



Tổng quan về nghiên cứu mô đun đàn hồi động M_r của nền đất: thực trạng và hướng phát triển phục vụ cho xây dựng đường sắt tốc độ cao tại Việt Nam

Nguyễn Văn Phóng¹, Bùi Trường Sơn¹, Nguyễn Song Thanh²
1 Trường Đại học Mỏ - Địa chất; 2 Viện Nền móng và Công trình ngầm

Nội dung

1

Đặt vấn đề

2

Nghiên cứu mô đun đàn hồi động Mr phục vụ xây dựng đường sắt tốc độ cao

3

Thực trạng và hướng phát triển ở Việt Nam

Đặt vấn đề

Xu hướng

Đường sắt tốc độ cao là xu hướng tất yếu, là định hướng chiến lược của Chính phủ Việt Nam (*nhu cầu vận tải, kinh tế, môi trường, xu hướng toàn cầu*)

Nền đắp

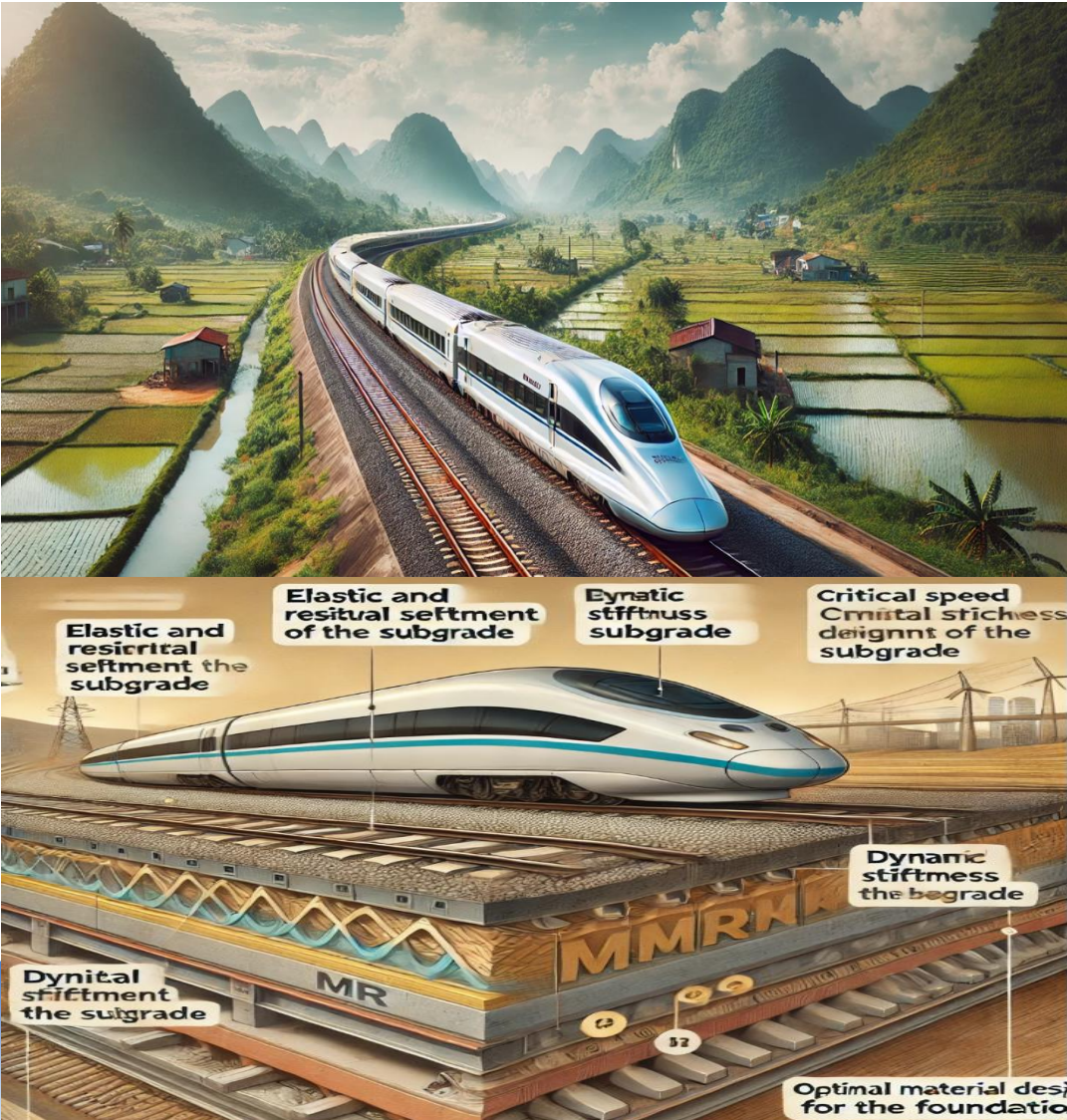
Là một phần quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến ổn định, độ lún và độ bền lâu dài của đường sắt tốc độ cao

Mô đun Mr

Thông số quan trọng: xác định độ lún (đàn hồi và dư); phân tích động học; độ cứng động; tốc độ tới hạn; giảm thiểu rung động; thiết kế vật liệu nền

PP nghiên cứu Mr

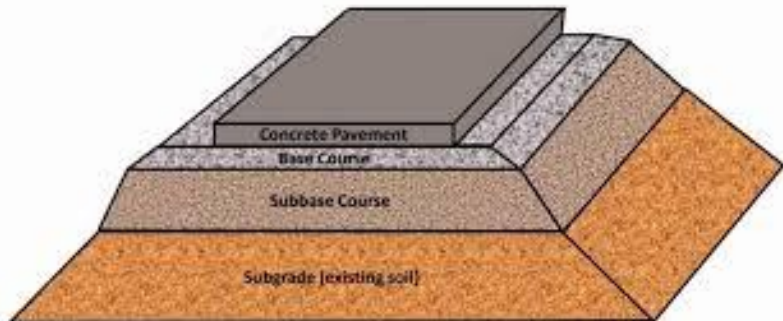
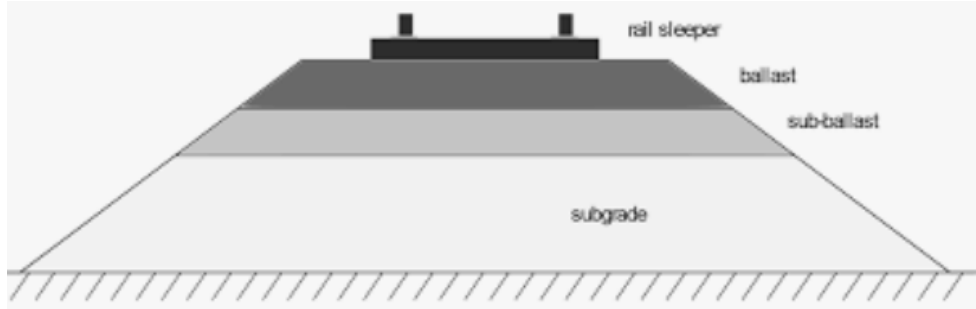
- Có đặc điểm riêng với đường sắt tốc độ cao
- Chưa được chú ý đúng mức ở Việt Nam



Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Nền đắp (subgrade soil)

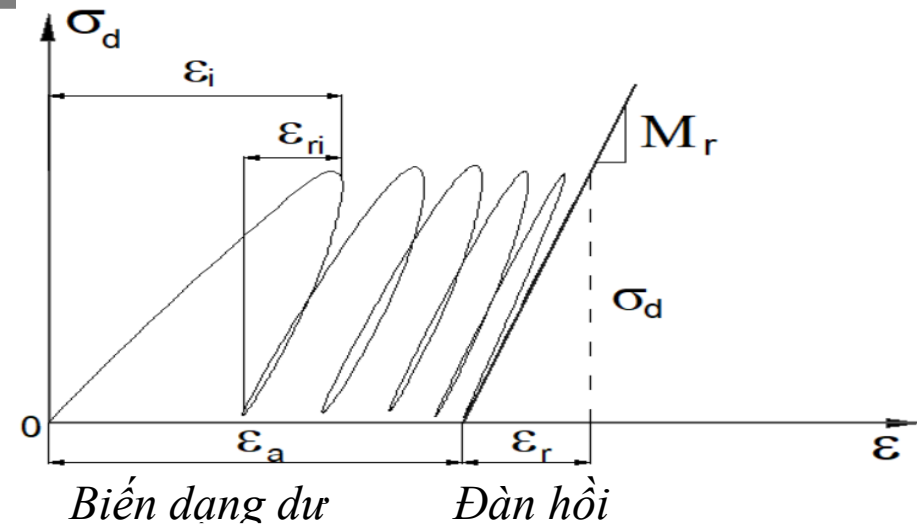
là lớp đất đắp nằm dưới móng đường, chịu toàn bộ tải trọng từ phương tiện giao thông có nhiệm vụ phân phối đều áp lực lên đất nền, đảm bảo sự ổn định và tuổi thọ của công trình.



Yêu cầu: Cường độ cao, đánh giá qua M_r ; Ổn định lâu dài; Khả năng chống biến dạng lớn

Mô đun M_r

(Resilient Modulus - M_r) là một chỉ tiêu cơ học biểu thị khả năng biến dạng đàn hồi của đất (hoặc vật liệu đắp) dưới tác động của tải trọng lặp lại



Ảnh hưởng đến M_r

- 1) Loại đất đắp
- 2) Độ ẩm
- 3) Độ chặt
- 4) Điều kiện ứng suất
- 5) Độ lệch ứng suất
- 6) Số chu kỳ gia tải
- 7) Môi trường vận hành: độ ẩm, nhiệt độ, tan băng, ..

Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

❖ Đặc điểm nghiên cứu M_r :

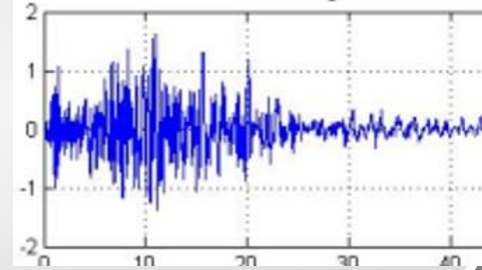
Phù hợp với điều kiện ứng suất, đặc điểm tải trọng động

- ✓ Điều kiện ứng suất khác nhau (áp lực địa tầng) → ứng xử đàn hồi của đất khác nhau
- ✓ Đặc điểm tải trọng động khác nhau → Ứng xử của đất khác nhau
- ❑ Cần đảm bảo (hoặc mô phỏng) được điều kiện ứng suất
- ❑ Mô phỏng được tải trọng động do phương tiện giao thông gây ra

Kháng chấn

Nhà cao tầng, Cầu lớn, Đập thủy điện chịu động đất

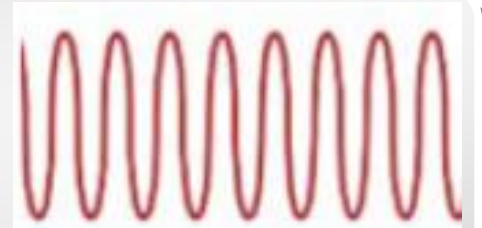
Biên độ tắt dần



Móng máy

Điện hạt nhân, Trụ điện gió, ...

Điều hòa



Đường bộ

Phương tiện giao thông đường bộ

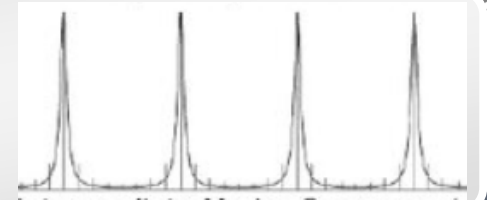
Tuần hoàn



Đường sắt

Tàu tốc độ thường và tốc độ cao

Tuần hoàn



Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

❖ Các phương pháp nghiên cứu M_r trong công trình giao thông

Phương pháp	Đặc điểm và phạm vi áp dụng	Tiêu chuẩn sử dụng
Thí nghiệm ba trục động (Cyclic Triaxial Test - CTT)	Mô phỏng theo tải trọng lặp lại của phương tiện giao thông. Được áp dụng cho công trình giao thông xác định M_r	1. AASHTO T307 2. TCCS 37:2022
Thí nghiệm cột cộng hưởng (Resonant Column- RC)	Xác định được mô đun động ở tần số cộng hưởng, áp dụng nghiên cứu hiệu ứng cộng hưởng (xác định $f_0 \rightarrow M_r$)	ASTM D4015
Thí nghiệm tấm nén động (Falling Weight Deflectometer - FWD)	Thí nghiệm ở điều kiện thực tế tại mặt đường, áp dụng cho vật liệu mặt đường.	AASHTO T276
Thí nghiệm xuyên động (Light Weight Deflectometer - LWD)	Thí nghiệm ở điều kiện thực tế, áp dụng kiểm tra nhanh chất lượng nền đắp, tính gián tiếp M_r	ASTM E2583

Mô phỏng điều kiện ứng suất và tải trọng động

Mô phỏng tải trọng động tác dụng trực tiếp trên mặt đường

Điều kiện ứng suất thực tế

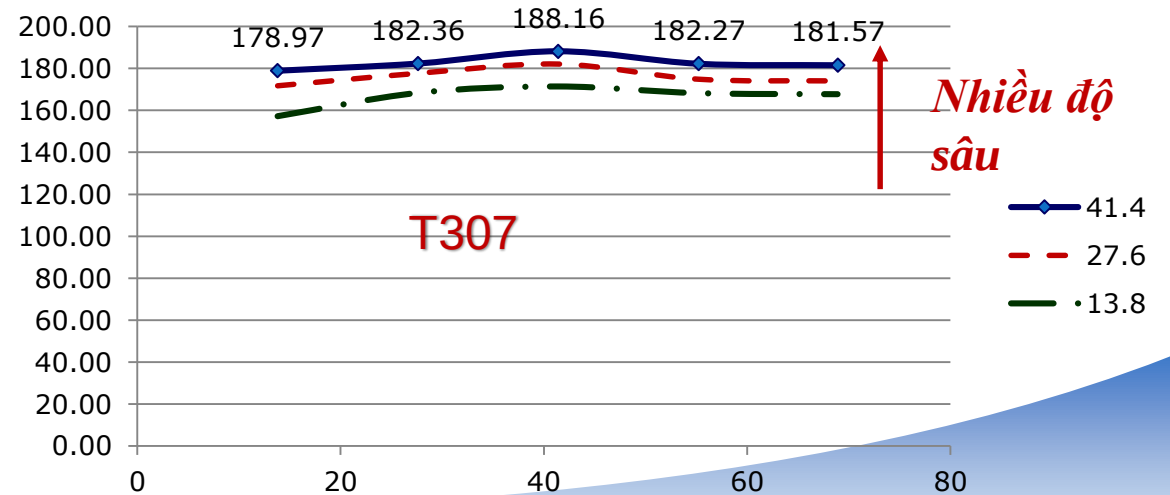
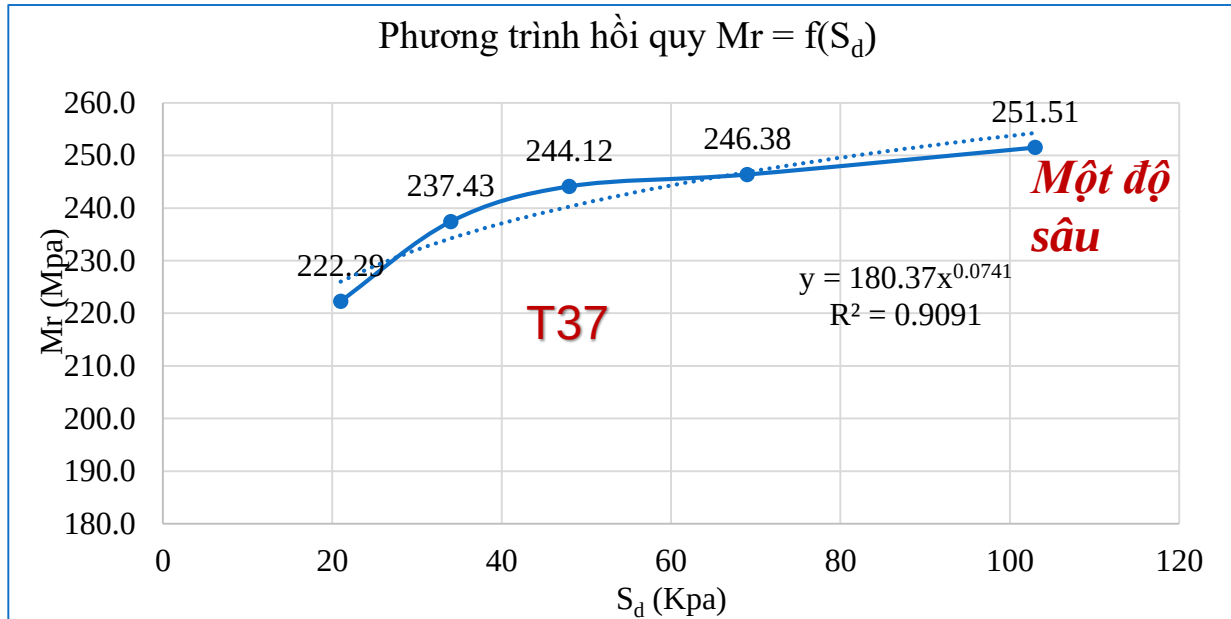
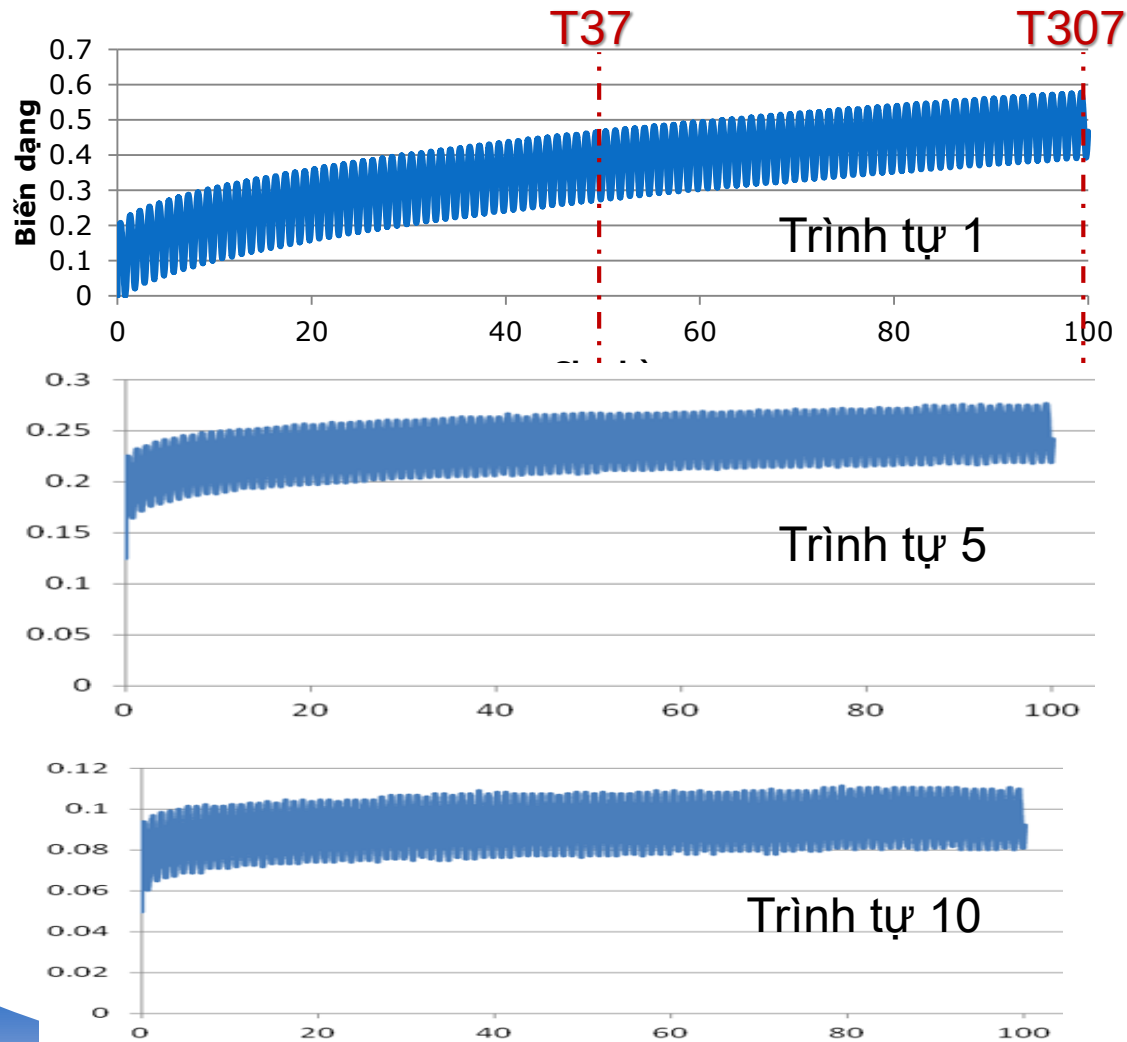
Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

❖ Các phương pháp nghiên cứu M_r trong công trình giao thông

- ❑ Phương pháp ba trục động đảm bảo mô phỏng được cả điều kiện ứng suất và đặc điểm tải trọng động
- ❑ Tiêu chuẩn TN:
 - ✓ Tiêu chuẩn Mỹ AASHTO T307
 - ✓ Tiêu chuẩn cơ sở của Tổng cục đường bộ Việt Nam TCCS 37:2022.

Giai đoạn	Tiêu chí	TCCS 37:2022 (Việt Nam)	AASHTO T307 (Mỹ)	Nhận xét
Sơ bộ	Số chu kỳ	1000	1000	Tương tự nhau
	Độ lệch ứng suất	21kPa ($S \leq 48\text{kPa}$) 41kPa ($S > 48\text{kPa}$)	41,4kPa	TCCS có phân biệt hai loại đất theo cường độ kháng cắt (S), còn T307 không phân biệt
Chính thức	Số trình tự thí nghiệm	5	15	AASHTO có sự phân chia tải trọng chi tiết hơn để phản ánh điều kiện thực tế.
	Áp lực hông (σ_3)	21 kPa	41.4 -> 27.6 -> 13.8 kPa	T307 sử dụng nhiều mức σ_3 để mô phỏng điều kiện thực tế tốt hơn.
	Độ lệch ứng suất	21 - 103 kPa	13.8 - 68.9 kPa	TCCS 37 có mức ứng suất trục cao hơn trong các giai đoạn chính thức.
	Số chu kỳ tải trọng	50	100	T307 có số chu kỳ thí nghiệm linh hoạt hơn giữa các mức tải khác nhau.

Đánh giá thực nghiệm theo T37 và T307 (Thiết bị Tritech 50 – HUMG)



Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

❖ Các phương pháp nghiên cứu M_r trong công trình giao thông

Bảng 2. Bảng so sánh một số tiêu chí giữa đường sắt tốc độ cao với đường sắt thường

Tiêu chí	Đường sắt thường	Đường sắt tốc độ cao
Tốc độ thiết kế	80 - 120 km/h (TCVN 5529:1991)	250 - 350 km/h (TCVN 12824:2019)
Tải trọng đoàn tàu	16 - 25 tấn/trục (UIC 700)	17 - 22 tấn/trục (EN 14363:2016)
Tính nhạy cảm với biến dạng nền đường	Trung bình	Rất cao
Mức độ rung động	Ít quan trọng	Cực kỳ quan trọng
Yêu cầu độ cứng nền đường	Trung bình	Rất cao và đồng đều
Sai số chấp nhận khi xác định M_r (kiến nghị theo kinh nghiệm)	$\pm 10 - 15\%$	$\leq \pm 5\%$

❑ Yêu cầu về nghiên cứu M_r cao hơn (đk ứng suất, sự phù hợp tải trọng lặp, độ chính xác và tin cậy)

Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

❖ Các phương pháp nghiên cứu M_r trong công trình đường sắt tốc độ cao

Với **đường sắt tốc độ cao**, do đặc điểm tải trọng động truyền xuống nền đắp (cường độ ứng suất và tần số lớn hơn) và yêu cầu độ ổn định cao hơn so với đường bộ và đường sắt thường (bảng 2) nên yêu cầu đối với công tác thí nghiệm xác định M_r cao hơn.

- **TCCS 37:2022** của Việt Nam có quy trình đơn giản hơn, với số lượng chu kỳ thấp hơn trong các giai đoạn chính thức. Điều này có thể giúp tiết kiệm thời gian và chi phí thí nghiệm, nhưng có thể chưa phản ánh đầy đủ điều kiện làm việc thực tế của nền đường.
 - **AASHTO T307** có quy trình thử nghiệm phức tạp hơn, với nhiều mức ứng suất khác nhau để mô phỏng đầy đủ các điều kiện làm việc của nền đường. Điều này giúp kết quả thí nghiệm có độ chính xác cao hơn nhưng cũng đòi hỏi nhiều công sức và thời gian thực hiện.
- ❑ Với đường sắt tốc độ cao, thực hiện theo AASHTO T307 có thể phù hợp hơn vì mô phỏng **được điều kiện ứng suất và đặc điểm tải trọng** một cách toàn diện hơn, đặc biệt là với những tác động lặp lại và biến động lớn từ tải trọng động của tàu (*hạn chế: mẫu nhỏ, phức tạp + tốn kém*)
 - ❑ Kết hợp với DCP: Thí nghiệm ở điều kiện thực tế, đơn giản + ít tốn kém → có thể TN với số lượng lớn dọc theo chiều dài tuyến (*có thể không đồng nhất do vật liệu đắp không đồng nhất*)

Thực trạng và hướng phát triển ở Việt Nam



Quy hoạch mạng lưới đường sắt cao tốc ở Việt Nam đã được Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1769/QĐ-TTg năm 2021, với mục tiêu phát triển hệ thống đường sắt hiện đại, đồng bộ, đáp ứng nhu cầu vận tải và thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội bền vững.

✓ Giai đoạn đến năm 2030:

- **Tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam:** Triển khai xây dựng tuyến đường sắt tốc độ cao từ ga Ngọc Hồi (Hà Nội) đến ga Thủ Thiêm (TP.HCM) với chiều dài khoảng 1.545 km, đường đôi, khổ 1.435 mm.

Dự kiến sử dụng ba loại kết cấu chính với tỷ lệ như sau: Cầu: khoảng 60% tổng chiều dài tuyến; Nền đất đắp: khoảng 30% tổng chiều dài tuyến.

Hầm: khoảng 10% tổng chiều dài tuyến.

- **Các tuyến đường sắt mới khác:** Quy hoạch xây dựng các tuyến như Hà Nội - Hải Phòng, Vũng Áng - Tân Ấp - Mụ Giạ (kết nối với Lào), TP.HCM - Cần Thơ, Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng, và các tuyến kết nối khu công nghiệp, cảng biển, khu kinh tế.

✓ Tầm nhìn đến năm 2050:

- **Hoàn thành tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam:** Tiếp tục đầu tư hoàn thiện và đưa vào khai thác toàn tuyến, đảm bảo kết nối hiệu quả giữa các vùng kinh tế trọng điểm.

- **Phát triển các tuyến đường sắt mới:** Xây dựng các tuyến kết nối khu vực Tây Nguyên, đường sắt ven biển, và các tuyến kết nối quốc tế, nhằm mở rộng mạng lưới và tăng cường liên kết vùng.

Nhu cầu tương lai về nghiên cứu Mr cho đất đắp đường sắt tốc độ cao là rất lớn

Thực trạng và hướng phát triển ở Việt Nam

❖ Thực trạng nghiên cứu Mr ở Việt Nam

Nhìn chung, việc nghiên cứu và ứng dụng Mr ở Việt Nam vẫn đang trong giai đoạn ban đầu (*chủ yếu xác định theo kinh nghiệm – tra bảng*), cần có sự đầu tư mạnh mẽ hơn về cơ sở pháp lý, thiết bị thí nghiệm và nguồn lực con người để đáp ứng yêu cầu thực tế, đặc biệt trong các dự án đường sắt tốc độ cao.

Nội dung	Thực trạng
Cơ sở pháp lý (Tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật)	- Hiện chưa có tiêu chuẩn quốc gia (TCVN) quy định về thí nghiệm xác định Mr. - Tiêu chuẩn liên quan TCVN 8868:2011 (xác định mô Mr bằng tấm nén) chỉ áp dụng cho mặt đường. - TCCS 37:2022 áp dụng phù hợp cho đường bộ
Cơ sở khoa học (Các đề tài, công trình nghiên cứu về Mr)	- Số lượng nghiên cứu còn ít; Một số nghiên cứu về mô đun đàn hồi Mr (chủ yếu là kết cầu mặt đường) được thực hiện tại Đại học GTVT, Đại học Mỏ - Địa chất, Viện KHCN GTVT cho công trình đường bộ. - Chưa có nghiên cứu về Mr cho đường sắt, đặc biệt là đường sắt tốc độ cao.
Cơ sở vật chất (Thiết bị, nhân lực, nguồn lực nghiên cứu)	- Thiết bị thí nghiệm Mr còn rất hạn chế: mới có ba trục động, xuyên động (HUMG). - Nhân lực nghiên cứu rất hạn chế.

Thực trạng và hướng phát triển ở Việt Nam

❖ Hướng phát triển nghiên cứu ở Việt Nam

1. Ứng xử đàn hồi (hồi phục) của đất đắp với tải trọng động do tàu đường sắt tốc độ cao
2. Nghiên cứu đánh giá tiềm năng vật liệu đắp cho xây dựng đường sắt tốc độ cao (với tiêu chí Mr đáp ứng yêu cầu) – theo khu vực, theo loại đá gốc, ...
3. Nghiên cứu các phương pháp xác định Mr của kết cấu nền – móng đường sắt tốc độ cao
4. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của độ ẩm, nhiệt độ, chu kỳ tải trọng, sự bão hòa nước, ... đến sự suy giảm Mr theo thời gian
5. Nghiên cứu vật liệu mới thay thế đất đắp truyền thống
6. Các nghiên cứu về mô hình hóa ứng xử động học

Thực trạng và hướng phát triển ở Việt Nam

❖ Hướng phát triển đào tạo ở Việt Nam

1. Mở mới ngành đào tạo: Kỹ thuật nền móng công trình đường sắt tốc độ cao; Vật liệu xây dựng công trình đường sắt tốc độ cao
2. Bổ sung, cập nhật vào đề cương các học phần, chương trình đào tạo liên quan
3. Đào tạo cấp chứng chỉ cho kỹ thuật viên về các phương pháp thí nghiệm nền móng (vật liệu) công trình đường sắt tốc độ cao
4. Hợp tác trong nước và quốc tế về lĩnh vực đường sắt tốc độ cao

❖ Xây dựng bộ khung pháp lý

1. Xây dựng tiêu chuẩn quốc gia (TCVN), tiêu chuẩn cơ sở, các quy chuẩn, chỉ dẫn về phương pháp, quy trình thí nghiệm xác định Mr cho đường sắt tốc độ cao
2. Nghiên cứu, ban hành các quy định về giới hạn Mr (đáp ứng tốc độ yêu cầu), quy trình bảo dưỡng nền đắp (đảm bảo tính ổn định bền vững)

Kết luận và kiến nghị

❖ Kết luận

- ✓ Mr của nền đất là một thông số quan trọng trong thiết kế đường sắt tốc độ cao, được sử dụng trong phân tích động học, giảm thiểu rung động, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chịu tải, độ lún và tốc độ giới hạn.
- ✓ Mr có tính phi tuyến, phụ thuộc vào trạng thái ứng suất, độ ẩm, chu kỳ tải trọng, chu trình thí nghiệm và loại vật liệu.
- ✓ Phương pháp thí nghiệm ba trục động theo AASHTO T307 là phương pháp triển vọng để xác định chính xác Mr, kết hợp với thí nghiệm hiện trường DCP để đảm bảo độ tin cậy trong điều kiện thực tế.
- ✓ Tại Việt Nam, nghiên cứu về Mr của nền đất cho đường sắt tốc độ cao vẫn còn hạn chế về cơ sở khoa học, pháp lý và cơ sở vật chất, nguồn lực.
- ✓ Hướng phát triển nghiên cứu, đào tạo có nhiều triển vọng

Kết luận và kiến nghị

❖ Kiến nghị

- ✓ Cần đẩy mạnh các nghiên cứu về Mr: Phương pháp và mô hình phù hợp; Cho các loại vật liệu đắp (*các mỏ vật liệu quy hoạch hoặc đề xuất quy hoạch*) theo độ chặt (K98); Vật liệu thay thế; Các yếu tố ảnh hưởng (*tuổi, nguồn gốc, điều kiện bảo dưỡng*), ...
- ✓ Mở ngành mới; cập nhật chương trình đào tạo với các ngành liên quan; mở các khóa đào tạo ngắn hạn cấp chứng chỉ.
- ✓ Đầu tư máy móc thiết bị nghiên cứu.
- ✓ Xây dựng tiêu chuẩn quốc gia, quy chuẩn, chỉ dẫn kỹ thuật.



Xin trân trọng cảm ơn!

