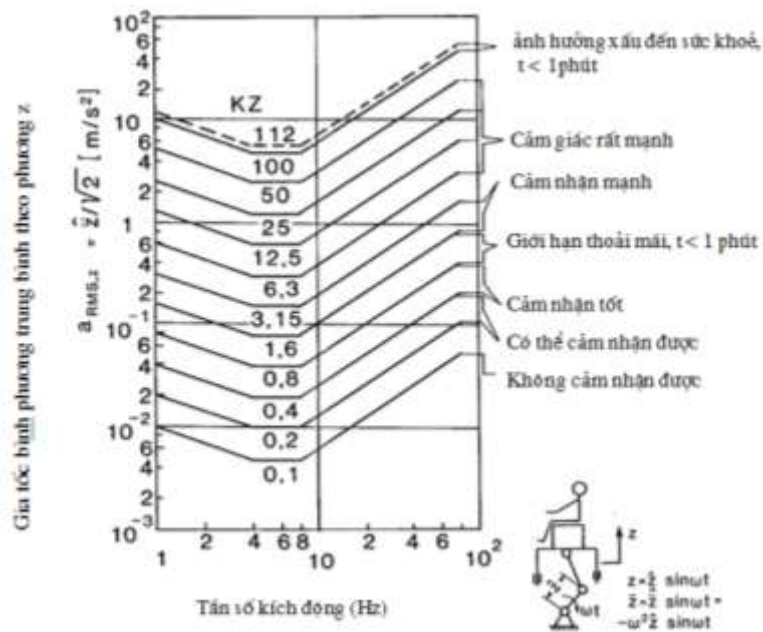
$$KB = f(\ddot{\quad}) \tag{2-1}$$

Cường độ dao động theo phương thẳng đứng  $K_z$  được xác định như sau:

$$K_z = 10a_z\sqrt{f} \quad \text{với } 1 \leq f \leq 4 \text{ Hz} \tag{2-2}$$

$$K_z = 20a_z \quad \text{với } 4 \leq f \leq 8 \text{ Hz} \tag{2-3}$$

$$K_z = \frac{160a_z}{f} \quad \text{với } 8 \leq f \leq 80 \text{ Hz} \tag{2-4}$$

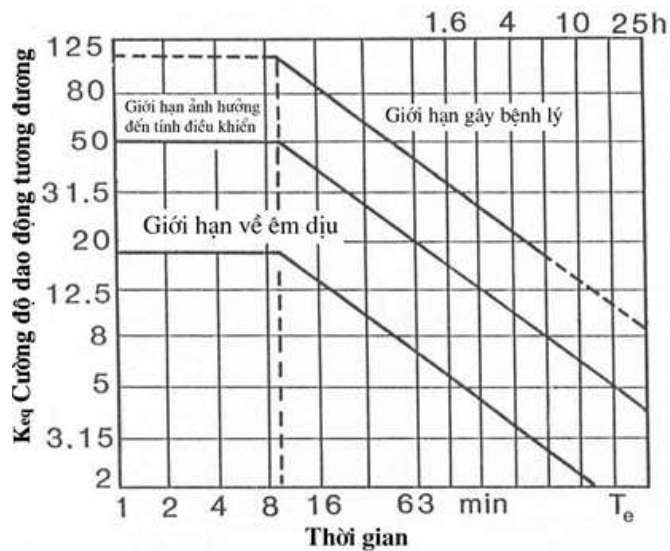


Hình 2.1. Sự phụ thuộc của gia tốc bình phương trung bình theo tần số  
 Tiêu chuẩn TCVN 6964-1:2001 “Rung động và chấn động cơ học – Đánh giá sự tiếp xúc của con người với rung động toàn thân” (ISO 2631-1:1997) quy định

các ngưỡng  $K_z$  như Hình 2.1:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| + $K_z < 0,2$              | Không cảm nhận được dao động;  |
| + $0,2 \leq K_z \leq 0,4$  | Có thể cảm nhận được dao động;   |
| + $0,4 \leq K_z \leq 1,6$  | Cảm nhận tốt dao động;   |
| + $1,6 \leq K_z \leq 6,3$  | Giới hạn thoải mái với $t < 24h$ ;   |
| + $6,3 \leq K_z \leq 12,5$ | Cảm giác mạnh;   |
| + $12,5 \leq K_z \leq 100$ | Cảm giác rất mạnh;   |
| + $K_z = 112$              | Cảm giác như bị chấn động không chịu được nhiều hơn 1phút, gây ảnh hưởng sức khỏe. |

Khi xét đến yếu tố thời gian, các giới hạn về cường độ dao động phụ thuộc vào thời gian tác động như Hình 2.2:



Hình 2.2. Sự phụ thuộc của cường độ dao động theo thời gian

### b. Đối với hàng hoá

Về độ êm thuận của hàng hóa trên xe: Theo đề xuất của Hiệp hội đóng gói Đức BFSV, ngưỡng an toàn cho hàng hoá như sau [31].

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

+ Giới hạn can thiệp:  $a_{\max} = 0,5g$

(Trong đó:  $g$  – gia tốc trọng trường)

Giới hạn cảnh báo: Hệ thống treo hoặc mặt đường đã hỏng đến mức cần phải

lên kế hoạch sửa chữa.

Giới hạn can thiệp: đường đã hỏng nặng, cần sửa chữa ngay.

### c. Chỉ tiêu về tác dụng động của tải trọng

Tác dụng động của tải trọng ảnh hưởng đến mức độ bám đường của bánh xe do vậy nó ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng truyền lực dọc khi tăng tốc và khi phanh, giữ ổn định quỹ đạo chuyển động. Nếu mặt đường quá gồ ghề, lực động sẽ tăng lên hoặc giảm xuống, lực động tăng lên sẽ phá hỏng kết cấu ô tô và kết cấu công trình bên dưới, lực động giảm xuống sẽ làm mức độ bám đường của bánh xe với mặt đường suy giảm theo, lực bám đường giảm sẽ làm cho tài xế không thể chuyển hướng xe hoặc hãm xe theo ý muốn, gây mất an toàn khi vận hành xe. Vấn đề này NCS không trực tiếp nghiên cứu mà chỉ sử dụng lại kết quả nghiên cứu hệ số tải trọng động cực tiểu  $K_{dyn,min}$  đã công bố trước đây của các nhà khoa học thuộc chuyên ngành Ô tô – máy kéo để đánh giá sự suy giảm khả năng truyền lực của bánh xe [30].

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

+ Giới hạn cảnh báo:  $K_{dyn,min} = 0,5$  (lực động giảm đi một nửa)

+ Giới hạn can thiệp:  $K_{dyn,min} = 0$  (bánh xe bị tách khỏi mặt đường)

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

Đánh giá độ êm thuận đoạn đường dẫn vào cầu có thể thông qua việc đánh giá các chỉ tiêu:

+ Cường độ dao động theo phương thẳng đứng  $K_z$  tại trọng tâm ca bin xe.

+ Gia tốc dao động theo phương thẳng đứng  $a_z$  tại trọng tâm thùng xe.

+ Hệ số tải trọng động cực tiểu  $K_{dyn,min}$ .

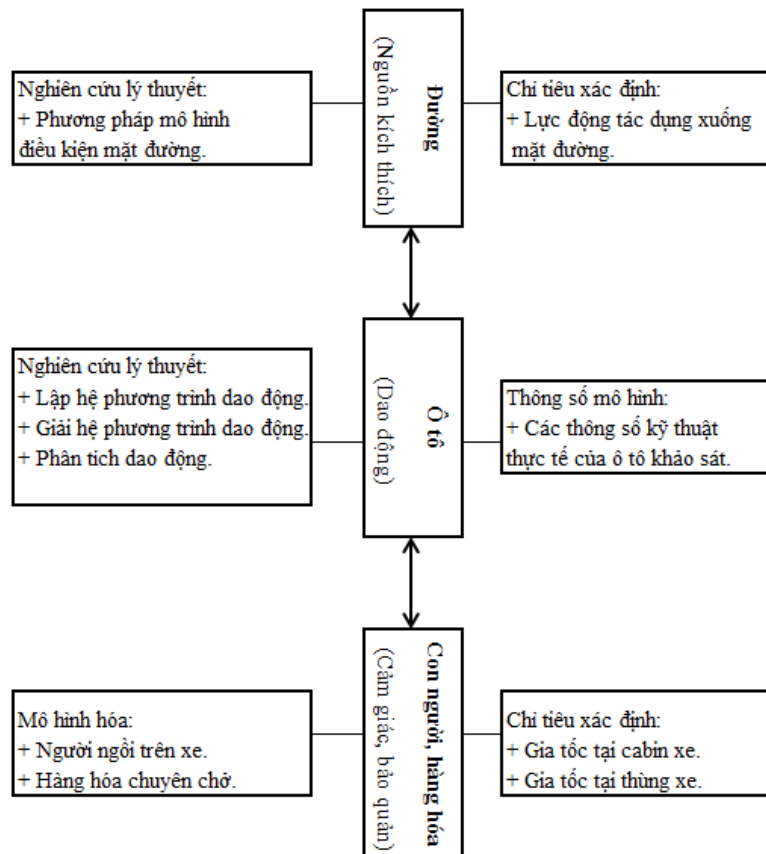
Để xác định các chỉ tiêu này có thể sử dụng phương pháp đo trực tiếp các chỉ tiêu này trên xe thực tế. Tuy nhiên, việc đo trực tiếp này sẽ tốn kém nhiều chi phí do thuê xe thí nghiệm, đầu tư trang thiết bị đo, đường thử.v.v. Vì vậy, luận án lựa chọn phương án xây dựng mới mô hình dao động “Đường – Xe – Người” để xác định các

chỉ tiêu  $K_z$ ,  $a_z$ ,  $K_{dyn,min}$ .v.v. và sử dụng các chỉ tiêu này để đánh giá độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu, phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu chính của luận án.

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

### 2.2.1. Mối quan hệ “Đường – Xe – Người”

Khi ô tô di chuyển qua mặt đường không bằng phẳng, dưới tác động kích thích của các mấp mô, toàn bộ hệ thống của xe sẽ xuất hiện dao động. Hiện tượng dao động theo thời gian sẽ gây ra mệt mỏi với người tài xế và hành khách trên xe, có thể gây ra bệnh lý, đối với người tài xế sự mất phản ứng linh hoạt và điều khiển chính xác sẽ gây ra tai nạn giao thông, làm đổ vỡ hàng hóa, gây ra xung kích làm hư hỏng mặt đường, phản lực ngược lại từ mặt đường làm hư hỏng kết cấu ô tô, hiện tượng tách bánh khỏi mặt đường gây mất an toàn khi xe chuyển động, hãm xe và quay vòng.v.v.



Hình 2.3. Sơ đồ nghiên cứu mối quan hệ “đường-xe-người”

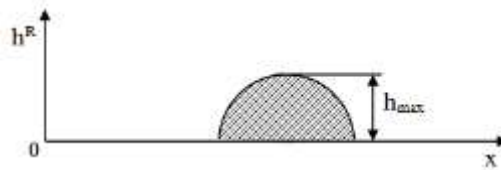
Xây dựng mô hình “đường – xe – người” mô phỏng mối quan hệ tương tác

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.v.v. sẽ giúp dễ dàng hơn trong việc xác định các chỉ tiêu  $K_z$ ,  $a_z$ ,  $K_{dyn,min}$ .v.v. phục vụ cho việc đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu.

### 2.2.2. Lựa chọn phương pháp mô hình hóa điều kiện mặt đường

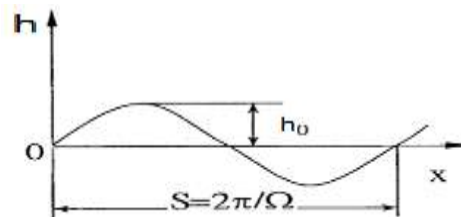
Điều kiện mặt đường là nguồn kích thích chính để gây ra dao động ô tô. Trong chuyên ngành dao động ô tô, các phương pháp mô phỏng điều kiện mặt đường được phân thành ba nhóm chủ yếu sau [30]:

- + Nhóm 1: Mấp mô đơn vị (giả thiết một mấp mô cục bộ trên mặt đường để nghiên cứu dao động);



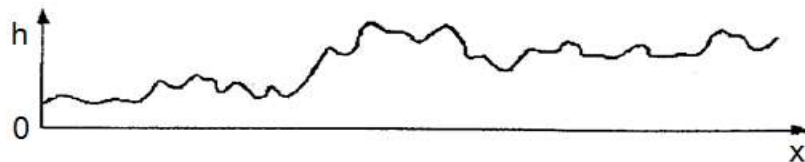
Hình 2.4. Mấp mô đơn vị

- + Nhóm 2: Mấp mô có dạng hàm điều hoà (giả thiết mặt đường có mấp mô dạng hàm sin hay cos để nghiên cứu dao động);



Hình 2.5. Mấp mô dạng hàm điều hoà

- + Nhóm 3: Mấp mô có dạng hàm ngẫu nhiên (đo đặc số liệu mấp mô thực tế của mặt đường để nghiên cứu dao động).



Hình 2.6. Mấp mô dạng hàm ngẫu nhiên

Mấp mô thực tế của mặt đường có dạng ngẫu nhiên, nhưng do việc đo đạc chính xác dạng mấp mô này là phức tạp đòi hỏi các thiết bị chuyên dụng, cũng như những khó khăn khi lập trình, mô phỏng điều kiện mặt đường.v.v. nên dạng mấp mô này ít được sử dụng. Đoạn đường dẫn vào cầu có chiều dài tương đối ngắn, kết hợp



với điều kiện thuận lợi thông qua các mô đun mô phỏng kích động trong các phần mềm tính toán hiện đại, để tăng độ chính xác của kết quả nghiên cứu, luận án sử dụng phương pháp mô phỏng có dạng hàm ngẫu nhiên để mô hình hóa điều kiện mặt đường.

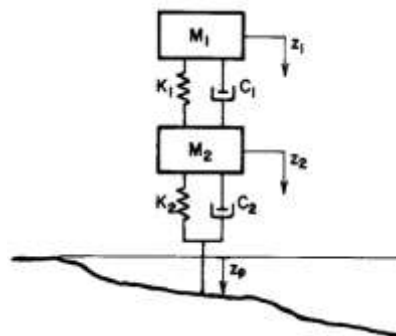
### 2.2.3. Lựa chọn phương pháp mô phỏng dao động ô tô

Khi lập mô hình dao động, yếu tố cấu trúc hệ thống treo và kết cấu khung vỏ xe là rất quan trọng [32], [44].

- Do đặc tính liên kết khác nhau nên hệ thống treo được phân thành 3 loại:
  - + Hệ thống treo độc lập, thường có ở xe con và xe tăng;
  - + Hệ thống treo phụ thuộc, thường có ở xe tải;
  - + Hệ thống treo cân bằng, thường có ở xe nhiều cầu: hai cầu cân bằng và 3 cầu cân bằng.
- Kết cấu khung vỏ xe được phân thành 3 loại:
  - + Vỏ xe chịu lực như xe con, xe bọc thép;
  - + Khung xoắn chịu lực như xe tải;
  - + Khung vỏ chịu lực hỗn hợp như xe khách.

Như vậy, trong thực tế có rất nhiều mô hình dao động ô tô. Việc lựa chọn phương pháp mô phỏng nào để lập ra các mô hình dao động cụ thể là tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu và cấu trúc ô tô. Dưới đây trình bày 03 dạng mô phỏng dao động ô tô được trình bày trong ASTM E1170-97 [46].

#### 2.2.3.1. Mô phỏng theo mô hình 1/4 xe (Quarter-car Model)

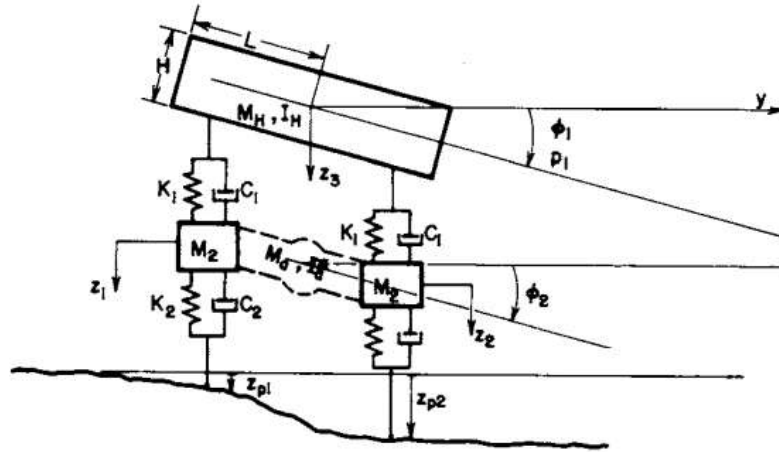


Hình 2.7. Mô hình 1/4 xe

Mô hình  $1/4$  xe bao gồm hai khối lượng được treo  $M_1$  và không được treo  $M_2$ .

Có các phần tử đàn hồi  $C$ , giảm chấn  $K$  đặc trưng cho hệ thống treo, là cơ cấu liên kết giữa khối lượng được treo và khối lượng không được treo. Mô hình  $1/4$  xe có thể dùng để chọn tối ưu các thông số như độ cứng lốp, khối lượng không được treo  $m_A$ , độ cứng  $C$  và hệ số cản  $K$ .

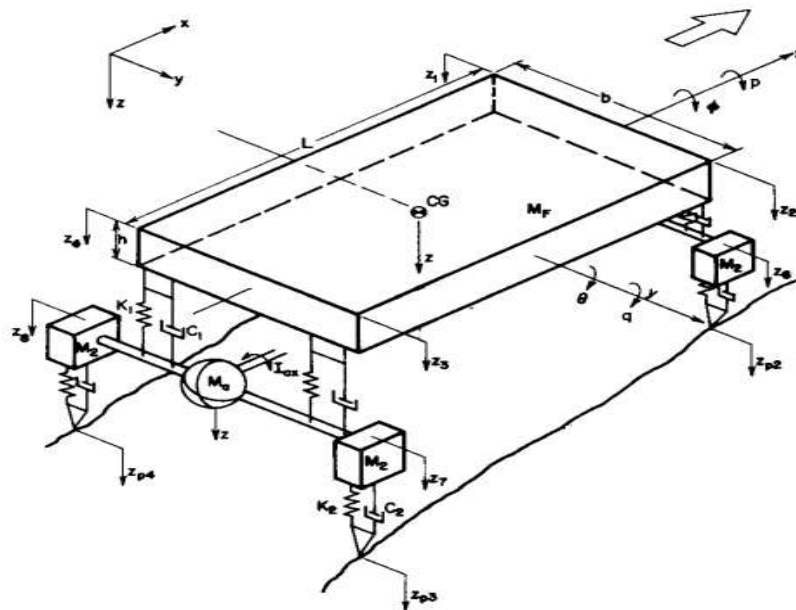
### 2.2.3.2. Mô phỏng theo mô hình 1/2 xe (Half-car Model)



Hình 2.8. Mô hình 1/2 xe (Half-car Model)

Mô hình 1/2 xe (Hình 2.8) có hai khối lượng được treo và không được treo, liên kết qua hệ treo. Lốp là phần tử đàn hồi theo cả 2 phương  $z$  và  $y$ .

### 2.2.3.3. Mô phỏng theo mô hình 4/4 (mô hình không gian, Full-car model)



Hình 2.9. Mô hình không gian (Full-car model)

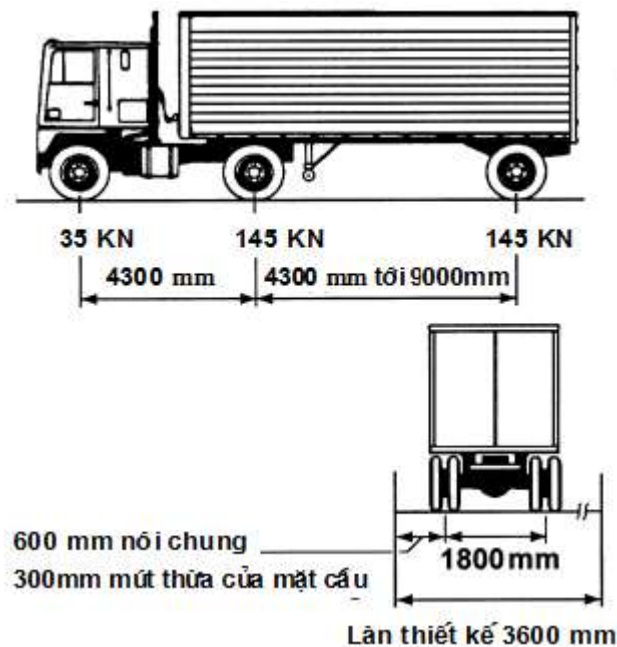
Mô hình không gian là một mô phỏng tương đối phức tạp, chủ yếu dùng trong nghiên cứu động lực học và đánh giá tổng thể dao động ô tô.

#### 2.2.3.4. Lựa chọn phương pháp mô nghiên cứu

Với mục tiêu nghiên cứu của đề tài xác định gia tốc dao động thẳng đứng tác dụng lên người + hàng hóa trên ô tô, lực động từ bánh xe tác động xuống mặt đường... luận án chọn mô hình 4/4 để phân tích phục vụ cho việc nghiên cứu.

#### 2.2.4. Lựa chọn chủng loại xe nghiên cứu

Việc lựa chọn chủng loại xe để phục vụ cho luận án là công việc khó khăn. Trên thế giới đã có nhiều nỗ lực để thống nhất về tải trọng thiết kế công trình cầu đường nhưng không thành. Hiện nay, mỗi quốc gia có một quan niệm riêng về tải trọng thiết kế. Tại Việt Nam hiện nay, tuy dòng xe tác dụng lên đường và cầu là như nhau, nhưng trong tiêu chuẩn xe thiết kế dùng cho công trình đường và cầu lại khác nhau cả về kích thước xe, khoảng cách trục, độ lớn của tải trọng trục.v.v.



Hình 2.10. Đặc trưng của xe tải thiết kế (xe 3 trục) theo 22TCN 272 :05[3]

Ngành xây dựng cầu đường thường chỉ quan tâm yếu tố độ lớn của tải trọng, mà không chú ý nhiều đến đặc trưng dao động của xe. Do đó, các xe thiết kế nêu trong tiêu chuẩn thực chất không giống bất kỳ loại xe cộ nào trên thực tế, mặc dù nó đủ đảm bảo có hiệu ứng (về mặt tải trọng) bao phủ toàn bộ các loại xe cộ hiện hành

thông thường. Vì vậy, luận án không thể chọn loại xe nào trong số các loại xe đã nêu trong tiêu chuẩn thiết kế cầu đường hiện nay để phục vụ cho đề tài nghiên cứu, do không thể thu thập đủ các thông số kỹ thuật của loại xe đó để đưa vào mô hình mô phỏng, cũng như không tìm kiếm được xe thực tế để thực hiện các thí nghiệm cần thiết.

Vì những khó khăn nêu trên, luận án phải phân tích để chọn lựa một loại xe có trong dòng xe thực tế để phục vụ riêng cho đề tài nghiên cứu, dựa trên các tiêu chí cơ bản:

- + Có thể đặc trưng cho dòng xe đang lưu thông và có thể phân tích, thu thập được các số liệu để phục vụ cho đề tài nghiên cứu như: gia tốc dao động tác dụng lên người + hàng hóa trên xe, lực động tác dụng từ bánh xe xuống mặt đường.v.v.
- + Có cấu trúc không quá phức tạp, sao cho một người không chuyên về lĩnh vực dao động ô tô có thể nghiên cứu và xây dựng mô hình.
- + Dễ dàng thu thập các thông số kỹ thuật của xe. Quá trình nghiên cứu cần có bộ thông số kỹ thuật chính xác để đưa vào mô hình phân tích và thí nghiệm kiểm chứng. Các thông số kỹ thuật của xe có thể thu thập từ nhà sản xuất, các cơ quan đăng kiểm.v.v. tuy nhiên thường là không đủ, người làm thí nghiệm cần đo đạc thực tế bổ sung. Cần chọn chủng loại xe phổ biến, đã từng được thí nghiệm ở Việt Nam để có thể thu thập các thông số kỹ thuật chính xác của xe.

Xét các chỉ tiêu cần thiết để phục vụ cho luận án:

- + Độ êm thuận đối với người ngồi trên xe: Chủng loại ô tô có thể được xem xét lựa chọn gồm: các loại xe ô tô con, xe khách, xe tải, xe container.v.v. Trong các loại xe kể trên, mức độ tiện nghi phục vụ cho người ngồi trên cabin xe tải được thiết kế ở cấp độ kém nhất. Vì vậy, đối tượng được lựa chọn để phân tích nghiên cứu về độ êm thuận có thể là các loại xe tải, xe container;
- + Độ êm thuận đối với hàng hóa trên xe: Chủng loại xe có thể nghiên cứu

là những loại xe chuyên vận chuyển hàng hoá, đối tượng xe được lựa chọn để phân tích nghiên cứu về độ êm thuận là các loại xe tải, xe container;

- + Yếu tố lực động từ bánh xe tác dụng xuống nền đường: Chúng loại ô tô có thể được lựa chọn để xem xét bao gồm: các loại xe xe tải 2 trục, 3 trục, xe container.v.v. do có áp lực xuống mặt đường lớn. Đối tượng được lựa chọn để phân tích lực động là các loại xe tải.

Phân tích trên cho thấy, rất khó để chọn lựa được 1 chiếc xe để đại diện cho dòng xe với vô số chủng loại xe đang lưu thông trên đường thực tế, nhưng cũng không thể lập mô hình cho tất cả các chủng loại xe để đưa vào phân tích. Trong điều kiện cho phép về khả năng nghiên cứu của nghiên cứu sinh, trang thiết bị thí nghiệm hiện có tại Việt Nam.v.v. đề tài lựa chọn xe phục vụ cho nghiên cứu là xe tải 2 trục Maz 5551. Đây là xe tải hai trục, có công thức bánh xe 4x2. Xe có sự phân bố tải không đều, lệch nhiều về phía sau. Đây là xe đặc chủng có cấu trúc khung chịu lực, hai khối lượng được treo riêng biệt, đặc thù cho cấu trúc xe tải. Về lý luận loại xe này có thể đại diện cho họ xe tải.



Hình 2.11. Xe tải 2 trục Maz 5551 (16 tấn)

Đây cũng là chủng loại xe được sử dụng tương đối phổ biến tại Việt Nam. Ngoài số lượng xe đã nhập về Việt Nam từ trước, những năm gần đây loại xe tải VM 555102 (biến thể của Maz 5551) - sản phẩm của Liên doanh Tổng Công ty Máy động lực và Máy nông nghiệp (VEAM) và Nhà máy ô tô Minsk (MAZ) xuất ra thị trường Việt Nam với số lượng rất lớn.

Hơn nữa, các thông số kỹ thuật của xe Maz 5551 đã từng được đo đạc với độ chính xác cao để sử dụng trong đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ do Đào Mạnh Hùng (2005) chủ nhiệm đề tài [11]. Việc lựa chọn chủng loại xe này sẽ giúp cho kết quả nghiên cứu của luận án được chính xác hơn.

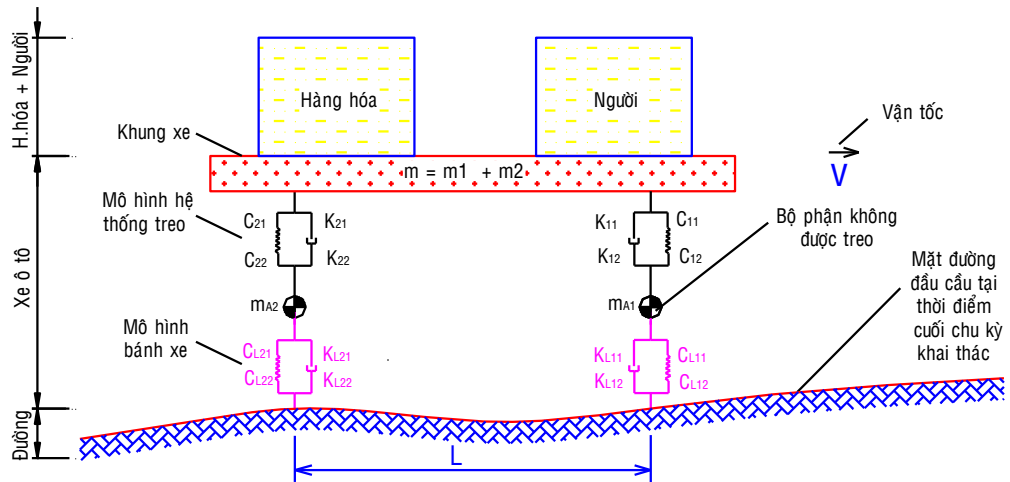
Bảng 2.3. Các thông số kỹ thuật của xe Maz 5551

STT	Tên gọi	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng được treo	m	kg	13915
1	Khối lượng được treo trước	$m_1$	kg	5418
1	Khối lượng được treo sau	$m_2$	kg	8497
2	Khoảng cách từ trọng tâm tới trục trước	$a_1$	m	2.015
3	Khoảng cách từ trọng tâm tới trục sau	$a_2$	m	1.285
4	Khối lượng không được treo trước	$m_{A1}$	kg	650
5	Khối lượng không được treo sau	$m_{A2}$	kg	1305
6	Chiều dài cơ sở	L	m	3.300
6	Mô men quán tính đối với trục y đi qua trọng tâm của thân xe	Jy	kgm <sup>2</sup>	74924
7	Khoảng cách giữa hai tâm bánh trước	$2b_1$	m	2080
8	Khoảng cách giữa hai tâm bánh ngoài phía sau	$2b_2$	m	1.825
9	Khoảng cách giữa tâm hai nhíp trước	$2w_1$	m	0.7800
10	Khoảng cách giữa tâm hai nhíp sau	$2w_2$	m	0.9100
11	Độ cứng của nhíp trước	$C_1$	N/m	203000
12	Độ cứng của nhíp sau (Nhíp chính/nhíp phụ)	$C_{2c}/C_{2p}$	N/m	322000/ 262000

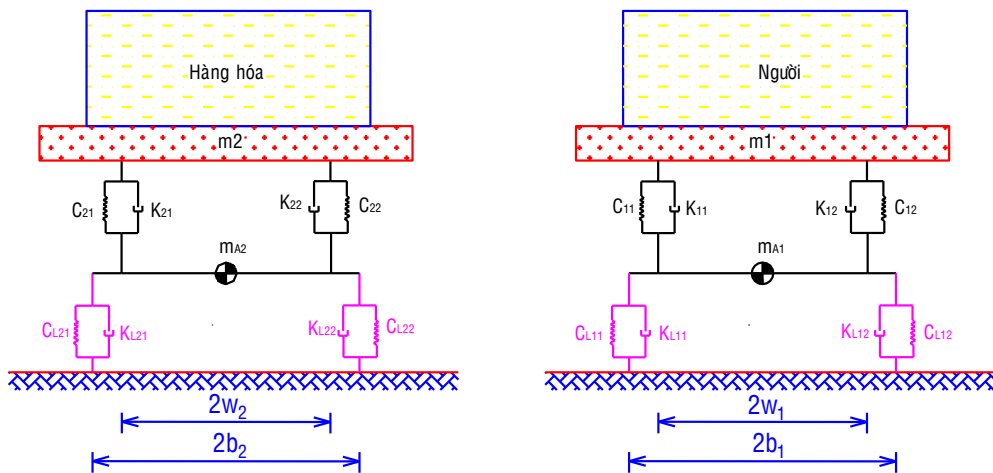
13	Hệ số cản của giảm chấn treo trước	$K_1$	N/(m/s)	18900
14	Độ cứng của lớp trước	$C_{L1}$	N/m	480000
15	Độ cứng của lớp sau	$C_{L2}$	N/m	960000

### 2.2.5. Mô tả toán học sơ đồ cấu trúc mô hình “đường-xe-người”

#### 2.2.5.1. Sơ đồ cấu trúc



Hình 2.12. Mô hình “đường-xe-người” (theo phương dọc)



Hình 2.13. Mô hình “đường-xe-người” (theo phương ngang)

Cấu trúc của mô hình “đường-xe-người” gồm:

- + Mặt đường dẫn vào cầu: là các mấp mô, lún gãy trên trục dọc mặt đường, là tác nhân chính gây ra dao động trên ô tô, dẫn đến sự không êm thuận cho hàng hóa và người ngồi trên xe;
- + Ô tô: là sơ đồ cấu trúc vật lý mô tả hệ dao động của một xe ô tô tải 2

cầu, tiếp nhận tác động của những mấp mô của mặt đường, truyền những ảnh hưởng đó lên hàng hóa và người ngồi trên xe;

- + Người và hàng hóa trên xe: là thành phần trọng tâm, chịu tác động trực tiếp các ảnh hưởng của mấp mô mặt đường và hệ dao động của ô tô, là thành phần cơ sở để căn cứ đưa ra các tiêu chí đánh giá độ êm thuận của mặt đường.

### **2.2.5.2. Cơ sở lý thuyết và các giả thiết**

#### **a. Cơ sở lý thuyết**

Để lập phương trình chuyển động cho hệ nhiều vật ta có thể sử dụng hai phương pháp:

- + Phương trình L'agrange II;
- + Phương trình Newton\_Euler.

Đề tài sử dụng phương pháp tách vật kết hợp với phương trình Newton-Euler để lập phương trình dao động, do phương pháp này đơn giản thích hợp cho người không chuyên về nghiên cứu dao động ô tô, cấu trúc dạng mô đun phù hợp với phương pháp lập trình mô phỏng bằng Matlab Simulink sau này.

#### **b. Các giả thiết**

Việc lập các phương trình toán học mô tả sơ đồ cấu trúc của ô tô được tiến hành với các giả thiết sau:

- + Xe gồm hai khối lượng được treo là:
  - Khối lượng được treo trước ký hiệu  $m_1$  gồm khối lượng của động cơ, hộp số, cabin, người lái, một phần khung xe, hệ thống treo trước. Các khối lượng này được coi như tập trung tại trọng tâm phần đầu xe;
  - Khối lượng được treo sau ký hiệu  $m_2$  gồm các khối lượng: thùng xe, hàng hoá, phần khung xe tương ứng, hệ thống treo sau. Các khối lượng này được coi như tập trung tại trọng tâm phần thùng xe;
  - Khối lượng được treo toàn xe là  $m$ . Mô men quán tính của khối



lượng được treo đối với trục ngang qua trọng tâm xe là  $J_y$ .

- + Hai khối lượng không được treo là:
  - Khối lượng không được treo trước, kí hiệu  $m_{A1}$  gồm toàn bộ khối lượng phía dưới hệ thống treo trước và coi như tập trung tại trọng tâm cầu trước;
  - Khối lượng không được treo sau, kí hiệu  $m_{A2}$  gồm toàn bộ khối lượng phía dưới hệ thống treo sau và coi như tập trung tại trọng tâm cầu sau.
- + Cấu trúc vật lý của xe đối xứng qua mặt phẳng dọc qua trọng tâm xe;
- + Lớp tiếp xúc điểm với mặt đường. Lớp biến dạng theo phương vuông góc và phương ngang là tuyến tính;
- + Bỏ qua ma sát giữa các lá nhíp, coi các phần tử đàn hồi của hệ thống treo có độ cứng không đổi, đặc trưng bởi độ cứng  $C$ . Giảm chấn có hệ số cản không đổi trong cùng một hành trình, đặc trưng bởi hệ số cản  $K_n$  và  $K_t$ ;
- + Do đặc điểm kích động trên 2 bánh xe là như nhau nên chuyển động lắc ngang của khối lượng được treo là nhỏ. Bỏ qua yếu tố lắc ngang khi xây dựng mô hình;
- + Bỏ qua ảnh hưởng của các dao động riêng rẽ khác;
- + Bỏ qua độ võng động của mặt đường do hoạt tải gây ra;
- + Trọng tâm của người ngồi trên xe trùng với trọng tâm cabin ô tô;
- + Trọng tâm của khối hàng xóa trên xe trùng với trọng tâm thùng chở hàng của ô tô.
- + Bỏ qua yếu tố đàn hồi của ghế ngồi trên cabin xe.
- + Bỏ qua các yếu tố như hãm xe, tăng/ giảm ga, quay vô lăng.v.v. khi xe ra vào cầu.

### **2.2.5.3. Lập phương trình toán học mô tả sơ đồ cấu trúc của mô hình**

#### **a. Định nghĩa hệ trục tọa độ**

##### **a.1.Hệ tọa độ cố định**

Gốc của hệ tọa độ cố định chung cho cả hệ (Hình 2.16) là điểm chiếu của trọng tâm khối lượng được treo xuống mặt chuẩn dưới đường  $O(X, Y, Z)$ .

### a.2.Hệ tọa độ suy rộng

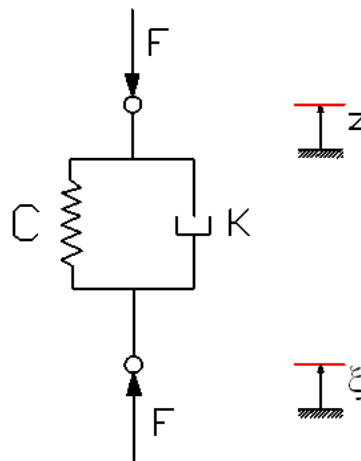
Các hệ tọa độ suy rộng được đặt tại trọng tâm của các khối lượng trong hệ:

- + Khối lượng được treo:  $C(x, y, z)$ .
  - $z$ : Chuyển vị phương thẳng đứng.
  - $\varphi$ : Góc lắc dọc.
- + Khối lượng được treo trước  $m_1$ :  $C_1(x_1, y_1, z_1)$ .
  - $z_1$ : Chuyển vị phương thẳng đứng.
- + Khối lượng được treo sau  $m_2$ :  $C_2(x_2, y_2, z_2)$ .
  - $z_2$ : Chuyển vị phương thẳng đứng.
- + Ngoài ra ta còn có các tọa độ suy rộng phụ:
  - $Z_{ij}$ :  $Z_{11}, Z_{12}, Z_{21}, Z_{22}$
  - $\xi_{Aij}$ :  $\xi_{A11}, \xi_{A12}, \xi_{A21}, \xi_{A22}$ .

(Quy ước ký hiệu  $ij$ :  $i = 1$ : Cầu trước;  $i = 2$ : Cầu sau;  $j = 1$ : Lớp bên trái;  $j = 2$ : Lớp bên phải).

## b. Mô hình hệ thống treo và bánh xe.

### b.1.Mô hình hệ thống treo.



Hình 2.14. Mô hình hệ thống treo.

Hệ thống treo được đặc trưng bởi độ cứng của bộ phận đàn hồi  $C$  và hệ số cản của giảm chấn  $K$ . Nếu bỏ qua ma sát giữa các lá nhíp thì có thể khái quát hệ thống

treo như Hình 2.14.

+ Lực đàn hồi của hệ thống treo được xác định như sau:

$$F_c = \begin{cases} C_\infty(\xi - z - f_{dyn}^t) - Cf_{dyn}^t & (\xi - z) < -f_{dyn}^t \\ C(\xi - z) & f_{dyn}^t \leq (\xi - z) < f_{dyn}^n \\ C_\infty(\xi - z - f_{dyn}^n) - Cf_{dyn}^n & (\xi - z) \geq f_{dyn}^n \end{cases} \quad (2-7)$$

Trong đó:

- +  $f_{dyn}^t$ : Độ võng động hành trình trả.
- +  $f_{dyn}^n$ : Độ võng động hành trình nén.
- + C: Độ cứng của hệ thống treo.
- + Z: Chuyển vị của khối lượng được treo.
- +  $\xi$ : Chuyển vị của khối lượng không được treo.

Lực cản của giảm chấn được xác định như sau:

$$F_k = \begin{cases} K_n(\dot{\zeta}) & \cdot \quad \text{Hành trình nén} \\ K_t(\dot{\zeta}) & \cdot \quad \text{Hành trình trả} \end{cases} \quad (2-8)$$

Trong đó:

- +  $K_n$ : Hệ số cản giảm chấn hành trình nén.
- +  $K_t$ : Hệ số cản giảm chấn hành trình trả.

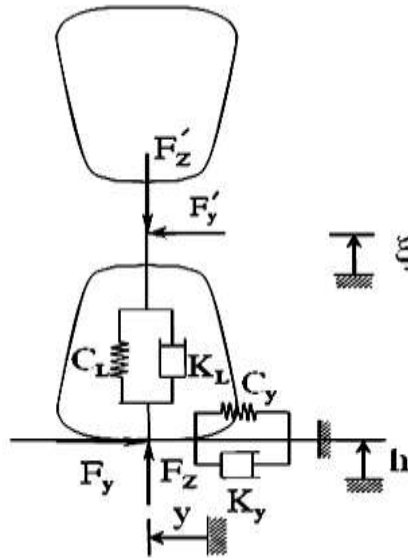
Do vậy:  $F = F_C + F_K$

### **b.2.Mô hình bánh xe.**

Nhiều nghiên cứu đã cho thấy lớp có thể được mô tả gồm các phần tử đàn hồi theo các hướng khác nhau và các phần tử giảm chấn. Như vậy lớp có thể được miêu tả như một hệ thống treo (Hình 2.15).

Phương trình cân bằng lực phía bánh xe theo phương thẳng đứng là:

$$m \ddot{m} = -F_K + F_{CL} + F_{KL} \quad (2-9)$$



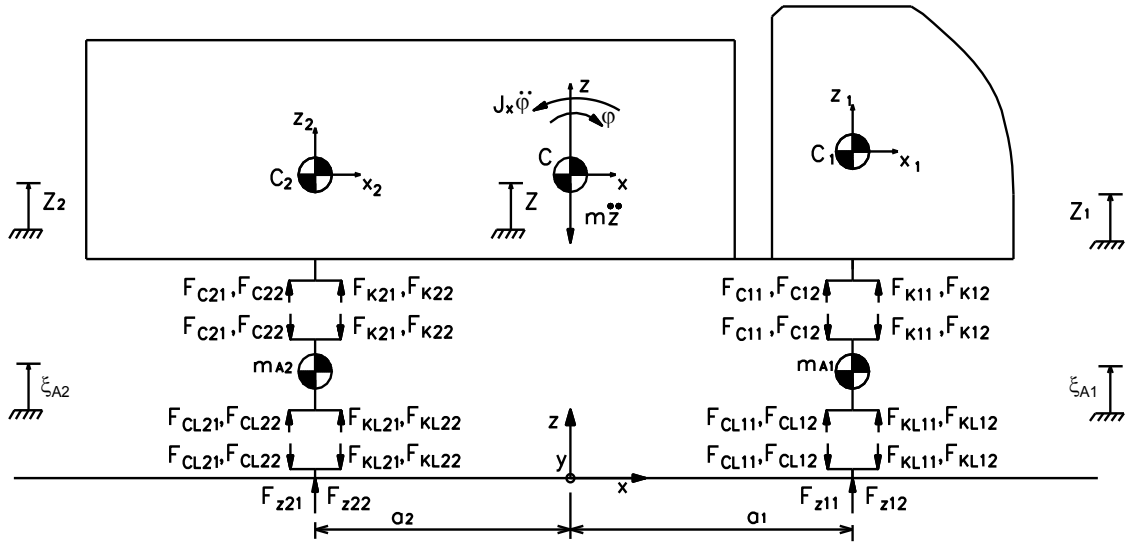
Hình 2.15. Mô hình lớp.

### c. Lập phương trình toán học mô tả sơ đồ cấu trúc của mô hình

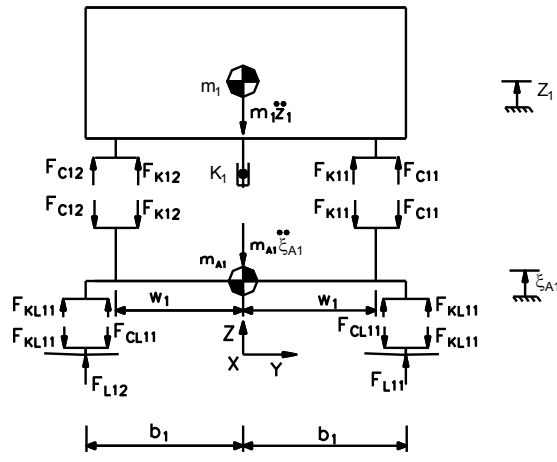
#### c.1. Xác định các lực đặt lên hệ

Quy ước kí hiệu các lực và mô men:

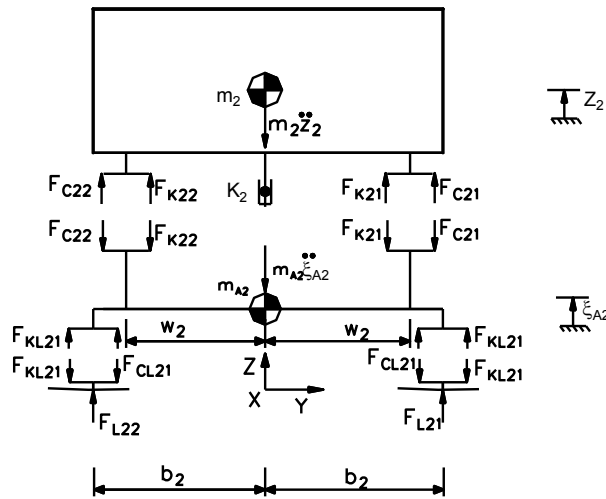
- +  $F_{C11}$  - Lực đàn hồi hệ thống treo trước bên trái;
- +  $F_{C12}$  - Lực đàn hồi hệ thống treo trước bên phải;
- +  $F_{C21}$  - Lực đàn hồi hệ thống treo sau bên trái;
- +  $F_{C22}$  - Lực đàn hồi hệ thống treo sau bên phải;
- +  $F_{K11}$  - Lực cản giảm chấn trước bên trái;
- +  $F_{K12}$  - Lực cản giảm chấn trước bên phải;
- +  $F_{K21}$  - Lực cản giảm chấn sau bên trái;
- +  $F_{K22}$  - Lực cản giảm chấn sau bên phải;
- +  $F_{CL11}$  - Lực đàn hồi của lớp trước bên trái;
- +  $F_{CL12}$  - Lực đàn hồi của lớp trước bên phải;
- +  $F_{CL21}$  - Lực đàn hồi của lớp sau bên trái;
- +  $F_{CL22}$  - Lực đàn hồi của lớp sau bên phải;
- +  $F_{KL11}$  - Lực cản giảm chấn lớp trước bên trái;
- +  $i = 1$  Cầu trước,  $i = 2$  Cầu sau;
- +  $j = 1$  Lớp bên trái,  $j = 2$  Lớp bên phải.



Hình 2.16. Sơ đồ đặt lực lên xe theo phương dọc



Hình 2.17. Sơ đồ đặt lực phân đầu xe



Hình 2.18. Sơ đồ đặt lực phân thùng xe

## c.2.Lập phương trình toán học

### c.2.1.Khối lượng được treo

Phương trình cân bằng theo phương Z.

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

Phương trình cân bằng mô men quanh trục y qua trọng tâm ô tô.

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

Quan hệ giữa độ dịch chuyển tại trọng tâm khối lượng được treo (z) và độ dịch chuyển tại trọng tâm khối lượng được treo trước (z<sub>1</sub>), treo sau (z<sub>2</sub>).

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

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

### c.2.2.Khối lượng không được treo trước

Phương trình cân bằng theo phương ξ<sub>1</sub>

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

### c.2.3.Khối lượng không được treo sau

Phương trình cân bằng theo phương ξ<sub>2</sub>

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

## c.3.Xác định các lực cắt

+ Các lực trên bộ phận đàn hồi của hệ thống treo.

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

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

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

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

+ Các lực trên bộ phận giảm chấn của hệ thống treo.

$$F_{K11} = K_{11} \cdot \left( \dot{\zeta} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-20)$$

$$F_{K12} = K_{12} \cdot \left( \dot{\zeta} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-21)$$

$$F_{K21} = K_{21} \cdot \left( \dot{\zeta} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-22)$$

$$F_{K22} = K_{22} \cdot \left( \dot{\zeta} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-23)$$

+ Các lực bánh xe:

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

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

$$F_{KL11} = K_{L11} \left( \dot{i} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-25)$$

$$F_{KL12} = K_{L12} \left( \dot{i} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-26)$$

$$F_{KL21} = K_{L21} \left( \dot{i} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-27)$$

$$F_{KL22} = K_{L22} \left( \dot{i} \quad \cdot \quad \cdot \right) \quad (2-28)$$

+ Lực tĩnh tác dụng xuống mặt đường.

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

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

+ Lực động tác dụng xuống mặt đường.

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

$$F_{z,d12} = F_{L12} + F_{z,t12} \quad (2-32)$$

$$F_{z,d21} = F_{L21} + F_{z,t21} \quad (2-33)$$

$$F_{z,d22} = F_{L22} + F_{z,t22} \quad (2-34)$$

+ Hệ số xung kích IM được xác định theo công thức:

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

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

Mấp mô mặt đường là tác nhân chính gây ra sự mất êm thuận cho người và hàng hóa trên xe. Vậy, mấp mô nhô cao đến mức độ nào thì cần phải sửa chữa? Đây là câu hỏi rất có ý nghĩa đối với người kỹ sư thiết kế cũng như các nhà quản lý khai thác công trình.

#### 2.3.1. Các chỉ tiêu đánh giá độ êm thuận

Đề xuất đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu dựa trên 03 chỉ tiêu chính:

- + Cường độ dao động theo phương thẳng đứng  $K_z$  tại trọng tâm ca bin xe: đánh giá độ êm thuận của người ngồi trên xe.
- + Gia tốc dao động theo phương thẳng đứng  $a_z$  tại trọng tâm thùng xe: đánh giá độ êm thuận của hàng hoá được chuyên chở trên xe.
- + Hệ số tải trọng động cực tiểu  $K_{dyn,min}$ : xét đến sự suy giảm của lực động từ bánh xe xuống mặt đường nhằm đánh giá mức độ bám đường của bánh xe, đảm bảo lái xe an toàn.

#### 2.3.2. Các cấp độ đánh giá độ êm thuận

Trong thực tế, các mấp mô mặt đường dẫn vào cầu mang tính cục bộ, tức thời. Với chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu dao động từ 10m -:-100m, vận tốc xe chạy qua cầu trong khoảng 20 km/h -:- 120 km/h thì thời gian ô tô lưu thông qua đoạn mấp mô này (thời gian hành khách chịu tác động của dao động) là 0,3 -:- 18 giây. Từ biểu đồ sự phụ thuộc của cường độ dao động theo thời gian (Hình 2.2), đề xuất trị số giới hạn về cường độ dao động đối với con người:

- + Giới hạn cảnh báo:  $K_z = 20$



- + Giới hạn can thiệp:  $K_z = 50$

Các trị số giới hạn đối với hàng hoá trên xe và lực bám đường được chọn theo các kết quả nghiên cứu đã công bố trước đây (mục 2.1.3.1). Trên cơ sở đó, luận án đề xuất xếp hạng độ êm thuận mặt đường theo 3 cấp độ như sau:

#### **a. Cấp độ êm thuận**

Là một ngưỡng giới hạn của các mấp mô trên mặt đường. Khi xe đi qua những mấp mô này, dao động trên xe là rất bé, con người không cảm nhận được, người ngồi trên xe vẫn cảm thấy thoải mái, hàng hóa trên xe không bị đổ vỡ, lực bám đường giữa bánh xe và mặt đường lớn, đảm bảo điều kiện vận hành an toàn của xe.

- + 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**

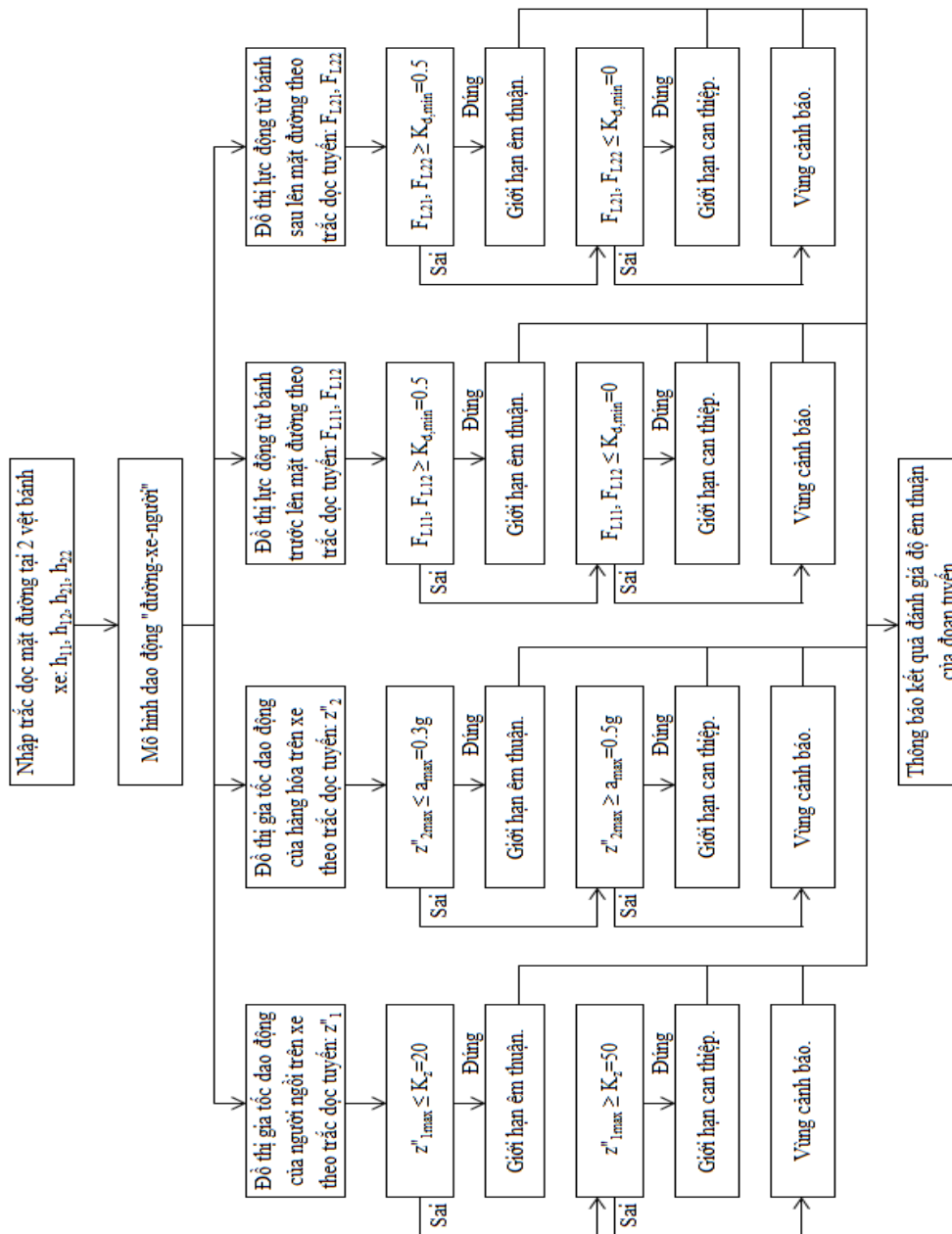
Là một ngưỡng giới hạn của các mấp mô trên mặt đường. Khi xe đi qua những mấp mô này, dao động của xe đã lớn đến mức có thể gây nguy cơ mắc bệnh thần kinh và não cho người ngồi trên xe, tài xế mất khả năng phản ứng linh hoạt nên có khả năng gây ra tai nạn giao thông, hàng hóa trên xe bị đổ vỡ, lực xung kích tác dụng xuống làm hư hỏng mặt đường, phản lực làm ảnh hưởng đến tuổi thọ của các kết cấu ô tô, lực bám đường giữa bánh xe và mặt đường suy giảm không đủ an toàn

để điều khiển xe, hãm hoặc quay đầu xe theo ý muốn của tài xế.v.v. cơ quan quản lý công trình cần phải tiến hành sửa chữa ngay.

- + 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 tiêu tại các bánh xe:  $K_{\text{dyn,min}} = 0$

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

### 2.4.1. Sơ đồ khối



Hình 2.19. Sơ đồ khối của phần mềm

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

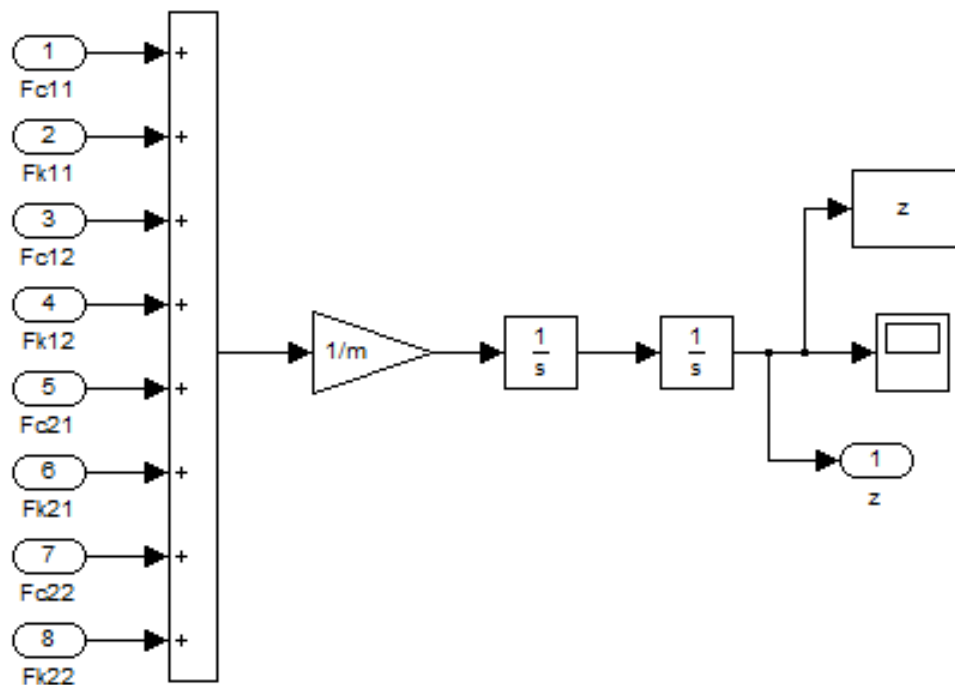
### 2.4.2. Xây dựng các khối “con” trong hệ thống phần mềm

Mỗi phương trình vi phân có thể coi như một môđun trong toàn bộ hệ thống. Bản thân trong lòng các môđun này còn có chứa các môđun nhỏ hơn (các môđun xác định lực đàn hồi, các môđun so sánh giá trị các chuyển vị, v.v.). Việc phân chia và mô tả toàn bộ hệ thống theo các môđun cho phép thuận tiện trong việc lấy các tín hiệu vào/ ra cũng như có thể dễ dàng can thiệp vào các thông số tùy theo từng mục đích nghiên cứu.

Các khối “con” mô tả một số phương trình vi phân chính như sau:

#### a. Khối mô tả phương trình ( 2-10)

Khối này lấy tín hiệu đầu vào là  $m, F_{C11}, F_{K11}, F_{C12}, F_{K12}, F_{C21}, F_{K21}, F_{C22}, F_{K22}$  tín hiệu đầu ra là  $z$ .

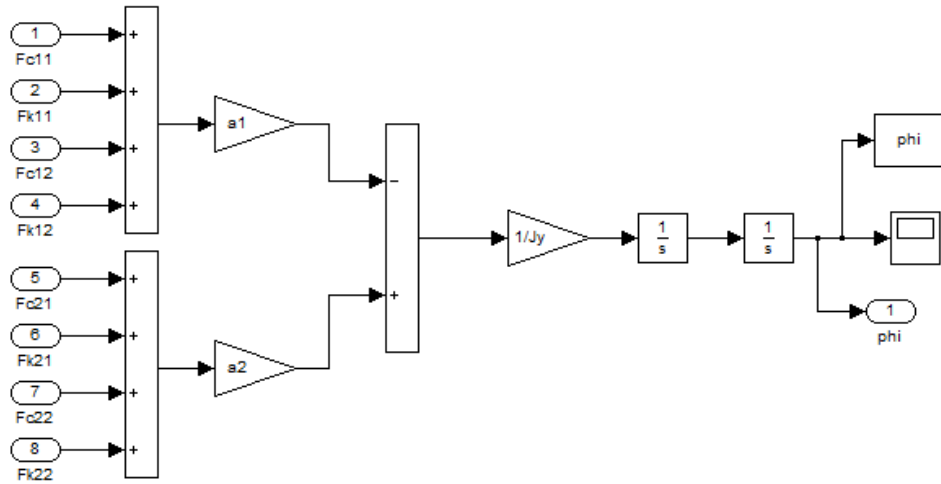


Hình 2.20. Khối mô tả phương trình ( 2-10)

#### b. Khối mô tả phương trình ( 2-11)

Khối này lấy tín hiệu đầu vào là  $J_y, a_2, F_{C21}, F_{K21}, F_{C22}$

$F_{K22}, a_1, F_{C11}, F_{K11}, F_{C12}, F_{K12}$  tín hiệu đầu ra là  $\varphi$ .

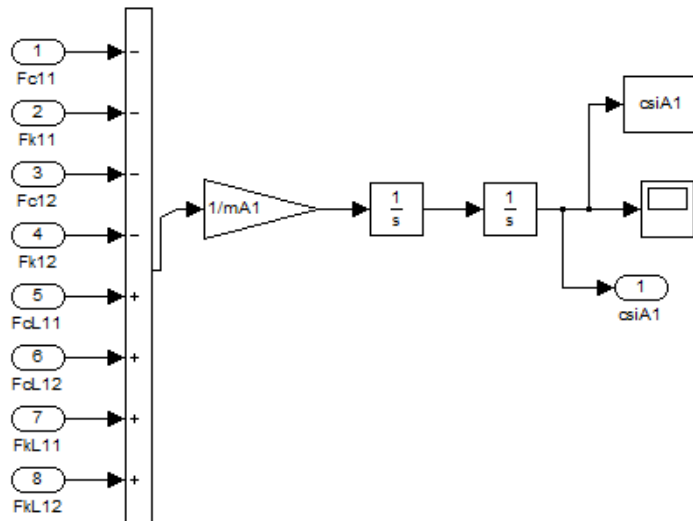


Hình 2.21. Khối mô tả phương trình ( 2-11)

**c. Khối mô tả phương trình ( 2-14)**

Khối này lấy tín hiệu đầu vào là  $m_{A1}, F_{C11}, F_{K11}, F_{C12}, F_{K12}$

$F_{CL11}, F_{CL12}, F_{KL11}, F_{KL12}$  tín hiệu đầu ra là  $\xi_{A1}$ .

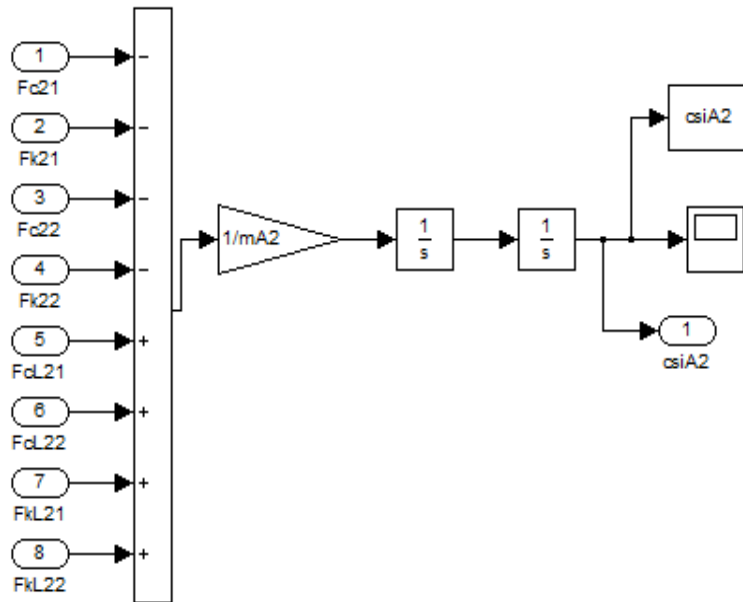


Hình 2.22. Khối mô tả phương trình ( 2-14)

**d. Khối mô tả phương trình ( 2-15)**

Khối này lấy tín hiệu đầu vào là  $m_{A2}, F_{C21}, F_{K21}, F_{C22}, F_{K22}, F_{CL21}$

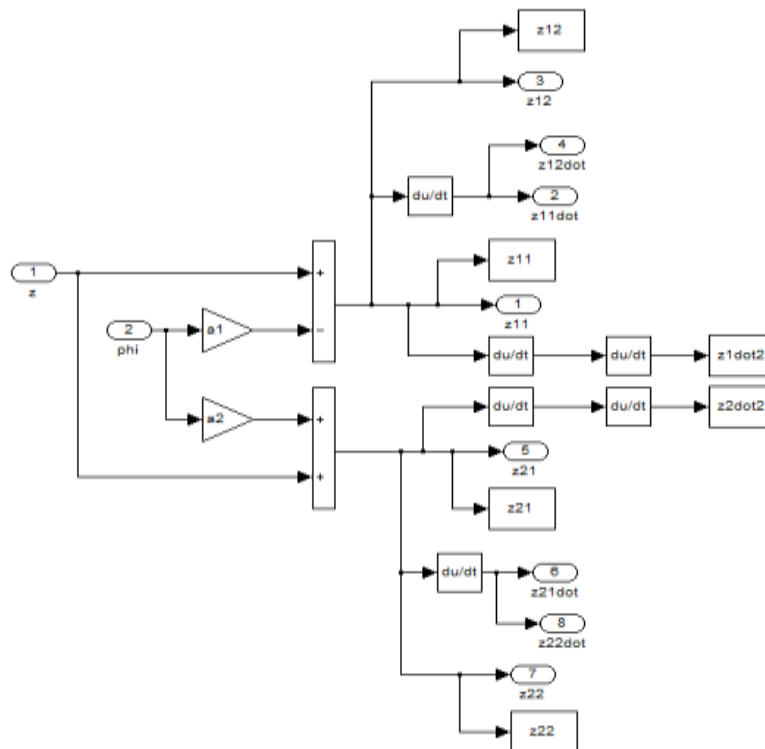
$F_{CL22}, F_{KL21}, F_{KL22}$  tín hiệu đầu ra là  $\xi_{A2}$ .



Hình 2.23. Khối mô tả phương trình ( 2-15)

**e. Khối mô tả phương trình ( 2-12), ( 2-13)**

Khối này lấy tín hiệu đầu vào là  $z, a_1, a_2, \varphi$  tín hiệu đầu ra là  $z_{11}, z_{12}$ .



Hình 2.24. Khối mô tả phương trình ( 2-12), ( 2-13)

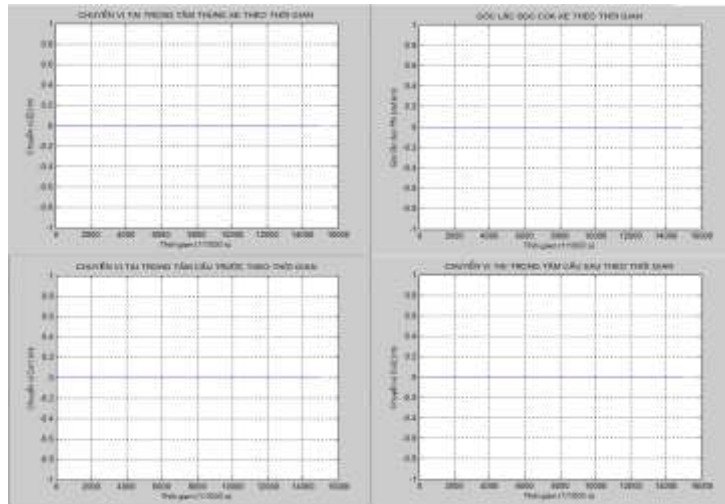
**2.5. Kiểm tra tính đúng đắn của mô hình**

### 2.5.1. Kiểm tra quy luật vật lý

Trong đề mục kiểm tra này, luận án không kiểm tra xem kết quả tính toán của phần mềm có độ chính xác là bao nhiêu, mà chỉ tiến hành tạo các kích động tiêu chuẩn lên mô hình nghiên cứu, sau đó kiểm tra các thông số dao động thu được từ kết quả chạy thử mô hình.v.v. xem có phù hợp với quy luật vật lý hay không, nhằm đánh giá về mặt định tính mức độ đúng đắn của các phương trình toán cũng như phần mềm do luận án xây dựng.

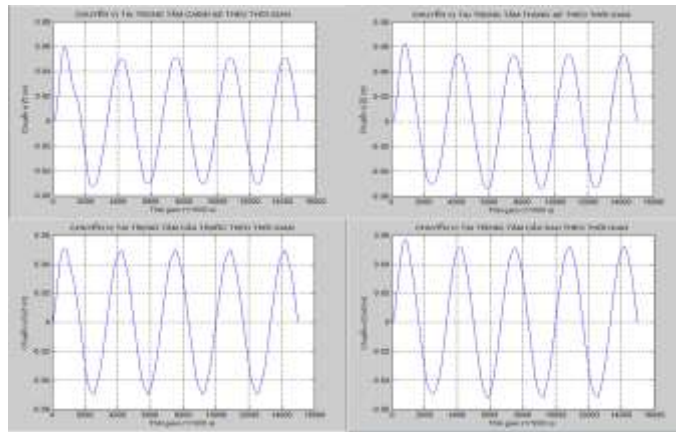
Các kích động kiểm tra gồm:

- + Kích động  $h_{11}=h_{12}=h_{21}=h_{22}=0$ : Ứng với giả thiết xe chạy trên mặt đường bằng phẳng tuyệt đối. Kết quả khảo sát cho thấy chuyển vị thẳng đứng tại trọng tâm thùng xe, trọng tâm cầu trước và trọng tâm cầu sau đều bằng không; góc lắc dọc của thân xe bằng không.



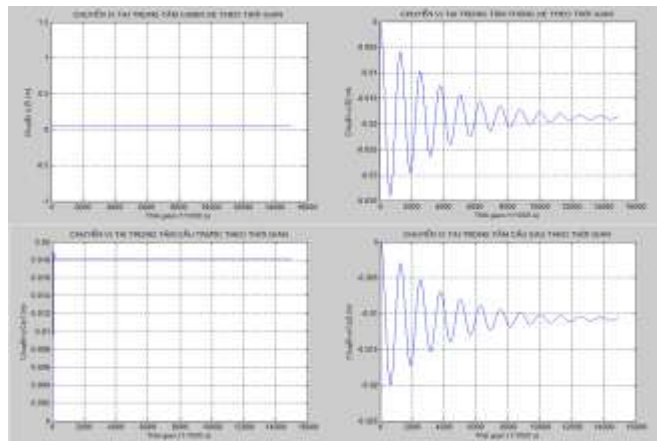
Hình 2.25. Kết quả khảo sát khi kích động  $h_{11}=h_{12}=h_{21}=h_{22}=0$

- + Kích động bốn bánh xe  $h_{11}=h_{12}=h_{21}=h_{22}= h_0\sin(2\pi f)t$  với biên độ  $h_0=0.05m$ : Ứng với giả thiết xe chạy trên mặt đường mấp mô dạng hình sin. Kết quả khảo sát cho thấy diễn biến chuyển vị thẳng đứng tại trọng tâm thùng xe, trọng tâm cầu sau và trọng tâm cầu trước: sau khi có những chuyển vị đột biến trong thời gian 1s đầu tiên, các chuyển vị điều hòa trở lại theo dạng hình sin; tương tự với các diễn biến của gia tốc và lực động.



Hình 2.26. Kết quả khảo sát khi kích động  $h_{11}=h_{12}=h_{21}=h_{22}= h_0\sin(2\pi f)t$

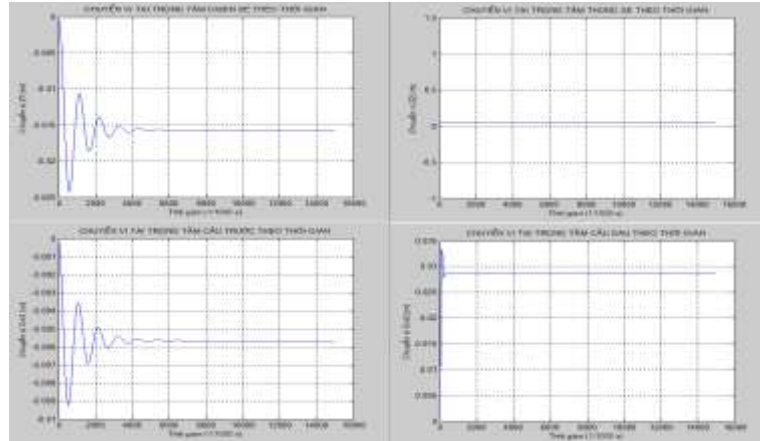
+ Kích động trọng tâm cabin xe  $z_1=0.05m$ : Ứng với giả thiết xe đang đứng yên, tiến hành nâng tức thời trọng tâm cabin xe lên 1 khoảng 0.05m. Kết quả khảo sát cho thấy cầu trước xe nâng lên 0.0182m, tải trọng từ bánh trước tác động xuống mặt đường giảm từ 2.98 tấn xuống còn 2.545 tấn, trọng lượng xe lệch tâm về phía sau, chuyển vị thẳng đứng tại trọng tâm thùng xe hạ xuống 0.018m, trọng tâm cầu sau hạ thấp 0.011m, tải trọng từ bánh sau tác động xuống mặt đường tăng từ 4.81 tấn lên thành 5.066 tấn.



Hình 2.27. Kết quả khảo sát khi kích động  $z_1= 0.05m$

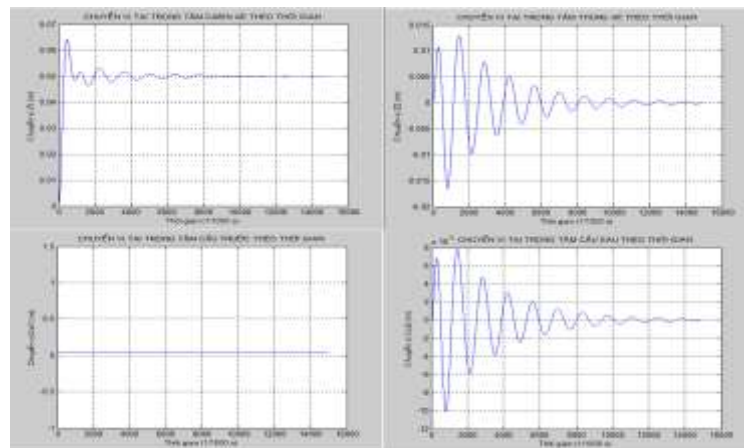
+ Kích động trọng tâm thùng xe  $z_2=0.05m$ : Ứng với giả thiết xe đang đứng yên, tiến hành nâng tức thời trọng tâm thùng xe lên 1 khoảng 0.05m. Kết quả khảo sát cho thấy cầu sau xe nâng lên 0.0286m, tải trọng từ bánh sau tác động xuống mặt đường giảm từ 4.81 tấn xuống

còn 4.12 tần, trọng lượng xe lệch tâm về phía trước, chuyển vị thẳng đứng tại trọng tâm cabin xe hạ xuống 0.015m, trọng tâm cầu trước hạ thấp 0.005m, tải trọng từ bánh trước tác động xuống mặt đường tăng từ 2.98 tần lên thành 3.11 tần.



Hình 2.28. Kết quả khảo sát khi kích động  $z_2=0.05m$

+ Kích động trọng tâm cầu trước xe  $\zeta_1=0.05m$ : Ứng với giả thiết xe đang đứng yên, tiến hành nâng tức thời trọng tâm cầu trước xe lên 1 khoảng 0.05m. Kết quả khảo sát cho thấy cabin xe nâng lên 0.05046m, tải trọng từ bánh trước tác động xuống mặt đường giảm từ 2.98 tần xuống còn 1.77 tần, trọng lượng xe lệch tâm về phía sau, chuyển vị thẳng đứng tại trọng tâm thùng xe hạ xuống 0.00012m, tải trọng từ bánh sau tác động xuống mặt đường tăng từ 4.81 tần lên thành 4.82 tần.

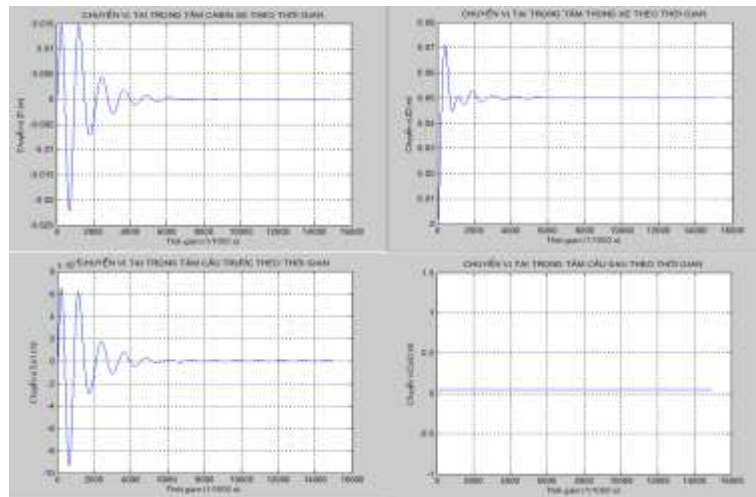


Hình 2.29. Kết quả khảo sát khi kích động  $\zeta_1=0.05m$

+ Kích động trọng tâm cầu sau xe  $\zeta_2=0.05m$ : Ứng với giả thiết xe đang



đứng yên, tiến hành nâng tức thời trọng tâm cầu sau xe lên 1 khoảng 0.05m. Kết quả khảo sát cho thấy thùng xe nâng lên 0.0503m, tải trọng từ bánh sau tác động xuống mặt đường giảm từ 4.81 tấn xuống còn 3.60 tấn, trọng lượng xe lệch tâm về phía trước, chuyển vị thẳng đứng tại trọng tâm cabin xe hạ xuống 0.00001m, tải trọng từ bánh trước tác động xuống mặt đường tăng từ 2.98 tấn lên thành 2.987 tấn.



Hình 2.30. Kết quả khảo sát khi kích động  $\zeta_2 = 0.05m$

Các kết quả kiểm tra cho thấy, về mặt định tính kết quả khảo sát thu được phù hợp với các quy tắc cơ bản về lực và chuyển vị. Có thể kết luận công tác xây dựng hệ phương trình vi phân và công tác lập trình mà đề tài thực hiện ở các phần trên là đúng đắn.

## 2.5.2. Thí nghiệm kiểm tra độ chính xác của mô hình

### 2.5.2.1. Mục tiêu

Xác định các thông số dao động của ô tô trong quá trình ô tô chuyển động trên đường bằng thí nghiệm trực tiếp. Tiến hành so sánh, xác định mức độ sai lệch giữa kết quả tính toán từ mô hình “đường-xe-người” với kết quả thí nghiệm trực tiếp, hướng đến mục tiêu: thay vì tiến hành xây dựng các đường thử rồi khảo sát, thu thập các thông số dao động khi cho xe chạy trực tiếp trên đường thử, luận án sẽ sử dụng mô hình “đường-xe-người” để khảo sát thu thập các thông số dao động của xe qua phần mềm, từ đó xây dựng quy tắc chuyển tiếp độ chênh lệch lún từ đường vào cầu.

### 2.5.2.2. Lựa chọn phương pháp thí nghiệm.

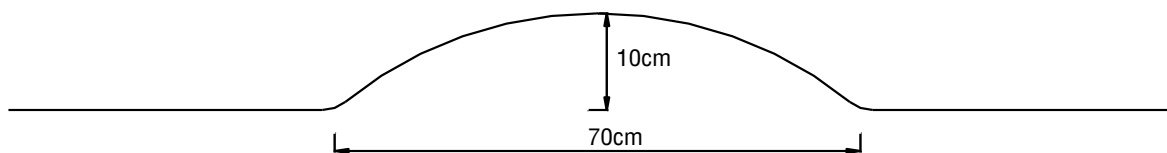
Chỉ tiêu chính dùng để khảo sát trong luận án là gia tốc dao động thẳng đứng tại trọng tâm cabin xe và thùng xe. Trong thực tế tính toán, hai chỉ tiêu trên đều xác định trên cơ sở quan hệ chuyển vị của cabin xe và thùng xe theo thời gian. Vì vậy, trong thí nghiệm này luận án sẽ chọn thông số chuyển vị của các bộ phận trên làm cơ sở để đánh giá mức độ chính xác của mô hình.

Hiện nay trong thí nghiệm dao động ô tô người ta sử dụng 2 phương pháp:

- + Thí nghiệm trên bệ thử: Cho xe lên bệ thử và tạo lên bánh xe các kích động có chu kỳ và biên độ xác định, khảo sát các thông số đặc trưng cho các phản ứng của ô tô trên bệ. Do trên bệ dễ dàng loại trừ được các yếu tố ngoại cảnh, hàm kích động là tường minh, tốc độ thử là ổn định nên kết quả đo chính xác hơn do ít bị nhiễu.
- + Thí nghiệm trên đường thử: Tạo các mấp mô tường minh trên mặt đường thử, cho xe chạy qua mấp mô với các cấp vận tốc khảo sát, thu thập các thông số đặc trưng của xe thông qua các thiết bị đo gắn trên xe. Đây là một quá trình đo động chịu chi phối nhiều của các yếu tố ngoại cảnh như gió, đường không quy luật, lái xe chưa đủ kỹ năng.v.v.

Trong điều kiện của Việt Nam hiện nay, chỉ có thể thí nghiệm trên đường thử.

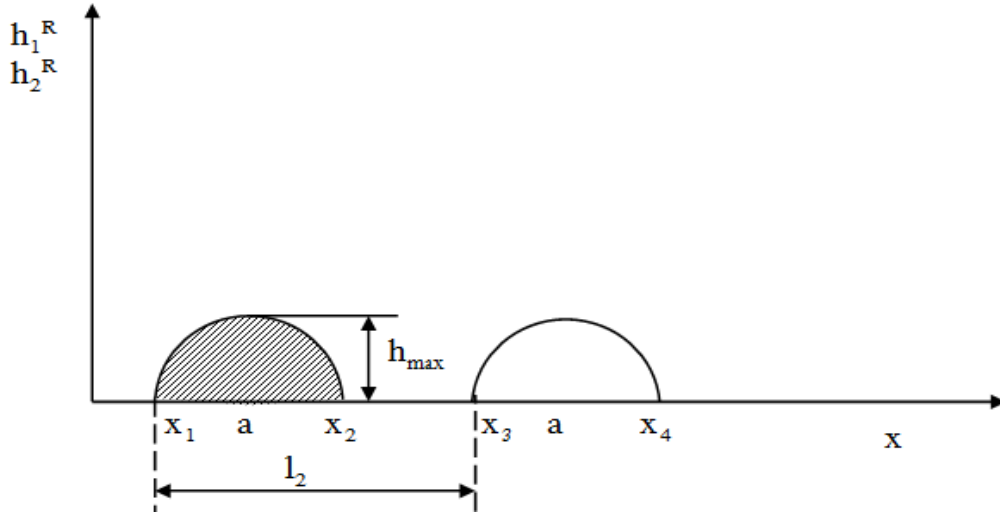
### 2.5.2.3. Đường và xe thí nghiệm



Hình 2.31. Mấp mô nguồn gây dao động

Mô hình được xây dựng không giới hạn phạm vi áp dụng cho riêng một phương pháp mô hình điều kiện mặt đường nào. Tuy nhiên, để dễ dàng kiểm soát kết quả thí nghiệm, không thể đưa kích động đầu vào bằng mấp mô mặt đường thực tế ngẫu nhiên vì phương trình kích động đầu vào là không tường minh, mà cần phải tạo ra đường thí nghiệm có “quy luật” biết trước. Đường làm nền được chọn là tuyến cao tốc Nội Bài – Bắc Ninh (đoạn tuyến trước sân bay Nội Bài), mặt đường

tương đối bằng phẳng có chiều dài khoảng 2 km. Trên hai vệt bánh xe tạo ra 1 mấp mô đơn dạng  $1/2 \sin$ , làm nguồn gây dao động.



Hình 2.32. Mô tả toán học mặt đường thí nghiệm  
( $l_2 = 3.3\text{m}$ ;  $a = 0.7\text{m}$ ;  $h = 0.1\text{m}$ )

Biểu diễn chiều cao kích động cho các bánh xe theo hàm thời gian:

+ Bánh xe số 1:

$$0 \leq t \leq \frac{x_1}{v} \quad h_1^R = 0 \quad (2-36)$$

$$\frac{x_1}{v} \leq t \leq \frac{a+x_1}{v} \quad h_1^R = h_{\max} \sin \left[ \frac{\pi v}{a} \left( t - \frac{x_1}{v} \right) \right]$$

$$\frac{a+x_1}{v} \leq t \leq 10 \quad h_1^R = 0$$

+ Bánh xe số 2:

$$0 \leq t \leq \frac{x_1+l_2}{v} \quad h_2^R = 0 \quad (2-37)$$

$$\frac{x_1+l_2}{v} \leq t \leq \frac{x_1+l_2+a}{v} \quad h_2^R = h_{\max} \sin \left[ \frac{\pi v}{a} \left( t - \left( \frac{x_1}{v} + \frac{l_2}{v} \right) \right) \right]$$

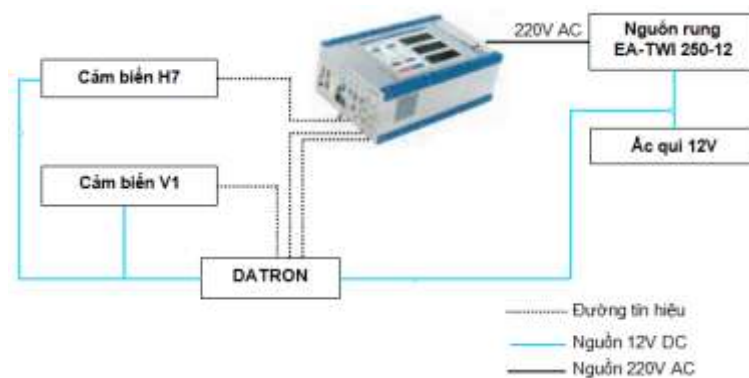
$$\frac{x_1+l_2+a}{v} \leq t \leq 10 \quad h_2^R = 0$$

Xe thí nghiệm là xe Maz5551 công trình xa của Quân đội. Sau khi bảo dưỡng và phá niêm, tình trạng kỹ thuật hoàn toàn tốt, đạt mức 90% chất lượng mới. Thí nghiệm khi trên xe không có hàng hóa.



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

#### 2.5.2.4. Thiết bị và sơ đồ đo



Hình 2.34. Sơ đồ kết nối thiết bị đo

Phương tiện và thiết bị thí nghiệm đo dao động của ô tô bao gồm:

- + 01 ô tô theo yêu cầu thí nghiệm.
- + 01 máy tính chuyên dụng DEWETRON 3000 đã cài đặt phần mềm đo và xử lý kết quả DasyLab.
- + 01 bộ cảm biến V1.
- + 01 bộ cảm biến H7.
- + 01 ắc qui 12V.

+ 01 bộ nguồn rung EA-TWI 250-12.

Các phương tiện và thiết bị đo phải ở trong trạng thái kỹ thuật tốt, được hiệu chỉnh theo đúng yêu cầu kỹ thuật.

Các thiết bị đo được gắn tại đầu xe và đuôi xe, các số liệu được quy đổi về trọng tâm thùng xe và trọng tâm cabin thông qua chiều dài cánh tay đòn từ trọng tâm các bộ phận đến điểm lắp đặt máy.



Hình 2.35. Lắp cảm biến V1 và H7 lên xe thí nghiệm

#### **a. Nguyên lý làm việc của hệ thống đo**

Nguồn nuôi 12VDC được lấy từ ắc quy của ô tô và cấp cho các cảm biến V1, H7 và bộ chuyển đổi tín hiệu DATRON, đồng thời qua nguồn rung để chuyển đổi thành điện áp 220VAC cấp cho máy tính chuyên dụng DEWETRON 3000. Tín hiệu ghi nhận được từ cảm biến V1 qua bộ chuyển đổi DATRON thành 2 tín hiệu dạng tương tự là vận tốc dọc và ngang. Tín hiệu từ cảm biến H7 (đo chuyển dịch) dạng tương tự cùng với các tín hiệu trên đưa đến bộ thu thập dữ liệu DAQ của máy tính chuyên dụng DEWETRON 3000 kết hợp với phần mềm xử lý dữ liệu DasyLab thực hiện quá trình đo. Quá trình này được điều khiển và xử lý nhờ phần mềm DasyLab.

#### **b. Thông số kỹ thuật thiết bị và cảm biến**

##### **b.1. Máy tính chuyên dụng DEWETRON 3000**

DEWETRON 3000 là một thiết bị chuyên nghiệp được thiết kế nhằm phục vụ cho việc đo lường di động trên các phương tiện cơ giới quân sự. Thiết bị được tích

hợp bởi máy tính, bộ thu thập dữ liệu DAQ và phần mềm xử lý dữ liệu DasyLab.



Hình 2.36. Máy tính DEWETRON 3000

### **b.2.Cảm biến V1**

Cảm biến V1 là cảm biến đo vận tốc chuyển động của ô tô bằng tương quan quang học theo nguyên lý tam giác đặc. Cảm biến được gắn chặt trên khung xe, khi làm việc cảm biến phát chùm tia sáng xuống bề mặt phản xạ (*mặt đường*) với số xung được hiệu chuẩn nhờ đèn halôgen và được thu về nhờ lưới cảm biến quang học phân tích thành vận tốc chuyển động của ô tô. Bộ cảm biến gồm: cảm biến quang học V1 và bộ chuyển đổi tín hiệu DATRON.



Hình 2.37. Cảm biến V1

### **b.3.Cảm biến H7**

Cảm biến H7 là cảm biến đo khoảng cách từ vị trí lắp cảm biến đến bề mặt

phản xạ bằng quang học theo nguyên tắc Dupler. Trong trường hợp đo dao động của ô tô là đo dịch chuyển của khung xe với mặt đường.



Hình 2.38. Cảm biến H7

#### 2.5.2.5. Kết quả đo và nhận xét

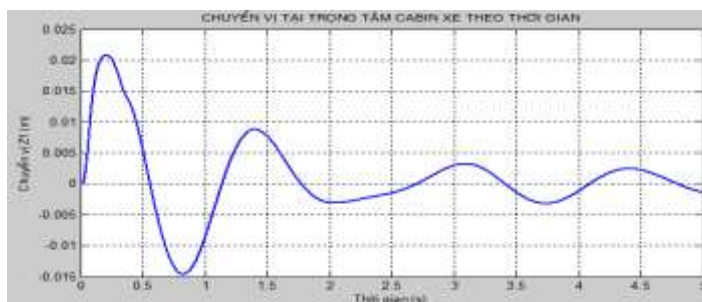
Sai số của mô hình chủ yếu là do độ chính xác của các thông số vật lý khi đưa vào mô hình. Với một điều kiện cụ thể, nếu tính bằng mô hình chúng ta hoàn toàn có thể kiểm soát được các yếu tố ảnh hưởng. Trong khi đó, thí nghiệm thực tế ở bên ngoài phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện ngoại cảnh, bao gồm các nội kích động, vận tốc không ổn định (do lái xe không kiểm soát được), do lực gió, độ bằng phẳng của mặt đường thử.v.v.

Có thể thấy rằng điều kiện của mô hình và thí nghiệm dù cố gắng đến đâu cũng không thể hoàn toàn như nhau.

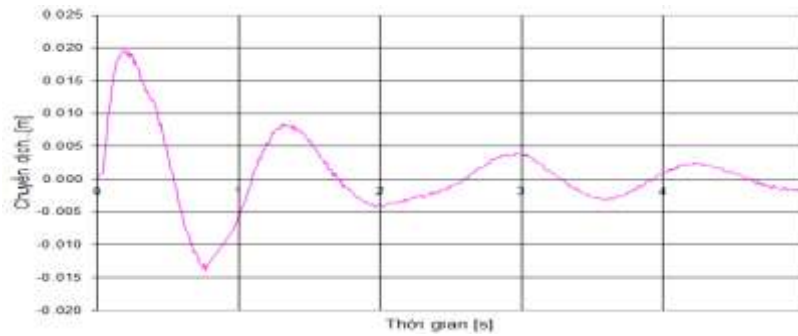
Sau đây là một số nhận xét so sánh:

Nhận xét 1: So sánh các đồ thị kết quả về chuyển vị tại trọng tâm ca bin xe ( $v=40\text{km/h}$ ) giữa tính toán bằng mô hình và thí nghiệm thực tế:

- + Về hình dạng giống nhau.
- + Các trị số cực đại sai lệch khoảng 6.03%.



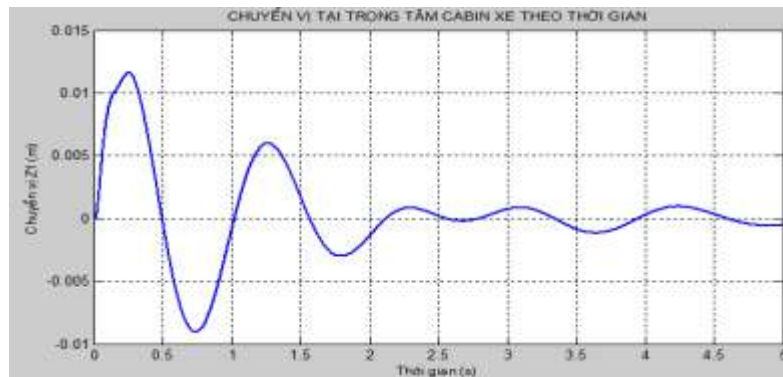
Hình 2.39. Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi  $v=40\text{km/h}$  (mô hình)



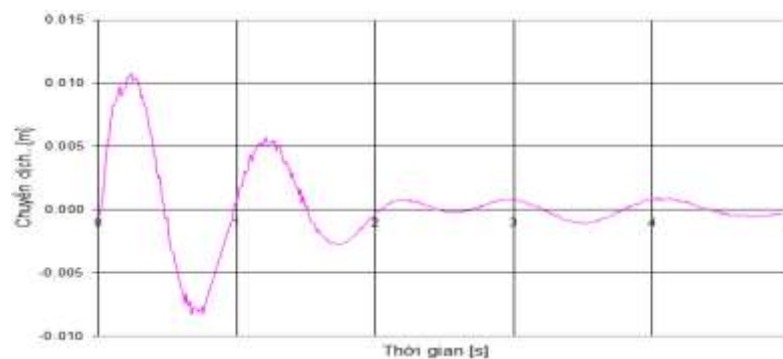
Hình 2.40. Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi  $v=40\text{km/h}$  (thí nghiệm)

Nhận xét 2: So sánh các đồ thị kết quả về chuyển vị tại trọng tâm ca bin xe ( $v=80\text{km/h}$ ) giữa tính toán bằng mô hình và thí nghiệm thực tế:

- + Về hình dạng giống nhau.
- + Các trị số cực đại sai lệch khoảng 7.62%.



Hình 2.41. Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi  $v=80\text{km/h}$  (mô hình)



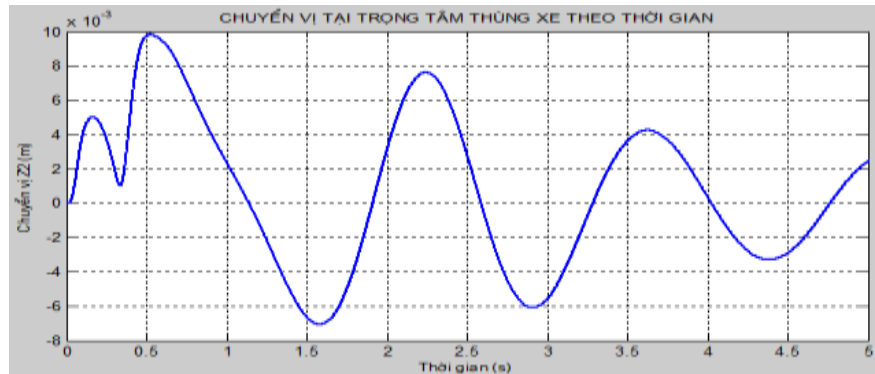
Hình 2.42. Chuyển vị thẳng đứng tại cabin xe khi  $v=80\text{km/h}$  (thí nghiệm)

Nhận xét 3: So sánh các đồ thị kết quả về chuyển vị tại trọng tâm thùng xe ( $v=40\text{km/h}$ ) giữa tính toán bằng mô hình và thí nghiệm thực tế:

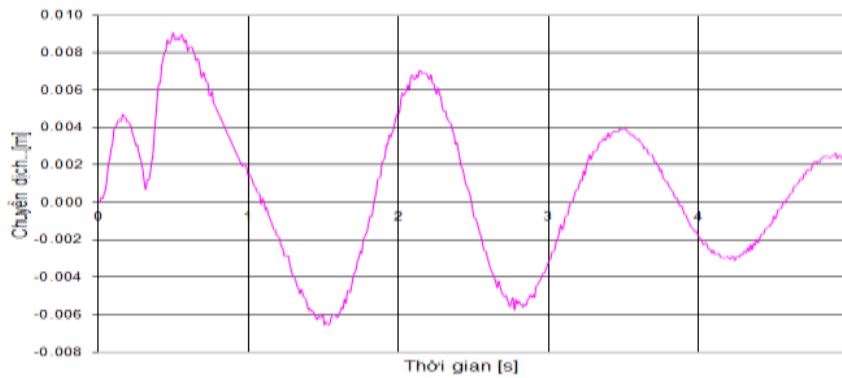
- + Về hình dạng giống nhau.



+ Các trị số cực đại sai lệch khoảng 8.52%.



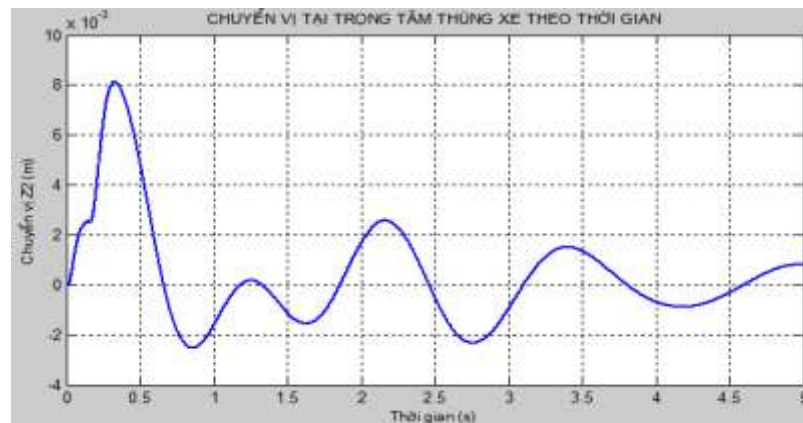
Hình 2.43. Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi  $v=40\text{km/h}$  (mô hình)



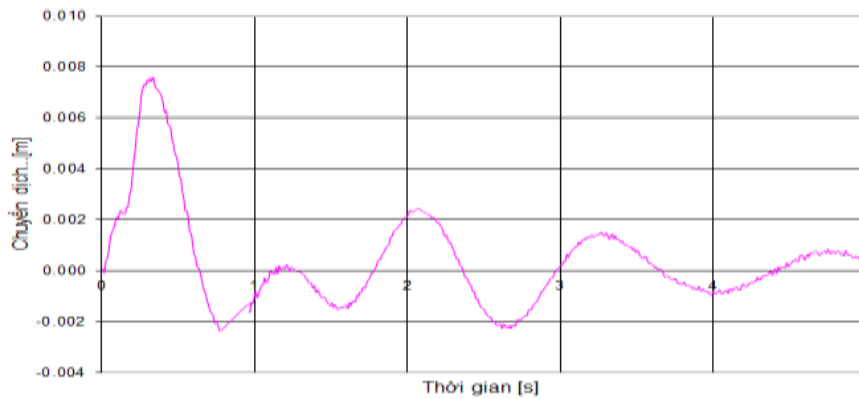
Hình 2.44. Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi  $v=40\text{km/h}$  (thí nghiệm)

Nhận xét 4: So sánh các đồ thị kết quả về chuyển vị tại trọng tâm thùng xe ( $v=80\text{km/h}$ ) giữa tính toán bằng mô hình và thí nghiệm thực tế:

- + Về hình dạng giống nhau.
- + Các trị số cực đại sai lệch khoảng 6.83%.



Hình 2.45. Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi  $v=80\text{km/h}$  (mô hình)



Hình 2.46. Chuyển vị thẳng đứng tại thùng xe khi  $v=80\text{km/h}$  (thí nghiệm)

**Nhận xét chung:** Qua các so sánh trên, ta nhận thấy 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. Như vậy hệ phương trình vi phân và công tác lập trình mà đề tài thực hiện ở các phần trên là đúng, có thể sử dụng mô hình để nghiên cứu độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu.

### 2.5.3. So sánh “độ êm thuận” và “độ bằng phẳng theo phương dọc”

Luận án sử dụng phần mềm đánh giá độ êm thuận để phân tích lại các giới hạn đã của độ bằng phẳng theo phương dọc đã được các nhà khoa học đi trước đã công bố, nhằm đánh giá mức độ tương đồng giữa các cấp độ về êm thuận do luận án đề xuất với chỉ tiêu độ bằng phẳng theo phương dọc.

Phương pháp thực hiện:

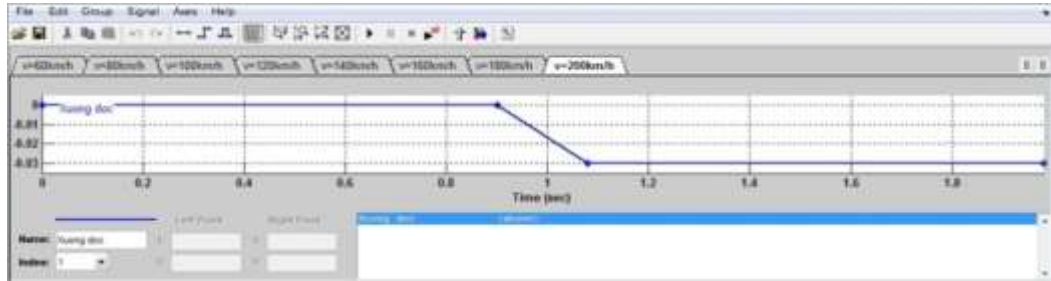
- + Mô phỏng điều kiện mặt đường theo giới hạn độ bằng phẳng theo phương dọc mà các đề tài nghiên cứu trước đây đã công bố.
- + Gán điều kiện mặt đường vừa mô phỏng ở trên vào phần mềm đánh giá độ êm thuận, phân tích và xử lý các số liệu thu được.
- + Nhận xét và kết luận.

Một số giả thiết mà đề tài đã sử dụng trong phân tích:

- + Mô hình mặt đường: Mô phỏng điều kiện mặt đường trong nghiên cứu của các tác giả đi trước, độ dốc lấy theo giới hạn độ bằng phẳng do các nghiên cứu đi trước đã công bố.

- + Vận tốc xe chạy trên đoạn đường dẫn vào cầu: Kết quả nghiên cứu nào có trình bày chi tiết về vận tốc xe thì luận án sẽ khảo sát theo vận tốc đó, trường hợp thiếu thông tin thì luận án sẽ khảo sát với vận tốc xe là 100km/h.

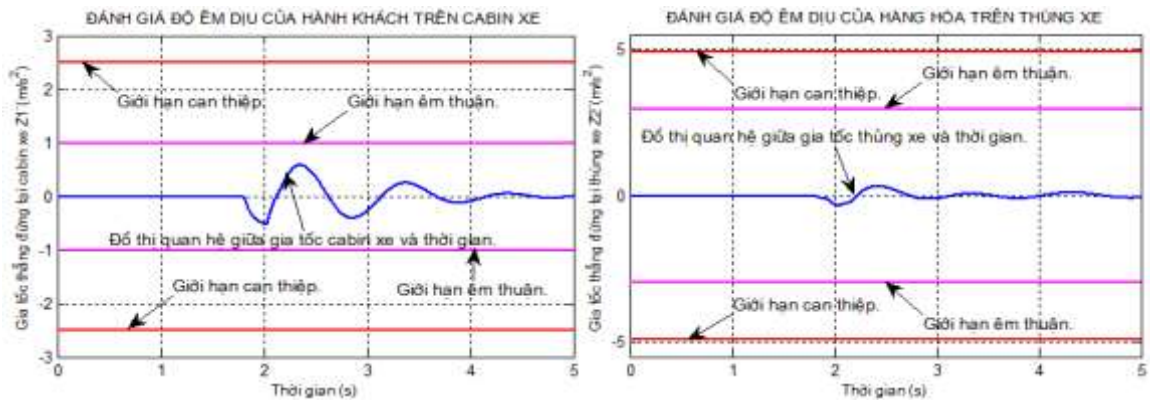
(Xem chi tiết kết quả phân tích, tính toán tại Phụ lục 4 – tập Phụ lục tính toán).



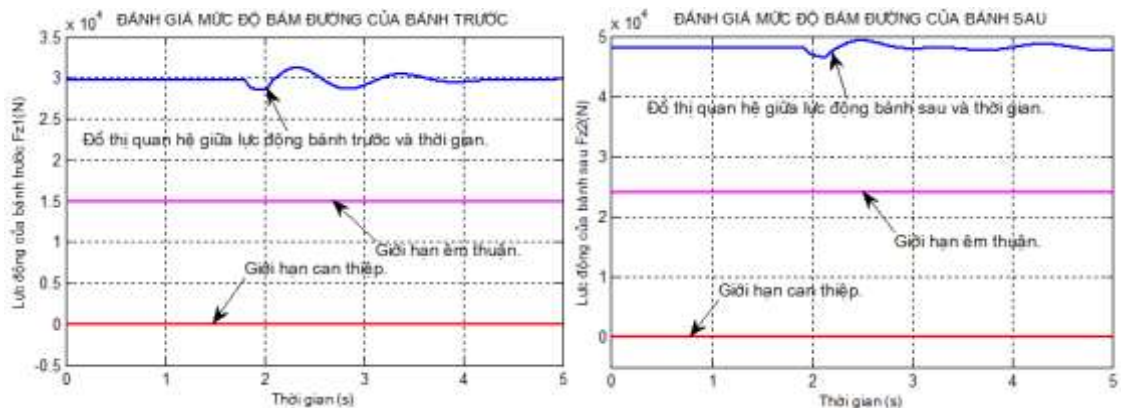
Hình 2.47. Mô phỏng điều kiện mặt đường

### 2.5.3.1. Theo tiêu chuẩn của Úc

Kết quả khảo sát:



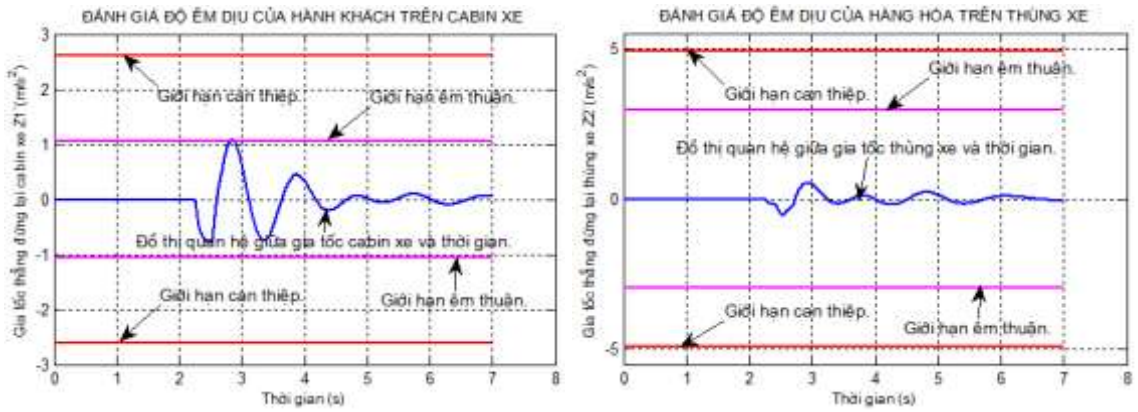
Hình 2.48. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=100\text{km/h}$ ,  $S=3\%$ )



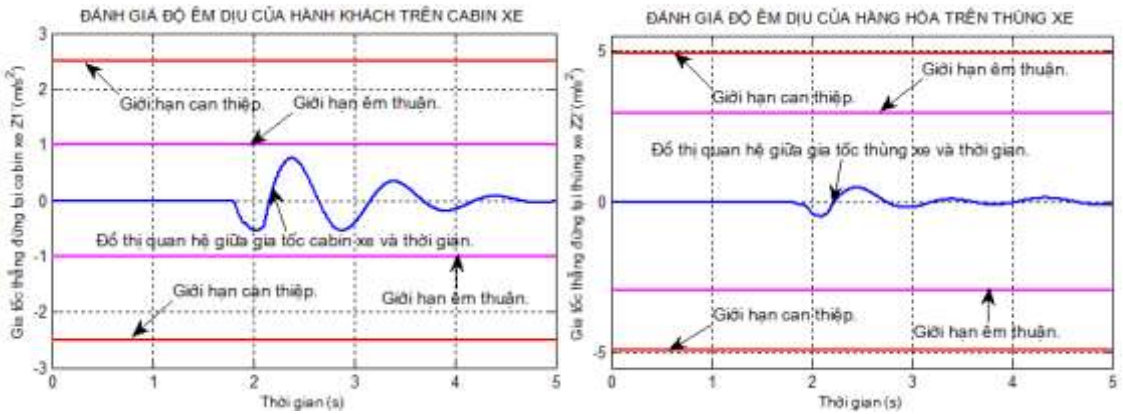
Hình 2.49. Lực động tại bánh trước & bánh sau xe ( $v=100\text{km/h}$ ,  $S=3\%$ )

### 2.5.3.2. Theo tiêu chuẩn của Trung Quốc

Kết quả khảo sát:



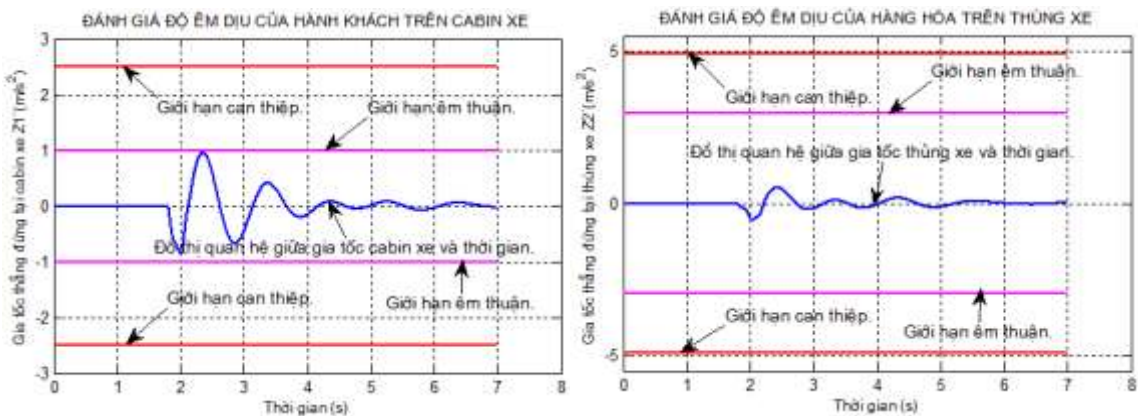
Hình 2.50. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=80\text{km/h}$ ,  $S=6\%$ )



Hình 2.51. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=100\text{km/h}$ ,  $S=4\%$ )

### 2.5.3.3. Theo Briaud

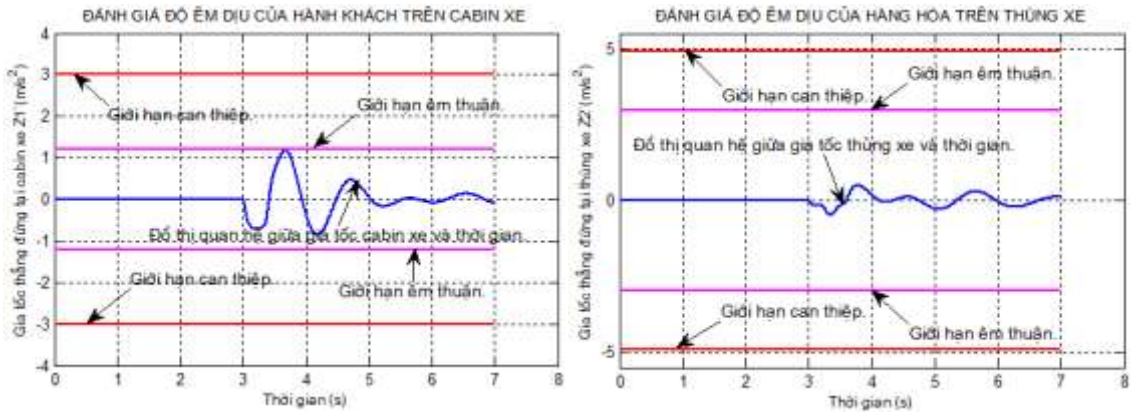
Kết quả khảo sát:



Hình 2.52. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=100\text{km/h}$ ,  $S=1/200$ )

### 2.5.3.4. Theo Tổng công ty Tư vấn thiết kế Giao thông Vận tải (TEDI)

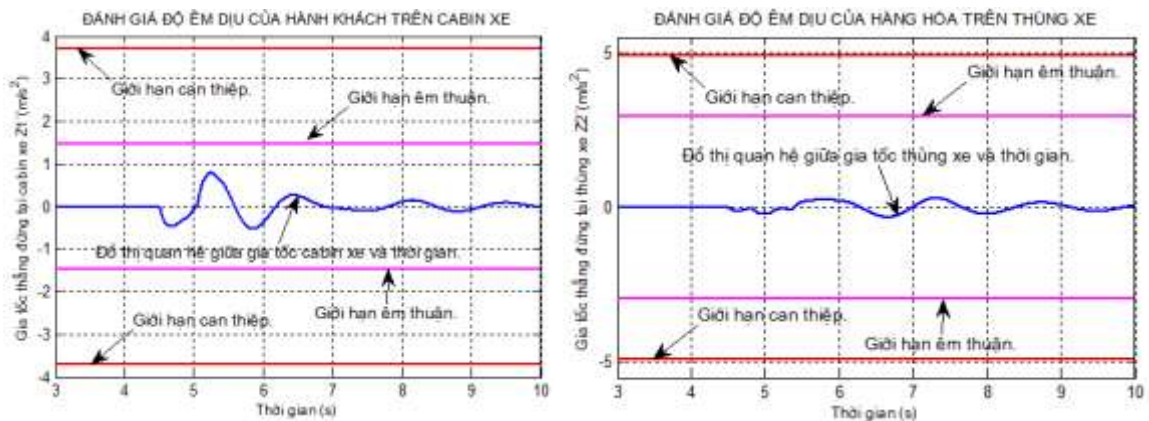
Kết quả khảo sát:



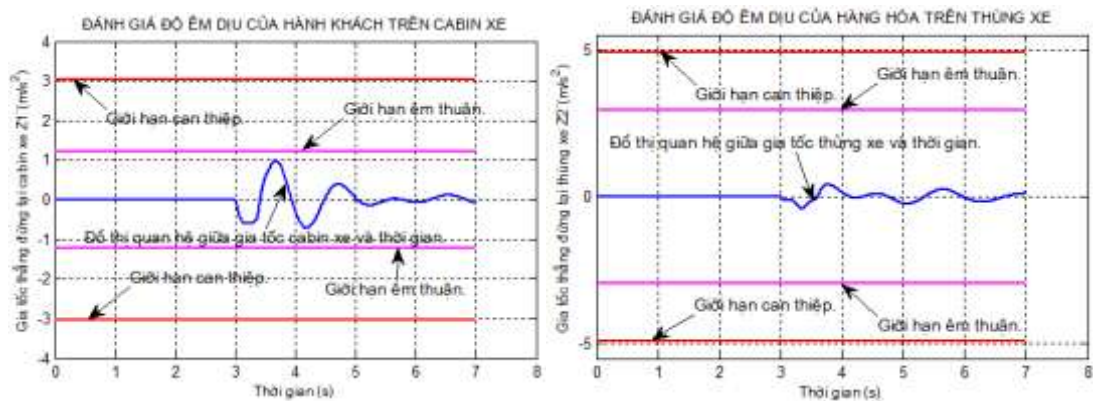
Hình 2.53. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=60\text{km/h}$ ,  $S=1/125$ )

### 2.5.3.5. Theo Quy định tạm thời của Việt Nam

Kết quả khảo sát:



Hình 2.54. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=40\text{km/h}$ ,  $S=1/125$ )



Hình 2.55. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe ( $v=60\text{km/h}$ ,  $S=1/150$ )

### 2.5.3.6. Tổng hợp kết quả khảo sát và nhận xét

Bảng 2.4. Bảng đối chiếu giới 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
				$K_{z_{tt}}$ ( $m/s^2$ ) (theo các nghiên cứu trước đây)	$K_{z_{lim}}$ ( $m/s^2$ ) (theo [28])	$a_{tt}$ ( $m/s^2$ ) (theo các nghiên cứu trước đây)	$a_{lim}$ ( $m/s^2$ ) (theo BFSV [31])	$K_{dyn,tt}$ ( $m/s^2$ ) (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%
2	Tiêu chuẩn TK của Trung Quốc	80	6/1000	1,0816	1,048	0,53	2,943	0,93	0,5	-3.21%
		100	4/1000	0,7598	1	0,4675	2,943	0,95	0,5	24.02%
3	Kết quả nghiên cứu của Briaud	Không đề cập	1/200	0,962	1	0,5209	2,943	0,93	0,5	3.8%
4	Kết quả nghiên cứu của TEDI	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%
5	Quy định tạm thời của Việt Nam	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%

Ghi chú:

+ Do đặc trưng giới hạn của các kết quả nghiên cứu là khác nhau (ví dụ: độ bằng phẳng theo phương dọc, độ chênh lún giữa 2 bậc thang liên kề, hiệu đại số giữa 2 đoạn dốc liên kề.v.v.) nên luận án phải quy tắt cả về đại lượng góc  $K_z$ ,  $a$ ,  $K_{dyn}$  để thuận tiện cho việc phân tích, so sánh.

+ Khi giá trị trong cột "chênh lệch" mang dấu (+)/ (-): Cao/ thấp, ngưỡng êm thuận do luận án đề xuất cao/ thấp hơn ngưỡng do các kết quả nghiên cứu đi trước đã công bố.

Kết quả phân tích trình bày trong Bảng 2.4, cho thấy:

- + Mặc dù có một số chênh lệch lớn về giá trị giới hạn trong Tiêu chuẩn thiết kế của Úc, nghiên cứu của TEDI (vận tốc 80km/h) và Quy định tạm thời của Việt Nam (vận tốc 40km/h và 60km/h). Tuy nhiên đây là những kết quả hoàn toàn có thể chấp nhận được, bởi vì ngay trong trường hợp cùng một cấp đường nhưng các kết quả nghiên cứu cũng đã đưa ra các giá trị giới hạn chênh lệch nhau, hơn nữa độ êm thuận vốn là một chỉ số có tính chất tương đối, phụ thuộc nhiều vào cảm xúc chủ quan của con người, cảm xúc này lệ thuộc vào yếu tố sức khỏe của mỗi người, của các chủng tộc người.v.v các nghiên cứu lại được thực hiện trên các cơ sở lý thuyết khác nhau nên kết quả nghiên cứu rất khó để giống nhau hoàn toàn được.
- + Nhìn chung, giới hạn về “độ êm thuận” do đề tài thiết lập so với giới hạn về “độ bằng phẳng theo phương dọc” đã được công bố trước đây là có sự tương đương nhau. Điều này một lần nữa khẳng định sự phù hợp của mô hình “đường – xe – người” do luận án mô phỏng. Có thể sử dụng mô hình này để phân tích đánh giá độ êm thuận trên đoạn đường dẫn vào cầu.

### Chương 3: NGHIÊN CỨU MỘT SỐ GIẢI PHÁP THIẾT KẾ ĐOẠN ĐƯỜNG DẪN VÀO CẦU ĐÁP TRÊN ĐẤT YẾU

Sau khi lựa chọn được các chỉ tiêu đánh giá độ êm thuận, các ngưỡng giới hạn về độ êm thuận và xây dựng được mô hình “đường-xe-người” ở Chương 2, trong Chương 3 này, luận án nghiên cứu các nội dung chính:

- Khảo sát ảnh hưởng của điều kiện mặt đường đến người + hàng hoá trên xe, độ an toàn khi lái xe.v.v, xây dựng các quy tắc chuyển tiếp độ chênh lệch lún giữa cầu và đường (tiêu chí thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu theo các yêu cầu về độ êm thuận).
- Phân tích, đề xuất 02 giải pháp thiết kế mới trên cơ sở các tiêu chí thiết kế vừa thiết lập.

#### 3.1. Tư duy nghiên cứu



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

Theo phân tích ở mục 1.3.1: 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 (Hình 3.1). Tuy nhiên, tính đàn hồi của nền đường chỉ có tính 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; Mặc dù hiện nay trong tính toán sự phân bố ứng suất trong đất vẫn sử dụng công thức của lý thuyết đàn hồi, nhưng đối với khu vực đất yếu như đồng bằng sông Cửu Long, các lập luận theo lý thuyết đàn hồi sẽ không còn phù hợp. Nếu luận án nghiên cứu theo hướng chuyển tiếp độ cứng nền sẽ gặp nhiều khó



khăn do sự thiếu chặt chẽ trong phân tích lý thuyết.

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.

Tư duy của luận án trong quá trình nghiên cứu tìm kiếm giải pháp thiết kế mới cho đoạn đường dẫn vào cầu tại khu vực nghiên cứu là như sau:

- + Về mặt cơ sở lý thuyết, chỉ dẫn kỹ thuật thi công.v.v. thực tế đã cho thấy các giải pháp xử lý nền đang sử dụng phổ biến cho công trình đường đắp trên đất yếu hiện nay hoàn toàn có thể áp dụng vào thiết kế công trình đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu.
- + Việc áp dụng các giải pháp trên vào thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu không đạt hiệu quả như mong muốn là do hiện nay chúng ta chưa xây dựng được tiêu chí thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu. Ví dụ, Cơ sở để lựa chọn giải pháp xử lý nền, chiều dài đoạn nền cần xử lý là bao nhiêu, quy mô gia cố nền theo chiều dài tuyến nên thay đổi như thế nào.v.v. nhằm hướng tới mục tiêu: với mọi giá trị độ lún lệch xảy ra trong quá trình khai thác công trình, giải pháp kết cấu sẽ được thiết kế sao cho trắc dọc đoạn đường dẫn vào cầu luôn chuyển tiếp hài hoà, đảm bảo cho xe ra vào cầu êm thuận.

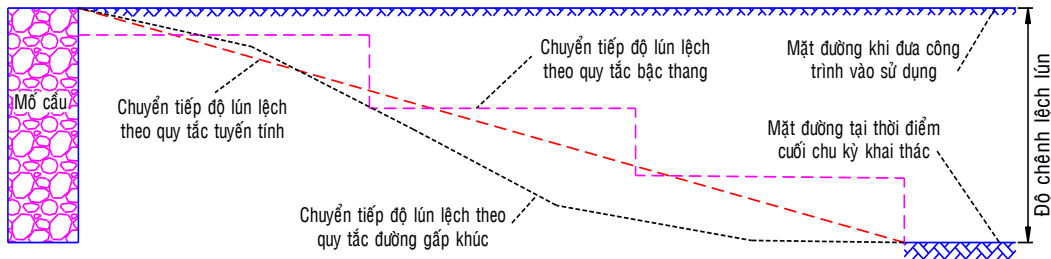
Với tư duy như trên, đề tài sẽ không triển khai theo hướng nghiên cứu tìm kiếm thêm một số giải pháp mới trong lĩnh vực xử lý nền đất yếu, hay nghiên cứu bổ sung/ hoàn thiện lý thuyết tính toán hiện hữu, mà tập trung nghiên cứu các quy tắc chuyển tiếp độ chênh lệch lún giữa đường và cầu thoả mãn các tiêu chí về độ êm thuận. Trên cơ sở quy tắc chuyển tiếp độ lún và điều kiện địa hình, địa chất tại dự án.v.v. đề tài sẽ lựa chọn một giải pháp (hoặc kết hợp nhiều giải pháp) trong số các giải pháp thiết kế xử lý nền đất yếu hiện có để tạo ra một giải pháp thiết kế phù hợp

cho công trình đường dẫn vào cầu.

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

Có thể xem quy tắc chuyển tiếp độ lún là quy tắc định hướng điều kiện mặt đường diễn ra trong suốt quá trình khai thác công trình, nhằm đảm bảo các yêu cầu về êm thuận cho xe lưu thông ra vào cầu. Bộ quy tắc chuyển tiếp độ lún gồm có:

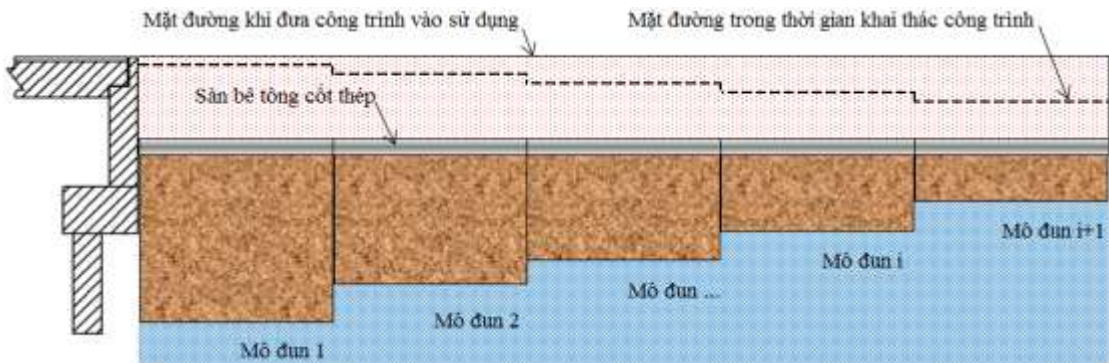
- + Quy tắc chuyển tiếp độ lún dạng tuyến tính: Độ lún chênh lệch giữa đường và cầu, sẽ được chuyển tiếp bằng một đường tuyến tính nối từ mặt đường vào mặt cầu, quy tắc này đã được các nhà khoa học đi trước nghiên cứu và đưa ra các giá trị giới hạn cụ thể (xem 1.4.1);
- + Quy tắc chuyển tiếp dạng đường bậc thang: chuyển tiếp độ lún lệch bằng nhiều đoạn thẳng có dạng bậc thang nối tiếp nhau.
- + Quy tắc chuyển tiếp dạng đường gấp khúc: chuyển tiếp độ lún lệch bằng nhiều đoạn thẳng nối tiếp nhau có dạng gấp khúc;



Hình 3.2. Sơ đồ 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



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

Khi chọn phương pháp chuyển tiếp độ lún lệch giữa cầu và đường bằng một

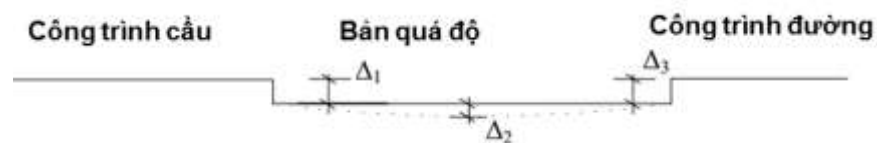
giải pháp gồm nhiều mô đun kết cấu cứng, có quy mô gia cố móng đỡ bên dưới các mô đun thay đổi theo dài đường dẫn vào cầu. Tại thời điểm đưa công trình vào khai thác, mặt đường là bằng phẳng, tuy nhiên trong quá trình sử dụng, do sự lún không đều giữa các mô đun kết cấu nên trắc dọc mặt đường sẽ có dạng đường bậc thang (Hình 3.3).

Trong phần này luận án tập trung giải quyết 2 vấn đề chính:

- + Khoảng cách giữa các mấp mô bậc thang, cụ thể: chiều dài của các mô đun sàn liền kề nhau ( $L$ ) nên chọn là bao nhiêu thì đảm bảo ô tô lưu thông qua đoạn đường dẫn thỏa các yêu cầu về êm thuận và giá thành xây dựng đoạn đường dẫn vào cầu là phù hợp nhất?
- + Chiều cao bậc thang tại vị trí tiếp giáp giữa 2 bậc liền kề, cụ thể: độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề ( $\Delta S$ ) nên giới hạn là bao nhiêu để đảm bảo ô tô lưu thông qua điểm xóc này thỏa mãn các yêu cầu về êm thuận?

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

Trong nghiên cứu [48], Xiaomin Shi (2006) đã mô phỏng điều kiện mặt đường tại 2 đầu bản quá độ có dạng bậc thang.



Hình 3.4. Mô hình mặt đường dạng bậc thang của Xiaomin Shi

Nghiên cứu của Xiaomin Shi được thực hiện trong điều kiện kết cấu áo đường cứng, nên việc mô phỏng mặt đường có dạng bậc thang như trên là sát với thực tế. Đối với kết cấu áo đường mềm mô phỏng như trên không còn phù hợp: kết cấu sàn BTCT được đặt chìm trong nền, 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.

Để lập phương trình gần đúng mô tả dạng đường lượn cong của mặt đường tại

đỉnh các đường gấp khúc, đề tài sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu và thực hiện theo trình tự các bước như sau:



Hình 3.5. Đo dạng đường lượn cong tại điểm cuối sàn giảm tải – Cầu số 1, đường Nguyễn Hữu Thọ, Tp.HCM (12/11/2011)



Hình 3.6. Đo dạng đường lượn cong tại điểm cuối sàn giảm tải – cầu Bà Dừa, huyện Cần Giuộc, tỉnh Long An (12/11/2011)

- + Bước 1: Đo, thu thập số liệu về dạng đường lượn cong tại các công trình cầu thực tế (đo tại các điểm có xuất hiện sự chênh lệch lún của nền bên dưới như: vị trí cuối sàn giảm tải, cuối bản quá độ. Khoảng cách 5cm bố trí 1 điểm đo; xem chi tiết phương pháp đo và kết quả đo tại Phụ lục 2 – tập Phụ lục tính toán).
- + Bước 2: Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu để lập phương

trình đường lượn cong của mặt đường bê tông nhựa nóng khi xảy ra sự chênh lệch lún của kết cấu nền bên dưới.

Lưu ý:

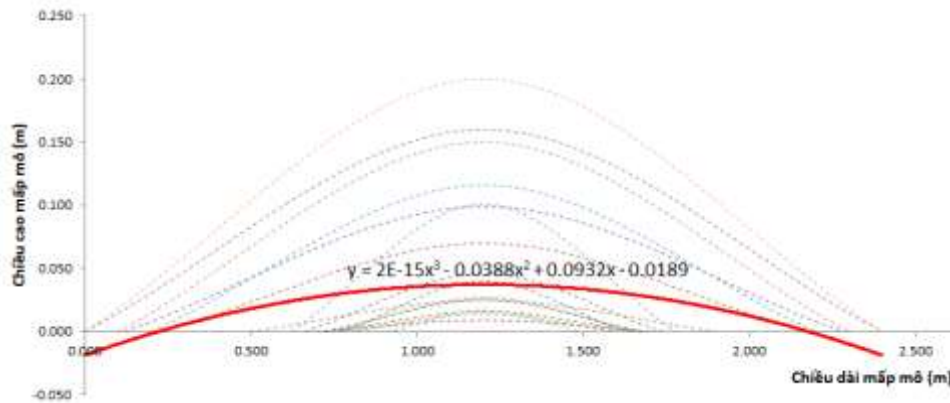
- + Với mục tiêu xây dựng một đường lượn cong mô phỏng hình dạng mặt đường tại vị trí tiếp giáp giữa 2 bậc thang khi xảy ra hiện tượng lún lệch, nên phần này chỉ tổng hợp số liệu mấp mô dạng đường cong tại vị trí cuối kết cấu bản quá độ + sàn giảm tải tại các công trình đường dẫn vào cầu thực tế, không xét đến các đường cong tại các vị trí trung gian khác.
- + Các đường cong thu thập thực tế có dạng đường tên nằm ngang/ xiên bất kỳ. Do luận án mô phỏng bánh xe tiếp xúc với mặt đường có dạng tiếp xúc điểm, lực tác dụng từ bánh xe luôn vuông góc với mặt tiếp xúc, vì vậy những ảnh hưởng của dạng đường cong có đường tên nằm ngang hay xiên tác động lên mô hình dao động ô tô là không đáng kể. Để thuận tiện hơn cho việc nhập số liệu và thiết lập đường lượn cong đặc trưng, trong phần này luận án xoay các đường cong có đường tên xiên chuyển thành đường cong có đường tên nằm ngang. Việc xoay ngang này không làm thay đổi đặc trưng của đường cong cũng như lực động từ bánh xe tác dụng lên mặt đường.
- + Các số liệu đường cong thu thập từ thực tế được tính toán quy đổi về 1 hệ tọa độ điển hình (chọn hệ tọa độ của đường cong tại Cầu Ông Lớn, đoạn từ cọc C1 đến cọc C7) để phân tích thiết lập đường cong đặc trưng. Góc tọa độ (0,0) đặt tại điểm đầu đường cong (điểm 1, bên trái), trục x thể hiện chiều dài đường cong, trục y thể hiện chiều cao đường cong. Kết quả đo được tổng hợp trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Bảng tổng hợp số liệu mấp mô tại các công trình cầu thực tế

STT	Tên cầu	Đầu cầu phía	Lý trình	Điểm	Tọa độ x (m)	Tọa độ y (m)
1	Cầu Long Hậu	Cần Guộc	Từ cọc C3 đến cọc C6	1	0.740	0.000
				2	1.2	0.016

				3	1.660	0.000
2	Cầu Long Hậu	Cần Giuộc	Từ cọc C9 đến cọc C11	1	0.7	0
				2	1.200	0.009
				3	1.7	0
3	Cầu Bản 3	Nhà Bè	Từ cọc C2 đến cọc C8	1	0.800	0.000
				2	1.2	0.014
				3	1.600	0.000
4	Cầu Xóm Cũi	Quận 7	Từ cọc C8 đến cọc C11	1	0.724	0
				2	1.200	0.025
				3	1.676	0
5	Cầu Cái Trung	An Sương	Từ cọc C1 đến cọc C5	1	0.778	0.000
				2	1.2	0.04
				3	1.622	0.000
6	Cầu Long Hậu	Nhà Bè	Từ cọc C1 đến cọc C7	1	0.5	0
				2	1.200	0.025
				3	1.9	0
7	Cầu Bản 3	ĐL. Ng. Văn Linh	Từ cọc C1 đến cọc C6	1	0.662	0.000
				2	1.2	0.046
				3	1.738	0.000
8	Cầu Bản 3	ĐL. Ng. Văn Linh	Từ cọc C9 đến cọc C12	1	0.233	0
				2	1.200	0.070
				3	2.167	0
9	Cầu Bà Lớn	TT. Quận 7	Từ cọc C2 đến cọc C7	1	0.740	0.000
				2	1.2	0.027
				3	1.660	0.000
10	Cầu Cái Trung	Phú Lâm	Từ cọc C1 đến cọc C5	1	0.12	0
				2	1.200	0.099
				3	2.28	0
11	Cầu Tác Bến Rô 2	Nhà Bè	Từ cọc C1 đến cọc C4	1	0.200	0.000
				2	1.2	0.116
				3	2.200	0.000
12	Cầu Số 1	Nhà Bè	Từ cọc C9 đến cọc C25	1	0.74	0
				2	1.200	0.016
				3	1.66	0
13	Cầu Bà Lớn	Bình Chánh	Từ cọc C3 đến cọc C11	1	0.622	0.000
				2	1.2	0.101
				3	1.778	0.000
14	Cầu Số 1	ĐL. Ng. Văn	Từ cọc C5 đến	1	0.1	0
				2	1.200	0.150

		Linh	cọc C21	3	2.3	0
15	Cầu Ông Bé	Bình Chánh	Từ cọc C2 đến cọc C12	1	0.595	0.000
				2	1.2	0.076
				3	1.805	0.000
16	Cầu số 2	ĐL. Ng. Văn Linh	Từ cọc C1 đến cọc C7	1	0	0
				2	1.200	0.160
				3	2.4	0
17	Cầu Xóm Củi	Bình Chánh	Từ cọc C1 đến cọc C7	1	0.910	0.000
				2	1.2	0.017
				3	1.490	0.000
18	Cầu Ông Lớn	Bình Chánh	Từ cọc C1 đến cọc C7	1	0	0
				2	1.200	0.200
				3	2.4	0



Hình 3.7. Nhập số liệu và xử lý kết quả đo trên phần mềm Excel

Phương trình mô tả dạng đường lượn cong trên mặt đường bê tông nhựa tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long khi có sự chênh lệch lún của kết cấu nền móng bên dưới:

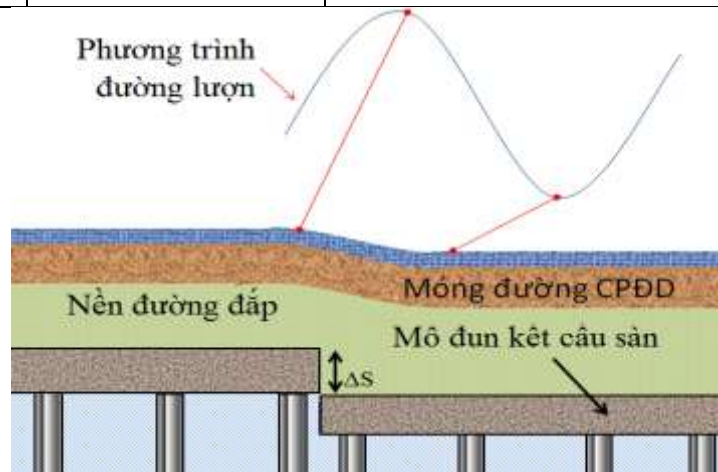
$$y = 2E^{-15} * x^3 - 0.0388 * x^2 + 0.0932 * x - 0.0189 \quad (3-1)$$

Để việc mô hình hóa điều kiện mặt đường được gần hơn với thực tế, luận án sử dụng phương trình (3-1) để mô phỏng sự vượt cong tại bậc thang (Hình 3.8).

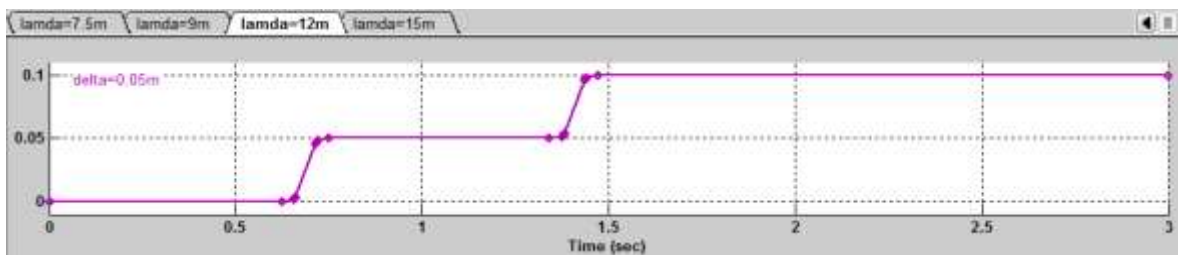
Bảng 3.2. Bảng thống kê chiều dài đoạn cong nội tại vị trí bậc thang

STT	$\Delta S(\text{cm})$	Chiều dài đoạn cong (m)
1	1.5	0.57
2	2.0	0.67

3	2.5	0.75
4	3.0	0.82
5	3.5	0.89
6	4.0	0.96
7	4.5	1.02
8	5.0	1.08
9	5.5	1.13
10	6.0	1.19
11	6.5	1.24
12	7.0	1.29



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



Hình 3.9. Điều kiện mặt đường mô phỏng bởi công cụ “Signal Builder”

Trong phần mềm đánh giá độ êm thuận, mấp mô mặt đường được mô phỏng bởi công cụ Signal Builder. Trong đó: trục X mô tả thời gian xe chạy trên đường ( $t = \text{quãng đường} / \text{vận tốc xe chạy}$ ) tính bằng đơn vị giây (sec), trục Y mô tả chiều cao mấp mô mặt đường tính bằng đơn vị mét (m).

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

#### a. Phân tích theo tiêu chí có lợi về mặt cường dao động

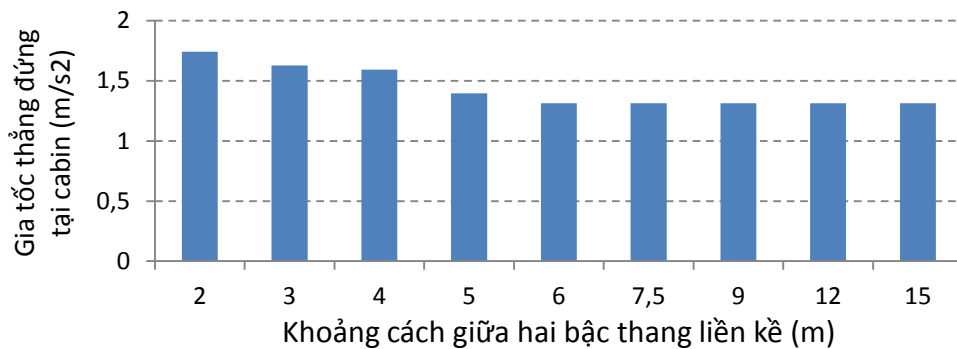
Khảo sát dao động của ô tô trong điều kiện mấp mô mặt đường có dạng bậc



thang, trị số khoảng cách giữa các bậc thang lần lượt là 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.5, 9, 12, 15m. Từ biểu đồ cường độ dao động thu được từ kết quả khảo sát, phân tích và lựa chọn khoảng cách hợp lý nhất.

### a.1. Đường cấp 80 và đường cao tốc

Khảo sát mức độ bậc thang trong trường hợp độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề  $\Delta S=2\text{cm}$ , vận tốc xe trên dốc  $v=100\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các bậc thang, kết quả khảo sát thu được như sau:

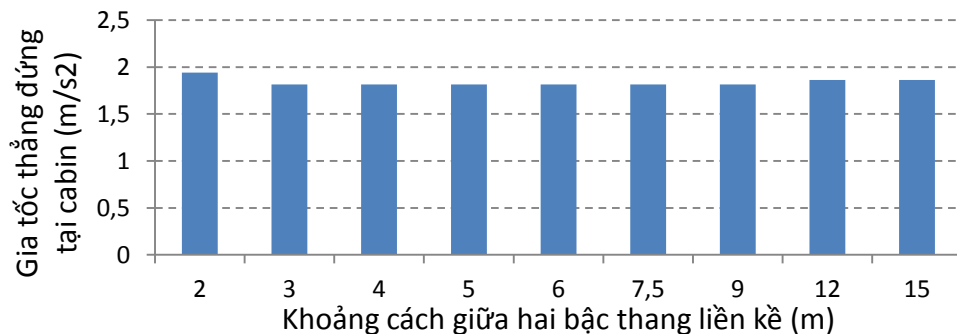


Hình 3.10. Quan hệ giữa gia tốc thẳng đứng tại ca bin xe với khoảng cách giữa hai bậc thang liền kề (đường cấp 80 và đường cao tốc)

Nhận xét: Trong quy tắc chuyển tiếp độ lún dạng bậc thang, khi khoảng cách giữa 2 bậc thang  $>5\text{m}$  cường độ dao động gần như không thay đổi.

### a.2. Đường cấp 60 trở xuống

Khảo sát mức độ bậc thang trong trường hợp độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề  $\Delta S = 3\text{cm}$ , vận tốc xe trên dốc  $v=60\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các bậc thang, kết quả khảo sát cường độ dao động thu được như Hình 3.11.



Hình 3.11. Quan hệ giữa gia tốc thẳng đứng tại ca bin xe với khoảng cách giữa các bậc thang (đường cấp 60 trở xuống)

Nhận xét: Trong quy tắc chuyển tiếp độ lún dạng bậc thang, khi khoảng cách giữa 2 bậc thang từ 3m-12m cường độ dao động gần như không thay đổi.

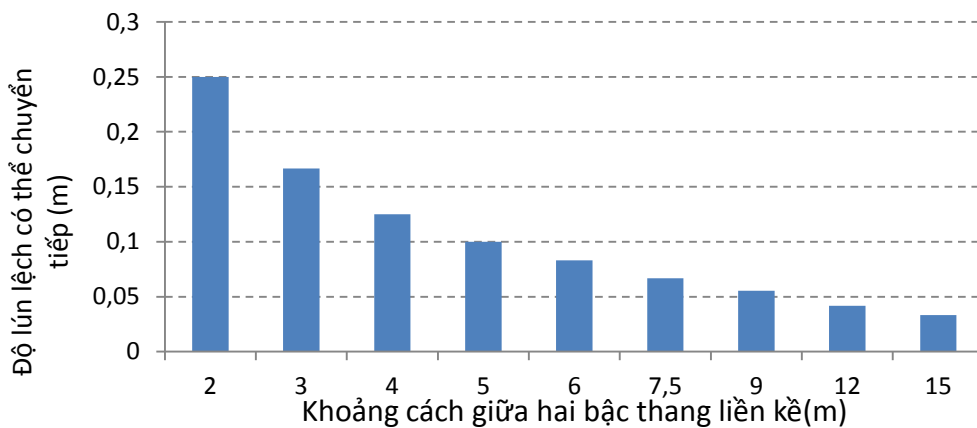
### b. Phân tích theo tiêu chí tiết kiệm vật liệu xây dựng

Bằng việc thay đổi các phương án khoảng cách giữa các bậc thang trong cùng một điều kiện:

- + Chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu;
- + Độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề  $\Delta S$ .

Khảo sát độ lún lệch mà các phương án đã chuyển tiếp được, phương án nào chuyển tiếp được độ lún lệch lớn nhất sẽ là phương án tiết kiệm vật liệu xây dựng nhất.

#### b.1. Đường cấp 80 và đường cao tốc



Hình 3.12. Quan hệ giữa độ lún lệch có thể chuyển tiếp với khoảng cách giữa các bậc thang (đường cấp 80 và cao tốc)

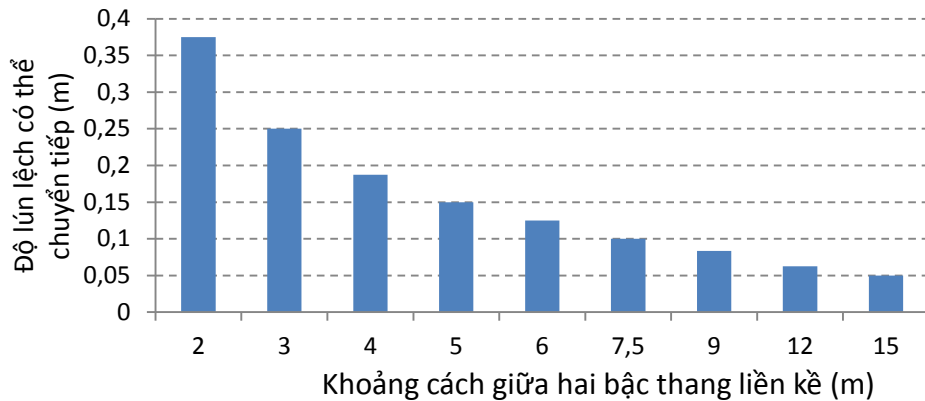
Trong cùng một điều kiện:

- + Chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu  $L_{ct}=25m$ ;
- + Độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề  $\Delta S = 2cm$ .

Lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các bậc thang liền kề nhau: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.5, 9, 12, 15m. Kết quả khảo sát độ lún lệch chuyển tiếp được là như Hình 3.12:

Nhận xét: Khi khoảng cách giữa hai bậc thang liền kề càng bé, độ lún lệch có thể chuyển tiếp càng lớn.

### b.2. Đường cấp 60 trở xuống



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)

Trong cùng một điều kiện:

- + Chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu  $L_{ct}=25m$ ;
- + Độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề  $\Delta S = 3cm$ .

Lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các bậc thang liền kề: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.5, 9, 12, 15m. Kết quả khảo sát độ lún lệch chuyển tiếp được là như Hình 3.13.

Nhận xét: Khi khoảng cách giữa hai bậc thang liền kề càng bé, độ lún lệch có thể chuyển tiếp càng lớn.

### c. Khoảng cách hợp lý giữa giữa các mấp mô bậc thang

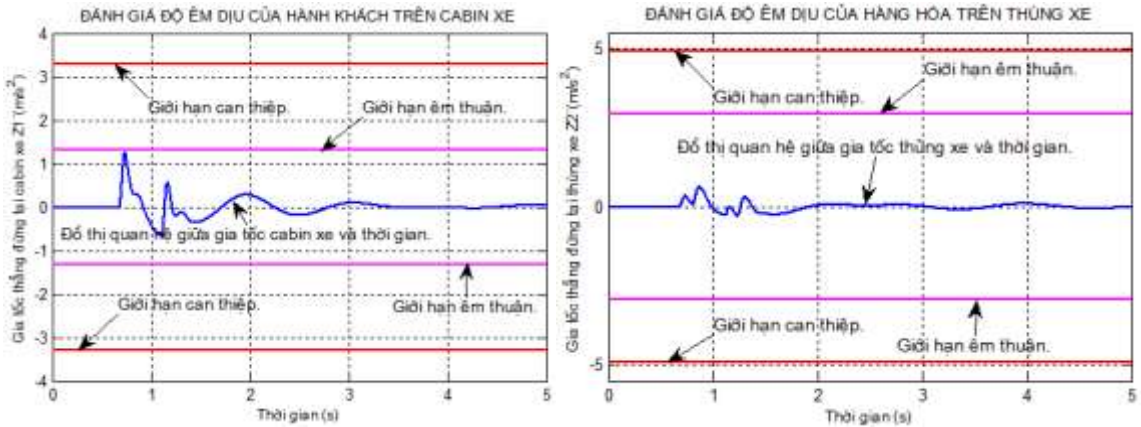
Từ các kết quả phân tích trên, xét thêm tính khả thi trong thiết kế cấu tạo giải pháp và thực tế xây dựng công trình. Kiến nghị nên lựa chọn khoảng cách giữa các bậc thang (chiều dài 1 mô đun kết cấu) trong phạm vi từ 4,0-:-7,0m.

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

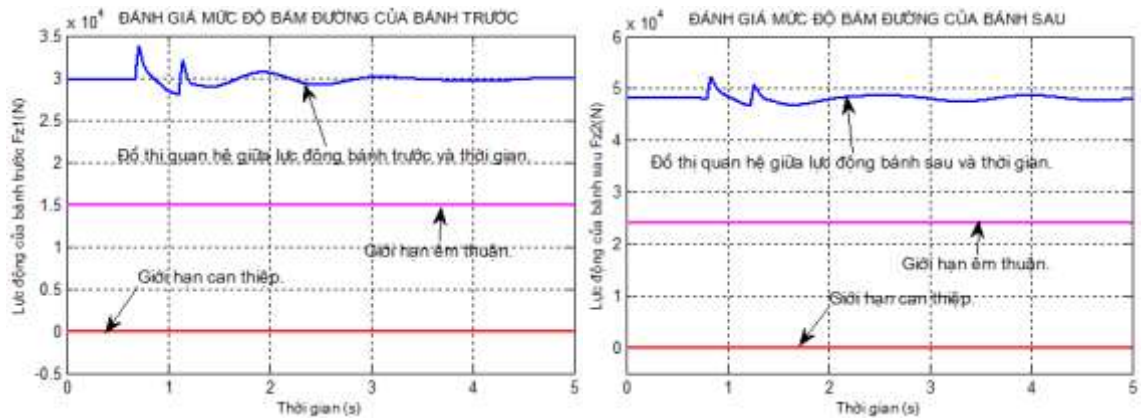
Khi chọn phương án chuyển tiếp độ lún lệch giữa cầu và đường bằng nhiều đoạn thẳng có dạng bậc thang nối tiếp nhau. Để điều kiện êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu luôn thỏa mãn trong suốt thời gian sử dụng công trình, tại thời điểm cuối chu kỳ khai thác, độ chênh lệch lún giữa hai mô đun liền kề ( $\Delta S$ ) không được vượt quá các giới hạn sau:

#### a. Đường cấp 80 và đường cao tốc

##### a.1. Giới hạn êm thuận



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



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

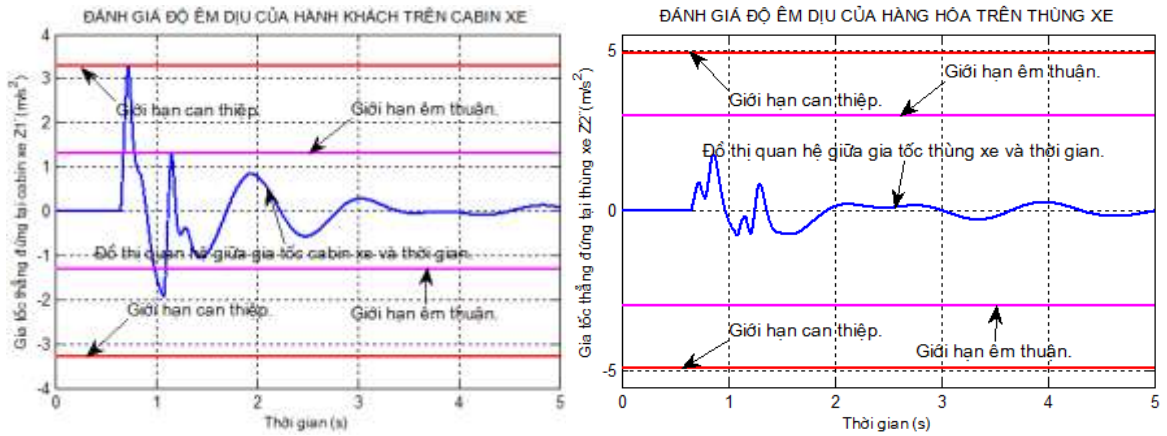
+ Giới hạn êm thuận: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta S$ , từ kết quả thu được (Hình 3.14) đề tài kiến nghị:

$$\Delta S_{et}= 2\text{cm} \tag{3-2}$$

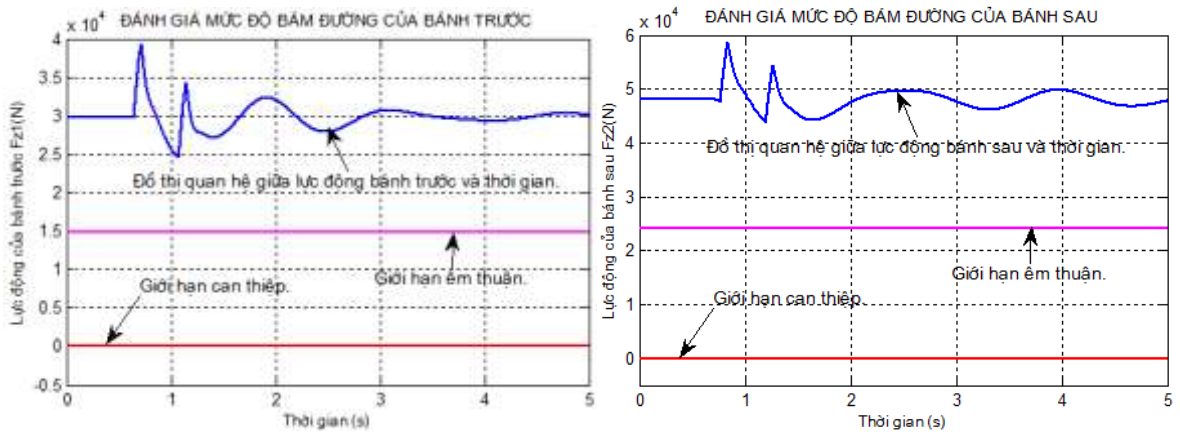
+ Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô dạng bậc thang có  $\Delta S=2\text{cm}$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn êm thuận (Hình 3.15).

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

**a.2. Giới hạn can thiệp**



Hình 3.16. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta S_{ct} = 6\text{cm}$



Hình 3.17. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta S_{ct} = 6\text{cm}$

+ Giới hạn can thiệp: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta S$ , từ kết quả thu được (Hình 3.16) kiến nghị:

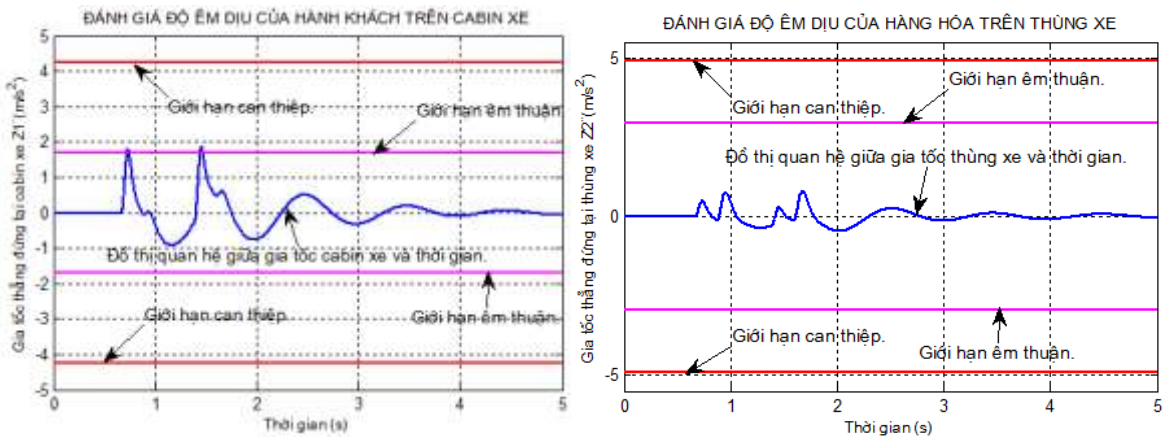
$$\Delta S_{ct} = 6\text{cm} \tag{3-4}$$

+ Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô bậc thang có  $\Delta S=6\text{cm}$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn êm thuận (Hình 3.17).

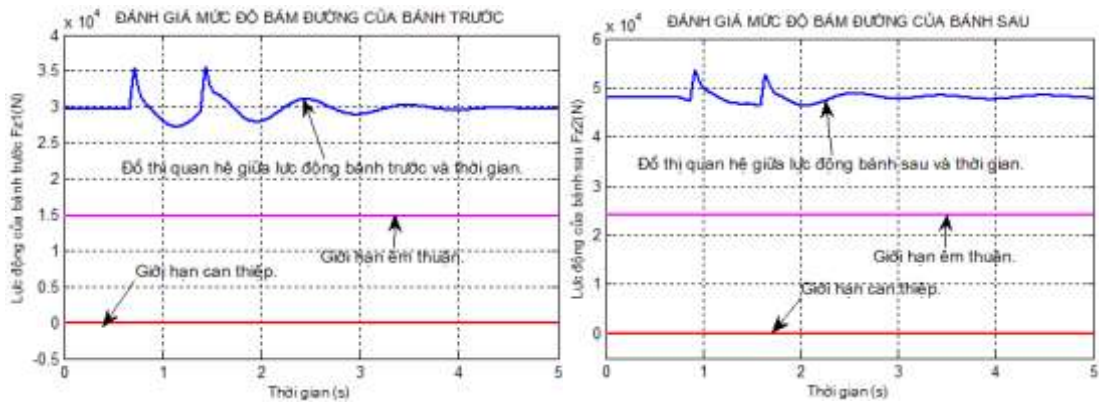
$$IM = 32.27\% = \max \left\{ \begin{aligned} &\left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.9286T}{2.976T} - 1 \right) * 100\% = 32.00\% \\ &\left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.8630T}{4.808} - 1 \right)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

## b. Đường cấp 60 trở xuống

### b.1. Giới hạn êm thuận



Hình 3.18. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta S_{et} = 3\text{cm}$



Hình 3.19. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta S_{et} = 3\text{cm}$

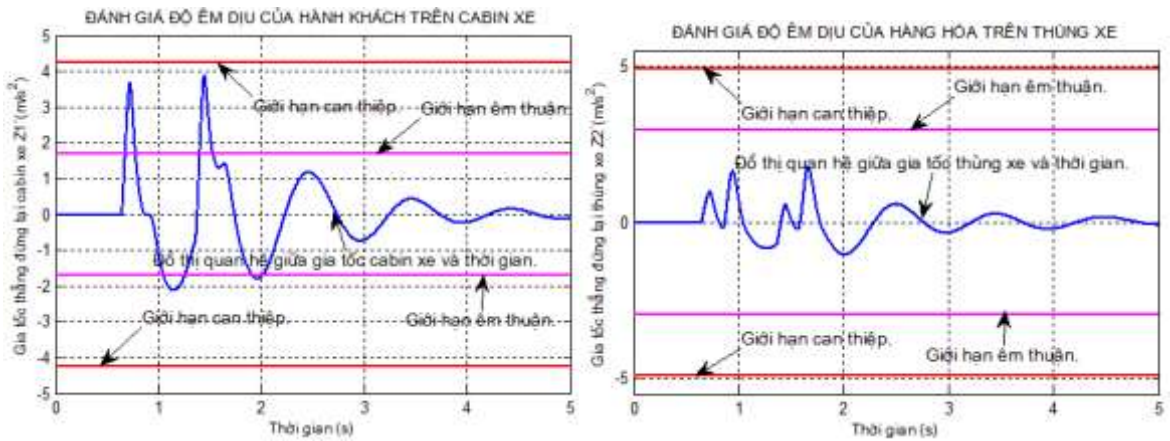
+ Giới hạn êm thuận: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta S$ , từ các kết quả thu được (Hình 3.18) đề tài kiến nghị:

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

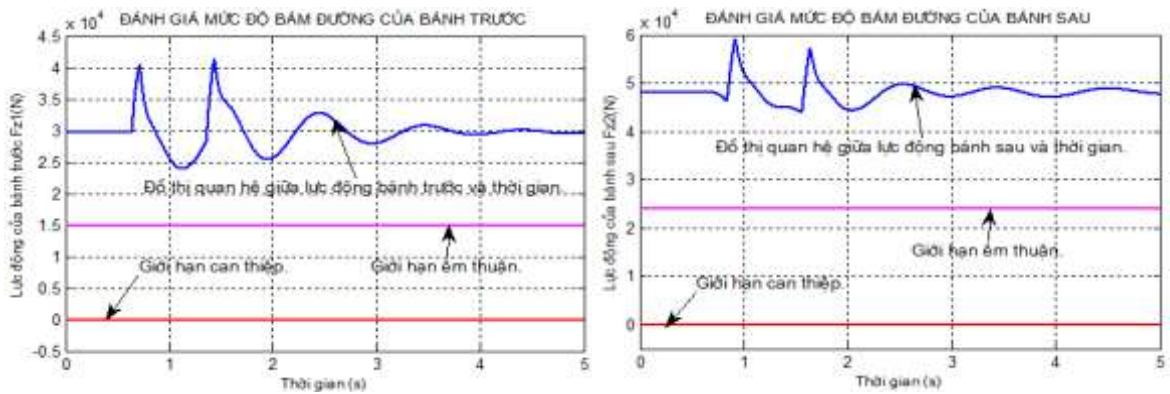
+ Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô bậc thang có  $\Delta S=3\text{cm}$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn êm thuận (Hình 3.19).

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

**b.2. Giới hạn can thiệp**



Hình 3.20. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta S_{ct} = 7\text{cm}$



Hình 3.21. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta S_{ct} = 7\text{cm}$

+ Giới hạn can thiệp: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta S$ , từ các kết quả thu được (Hình 3.20) đề tài kiến nghị:

$$\Delta S_{ct} = 7\text{cm} \tag{3-8}$$

+ Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô bậc thang có  $\Delta S=7\text{cm}$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn can thiệp (Hình 3.21).

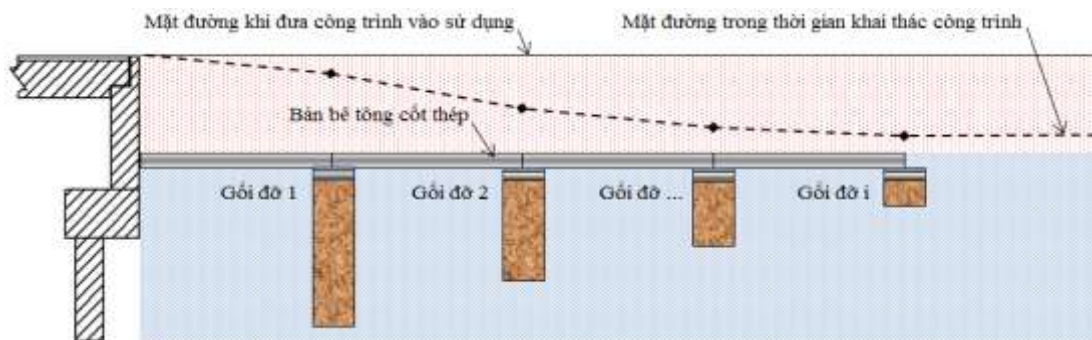
$$IM = 48.40\% = \max \left\{ \begin{aligned} &\left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{4.1341T}{2.976T} - 1 \right) * 100\% = 38.91\% \\ &\left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.9140T}{4.808} - 1 \right)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

(Xem chi tiết kết quả phân tích, tính toán tại Phụ lục 6 – tập Phụ lục tính toán)

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

#### 3.2.2.1. Mục tiêu nghiên cứu

Khi chọn phương pháp chuyển tiếp độ lún lệch giữa cầu và đường bằng một giải pháp kết cấu bản với nhiều nhịp nối tiếp nhau, có quy mô gia cố móng gối đỡ bên dưới thay đổi giảm dần theo phương dọc tuyến. 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 của các gối đỡ nên trắc dọc mặt đường sẽ có dạng các đường thẳng nối gấp khúc với nhau.



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

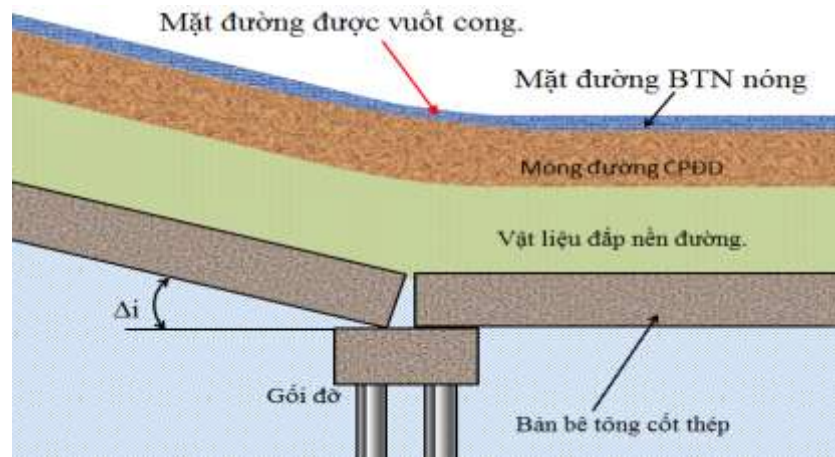
Trong phần này luận án tập trung giải quyết 2 vấn đề chính:

- + Khoảng cách giữa các điểm gấp khúc, cụ thể: chiều dài của các mô đun bản ( $L$ ) nên chọn là bao nhiêu thì ô tô lưu thông qua đoạn đường dẫn thỏa mãn các yêu cầu về êm thuận và giá thành xây dựng đoạn đường dẫn vào cầu là phù hợp nhất?
- + Điểm gãy tại đỉnh các đoạn gấp khúc, cụ thể: 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 để đảm bảo ô tô lưu thông qua đỉnh gấp khúc này thỏa mãn các yêu cầu về êm thuận?

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

Trong thực tế khai thác, kết cấu bản bê tông cốt thép thường được đặt chìm trong nền, khi xảy ra sự lún lệch giữa các gối đỡ, do tính dẻo của bê tông nhựa, ma sát của các lớp vật liệu đắp.v.v. nên tại cao trình mặt đường xe chạy, các góc nhọn tại điểm gấp khúc sẽ được vuốt bởi một đường lượn cong.





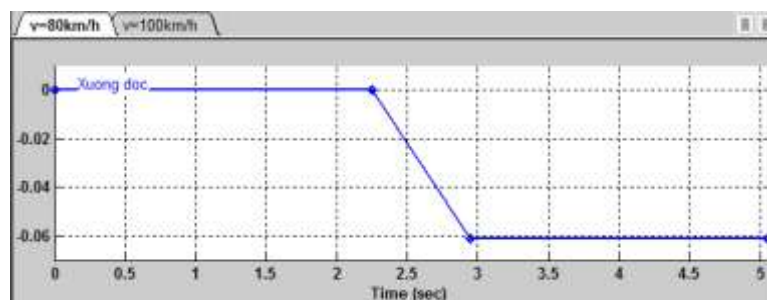
Hình 3.23. Dạng mặt đường thực tế tại điểm gấp khúc

Để việc mô hình hóa điều kiện mặt đường sát hơn với thực tế, đề tài sẽ sử dụng phương trình ( 3-1) để mô phỏng dạng vuốt cong tại các đỉnh của đường gấp khúc.

Bảng 3.3. Bảng tính chiều dài đoạn cong nối giữa 2 đường gấp khúc

STT	$\Delta i$ (‰)	Chiều dài đoạn cong (m)
1	5	0.005
2	8	0.008
3	10	0.010
4	15	0.015

Trong phần mềm đánh giá độ êm thuận, mấp mô mặt đường được mô phỏng bằng công cụ Signal Builder. Trong đó: trục X mô tả thời gian xe chạy trên đường ( $t = \text{quãng đường} / \text{vận tốc xe chạy}$ ) tính bằng đơn vị giây (sec), trục Y mô tả chiều cao mấp mô mặt đường tính bằng đơn vị mét (m).



Hình 3.24. Điều kiện mặt đường mô phỏng bằng công cụ “Signal Builder”

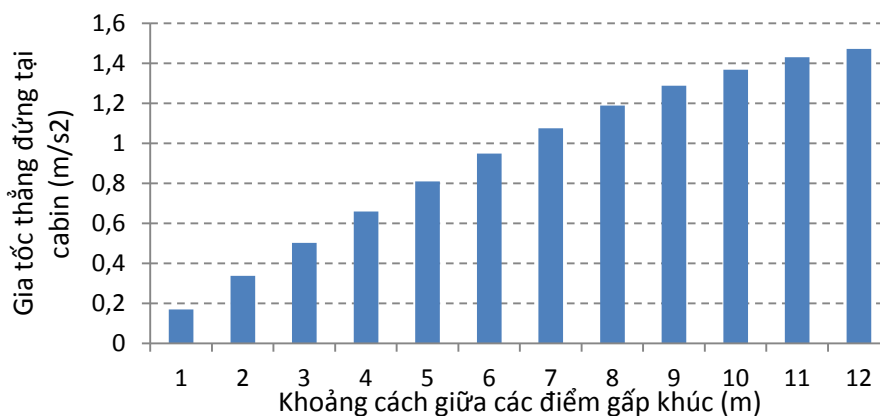
### 3.2.2.3. Nghiên cứu khoảng cách hợp lý giữa các điểm gấp khúc

### a. Phân tích theo tiêu chí có lợi về mặt cường độ dao động

Khảo sát dao động của ô tô trong điều kiện mấp mô mặt đường có dạng gấp khúc, trị số khoảng cách giữa các điểm gấp khúc lần lượt là 1, 2, 3, 4, ... 11, 12m. Từ biểu đồ cường độ dao động thu được từ kết quả khảo sát, phân tích và lựa chọn khoảng cách hợp lý nhất.

#### a.1. Đường cấp 80 và đường cao tốc

Khảo sát mấp mô gấp khúc trong trường hợp hiệu đại số giữa 2 dốc liền kề  $\Delta i=5\%$ , vận tốc xe trên dốc  $v=100\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các điểm gấp khúc, kết quả khảo sát cường độ dao động thu được như Hình 3.25.



Hình 3.25. Quan hệ giữa gia tốc thẳng đứng tại ca bin xe với khoảng cách giữa các điểm gấp khúc (đường cấp 80 và đường cao tốc)

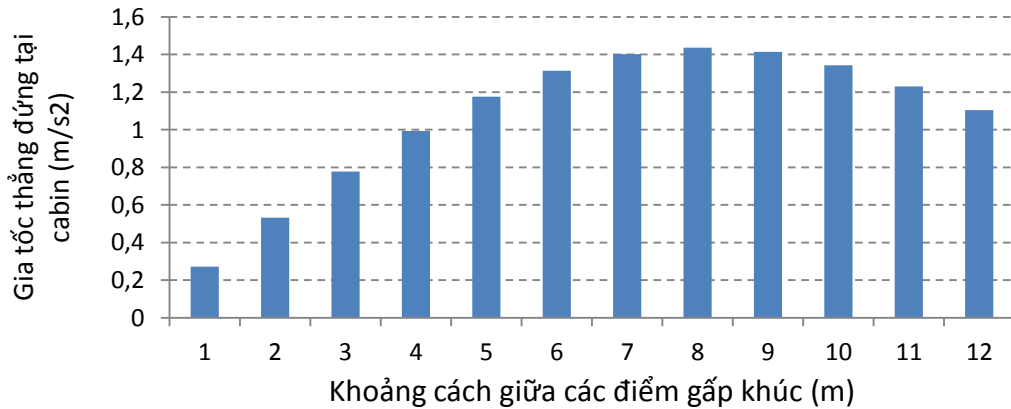
Nhận xét: Khi khoảng cách giữa các điểm gấp khúc gần nhau, điều kiện mặt đường có dạng gần như một đường cong mịn, dao động trên xe tương đối nhỏ. Cường độ dao động tăng dần do có sự tác động cộng hưởng khi cùng một thời điểm xe bị tác động bởi cả 2 điểm gấp khúc liền kề nhau, cường độ dao động đạt giá trị cực hạn khi khoảng cách giữa các điểm gấp khúc có chiều dài từ 11-:-12m, sau đó cường độ dao động giảm dần.

#### a.2. Đường cấp 60 trở xuống

Khảo sát mấp mô gấp khúc trong trường hợp hiệu đại số giữa 2 dốc liền kề  $\Delta i=8\%$ , vận tốc xe trên dốc  $v=60\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các điểm gấp khúc, kết quả khảo sát cường độ dao động thu được như Hình 3.26.

Nhận xét: Khi khoảng cách giữa các điểm gấp khúc gần nhau, điều kiện mặt

đường có dạng gần như một đường cong mịn, dao động trên xe tương đối nhỏ, sau đó tăng dần do có sự tác động cộng hưởng khi cùng một thời điểm xe bị tác động bởi cả 2 điểm đổi dốc liền kề nhau. Cường độ dao động đạt giá trị cực hạn khi khoảng cách giữa các điểm gấp khúc có chiều dài từ 7-:-9m, sau đó cường độ dao động giảm dần.



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)

### b. Phân tích theo tiêu chí tiết kiệm vật liệu xây dựng

Bằng việc thay đổi các phương án khoảng cách giữa các điểm gấp khúc trong cùng một điều kiện:

- + Chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu.
- + Hiệu đại số giữa 2 dốc liền kề  $\Delta i$ .

Khảo sát độ lún lệch mà các phương án đã chuyển tiếp được, phương án nào chuyển tiếp được độ lún lệch lớn nhất sẽ là phương án tiết kiệm vật liệu xây dựng nhất.

#### b.1. Đường cấp 80 và đường cao tốc

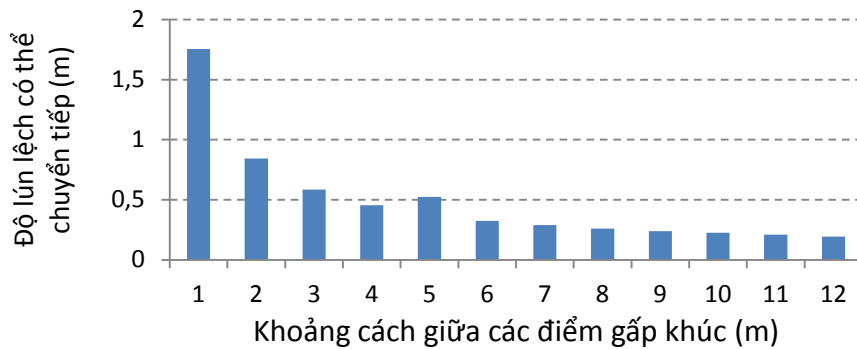
Trong cùng một điều kiện:

- + Chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu  $L_{ct}=25m$ ;
- + Hiệu đại số giữa 2 dốc liền kề  $\Delta i=5\%$ .

Lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các điểm gấp khúc: 1, 2, 3, 4, ... 11, 12m. Kết quả khảo sát độ lún lệch có thể chuyển tiếp được tối đa như Hình 3.27.

Nhận xét: Khi khoảng cách giữa các điểm gấp khúc càng gần nhau, độ lún

lệch có thể chuyển tiếp được càng lớn. Ưu thế về tiết kiệm vật liệu nổi bật khi sử dụng các đoạn dốc có chiều dài  $L \leq 5m$ , sau đó mức độ tiết kiệm vật liệu giảm dần khi tăng khoảng cách giữa các điểm gấp khúc.



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)

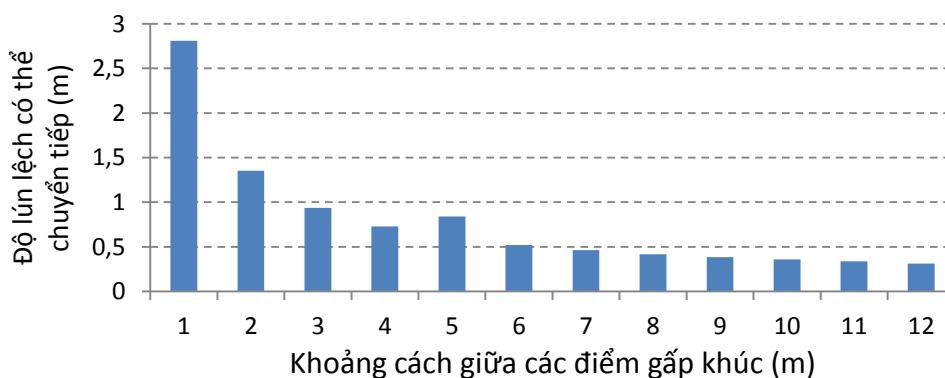
### b.2. Đường cấp 60 trở xuống

Trong cùng một điều kiện:

- + Chiều dài đoạn đường dẫn vào cầu  $L_{ct}=25m$
- + Hiệu đại số giữa 2 dốc liền kề  $\Delta i=8\%$ .

Lần lượt thay đổi trị số khoảng cách giữa các điểm gấp khúc: 1, 2, 3, 4, ...

12m. Kết quả khảo sát độ lún lệch chuyển tiếp được là như sau:



Hình 3.28. Quan hệ giữa độ lún lệch có thể chuyển tiếp với khoảng cách giữa các điểm gấp khúc (đường cấp 60 trở xuống)

Nhận xét: Khi khoảng cách giữa các điểm gấp khúc càng gần nhau, độ lún lệch có thể chuyển tiếp càng lớn. Ưu thế về tiết kiệm vật liệu nổi bật khi sử dụng các đoạn dốc có chiều dài  $L \leq 5m$ , sau đó mức độ tiết kiệm vật liệu giảm dần khi tăng

khoảng cách giữa các điểm gấp khúc.

**c. Khoảng cách hợp lý giữa các điểm gấp khúc**

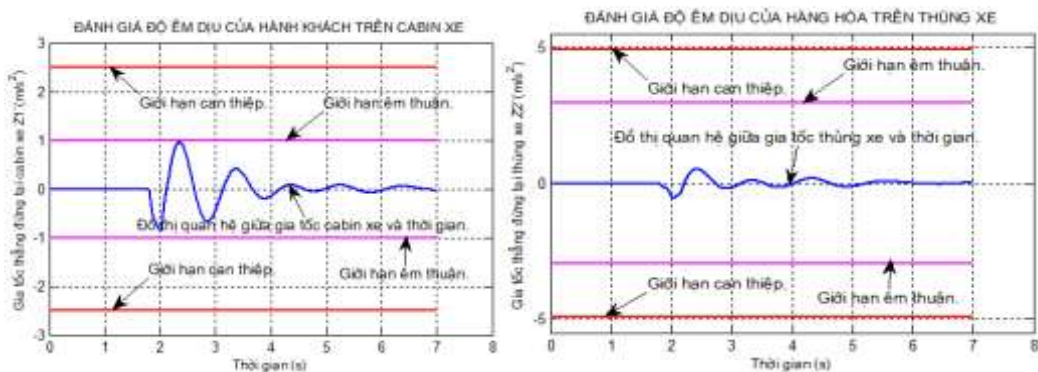
Từ các kết quả phân tích trên, xét thêm tính khả thi trong thiết kế cấu tạo giải pháp và thực tế xây dựng công trình. Kiến nghị nên lựa chọn khoảng cách giữa các điểm gấp khúc trong phạm vi từ 4,0-:-7,0m.

**3.2.2.4. Nghiên cứu giới hạn hiệu đại số độ dốc giữa 2 đoạn dốc liền kề**

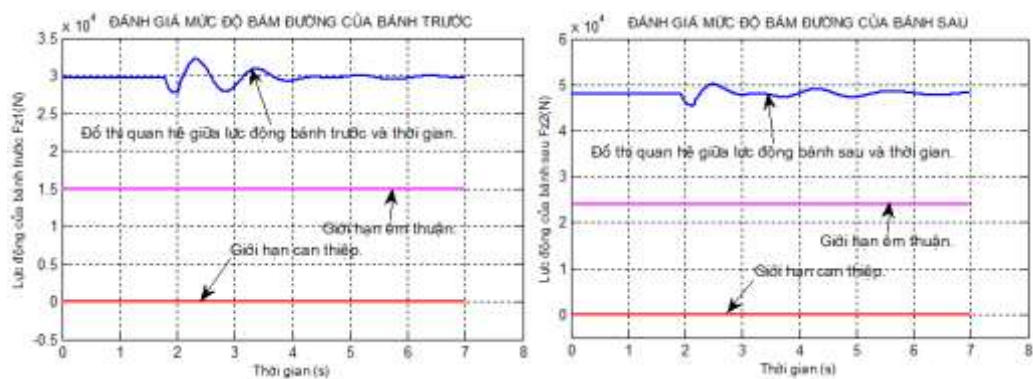
Khi chọn phương án chuyển tiếp độ lún lệch giữa cầu và đường bằng giải pháp kết cấu gồm nhiều đoạn thẳng nối tiếp nhau có dạng gấp khúc. Để đoạn đường dẫn vào cầu luôn êm thuận trong suốt thời gian sử dụng công trình, tại thời điểm cuối chu kỳ khai thác, hiệu đại số độ dốc giữa 2 dốc liền kề ( $\Delta i = |i_n - i_{n-1}|$ ) không được vượt quá các giới hạn sau:

**a. Đường cấp 80 và đường cao tốc**

**a.1. Giới hạn êm thuận**



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



Hình 3.30. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta i_{et} = 5\%$

+ Giới hạn êm thuận: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ ,

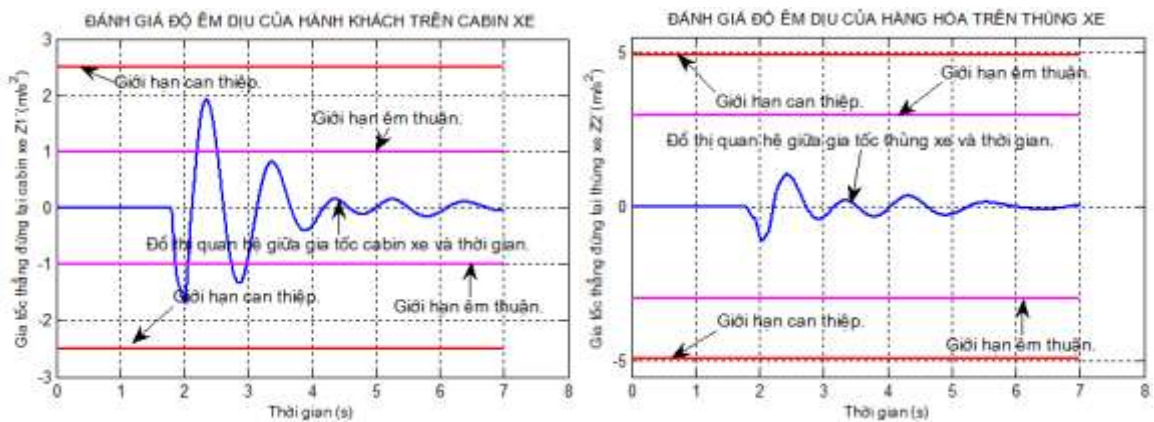
lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta i$ , từ kết quả thu được (Hình 3.29) đề tài kiến nghị:

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

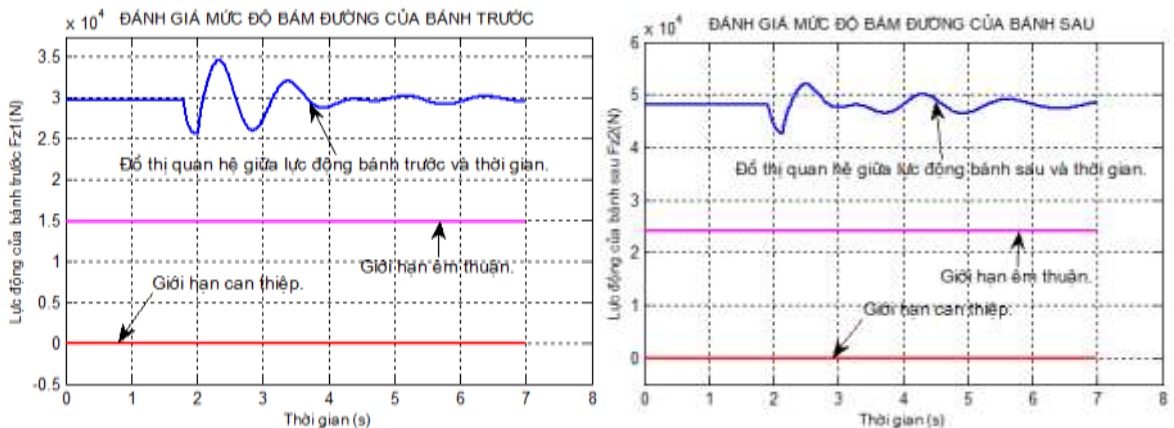
+ Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô gấp khúc có  $\Delta i=5\%$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn êm thuận (Hình 3.30).

$$IM = 8.23\% = \max \begin{cases} \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.221T}{2.976T} - 1 \right) * 100\% = 8.23\% \\ \left( \frac{F_{z,d}^{banhsau}}{F_{z,t}^{banhsau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.008T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 4.15\% \end{cases} \quad (3-11)$$

### a.2. Giới hạn can thiệp



Hình 3.31. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta i_{ct} = 10\%$



Hình 3.32. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta i_{ct} = 10\%$

+ Giới hạn can thiệp: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ ,

lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta i$ , từ kết quả thu được (Hình 3.31) đề tài kiến nghị chọn:

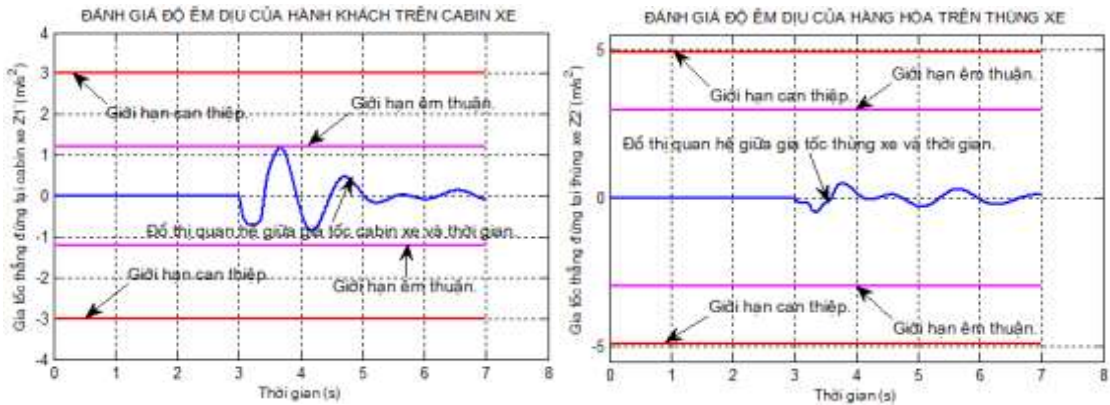
$$\Delta i_{ct} = |i_n - i_{n-1}| = 10\% \quad (3-12)$$

+ Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=100\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô gấp khúc có  $\Delta i=10\%$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn êm thuận (Hình 3.32).

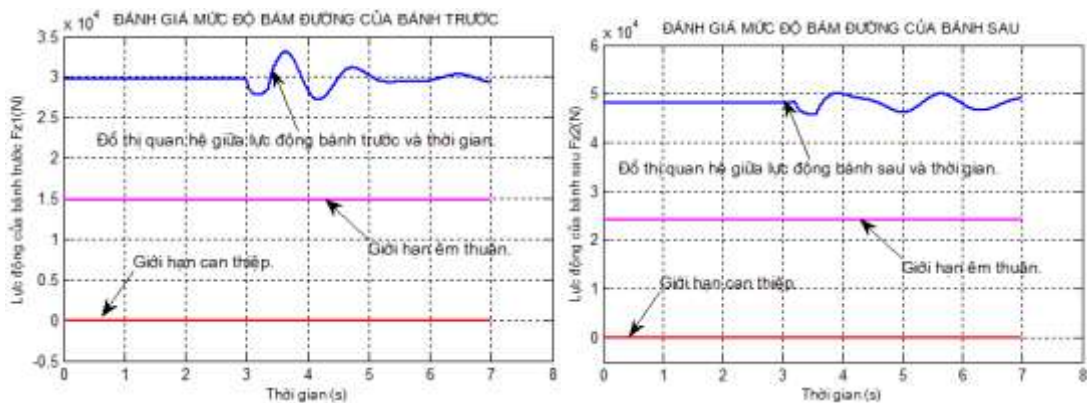
$$IM = 16.43\% = \max \begin{cases} \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.465 T}{2.976 T} - 1 \right) * 100\% = 16.43\% \\ \left( \frac{F_{z,d}^{bansau}}{F_{z,t}^{bansau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.207 T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 8.29\% \end{cases} \quad (3-13)$$

## b. Đường cấp 60 trở xuống

### b.1. Giới hạn êm thuận



Hình 3.33. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta i_{et} = 8\%$



Hình 3.34. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta i_{et} = 8\%$

+ Giới hạn êm thuận: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ ,

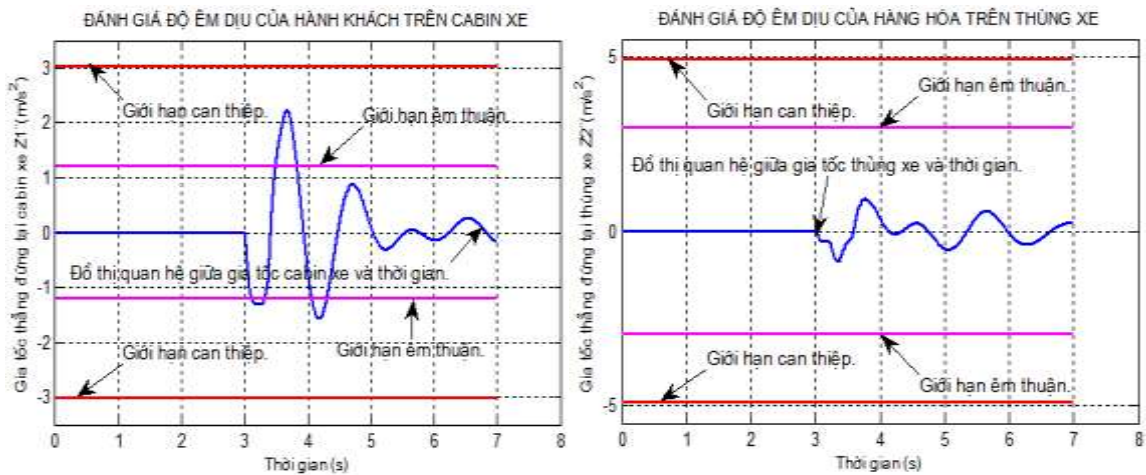
lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta i$ , từ các kết quả thu được (Hình 3.33) đề tài kiến nghị:

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

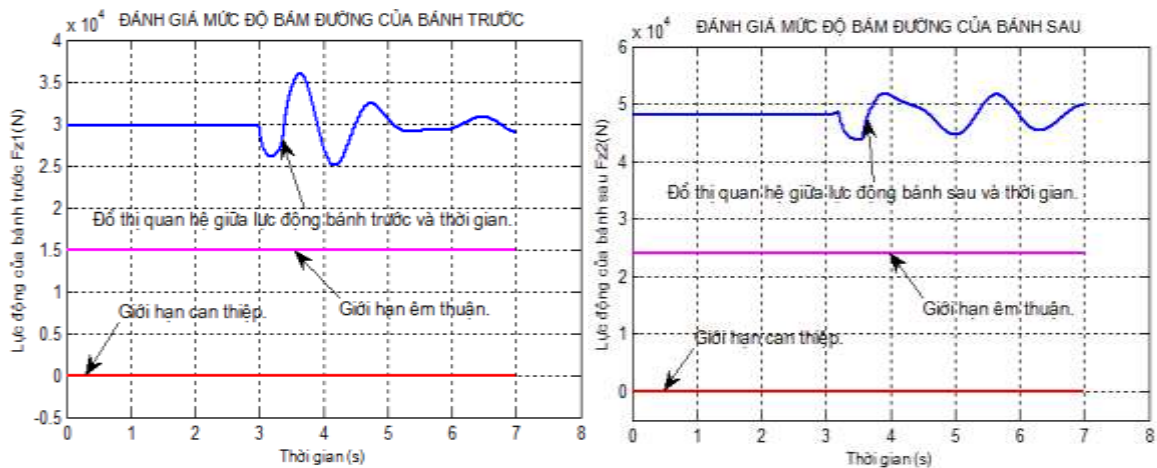
+ Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô gấp khúc có  $\Delta i=8\%$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn êm thuận (Hình 3.34).

$$IM = 11.22\% = \max \begin{cases} \left( \frac{F_{z,d}^{banhtruoc}}{F_{z,t}^{banhtruoc}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{3.31T}{2.976T} - 1 \right) * 100\% = 11.22\% \\ \left( \frac{F_{z,d}^{bansau}}{F_{z,t}^{bansau}} - 1 \right) * 100\% = \left( \frac{5.008T}{4.808} - 1 \right) * 100\% = 4.15\% \end{cases} \quad (3-15)$$

### b.2. Giới hạn can thiệp



Hình 3.35. Gia tốc tại cabin xe & thùng xe khi  $\Delta i_{ct} = 15\%$



Hình 3.36. Lực động tại bánh trước xe & bánh sau xe khi  $\Delta i_{ct} = 15\%$



- + Giới hạn can thiệp: Khảo sát dao động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ , lần lượt thay đổi giá trị  $\Delta i$ , từ các kết quả thu được (Hình 3.34) đề tài kiến nghị:

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

- + Hệ số xung kích: Khảo sát lực động của ô tô ở vận tốc  $v=60\text{km/h}$ , trên đoạn mấp mô gấp khúc có  $\Delta i=15\%$ , ta xác định được hệ số xung kích IM ứng với giới hạn can thiệp (Hình 3.35).

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

(Xem chi tiết kết quả phân tích, tính toán tại Phụ lục 5 – tập Phụ lục tính toán).

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

Trong phạm vi hẹp của một luận án tiến sĩ, đề tài chỉ phân tích 2 giải pháp thiết kế đặc trưng cho 2 quy tắc chuyển tiếp độ lún vừa thiết lập.

- + Giải pháp sàn giảm tải mềm, thiết kế theo quy tắc chuyển tiếp độ lún dạng đường bậc thang.
- + Giải pháp bản quá độ nhiều nhịp, thiết kế theo quy tắc chuyển tiếp độ lún dạng đường cong gấp khúc.

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

##### 3.3.1.1. Các giả thiết cơ bản

- + Đường cấp 80, độ lún cố kết còn lại tại tim đường gần mô cầu:  $S=10\text{cm}$ ;
- + Cao độ mặt đất tự nhiên:  $0.00\text{m}$ ;
- + Giả thiết độ dốc của tuyến đường tại thời điểm đưa công trình vào khai thác:  $i=0\%$ ;
- + Chiều cao nền đắp:  $H=3.0\text{m}$ ;
- + Địa chất nền đường: sử dụng số liệu địa chất tại dự án Xây dựng cầu Phong Năm (huyện Giồng Trôm, tỉnh Bến Tre) do Công ty Cổ phần Tư

vấn thiết kế Toàn Cầu thực hiện năm 2012;

- + Tải trọng thiết kế: H30;
- + Chu kỳ khai thác: 15 năm.

### 3.3.1.2. Khảo sát giải pháp

#### a. Lựa chọn các thông số cơ bản của kết cấu

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 đụn, chọn độ chênh lệch lún giữa 2 mô đụn sàn kế tiếp nhau:

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

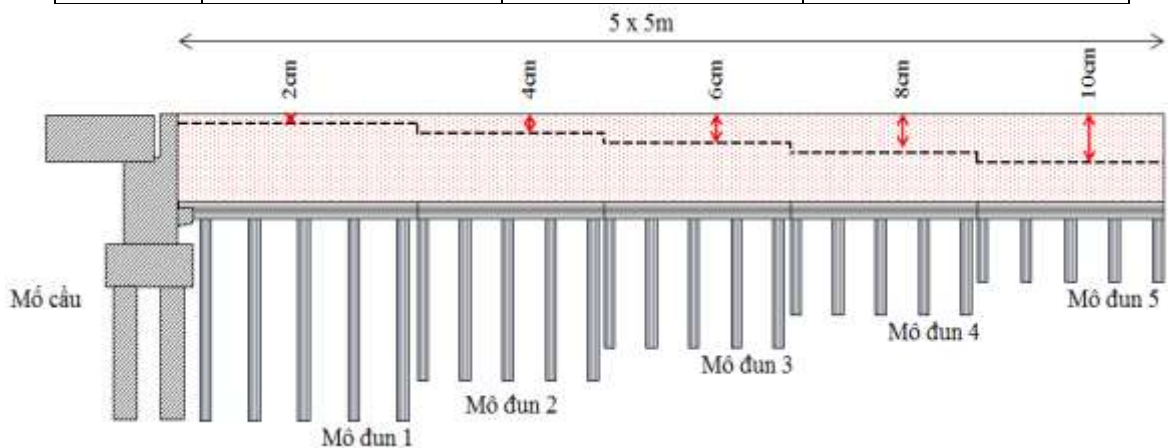
Chọn chiều dài 1 mô đụn sàn giảm tải là  $L=5\text{m}$ , chiều dài đoạn đường dẫn đầu cầu được tính theo công thức:

$$L_b = 5 \cdot 5 = 25.0\text{m}$$

Tiêu chí thiết kế độ lún  $\Delta S_i$  tại trọng tâm các mô đụn sàn giảm tải ở thời điểm cuối chu kỳ khai thác như Bảng 3.4.

Bảng 3.4. Bảng tính độ lún giới hạn cho từng mô đụn sàn

STT	Ký hiệu mô đụn	Chiều dài các mô đụn (m)	Độ lún các mô đụn sàn sau 15 năm (cm)
1	Mô đụn 1	5.00	2.00
2	Mô đụn 2	5.00	4.00
3	Mô đụn 3	5.00	6.00
4	Mô đụn 4	5.00	8.00
5	Mô đụn 5	5.00	10.00

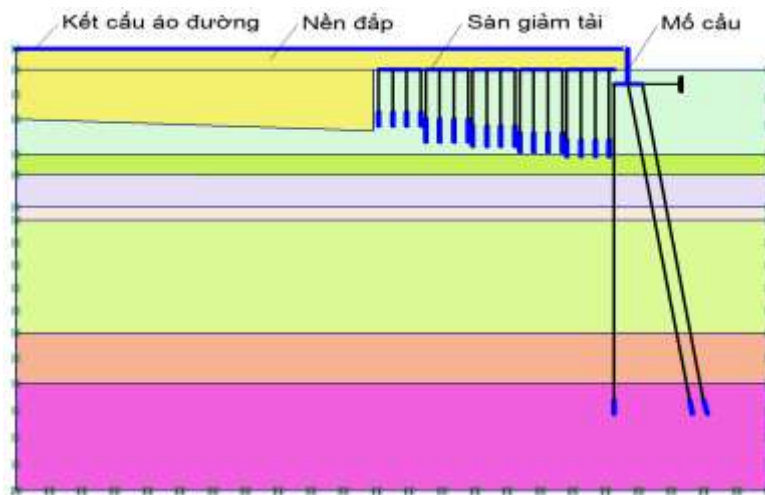


Hình 3.37. Độ lún các mô đun sàn sau 15 năm

Cọc sử dụng trong sàn giảm tải là cọc BTCT vuông 30x30cm,  $f^c=30\text{MPa}$ , khoảng cách giữa các cọc theo phương ngang cầu là 1.5m, theo phương dọc cầu là 1.25m, chiều sâu chôn cọc trong các mô đun được thay đổi sao cho độ lún tại trọng tâm các mô đun thỏa mãn các giới hạn nêu trong Bảng 3.4.

Phần nền đường còn lại phía cuối sàn giảm tải: giả thiết xử lý nền theo phương pháp đào thay đất, với quy mô thay thế sao cho độ lún cố kết còn lại của nền đường tại thời điểm cuối chu kỳ khai thác  $S=10\text{cm}$ .

### b. Mô hình hóa



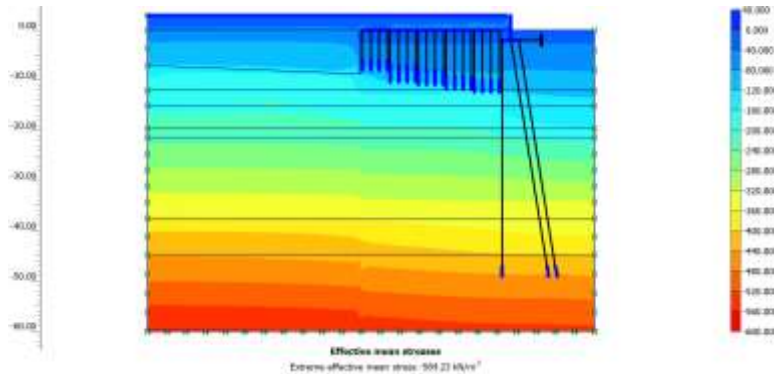
Hình 3.38. Mô hình kết cấu sàn giảm tải

Kết cấu sàn giảm tải được mô hình hoá trên phần mềm Plaxis 2D Version 8.5. Bài toán được mô hình hoá theo dạng bài toán phẳng.

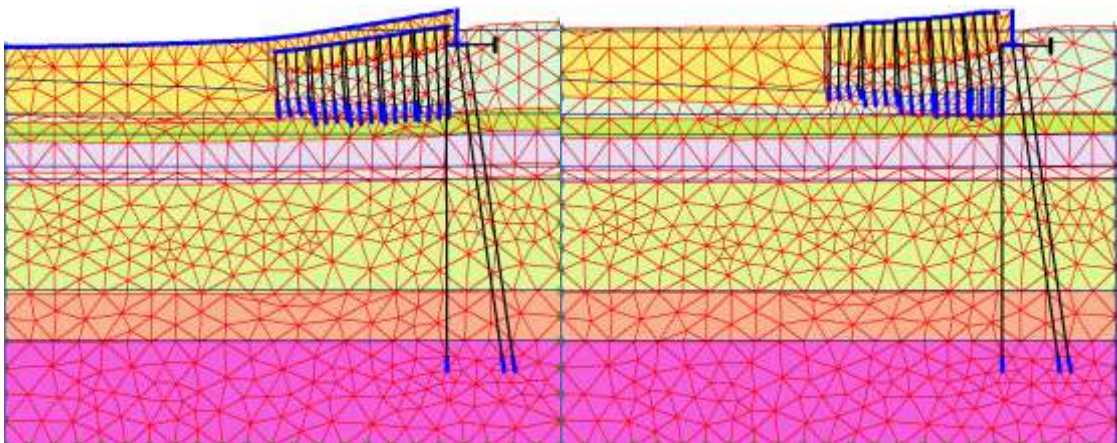
- + Phần tử đất sử dụng loại phần tử 15 nút.
- + Mô hình đất sử dụng là mô hình Mohr – Coulomb.
- + Để có thể xét đến hiện tượng trượt trời của đất về phía trước móng, hệ thống cọc được mô phỏng kết hợp bằng phần tử Plate và phần tử Anchors.
- + Bản sàn bê tông cốt thép  $f^c=30\text{MPa}$ , dày 30cm, được mô phỏng bằng phần tử Plate.

### c. Phân tích kết cấu

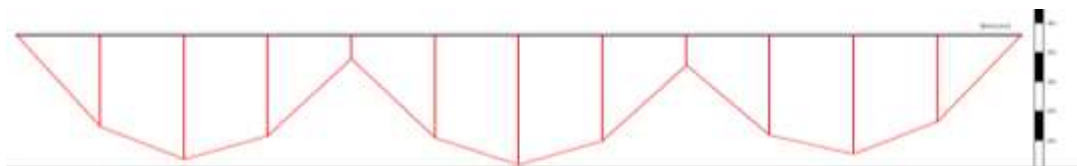
Bài toán được phân tích với các phương án về chiều sâu đặt sàn khác nhau, từ kết quả thu được sẽ phân tích lựa chọn các thông số phù hợp cho kết cấu.



Hình 3.39. Trường ứng suất hữu hiệu trong đất nền (PA1:+0.00m)



Hình 3.40. Mập mô mặt đường PA3(+1.00m) và PA6 (+3.00m)



Hình 3.41. Biểu đồ momen của mô đun sàn 1 (PA1:+0.00m)

(Chi tiết kết quả phân tích, tính toán ở Phụ lục 7 - tập Phụ lục tính toán)

### 3.3.1.3. Phân tích lựa chọn chiều sâu đặt sàn giảm tải

#### a. Theo tiêu chí về độ êm thuận của mặt đường

Khảo sát độ êm thuận của mặt đường dẫn vào cầu ứng với các trường hợp chiều sâu đặt sàn giảm tải (xem Hình 3.40).

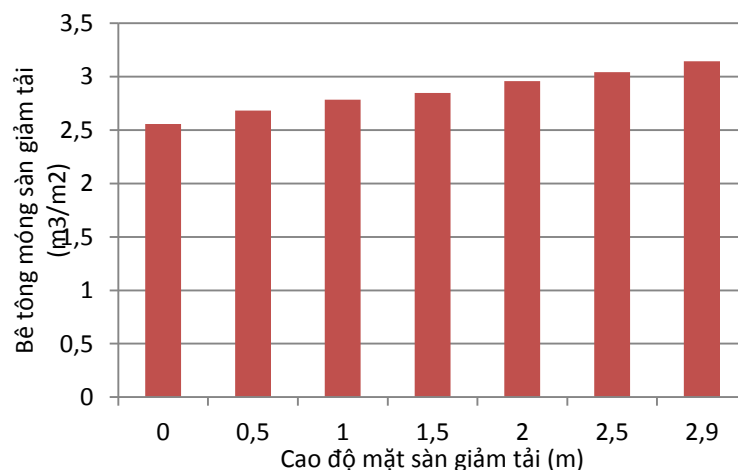
Nhận xét:

- + Khi cao độ đặt bản sàn giảm tải ngay tại mặt đường xe chạy, độ lún

lệch tại khe lún giữa các mô đun sàn là khá rõ rệt, mặt đường kém bằng phẳng. Ngoài ra, dưới tác dụng của tải trọng đất đắp, tầng đất yếu bên dưới nền đường sẽ bị lún xuống trong quá trình khai thác, hình thành tầng không gian trống bên dưới bản sàn, các khoảng trống này sẽ gây ra các điểm gãy cục bộ tại hai đầu mút của sàn giảm tải cũng như tại các khe lún giữa 2 mô đun sàn, làm ảnh hưởng đến độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu.

- + Khi cao độ đặt bản sàn giảm tải đặt thấp hơn, do sức chống cắt của đất đắp và kết cấu áo đường kết hợp sự điều chỉnh cục bộ của vật liệu đắp tại khu vực khe lún giữa các mô đun sàn.v.v. nên điều kiện mặt đường bằng phẳng hơn, xe ra vào cầu êm thuận hơn.

### b. Theo tiêu chí tiết kiệm vật liệu



Hình 3.42. Khối lượng vật liệu BTCT móng cho 1m<sup>2</sup> sàn giảm tải

Vật liệu bê tông cốt thép cọc móng của sàn giảm tải ứng với các phương án chiều sâu đặt bản quá độ được thể hiện ở Hình 3.42.

Nhận xét: Khi nâng cao độ đặt bản sàn giảm tải càng gần sát mặt đường, chiều dài cọc móng sàn càng lớn, khối lượng bê tông cốt thép cọc gia cố bên dưới bản sàn tăng lên.

### c. Theo điều kiện thiết kế kết cấu áo đường

Lý thuyết tính toán kết cấu áo đường hiện hay được xây dựng theo sơ đồ tám trên nền bán không gian biến dạng đàn hồi. Việc đặt cao độ sàn giảm tải quá cao,

kết cấu áo đường chuyển sang dạng sơ đồ tấm đặt trên nền cứng, điều này có thể gây ra những ảnh hưởng nhất định đến lớp kết cấu áo đường trong quá trình khai thác.

Điều 7.1.2.1 - TCVN 4054.2005 quy định: Phải đảm bảo khu vực tác dụng của nền đường (khi không có tính toán đặc biệt, khu vực này có thể lấy tới 80 cm kể từ dưới đáy áo đường trở xuống) luôn đạt được các yêu cầu sau:

- + Không bị quá ẩm và không chịu ảnh hưởng các nguồn ẩm bên ngoài (nước mưa, nước ngầm, nước bên cạnh nền đường);
- + 30 cm trên cùng phải đảm bảo sức chịu tải CBR tối thiểu bằng 8 đối với đường cấp I, cấp II và bằng 6 đối với đường các cấp khác;
- + 50 cm tiếp theo phải đảm bảo sức chịu tải CBR tối thiểu bằng 5 đối với đường cấp I, cấp II và bằng 4 với đường các cấp khác.

#### **d. Lựa chọn chiều sâu đặt sàn giảm tải**

Từ các kết quả phân tích trên, 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 sàn bằng với cao độ kết cấu áo đường;
- + Với tuyến đường sử dụng kết cấu áo đường mềm, cần lựa chọn chiều sâu đặt sàn giảm tải nằm ngoài khu vực tác dụng của nền đường, 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**

#### **3.3.2.1. Các giả thiết cơ bản**

- + Đường cấp 60, độ lún cố kết còn lại tại tim đường gần mố cầu:  $S=20\text{cm}$ ;
- + Cao độ mặt đất tự nhiên: 0.00m;
- + Giả thiết độ dốc của tuyến đường tại thời điểm đưa công trình vào khai thác:  $i=40\%$ ;
- + Chiều cao nền đắp:  $H=3.0\text{m}$ ;

- + Địa chất nền đường: sử dụng số liệu địa chất tại dự án Xây dựng cầu Phong Năm (huyện Giồng Trôm, tỉnh Bến Tre) do Công ty Cổ phần Tư vấn thiết kế Toàn Cầu thực hiện năm 2012;
- + Tải trọng thiết kế: H30;
- + Chu kỳ khai thác: 15 năm.

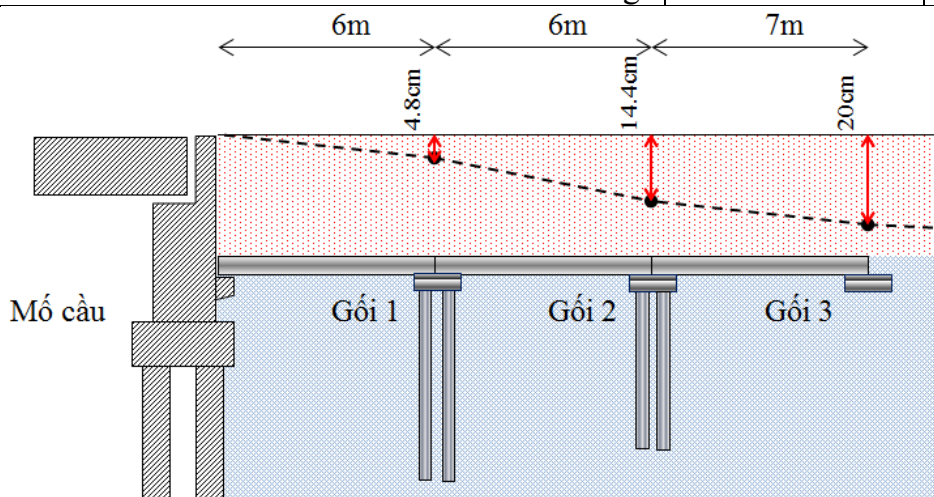
### 3.3.2.2. Khảo sát giải pháp

#### a. Lựa chọn thông số kỹ thuật của kết cấu

Độ chênh lệch lún mà kết cấu đoạn đường dẫn vào cầu cần xử lý chuyển tiếp là  $S=20\text{cm}$ . Giải pháp bản quá độ đề xuất cho công trình gồm 3 nhịp có chiều dài lần lượt là 6m, 6m, 7m, với các thông số kỹ thuật như trong Bảng 3.5. Để đoạn đường dẫn vào cầu được êm thuận trong suốt quá trình khai thác, hiệu đại số giữa 2 dốc liền kề không vượt quá ngưỡng giới hạn êm thuận  $\Delta i_{et}=8\text{‰}$ .

Bảng 3.5. Bảng thông số kỹ thuật chính của kết cấu bản quá độ

STT	Hạng mục/ chiều dài	Độ dốc ban đầu	Độ dốc sau lún	Độ lún cho phép tại các gối đỡ	$\Delta i=i_1-i_2$
1	Nhịp biên cầu.	40‰	40‰		
2	Bản quá độ 1/ L=6m	40‰	48‰	4.8 cm	8‰
3	Bản quá độ 2/ L=6m	40‰	56‰	9.6 cm	8‰
4	Bản quá độ 3/ L=7m	40‰	48‰	5.6 cm	8‰
5	Đường chính	40‰	40‰		
Tổng:				20 cm	

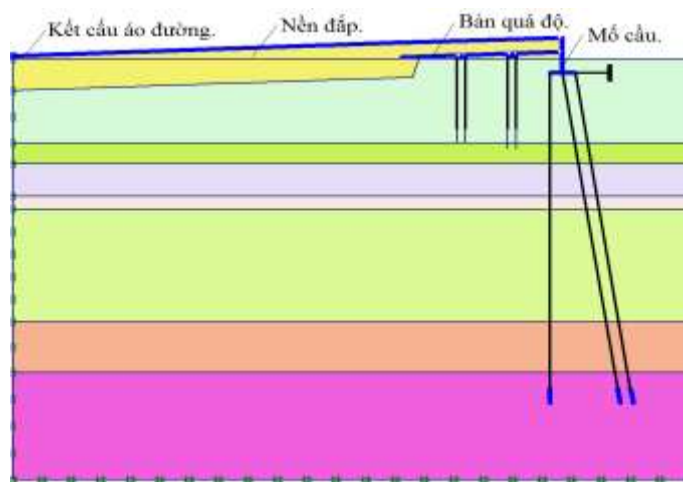


Hình 3.43. Độ lún cho phép tại các gối đỡ

Cọc sử dụng trong kết cấu móng đỡ các bản quá độ là cọc BTCT tiết diện vuông 30x30cm,  $f'c=30\text{MPa}$ , khoảng cách giữa các cọc theo phương ngang cầu là 1.5m, theo phương dọc cầu là 1.00m, chiều sâu chôn cọc được thiết kế sao cho độ lún tại trọng tâm các mô đun thỏa mãn các giới hạn nêu trong Bảng 3.5.

### b. Mô hình hóa

Kết cấu bản quá độ được mô hình hoá trên phần mềm Plaxis 2D Version 8.5. Bài toán được mô hình hoá theo dạng bài toán phẳng.

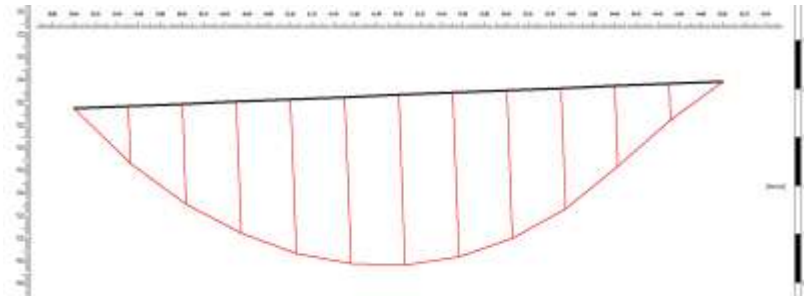


Hình 3.44. Mô hình hóa kết cấu bản quá độ

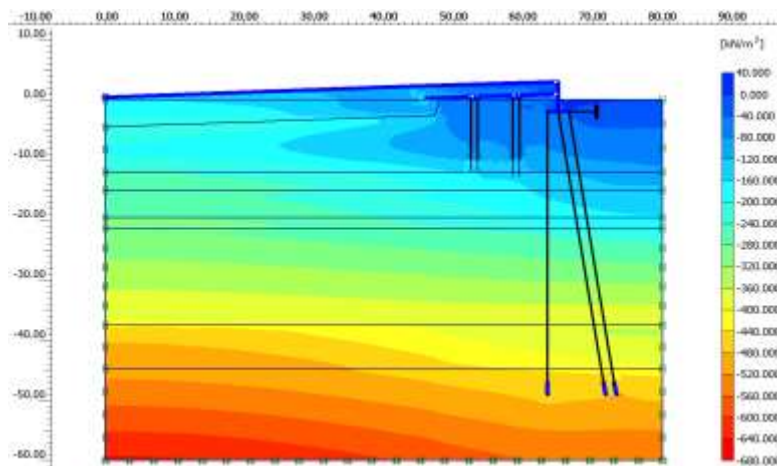
- + Phần tử đất sử dụng loại phần tử 15 nút;
- + Mô hình đất sử dụng là mô hình Mohr – Coulomb;
- + Để có thể xét đến hiện tượng trượt trời của đất về phía trước mố, hệ thống cọc được mô phỏng kết hợp bằng phần tử Plate và phần tử Anchors;
- + Bản quá độ làm bằng vật liệu bê tông cốt thép  $f'c=30\text{MPa}$ , dày 30cm, được mô phỏng bằng phần tử Plate.

### c. Phân tích kết cấu





Hình 3.45. Biểu đồ momen của bản quá độ 1



Hình 3.46. Trường ứng suất hữu hiệu trong đất nền

(Xem chi tiết kết quả phân tích tính toán ở Phụ lục 8 - Phụ lục tính toán)

### 3.3.2.3. Lựa chọn chiều sâu đặt bản quá độ

Từ các kết quả phân tích ở mục 3.3.1.3, 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 bằng với cao độ kết cấu áo đường.
- + Với tuyến đường sử dụng kết cấu áo đường mềm, cần lựa chọn chiều sâu đặt bản quá độ nằm ngoài khu vực tác dụng của nền đường, 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.

### 3.4. 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... mà chúng ta có thể lựa chọn

một phương án nền móng (hoặc kết hợp nhiều phương án) khác nhau trong số các phương án thiết kế nền móng hiện có 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 chuyển tiếp độ lún.

Kế thừa các kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học đi trước, luận án đề xuất một số phương án nền móng cho các nhóm giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu như Bảng 3.6.



và bơm hút chân không... do các kết quả quan trắc tại các công trình đường dẫn vào cầu thực tế cho thấy các số liệu tính toán dự báo lún theo lý thuyết của các giải pháp này so có sai số khá lớn so với kết quả thực tế quan trắc [10].

### **3.5. Phân tích ưu nhược điểm của các giải pháp đề xuất**

So với các giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu đang sử dụng rộng rãi hiện nay thì 02 giải pháp do luận án đề xuất có một số ưu điểm sau:

#### **3.5.1. Khả năng kiểm soát và hạn chế các mấp mô hình thành trong quá trình khai thác**

Theo kết quả nghiên cứu của Briaud, trong quá trình khai thác đoạn đường dẫn vào cầu có thể bị lún sụt bởi nhiều nguyên nhân khác nhau (Hình 1.15). Các mấp mô hình thành do sự lún sụt này khá phức tạp, hình dạng và vị trí xuất hiện của chúng không tuân theo một quy luật nào nên không thể dự báo hay kiểm soát được. Bằng cách sử dụng các bản BTCT, giải pháp kết cấu “sàn giảm tải mềm”, “bản quá độ nhiều nhịp” đã cố định được vị trí xuất hiện các mấp mô là nơi tiếp giáp giữa các mô đun con của giải pháp thiết kế, và khống chế các mấp mô này sẽ chỉ có hình dạng gấp khúc hoặc bậc thang.

Một số tác động như: lún sụt do lún của nền đất tự nhiên do tải trọng nền đắp gây ra, do lún của nền đất đắp do thi công không đạt yêu cầu, lún do sự dịch chuyển của đất đắp trước móng.v.v. chỉ có thể hình thành các khoảng trống bên dưới bản sàn BTCT, chứ không tác động đến độ êm thuận của mặt đường dẫn vào cầu trong suốt quá trình khai thác.

#### **3.5.2. Khả năng dự báo độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu**

Điểm nổi bật của 02 giải pháp đề xuất so với các giải pháp thiết kế trước đây là: Người kỹ sư thiết kế có thể điều chỉnh hoặc dự báo độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu tại các thời điểm trong tương lai, thông qua việc thiết kế điều chỉnh độ lún theo thời gian của các mô đun con liền kề nhau trong giải pháp thiết kế.

#### **3.5.3. Chi phí xây dựng**

Rất khó để so sánh chính xác ưu nhược điểm về mặt kinh tế của những giải pháp mới do luận án đề xuất với những giải pháp đang sử dụng phổ biến hiện nay,

bởi 02 nguyên nhân chính:

- + Các giải pháp được mang ra so sánh vốn không được thiết kế cùng chung một tiêu chí thiết kế như nhau. Cụ thể, do trước đây việc đánh giá độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu chỉ mang tính chất định tính, dựa trên cảm nhận chủ quan của từng kỹ sư cũng như kinh nghiệm của từng đơn vị thiết kế, chứ không căn cứ theo một giá trị định lượng cụ thể, do đó các giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu chưa có sự tương đồng rõ ràng về mặt quy mô.
- + Những điều kiện về địa lý (khoảng cách giữa công trình và các mỏ cung cấp vật liệu), địa chất – thủy văn (bề dày tầng đất yếu, chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất, cao độ mực nước ngầm), quy mô công trình (chiều cao nền đường đắp, loại vật liệu đắp, kết cấu áo đường).v.v. có ảnh hưởng rất lớn đến giá thành của từng giải pháp. Vì vậy để kết quả so sánh được chính xác, ta chỉ có thể so sánh giá thành của các giải pháp trong phạm vi một dự án cụ thể và vì thế kết quả này không thể đại diện cho toàn bộ khu vực nghiên cứu của luận án.

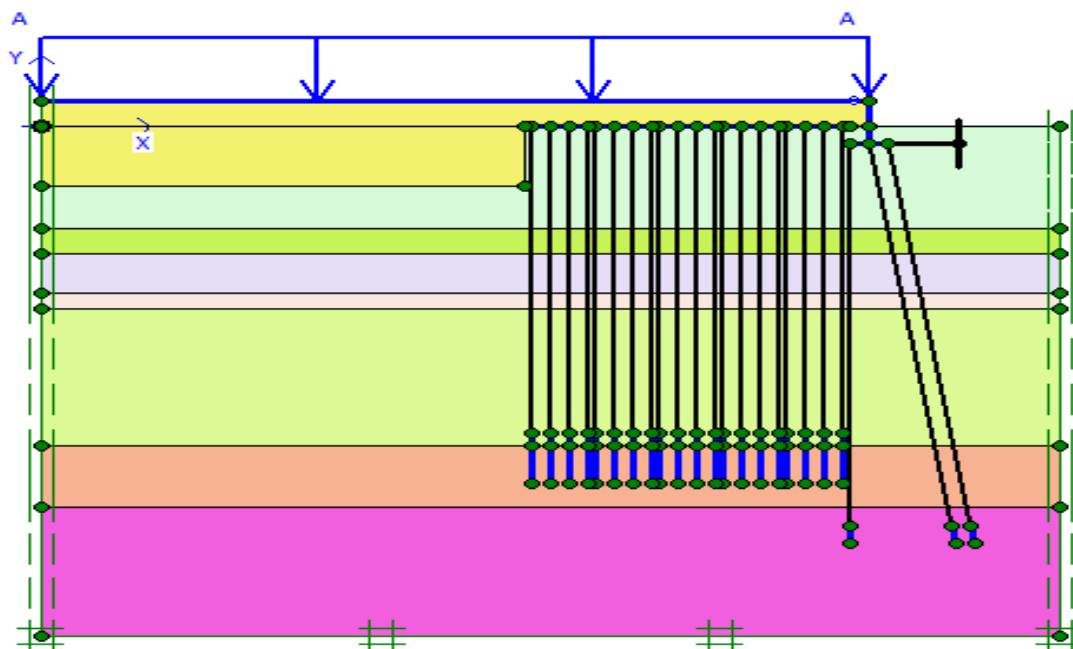
Do chỉ tiêu “chi phí xây dựng” không phải là đối tượng nghiên cứu trọng tâm của luận án, nên trong nghiên cứu này kết quả so sánh chỉ tiêu “chi phí xây dựng” chỉ dừng lại ở mức độ tham khảo. Với ý nghĩa và mục tiêu như trên, để phân tích ưu nhược điểm về chỉ tiêu “chi phí xây dựng” của giải pháp đề xuất, luận án đã thực hiện theo các bước đơn giản sau:

- + Bước 1: Sử dụng phần mềm Plaxis 2D Version 8.5, thiết kế 03 giải pháp kết cấu “sàn giảm tải mềm”, “bản quá độ nhiều nhịp” với giải pháp “sàn giảm tải cứng” trong cùng một điều kiện tương tự về địa chất và quy mô thiết kế. Phân tích so sánh “khối lượng vật liệu BTCT/ 1m bề rộng mặt đường” giữa 03 giải pháp kết cấu trên.
- + Bước 2: Thu thập các kết quả phân tích do những đơn vị tư vấn uy tín đã từng lập để so sánh “chi phí xây dựng” của giải pháp “sàn giảm tải cứng” so với các giải pháp thiết kế khác tại các công trình xây dựng

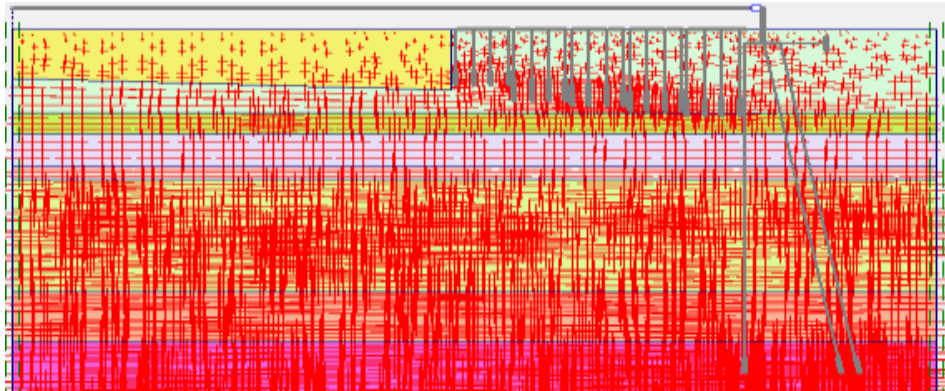
cầu đường thực tế ở khu vực thành phố Hồ Chí Minh và đồng bằng sông Cửu Long. Kết hợp với kết quả phân tích so sánh khối lượng vật liệu xây dựng của 02 giải pháp mới đề xuất với giải pháp “sàn giảm tải cứng” có được từ bước 1, quy đổi và thiết lập bảng so sánh “chi phí xây dựng” của giải pháp do luận án đề xuất với những giải pháp đang sử dụng phổ biến hiện nay, từ đó rút ra một số nhận xét về tính kinh tế của các giải pháp mới.

### 3.5.3.1. Phân tích tỷ lệ khối lượng BTCT của các giải pháp đề xuất

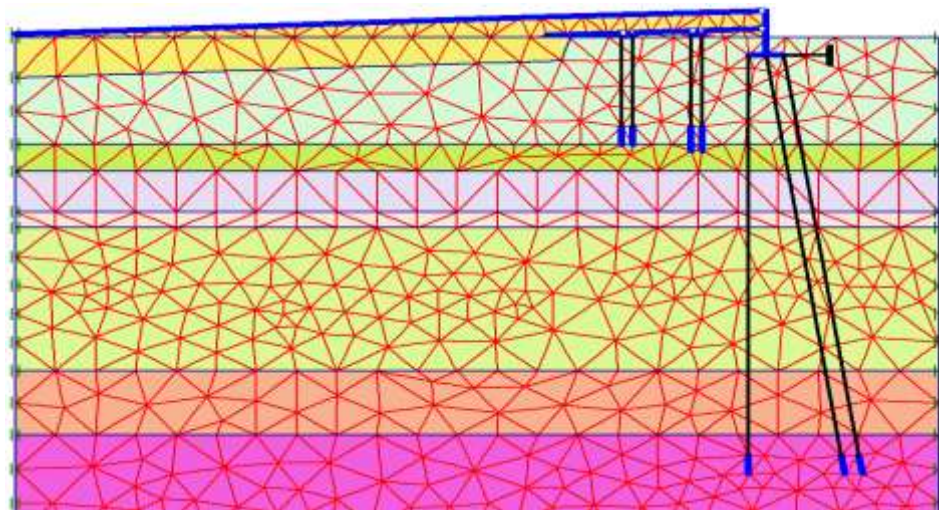
Các giải pháp “sàn giảm tải mềm”, “bản quá độ nhiều nhịp” và giải pháp “sàn giảm tải cứng” được mô hình hoá và phân tích bằng phần mềm Plaxis 2D Version 8.5 trong cùng một điều kiện như nhau về tải trọng, địa chất, chiều cao đất đắp.v.v.



Hình 3.47. Mô hình hoá kết cấu sàn giảm tải cứng trong Plaxis 2D

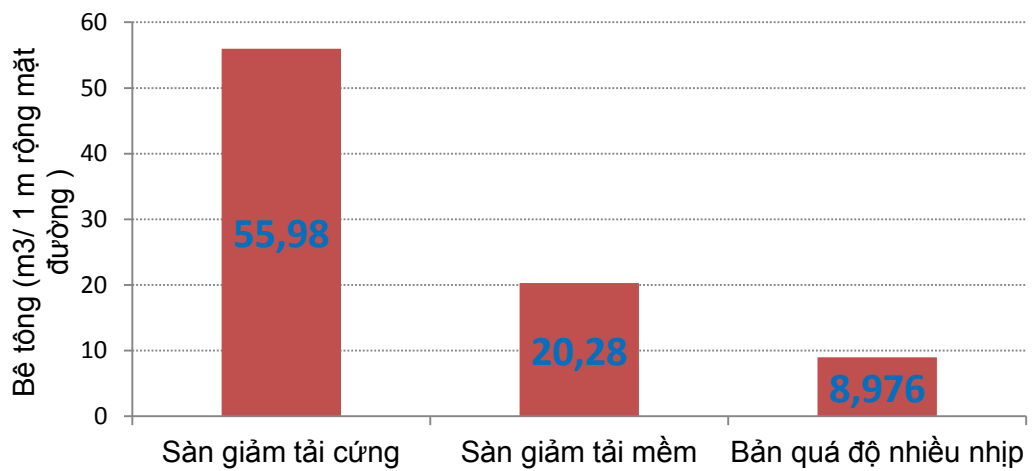


Hình 3.48. Sàn giảm tải mềm: Ứng suất do trọng lượng bản thân đất đắp



Hình 3.49. Mô hình giải pháp bản quá độ nhiều nhịp sau khi chia lưới

Tính toán khối lượng BTCT sử dụng/ 1m theo chiều rộng mặt đường cho từng giải pháp. Kết quả tính toán được thể hiện trên Hình 3.50.



Hình 3.50. Khối lượng vật liệu BTCT/1m rộng đường dẫn vào cầu

### 3.5.3.2. So sánh chi phí xây dựng của các giải pháp

- + Hồ sơ đề xuất phương án xử lý đất yếu tại gói thầu số 3 (từ km 14+100 đến km 23+900) thuộc dự án “Đường cao tốc Thành phố Hồ Chí Minh – Long Thành – Dầu Giây” (2008), liên danh giữa Nippon Koei Ltd., Co. và HaFICo Group Holding Co (Nhật Bản) [18] đã có tính toán và so sánh giá thành xây dựng của giải pháp “Sàn giảm tải” với một số phương án xử lý đất yếu khác như: bắc thấm thoát nước thẳng đứng thông thường, cố kết chân không.v.v. (xem Bảng 9.14, Phụ lục 9 – tập Phụ lục tính toán).
- + Hồ sơ Thiết kế kỹ thuật của dự án “Dự án đường Hành lang ven biển phía Nam - Giai đoạn I” (2011), liên danh giữa Dasan Consultants Co., Ltd. và Dohwa Consulting Engineers Co.,Ltd (Hàn Quốc) [19] cũng đã có tính toán và so sánh giá thành xây dựng của giải pháp “bác thấm thoát nước thẳng đứng thông thường” với giải pháp “giếng cát”.v.v. (xem Bảng 9.15, Phụ lục 9 – tập Phụ lục tính toán).

Kết hợp các kết quả so sánh của các đơn vị nêu trên với kết quả phân tích tỷ lệ khối lượng BTCT của các giải pháp đề xuất ở đề mục trước, luận án xây dựng bảng so sánh chi phí xây dựng của 02 giải pháp do luận án đề xuất với một số giải pháp phổ biến khác như sau:

Bảng 3.7. So sánh chi phí xây dựng của các giải pháp thiết kế

STT	Phương pháp	Giá (US\$/m <sup>2</sup> mặt đường) (*)
1	Bản quá độ nhiều nhịp.	64.6
2	Sàn giảm tải mềm.	145.4
3	Sàn giảm tải cứng.	404.0
4	Bác thấm thoát nước thẳng đứng thông thường.	190.0
5	Cố kết chân không.	199.0
6	Giếng cát.	186.8

(\*) Đơn giá quy đổi về thời điểm năm 2008 theo kết quả so sánh của dự án “Đường cao tốc Thành phố Hồ Chí Minh – Long Thành – Dầu Giây”.

Như vậy về mặt kinh tế, so với các giải pháp đang được sử dụng phổ biến hiện



nay thì các giải pháp kết cấu “sàn giảm tải mềm”, “bản quá độ nhiều nhịp” có nhiều ưu điểm:

- + Giải pháp bản quá độ nhiều nhịp có chi phí xây dựng thấp hơn nhiều so với các giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu đang sử dụng phổ biến hiện nay.
- + So với giải pháp sàn giảm tải cứng, giải pháp sàn giảm tải mềm có chi phí xây dựng thấp hơn do kết cấu được thiết kế thành nhiều mô đun nhỏ cho phép lún theo thời gian, với quy mô thiết kế các mô đun là giảm dần.v.v. Tính chất công trình là tương tự nhau, nhưng khối lượng vật liệu xây dựng trong giải pháp đề xuất là bé hơn.v.v. nên giá thành xây dựng công trình cũng sẽ thấp hơn.

#### **3.5.4. Độ êm thuận**

Để so sánh độ êm thuận giữa các giải pháp thiết kế, đề tài đã thu thập số liệu về biến dạng, mấp mô mặt đường dẫn vào cầu sau một thời gian khai thác công trình, sau đó sử dụng phần mềm đánh giá độ êm thuận đã được thiết lập ở Chương 2 để phân tích và đánh giá.

##### **3.5.4.1. Khảo sát thu thập số liệu mấp mô mặt đường dẫn vào cầu**

- + Đối với các giải pháp thiết kế trước đây, đề tài đã quan trắc thu thập số liệu biến dạng, mấp mô mặt đường dẫn vào cầu từ công trình thực tế.
- + Đối với 02 giải pháp thiết kế mới do luận án đề xuất, luận án sử dụng số liệu mấp mô mặt đường dẫn vào cầu theo kết quả phân tích biến dạng theo thời gian của các giải pháp bằng phương pháp phần tử hữu hạn (dùng phần mềm Plaxis 2D Version 8.5).

##### **a. Đối với các giải pháp thiết kế trước đây**

Công tác khảo sát hiện trạng các công trình được thực hiện vào các ngày 9, 10, 11, 12, 13, 14/11/2011 (xem chi tiết phương pháp đo và kết quả đo tại Phụ lục 2 – tập Phụ lục tính toán).



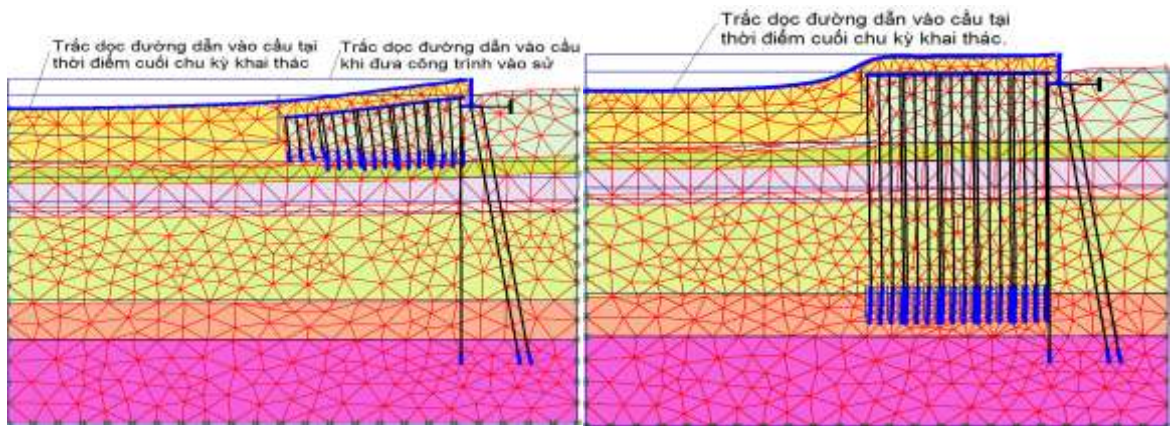
Hình 3.51. Khảo sát đường dẫn vào cầu Cái Trung – H. Bình Chánh, Tp.HCM



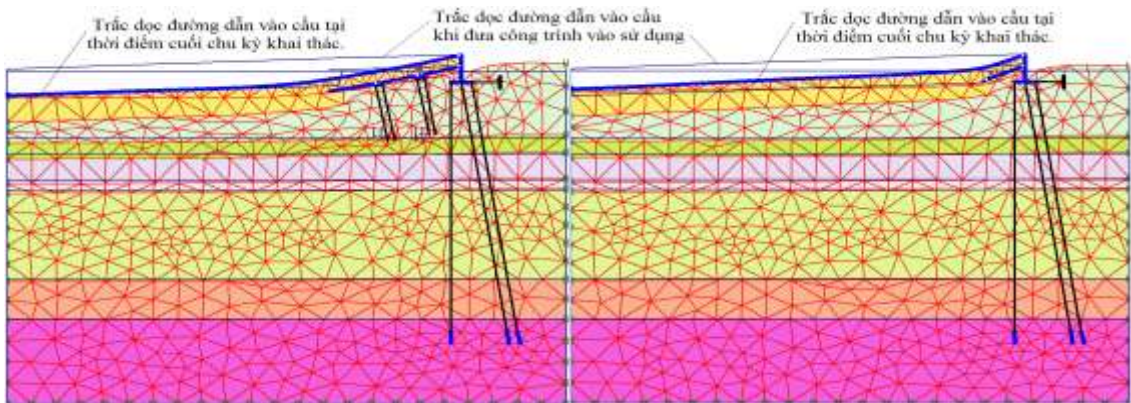
Hình 3.52. Khảo sát đường dẫn vào cầu Xóm Củi – Q.7, Tp.HCM

**b. Đối với 02 giải pháp thiết kế do luận án đề xuất**

Với số liệu về địa chất và tải trọng tương tự như đã trình bày ở mục 3.5.3, sử dụng phần mềm Plaxis 2D Version 8.5, mô hình hoá và phân tích, khảo sát biến dạng mặt đường (Hình 3.53, Hình 3.54) cho các giải pháp thiết kế mới tại thời điểm 15 năm sau khi đưa công trình vào khai thác (xem chi tiết tại Phụ lục 10 – tập Phụ lục tính toán).



Hình 3.53. Biện pháp giảm tải mềm/ Sàn giảm tải mềm sau 15 năm khai thác



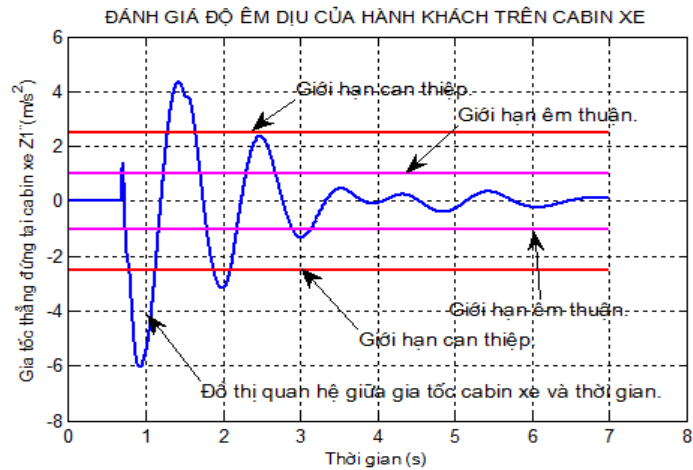
Hình 3.54. Biện pháp giảm tải cứng/ Bản quá độ nhiều nhịp/ Bản quá độ sau 15 năm khai thác

### 3.5.4.2. Đánh giá độ êm thuận của các giải pháp

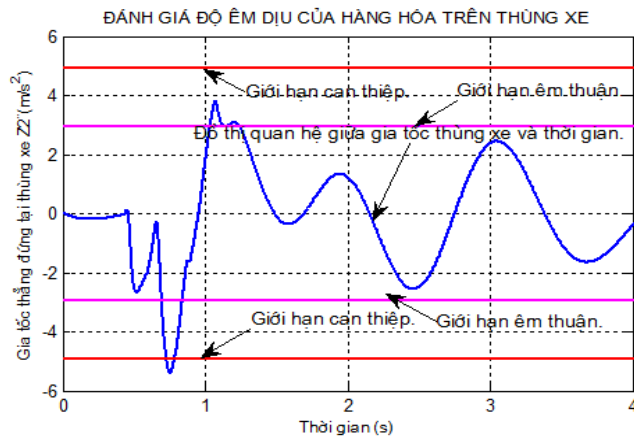
Trên cơ sở số liệu thu thập được, sử dụng phần mềm đánh giá độ êm thuận đã lập ở Chương 2 để khảo sát độ êm thuận của các đoạn đường dẫn vào cầu theo các chỉ tiêu sau:

- + Gia tốc thẳng đứng max tại cabin xe: đánh giá độ êm thuận của người ngồi trên xe.
- + Gia tốc thẳng đứng max tại thùng xe: đánh giá độ êm thuận của hàng hoá trên xe.
- + Lực động min/max từ bánh xe tác dụng xuống mặt đường: đánh giá độ bám đường khi xe chạy và khả năng gây hư hỏng kết cấu áo đường.

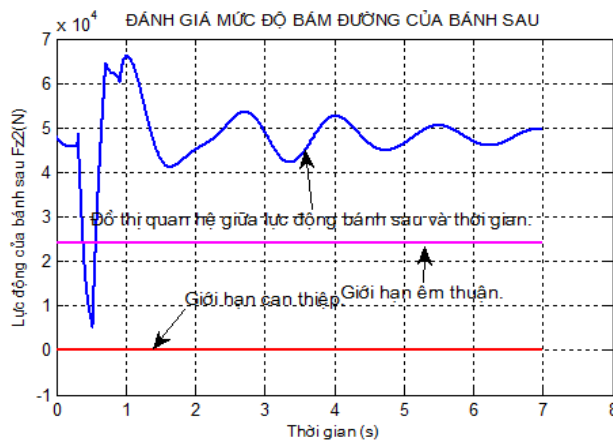
Một số biểu đồ kết quả khảo sát tiêu biểu:



Hình 3.55. Biểu đồ gia tốc dao động thẳng đứng tại cabin xe khi ô tô chạy trên đường dẫn vào cầu Long Hậu với vận tốc  $v=60\text{km/h}$



Hình 3.56. Biểu đồ gia tốc dao động thẳng đứng tại thùng xe khi ô tô chạy trên đường dẫn vào cầu Ông Lớn với vận tốc  $v=60\text{km/h}$



Hình 3.57. Biểu đồ lực động từ bánh xe tác dụng xuống mặt đường khi ô tô chạy trên đường dẫn vào cầu Xóm Củi với vận tốc  $v=60\text{km/h}$

Bảng 3.8. Kết quả so sánh độ êm thuận của 02 giải pháp đề xuất với một số giải pháp đang sử dụng phổ biến

STT	Tên Cầu	Địa điểm	Đầu cầu/ Hướng đi	Ngày đo	Giải pháp thiết kế	Độ êm thuận đối với Người	Độ êm thuận đối với Hàng hóa	Hệ số xung kích (IM)	
								Bánh trước	Bánh sau
1	Cầu Bàu Dừa	Long An	Cầu-> Cầu Giuộc	9/11/2011	Sàn giảm tải cứng	Vượt g.hạn can thiệp	Trong vùng cảnh báo	1.14	1.31
2	Cầu Bàu Dừa	Long An	Cầu-> TT Nhà Bè	9/11/2011	Sàn giảm tải cứng	Vượt g.hạn can thiệp	Trong vùng cảnh báo	1.35	1.35
3	Cầu Bán 3	H. Nhà Bè	Cầu-> TT Nhà Bè	10/11/2011	Bán quá độ	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.35	1.36
4	Cầu Bán 3	H. Nhà Bè	Cầu-> TT Q.7	10/11/2011	Bán quá độ	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.65	1.44
5	Cầu Xóm Cùi	Quận 7	Cầu-> TT Q.7	10/11/2011	Giếng cát	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	2	1.93
6	Cầu Xóm Cùi	Quận 7	Cầu-> H. Bình Chánh	10/11/2011	Giếng cát	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.81	1.38
7	Cầu Cái Trung	H. Bình Chánh	Cầu-> An Sương	11/11/2011	Bán quá độ	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.48	1.54
8	Cầu Cái Trung	H. Bình Chánh	Cầu-> Phú Lâm	11/11/2011	Bán quá độ	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.02	1.9
9	Cầu Bà Lớn	Quận 7	Cầu-> TT Q.7	12/11/2011	Giếng cát	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.06	1.91
10	Cầu Ông Lớn	Quận 7	Cầu-> H. Bình Chánh	12/11/2011	Giếng cát	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.94	1.32
11	Cầu Tác Bến Rô 2	Quận 7	Cầu-> Đ. Ng. Văn Linh	14/11/2011	Bán quá độ	Vượt g.hạn can thiệp	Vượt g.hạn can thiệp	1.67	1.57
12					Sàn giảm tải mềm	Trong vùng êm thuận	Trong vùng êm thuận	1.09	1.14
13					Bán quá độ nhiều nhịp	Trong vùng êm thuận	Trong vùng êm thuận	1.07	1.13

Kết quả khảo sát cho thấy:

- + Hầu hết các đoạn đường dẫn vào cầu được chọn đưa vào khảo sát đều không đạt yêu cầu về độ êm thuận cho hàng hoá và hành khách trên xe ở vận tốc thiết kế. Kết quả khảo sát trên có thể giải thích cho hiện tượng: phần lớn các phương tiện giao thông đều phải giảm vận tốc khi lái xe ra vào các công trình này.
- + Hệ số xung kích IM tại các đoạn đường dẫn vào cầu nêu trên là rất lớn. Các giá trị IM nêu trên có thể giải thích cho hiện tượng bong bật khe co giãn tại mối, nứt vỡ kết cấu áo đường trên đoạn đường dẫn vào cầu.

So với các giải pháp thiết kế đang được sử dụng rộng rãi hiện nay, độ êm thuận của đoạn đường dẫn vào cầu khi sử dụng giải pháp Sàn giảm tải mềm và giải pháp Bản quá độ nhiều nhịp có độ êm thuận cao hơn, lực xung kích từ bánh xe tác dụng xuống nền đường cũng nhỏ hơn.

## 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, có thể tiếp tục nghiên cứu để đề xuất thêm các 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 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 đầy đủ 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.



## **DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ**

### **I. Bài báo khoa học**

1. Phan Quốc Bảo (2011), “Các giải pháp thiết kế đoạn đường dẫn vào cầu đắp trên đất yếu, thực tiễn và những tồn tại”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải, Số 01/2011.
2. Phan Quốc Bảo, Nguyễn Viết Trung (2013), “Nghiên cứu xây dựng mô hình đánh giá độ êm thuận của mặt đường”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải, Số 9-11/2013.
3. Phan Quốc Bảo, Nguyễn Viết Trung, Doãn Minh Tâm (2014), “ Nghiên cứu giải pháp kết cấu sàn giảm tải mềm cho công trình đường đầu cầu đắp trên đất yếu”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải, Số 11-5/2014.
4. Phan Quốc Bảo, Nguyễn Viết Trung, Doãn Minh Tâm (2014), “ Nghiên cứu giải pháp kết cấu bản quá độ nhiều nhịp cho công trình đường đầu cầu đắp trên đất yếu”, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, Số 6/2014.

### **II. Đề tài nghiên cứu khoa học**

1. Phan Quốc Bảo (2014), “Phân tích và đề xuất một số giải pháp kết cấu hợp lý để cải thiện độ êm thuận cho đoạn đường dẫn vào cầu khu vực đồng bằng sông Cửu Long”, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở, Mã số: KH1317.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Akira ASAOKA và Toshihiro NODA (2010), “Đầm nén chậm/ Cốt kết thứ cấp của lớp đất sét tự nhiên”, *Hội thảo: Lún nền đường các công trình giao thông tại Tp. Hồ Chí Minh và miền Nam Việt Nam*.
- [2] Bộ Giao thông vận tải (2013), *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*.
- [3] Bộ Giao thông vận tải (2005), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu - 22TCN 272:05*.
- [4] Bộ Giao thông vận tải (2006), *Áo đường mềm – Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế - 22TCN 211:06*.
- [5] Bộ Giao thông vận tải (1979), *Quy trình kỹ thuật đo độ bằng phẳng mặt đường bằng thước 3m - 22TCN 16:79*.
- [6] Bộ Giao thông vận tải (2001), *Tiêu chuẩn kiểm tra và đánh giá độ bằng phẳng mặt đường theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI - 22TCN 277:01*.
- [7] Bộ Giao thông vận tải (2000), *Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu - 22TCN 262:2000*.
- [8] Bùi Phú Doanh, Thân Vĩnh Dự (2011), “Xác định phạm vi đoạn chuyển tiếp giữa nền đường và công trình trên đường ô tô cao tốc”, *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, (4/2011), Tr.17-21.
- [9] Bùi Phú Doanh (2011), *Phương pháp cọc cường độ cao xử lý đoạn chuyển tiếp nền đường và công trình trên đường ô tô cao tốc*, Đề tài nghiên cứu khoa học, Công ty Cổ phần Tư vấn Đường cao tốc Việt Nam.
- [10] Dương Học Hải (2007), “Các sự cố công trình nền đường ô tô xây dựng trên vùng đất yếu và các nguyên nhân”, *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, (6/2007).
- [11] Đào Mạnh Hùng (2005), *Nghiên cứu ảnh hưởng của biên dạng mặt đường đến tải trọng tác dụng lên ô tô tại quốc lộ 1A đoạn Hà Nội – Lạng Sơn*, Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ.

- [12] Hoàng Minh Đức (2009), *Nghiên cứu đánh giá các giải pháp nối tiếp giữa cầu và đường ô tô ở Việt Nam*, Luận án Thạc sĩ, Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [13] Lê Bá Vinh, Nguyễn Văn Thơ, Phạm Quang Tuấn (2007), “Nghiên cứu giải pháp cầu tạo đường đắp cao vào cầu trên đất yếu vùng ngập lũ đồng bằng sông Cửu Long khi gia cố đất nền bằng cột đất - xi măng và giếng cát”, *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, (6/2007).
- [14] Lê Thị Bích Thủy (2004), “Sử dụng vật liệu Hatelit để xử lý và gia cường tại vị trí nối tiếp giữa mô và đường vào cầu”, *Tạp chí khoa học công nghệ Đại Học Quốc Gia*, (48-08/2004).
- [15] Lê Thị Bích Thủy (2006), *Nghiên cứu các giải pháp cầu tạo tại vị trí chuyển tiếp giữa cầu và đường dẫn đầu cầu*, Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ.
- [16] Lê Thị Ngọc Lan (2004), *Các đặc trưng biến dạng của đất yếu trong quá trình cố kết thắm*, Luận án Thạc sĩ, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh.
- [17] Lê Văn Nam (2005), *Nghiên cứu giải pháp hợp lý cho mô trụ cầu trên nền đất yếu ứng dụng cho giao thông nông thôn Đồng bằng sông Cửu Long*, Đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm, Đại học Quốc Gia Tp. Hồ Chí Minh.
- [18] Liên danh: Nippon Koei Ltd., Co. và HaFICo Group Holding Co (2008), *Hồ sơ đề xuất phương án xử lý đất yếu tại gói thầu số 3 (từ km 14+100 đến km 23+900)*, Dự án “Đường cao tốc Thành phố Hồ Chí Minh – Long Thành – Dầu Giây”,
- [19] Liên danh: Dasan Consultants Co., Ltd. và Dohwa Consulting Engineers Co.,Ltd (2011), *Hồ sơ thiết kế kỹ thuật - Quyển 6: Xử lý đất yếu*, Dự án: Đường hành lang ven biển phía Nam - Giai đoạn I.
- [20] Nguyễn Việt Trung, Phan Võ Thu Phong (2010), “Ứng dụng cọc đá Balat để gia cố nền đắp cao trong điều kiện đất yếu ở Việt Nam”, *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, (6/2010).

- [21] Nguyễn Hữu Trí, Trần Việt Hà, Lê Hồng Lượng (2012), “Lún nền đường dẫn vào cầu và các giải pháp khắc phục”, *Tuyển tập các báo cáo Hội nghị Khoa học và Công nghệ - Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải*, (1/2012), tr. 25-35.
- [22] Nguyễn Hữu Trí (2009), *Nghiên cứu đánh giá hiện trạng lún đường dẫn vào cầu đắp cao và đề xuất các giải pháp khắc phục*, Đề tài cấp Bộ trọng điểm.
- [23] Phạm Văn Hùng và cộng sự (2005), “Xử lý nền đất yếu dưới nền đường, đường đầu đắp cao, đường hạ cát cánh sân bay bằng phương pháp cọc tiếp cận cân bằng gia cố xi măng”, *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, (10/2005), Tr.31-34.
- [24] Pierre Laréal, Nguyễn Thành Long, Nguyễn Quang Chiêu, Vũ Đức Lục, Lê Bá Lương (2001), *Nền đường đắp trên đất yếu trong điều kiện Việt Nam*, Nxb Giao thông Vận tải.
- [25] Sở Giao thông Vận tải Tp. Hồ Chí Minh (2007), *Hồ sơ dự án: Sửa chữa cầu Văn Thánh 2*.
- [26] Tổng công ty Tư vấn thiết kế Giao thông Vận tải (2011), *Báo cáo tổng kết: Nghiên cứu xử lý kỹ thuật tại vị trí chuyển tiếp giữa cầu và đường*, Đề tài nghiên cứu theo yêu cầu của Bộ Giao thông Vận tải.
- [27] Trần Quang Lâm (2009), *Nghiên cứu đánh giá hiện trạng lún nền đường dẫn vào cầu đắp cao và đề xuất các giải pháp khắc phục*, Luận án Thạc sĩ, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh.
- [28] Tiêu chuẩn quốc gia (2005), *Rung động và chấn động cơ học. Đánh giá sự tiếp xúc của con người với rung động toàn thân. Phần 1: Yêu cầu chung - TCVN 6964-1:2001*.
- [29] Vũ Đức Sỹ (2004), *Nghiên cứu một số vấn đề về tính toán lún theo thời gian và xử lý lún nền đường ô tô đắp trên đất yếu*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [30] Võ Văn Hường, Nguyễn Tiến Dũng, Dương Ngọc Khánh, Đàm Hoàng Phúc

- (2014), Động lực học ô tô; Nxb Giáo dục Việt Nam.
- [31] Võ Văn Hường (2004), *Nghiên cứu hoàn thiện mô hình khảo sát dao động ô tô tải nhiều cầu*, Luận án Tiến sỹ Kỹ thuật, Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [32] Võ Văn Hường, Nguyễn Tiến Dũng, Dương Ngọc Khánh, Đàm Hoàng Phúc (2014), *Động lực học ô tô*, Nxb Giáo dục Việt Nam.
- [33] Anand J. Puppala, Sireesh Saride, Ekarut Archeewa, Laureano R. Hoyos, and Soheil Nazarian (2007), *Recommendations for design, construction, and maintenance of bridge approach slabs*, Department of Civil Engineering -The University of Texas.
- [34] Briaud, J.L., James, R.W., & Hoffman, S.B (1997), *Settlement of Bridge Approaches (The Bump at the End of the Bridge)*, NCHRP Synthesis of Highway Practice 234. Transportation Research Board, Washington, DC.
- [35] Briaud, L. Schleppe (2008), *The bump at the end of the bridge: can we avoid or correct poor bridge rideability*, Iowa State University.
- [36] Bernadette Dupont and David Allen (2002), *Movements and settlements of highway bridge approaches*, Kentucky Transportation Center - College of Engineering - University of Kentucky.
- [37] David K. Merritt, Alberto J. Miron, Richard B. Rogers, Robert Otto Rasmussen (2007), *Construction of the iowa highway 60 precast prestressed concrete pavement bridge approach slab demonstration project*, The Transtec Group, Inc.
- [38] Edward J. Hoppe (1999), *Guidelines for the use, design, and construction of bridge approach slabs*, Virginia Department of Transportation and the University of Virginia.
- [39] Ganesh Thiagarajan (PI), V. Gopalaratnam (co-PI), Ceci Halmen, Sheetal Ajaonkar, Shuang Ma, Balu Gudimetla, Ravi Chamarthi (2010), *Bridge Approach Slabs for Missouri DOT: Looking at Alternative and Cost Efficient Approaches*, University of Missouri Kansas City - Kansas

City & University of Missouri, Columbia.

- [40] Jeong Bok Seo (2003). *The bump at the end of the bridge: an investigation*. Doctor of philosophy, Texas A&M University, USA.
- [41] Kang, Y. - S. (2005), *Dynamic Interaction of Track and Train System on the Broken Rail*, Department of Civil and Environmental Engineering, Korea University, Seoul.
- [42] Long, J.H., Olson, S.M, & Stark, T.D (1998), *Differential Movement at Embankment/Bridge Structure Interface in Illinois*, Transportation Research Board, Washington, DC.
- [43] Lary R. Lenke (2005), *Settlement issues - bridge approach slabs*, Transportation Engineering Research Program - University Of New Mexico.
- [44] Mitschke (1992), *B: Fahrzeugschwingung*, Springer, Berlin.
- [45] Ronaldo Luna (2004), *Evaluation of bridge approach slabs, performance and design*, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering - University of Missouri.
- [46] ASTM – E1170 : 97, *Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces*.
- [47] Syawal Satibi (2009), *Numerical analysis and design criteria of embankments on floating piles*, Universität Stuttgart, Germany.
- [48] Xiaomin Shi (2006), *Structural performance of approach slab and its effect on vehicle induced bridge dynamic respons*, Louisiana State University.
- [49] Wahls, H. E. (1990). “*NCHRP Synthesis 159: Design and Construction of Bridge Approaches*.” Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
- [50] White, D., Sritharan, S., Suleiman, M., Mohamed M., and Sudhar, C. (2005). “*Identification of the Best Practices for Design, Construction, and Repair of Bridge Approaches*.” CTRE. Project 02-118, Iowa State University. Ames, Iowa.