



CK.0000068481

KẾT CẤU TẦNG TRÊN ĐƯỜNG SẮT

2

NGUYỄN
ĐỨC LIÊU



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

LÊ VĂN CỬ

**KẾT CẤU TẦNG TRÊN
ĐƯỜNG SẮT**
TẬP 2

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2013

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn sách “KẾT CẤU TẦNG TRÊN ĐƯỜNG SẮT” được biên soạn theo chương trình đào tạo của Ngành Xây dựng Cầu đường chuyên ngành Đường sắt và chuyên ngành Đường sắt - Cầu đã được Hội đồng khoa học Trường Đại học Giao thông Vận tải, Bộ Giáo dục và Đào tạo phê duyệt. Đây là cuốn sách dùng để làm giáo trình giảng dạy, học tập, nghiên cứu cho sinh viên, học viên cao học các lớp đường sắt, cầu đường sắt, đường sắt đô thị... và là tài liệu tham khảo cho cán bộ kỹ thuật trong Ngành.

“KẾT CẤU TẦNG TRÊN ĐƯỜNG SẮT” là môn học chuyên môn chủ yếu chuyên ngành Công trình Đường sắt, tuân thủ mục tiêu đào tạo chuyên ngành. Nội dung cuốn sách thuyết minh nguyên lý cơ bản, kiến thức cơ bản về đường ray đường sắt khổ hẹp 1000mm và đường sắt khổ tiêu chuẩn 1435mm, đáp ứng nhu cầu nghiên cứu, học tập của sinh viên chuyên ngành, cán bộ kỹ thuật Ngành Đường sắt. Trong sách giới thiệu lý thuyết mới, kỹ thuật mới của khoa học kỹ thuật đường sắt phát triển của một số nước tiên tiến trên thế giới được vận dụng vào khổ đường 1000mm, kết hợp kế hoạch từng bước phát triển Ngành Đường sắt nước nhà. Sách còn giới thiệu, cơ sở lý luận nâng cao tốc độ tàu khách, kiến thức cơ bản về đường sắt cao tốc, cơ sở lý thuyết kỹ thuật đường sắt không khe nối vượt khu gian, kỹ thuật mới về đường sắt cao tốc Châu Âu và đường sắt cao tốc Nhật Bản.

Cuốn sách “KẾT CẤU TẦNG TRÊN ĐƯỜNG SẮT” góp phần đáp ứng “Chiến lược phát triển đường sắt Việt Nam đến năm 2020 và tầm nhìn 2050”. Giải quyết nâng cấp đường sắt Thống Nhất hiện có đạt tốc độ chạy tàu khách 100km/h, tàu hàng chạy 80km/h, tốc độ thiết kế cơ sở hạ tầng 120km/h đạt cấp kỹ thuật quốc gia và khu vực, xây dựng tuyến mới tàu tốc độ cao.

Nội dung cuốn sách chia làm hai tập.

1. Tập 1 (số tiết học: 45 tiết) gồm 03 chương

Chương 1: Cấu tạo tầng trên đường sắt

Chương 2: Cấu tạo và thiết kế đường ray

Chương 3: Đường nối tiếp và đường giao nhau.

2. Tập 2 (số tiết học: 45 tiết) gồm 03 chương

Chương 1: Tình cường độ tuyến đường

Chương 2: Nguyên lý và thiết kế đường sắt không khe nối

Chương 3: Đường sắt không khe nối vượt khu gian và đường sắt cao tốc không khe nối.

Cuốn sách được xuất bản với sự động viên, sự ủng hộ nhiệt tình của các thầy, cô giáo và đồng nghiệp trong Bộ môn Đường sắt. Qua đây Tác giả xin bày tỏ sự cảm ơn chân thành vì sự giúp đỡ và động viên của cán bộ Nhà trường, đặc biệt là những ý kiến nhận xét và góp ý của các bạn đồng nghiệp về nội dung của cuốn sách. Tuy đã rất cố gắng trong quá trình biên soạn, nhưng không tránh khỏi những thiếu sót, tác giả mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để cuốn sách được hoàn thiện tốt hơn trong lần xuất bản sau.

Tác giả

Chương 1

TÍNH CƯỜNG ĐỘ ĐƯỜNG RAY

1.1. KHÁI NIỆM

Phân tích cơ học kết cấu đường ray tức là lý thuyết cơ học ứng dụng, kết hợp nguyên lý tác dụng tương hỗ bánh xe ray, phân tích đường ray dưới tác dụng của điều kiện chạy đầu máy toa xe khác nhau, phát sinh phân bố nội lực và biến dạng, tiến hành kiểm toán cường độ đối với cấu kiện chủ yếu, để gia cường khâu yếu đường ray, ưu việt hoá trạng thái làm việc của đường ray, nâng cao khả năng chịu tải của đường ray, phát huy tiềm lực lớn nhất hiện có của đường ray, đầu tư ít, hiệu quả cao. Dùng tham số kết cấu đường ray tiến hành thiết kế đường ray tốt nhất, phối hợp kết cấu đường ray và thiết kế triển khai vật liệu và loại hình kết cấu dạng mới. Vì thế, tính cường độ tuyến đường là cơ sở lý thuyết thiết kế kiểm toán và cải tiến kết cấu đường ray.

Vận tải đường sắt phát triển theo hướng cao tốc, tải nặng, khối lượng vận tải lớn, mật độ cao yêu cầu hệ thống vận tải ray bánh xe càng nhiều, càng mới. Tốc độ chạy tàu càng cao, vấn đề an toàn đòi hỏi càng phải nghiêm ngặt, yêu cầu bảo đảm đoàn tàu cao tốc chạy ổn định, dễ chịu, không lật đổ, không trật đường ray. Vận tải trọng lượng càng nặng, tác dụng động lực giữa bánh xe và ray càng mạnh, sự phá hoại kết cấu đường ray càng nghiêm trọng.

Vì thế, nghiên cứu sâu quy luật tác dụng động lực tương hỗ bánh xe ray, tìm ra giải pháp giảm tác dụng tương hỗ bánh xe ray, đảm bảo cường độ và ổn định đường ray, giảm thiểu khối lượng công việc duy tu, kéo dài tuổi thọ sử dụng thiết bị.

Phân tích hiệu ứng động lực của tác dụng tương hỗ bánh xe ray, trước hết phải xây dựng mô hình đặc trưng cơ học cơ bản tác dụng tương hỗ đầu máy toa xe và kết cấu đường ray. Yêu cầu tính đơn giản nhưng có độ chính xác cần thiết là nguyên tắc căn bản trong phân tích hiệu ứng động lực của bánh xe ray. Khi nghiên cứu hiệu ứng động lực của kết cấu đường ray, thường lấy bộ phận đầu đường ray là chính để phân tích chấn động của hệ thống đường ray.

Lực động của vật kết cấu căn bản khác lực tĩnh. Do chấn động của khối lượng bộ phận phía dưới và phía trên lò xo đầu máy toa xe mà sản sinh, hoạt tải động tác dụng trên đường ray, tần suất của nó thấp rất nhiều so với cả đường ray, nhất là so tần suất tự chấn của ray, và lại lớp đá dăm vốn có tác dụng ngăn cản, tiêu chấn rất cao, cho nên không thể kích hoạt chấn động của ray, loại hoạt tải động này tác dụng vào ray cơ bản tương đương như tải trọng tĩnh.

Phân tích cơ học đường ray, trước hết cần xác định lực tác dụng trên đường ray. Đường ray chịu lực rất phức tạp, có tính thời cơ và tính trùng phục. Có thể phân thành lực hướng đứng, thẳng góc với mặt đỉnh ray, lực nằm ngang thẳng góc với trục ray và lực hướng dọc song song với trục ray.

1. Lực thẳng đứng bao gồm trọng lượng tĩnh bánh xe và áp lực động phụ. Trọng lượng bánh xe là khi đầu máy toa xe đứng yên, tải trọng bánh xe tác dụng trên đường ray thẳng phẳng. Trong quá trình đoàn tàu chạy, lực thẳng đứng của bánh xe tác dụng trên đường ray gọi là tải trọng động bánh xe. Phần tải động bánh xe vượt tải tĩnh bánh xe gọi là trị động lực phụ, nguyên nhân gây ra rất phức tạp phụ thuộc về cấu tạo và trạng thái đầu máy toa xe, về trạng thái và cấu tạo đường ray, về phương diện trạng thái vận động của đầu máy toa xe trên đường ray. Chủ yếu bao gồm áp lực hơi nước đầu máy hơi nước và lực quán tính khi bộ phận chuyển động vận động, lực ly tâm của lượng vượt búa cân bằng sản sinh ra, do mặt lăn bánh xe không tròn hoặc lắp bánh xe lệch tâm, đường ray không phẳng thuận, mặt ray bị lẹm, khe ray, ray so le và góc gãy sinh ra, áp lực động phụ do không phẳng thuận sinh ra phụ thuộc vào chiều dài không phẳng thuận, chiều sâu và tốc độ chạy tàu, trọng lượng trục, khi nghiêm trọng vượt tải tĩnh bánh xe 1-3 lần.

2. Lực nằm ngang bao gồm trên đường ray đường thẳng vì toa xe chuyển động không phẳng, gờ bánh xe tiếp xúc ray sinh ra lực hướng ngang có tính chu kỳ, chỗ phương hướng đường ray không phẳng thuận, bánh xe xung kích ray cũng sinh lực hướng ngang. Đường ray trên đường cong, chủ yếu là chuyển hướng của giá chuyển, lực đảo hướng của gờ bánh xe tác dụng vào mặt sườn ray, lực nằm ngang của mục này tương đối lớn so với các mục khác. Còn lực ly tâm chưa được cân bằng.

3. Lực nằm dọc bao gồm lực của đoàn tàu khi khởi động và hãm tàu sinh ra, phân lực nằm của trọng lực đoàn tàu chạy trên đường dốc, lực nằm dọc của ray trôi và ray vì nhiệt độ thay đổi không thể tự do co giãn mà sinh ra, lực nhiệt độ đối với tính ổn định đường sắt không khe nổi rất quan trọng.

1.2. TÍNH LỰC TĨNH CỦA KẾT CẤU ĐƯỜNG RAY CHỊU LỰC THẲNG ĐỨNG

1.2.1. Giả thiết cơ bản, thông số đặc trưng và mô hình tính

1.2.1.1. Giả thiết cơ bản

- Trạng thái đường ray và đầu máy toa xe đều ở trạng thái bình thường rất tốt, phù hợp quy trình quản lý kỹ thuật đường sắt và các tiêu chuẩn kỹ thuật liên quan.

- Coi ray như một dầm dài vô hạn đặt trên nền đàn hồi, coi tà vẹt như một dầm ngắn đặt trên nền đàn hồi liên tục. Áp lực thẳng đứng tác dụng trên nền ray và chuyển vị thẳng đứng có quan hệ tuyến tính.

- Lực thẳng đứng của bánh xe nằm trong mặt đối xứng của ray, tải trọng tác dụng lên hai ray đều bằng nhau; độ cứng nền đồng đều đối xứng với tim đường.

- Không xét tới trọng lượng kiến trúc tầng trên.

1.2.1.2. Thông số đặc trưng nền đàn hồi đường ray

a) Độ cứng gối tựa ray D

Khi sử dụng mô hình dầm trên gối tựa đàn hồi, độ cứng gối tựa là đặc trưng đàn hồi của gối tựa, khi làm cho mặt đỉnh gối tựa ray sinh ra lún một đơn vị cần thiết đặt áp lực ray trên mặt đỉnh gối tựa, đơn vị đo là N/mm.

$$D = \frac{R}{y_D}$$

trong đó:

D - độ cứng gối tựa ray (N/mm);

R - áp lực ray lên tà vẹt (N);

y_D - trị lún của gối (mm).

Có thể xem gối tựa là một dây lò xo hình 1.1.

Trong hình: D_p - độ cứng tấm đệm; D_s - độ cứng tà vẹt; D_b - độ cứng đá dăm và nền đường.

Ta có $y_D = y_p + y_s + y_b$ (mm)

Theo định nghĩa độ cứng ta có:

$$y_p = \frac{R}{D_p}; \quad y_s = \frac{R}{D_s}; \quad y_b = \frac{R}{D_b}$$

$$\text{Ta có: } y_D = \left(\frac{1}{D_p} + \frac{1}{D_s} + \frac{1}{D_b} \right) R$$

$$\text{Cho nên: } D = \frac{1}{\frac{1}{D_p} + \frac{1}{D_s} + \frac{1}{D_b}} \text{ (N/mm)} = \frac{1}{\sum \frac{1}{D_i}} \quad (1-1)$$

Đàn hồi tà vẹt gỗ rất tốt, không cần đệm cao su, tà vẹt bê tông không thể ép co, có thể cho là $D_s = \infty$. Vì thế đặt tấm đệm trên tà vẹt bê tông rất quan trọng.

Độ cứng D_p, D_b - “độ cứng tấm đệm”, “độ cứng đá dăm nền đường” (N/mm).

Căn cứ thực đo hiện trường, đường ray tà vẹt gỗ $D = 8400 \sim 190000$ N/mm, đường ray tà vẹt bê tông $D = 22000 \sim 120000$ N/mm. Mùa đông xứ lạnh, lớp đá dăm đông cứng đàn hồi giảm thấp, trị D tăng. Tà vẹt gỗ đàn hồi tốt, trị D so với tà vẹt bê tông nhỏ. Trị D của đường ray tà vẹt gỗ, đường ray tà vẹt bê tông bằng 1.1 và bằng 1.2.

Bảng 1.1: Trị C, D đường ray tà vẹt gỗ

Thông số	Loại đường ray		
	Loại đặc biệt nặng và nặng	Loại nặng vừa	Loại nhẹ, trung bình
D (N/mm)	15000 ~ 19000	12000 ~ 15000	8400 ~ 12000
C (MPa/mm)	0,06 ~ 0,08	0,04 ~ 0,06	0,04

Bảng 1.2: Trị D đường ray tà vẹt bê tông (N/mm)

Đặc trưng đường ray	Loại đường ray, phần kiểm toán			
	Đặc biệt nặng, loại nặng		Loại nặng vừa, loại nhẹ	
	Ray	Tà vẹt, đá dăm dưới	Ray	Tà vẹt, đá dăm dưới
Tà vẹt bê tông, đệm cao su	30000	70000	22000	42000
Tà vẹt rộng, đệm cao su	50000	120000	/	/

b) Mô đun đàn hồi nền ray u

Khi sử dụng mô hình dầm trên nền liên tục, mô đun đàn hồi nền ray là đặc trưng đàn hồi của nền ray, định nghĩa là khi làm cho nền ray lún đàn hồi đơn vị, cần thiết đặt lực phân bố đều trên đơn vị chiều dài ray, đơn vị là MPa.

Theo định nghĩa ta có:

$$u = \frac{D}{a} \quad (1-2)$$

trong đó: U - mô đun đàn hồi nền ray (MPa);

A - khoảng cách tim tà vẹt (mm).

Tức là giả thiết phân lực D phân bố đều khoảng cách hai tà vẹt, sử dụng mô đun đàn hồi nền ray có thể coi gối tựa ly tán rải đều thành gối tựa liên tục, từ đó có thể dùng tìm giải phương pháp giải tích.

Mô đun đàn hồi của nền dưới ray u, chỉ với đường tà vẹt gỗ lớp đá dăm $u = 200\sim 250\text{kg/cm}^2$, đường tà vẹt bê tông nền đá dăm $u = 1000\sim 1200\text{kg/cm}^2$, theo kết quả nghiên cứu của Liên Xô (cũ) mô đun u có thể tới $1700\sim 2000\text{kg/cm}^2$ trên đường khai thác nhiều năm, còn đối với đường mới đặt hoặc mới đại tu mô đun đàn hồi $u = 500\text{kg/cm}^2$.

c) Hệ số lớp đá dăm C

Hệ số lớp đá dăm là biểu thị đặc trưng đàn hồi của lớp đá dăm và nền đường, định nghĩa là khi làm cho mặt đỉnh lớp đá dăm lún đàn hồi một đơn vị cần thiết đặt áp lực lên đơn vị diện tích của mặt đỉnh lớp đá dăm, đơn vị là MPa/mm. Căn cứ định nghĩa ta được:

$$C = \frac{R}{Y_0}$$

trong đó: C - hệ số lớp đá dăm (MPa/mm);

R - áp lực trên đơn vị diện tích của mặt đỉnh lớp đá dăm (MPa);

Y_0 - lượng lún đàn hồi trung bình lớp đá dăm.

Đường ray tuyến mới, do nền đường chưa nén chặt hoàn toàn, $C = 0,04 \sim 0,06\text{MPa/mm}$, đường ray đang khai thác $C = 0,08 \sim 0,10\text{MPa/mm}$.