

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 13566-6:2022

Xuất bản lần 1

**ỨNG DỤNG ĐƯỜNG SẮT – ĐƯỜNG RAY –
TÀ VỆT VÀ TÁM ĐỖ BÊ TÔNG – PHẦN 6: THIẾT KẾ**

*Railway applications – Track – Concrete sleepers and bearers –
Part 6: Design*

HÀ NỘI – 2022

MỤC LỤC

Lời nói đầu	5
1 Phạm vi áp dụng	7
2 Tài liệu viện dẫn	7
3 Thuật ngữ và định nghĩa	8
4 Yêu cầu chung	11
4.1 Trình tự chung để xác định mô men uốn	11
4.1.1 Tổng quan	11
4.1.2 Phương pháp thực nghiệm	11
4.1.3 Phương pháp lý thuyết	12
4.1.4 Phương pháp kết hợp	13
4.2 Vết nứt trong tà vẹt hoặc tấm đỡ bê tông	13
4.2.1 Vết nứt dưới vị trí đặt ray	13
4.2.2 Vết nứt ở khu vực giữa (tà vẹt bê tông dự ứng lực một khối)	14
4.2.3 Vết nứt đối với thử nghiệm uốn âm dưới vị trí đặt ray hoặc uốn dương ở khu vực giữa	14
4.3 Thiết kế mặt cắt tà vẹt	14
4.4 Độ bền của tà vẹt	14
5 Thông số thiết kế	14
5.1 Bảo trì	14
5.1.1 Chất lượng đường ray và đầu máy toa xe	14
5.1.2 Phân bố tải trọng thẳng đứng theo phương dọc	14
5.1.3 Phân bố phản lực nền đá ba lát dọc theo chiều dài tà vẹt	15
5.2 Điều kiện đặt đường ray	15
5.2.1 Khối lượng tà vẹt	15
5.2.2 Chiều dài tà vẹt	15
5.2.3 Chiều dày tà vẹt	15
5.2.4 Phương pháp lắp đặt đường ray	15
5.3 Thiết kế các bộ phận đường ray	15
5.3.1 Biên dạng ray và khoảng cách tà vẹt	15
5.3.2 Phụ kiện liên kết	16
5.3.3 Độ ổn định đường ray	16
5.4 Đặc trưng giao thông và thiết kế hướng tuyến đường ray	16
5.4.1 Tải trọng trục	16
5.4.2 Tốc độ lớn nhất	17
5.4.3 Tải trọng trong đường cong	17
6 Tính toán thiết kế	17
6.1 Kinh nghiệm từ việc sử dụng hoặc lắp đặt đường sắt	17
6.1.1 Kinh nghiệm của đường sắt đối với tải trọng tác động ngẫu nhiên hoặc ngoại lệ	17
6.1.2 Cường độ chịu kéo uốn của bê tông	17

TCVN 13566-6:2022

6.1.3	Mắt mát ứng suất trước.....	17
6.1.4	Kinh nghiệm đối với công tác đường ray.....	18
6.2	Tính toán thiết kế.....	18
6.2.1	Quy định chung	18
6.2.2	Tính tải trọng động tại vị trí đặt ray (P_k) trong điều kiện khai thác bình thường	18
6.2.3	Tính mô men uốn đặc trưng cho vị trí đặt ray của tà vẹt.....	18
6.2.4	Tính mô men uốn đặc trưng cho phần giữa tà vẹt	19
6.2.5	Tính mô men uốn đặc trưng cho tấm đỡ	19
6.2.6	Kiểm tra ứng suất trong bê tông.....	20
6.2.7	Xác định mô men uốn thử nghiệm đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên.....	20
Phụ lục A.....		21
(Tham khảo).....		21
Phương pháp và hệ số thiết kế đối với tà vẹt.....		21
A.1	Quy định chung.....	21
A.1.1	Giới thiệu.....	21
A.1.2	Xác định mô men uốn đặc trưng.....	21
A.1.3	Mức tải trọng và mô men uốn tương ứng	22
A.2	Tải trọng tại vị trí đặt ray	23
A.2.1	Gia tăng khai thác tiêu chuẩn đối với tải trọng bánh xe động	23
A.2.2	Phân bố tải trọng theo phương dọc	23
A.2.3	Ảnh hưởng của tấm đệm ray đàn hồi.....	25
A.2.4	Tính tải trọng động tại vị trí đặt ray	25
A.3	Mô men uốn đặc trưng.....	25
A.3.1	Quy định chung	25
A.3.2	Mặt cắt đặt ray	26
A.3.3	Mặt cắt giữa tà vẹt	27
A.4	Mô men uốn thử nghiệm và các hệ số liên quan	32
A.4.1	Mô men uốn thử nghiệm vết nứt đầu tiên và các hệ số liên quan	32
A.4.2	Hệ số cho các tiêu chí nghiệm thu của tải trọng thử nghiệm	33
A.4.3	Mô men uốn thử nghiệm do mỏi và các hệ số liên quan	34
A.5	Kiểm tra ứng suất cho trạng thái giới hạn sử dụng (chỉ với tà vẹt bê tông dự ứng lực)	34
A.6	Ví dụ thiết kế	35
A.6.1	Quy định chung	35
A.6.2	Ví dụ 1: Tính toán tà vẹt tiết diện thu hẹp của khổ đường 1 435 mm với dầm đàn hồi trên nền đàn hồi.....	36
A.6.3	Ví dụ 2: Tính toán tà vẹt tiết diện hình chữ nhật của khổ đường 1 435 mm sử dụng phương pháp đơn giản hóa	42
Phụ lục B.....		47
(Tham khảo).....		47
Phương pháp và hệ số thiết kế đối với tấm đỡ của ghi		47
Thư mục tài liệu tham khảo.....		48

Lời nói đầu

TCVN 13566-6:2022 là một phần của TCVN 13566:2022 "Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Tà vẹt và tấm đỡ bê tông", gồm các phần:

- Phần 1: Yêu cầu chung
- Phần 2: Tà vẹt bê tông dự ứng lực một khối
- Phần 3: Tà vẹt bê tông cốt thép hai khối
- Phần 4: Tấm đỡ bê tông dự ứng lực cho ghi và giao cắt
- Phần 5: Cấu kiện đặc biệt
- Phần 6: Thiết kế

TCVN 13566-6:2022 tương đương có sửa đổi so với nội dung của prEN 13230-6:2015.

TCVN 13566-6:2022 do Viện Khoa học và Công nghệ GTVT biên soạn, Bộ Giao thông vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Ứng dụng đường sắt – Đường ray – Tà vẹt và tấm đỡ bê tông – Phần 6: Thiết kế

*Railway applications – Track – Concrete sleepers and bearers –
Part 6: Design*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn thiết kế cụ thể về các vấn đề sau:

- Dẫn xuất về tải trọng đặc trưng và tải trọng thử nghiệm;
- Tính mô men uốn đặc trưng và mô men uốn thử nghiệm.

Tiêu chuẩn này đưa ra hướng dẫn để chuẩn bị tất cả các dữ liệu cung cấp cho Nhà sản xuất, phù hợp với TCVN 13566-1:2022, TCVN 13566-2:2022, TCVN 13566-3:2022, TCVN 13566-4:2022 và TCVN 13566-5:2022.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho đường khổ 1 435 mm, đường khổ 1 000 mm, đường lồng khổ 1 435 mm và 1 000 mm và cho tất cả các chiều dài tà vẹt hoặc tấm đỡ bê tông.

Tiêu chuẩn này đưa ra các tiêu chí đặc biệt đối với thiết kế tà vẹt và tấm đỡ bê tông như là các thành phần của đường ray. Phương pháp thiết kế trong Eurocode không áp dụng cho các cấu kiện bê tông này.

Tiêu chuẩn này chi tiết tất cả các thông số đường ray được tính đến để thiết kế tà vẹt và tấm đỡ. Thông tin về các thông số này có thể được sử dụng làm đầu vào cho quá trình tính toán thiết kế. Phải tính toán hoặc xác định tất cả các thông số đường ray sử dụng trong tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này đưa ra hướng dẫn cho quá trình tính toán thiết kế, giải thích cách kết hợp kinh nghiệm và tính toán để sử dụng các thông số thiết kế.

Tiêu chuẩn này đưa ra các ví dụ về dữ liệu số cập nhật nhất có thể được sử dụng khi áp dụng các Điều 4 đến Điều 6.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với tài liệu viện dẫn ghi năm công bố, áp dụng phiên bản được nêu. Đối với tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố, áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 13566-1:2022 *Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Tà vẹt và tấm đỡ bê tông – Phần 1: Yêu cầu chung;*

TCVN 13566-2:2022 *Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Tà vẹt và tấm đỡ bê tông – Phần 2: Tà vẹt bê tông dự ứng lực một khối;*

TCVN 13566-3:2022 *Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Tà vẹt và tấm đỡ bê tông – Phần 3: Tà vẹt bê tông cốt thép hai khối;*

TCVN 13566-6:2022

TCVN 13566-4:2022 *Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Tà vẹt và tấm đỡ bê tông – Phần 4: Tấm đỡ bê tông dự ứng lực cho ghi và giao cắt;*

TCVN 13566-5:2022 *Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Tà vẹt và tấm đỡ bê tông – Phần 5: Cấu kiện đặc biệt;*

ASTM A416/A416M *Standard specification for steel strand, uncoated seven-wire for prestressed concrete (Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với cáp bảy sợi không sơn phủ cho bê tông dự ứng lực);*

ASTM A881/A881M *Standard specification for steel wire, indented, low-relaxation for prestressed concrete railroad ties (Tiêu chuẩn kỹ thuật đối với sợi thép, khía răng cưa, độ chùng thấp cho tà vẹt bê tông dự ứng lực của đường sắt);*

EN 1992 *Eurocode 2: Design of concrete structures (Eurocode 2: Thiết kế kết cấu bê tông);*

EN 1992-1-1:2004 *Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1: General rules and rules for buildings (Eurocode 2: Thiết kế kết cấu bê tông – Phần 1: Quy tắc chung và quy tắc cho công trình xây dựng);*

EN 13146-3 *Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 3: Determination of attenuation of impact loads (Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Phương pháp thử nghiệm phụ kiện liên kết - Phần 3: Xác định suy giảm của tải trọng tác động);*

EN 13146-5 *Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 5: Determination of electrical resistance (Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Phương pháp thử nghiệm phụ kiện liên kết - Phần 5: Xác định điện trở);*

EN 13481-2 *Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems – Part 2: Fastening systems for concrete sleepers (Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Yêu cầu về tính năng đối với phụ kiện liên kết - Phần 2: Phụ kiện liên kết cho tà vẹt bê tông);*

EN 13848 (all parts) *Railway applications – Track – Track geometry quality (Ứng dụng đường sắt - Đường ray - Chất lượng hình học đường ray);*

prEN 10138 (all parts) *Prestressing steels (Thép dự ứng lực).*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa nêu trong TCVN 13566-1:2022 và các thuật ngữ sau.

3.1

Tải trọng trục danh định (nominal axle load)

(A_{nom})

Tải trọng trục danh định từ đầu máy toa xe.

3.2

Tải trọng bánh xe danh định (nominal wheel load)

(Q_{nom})

Tải trọng tĩnh thẳng đứng của bánh xe do tải trọng trục danh định.

3.3

Tải trọng bánh xe đặc trưng (characteristic wheel load)

(Q_k)

Giá trị đặc trưng của tải trọng thẳng đứng của bánh xe.

3.4

Hệ số (k_p)

Hệ số sử dụng cho suy giảm của tấm đệm ray.

3.5

Hệ số (k_v)

Hệ số sử dụng cho ảnh hưởng của vận tốc.

3.6

Hệ số (k_d)

Hệ số sử dụng cho phân bố tải trọng theo phương dọc giữa các tà vẹt.

3.7

Hệ số (k_r)

Hệ số sử dụng cho sự biến đổi phân bố tải trọng theo phương dọc giữa các tà vẹt do sự hư hỏng của nền đỡ.

3.8

Hệ số ($k_{i,r}$)

Hệ số sử dụng để tính mô men uốn đặc trưng tại vị trí đặt ray do các bất thường trong nền đỡ dọc theo chiều dài tà vẹt.

3.9

Hệ số ($k_{i,c}$)

Hệ số sử dụng để tính mô men uốn đặc trưng tại mặt cắt giữa do các bất thường trong nền đỡ dọc theo chiều dài tà vẹt.

3.10

Cánh tay đòn (internal lever arm)

(λ)

Cánh tay đòn của lực và phản lực của nền đá ba lát tác động lên tà vẹt tại mặt cắt đặt ray.

3.11

Tải trọng ngoại lệ (exceptional load)

Tải trọng chỉ xảy ra một vài lần trong thời hạn sử dụng của tà vẹt.

3.12

Tải trọng ngẫu nhiên (accidental load)

Tải trọng chỉ xảy ra một lần trong thời hạn sử dụng của tà vẹt.

3.13

Hệ số (k_i)

Hệ số sử dụng để tính các tiêu chí nghiệm thu đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên trong thử nghiệm tĩnh.

3.14

Tải trọng động tại vị trí đặt ray (dynamic rail seat load)

(P_k)

Tải trọng đặc trưng tác dụng trên vị trí đặt ray của tà vẹt đối với tải trọng động khai thác tiêu chuẩn.

3.15

Mô men uốn đặc trưng (characteristic bending moments)

(M_k)

Mô men uốn do tải trọng động tại vị trí đặt ray (P_k).

3.16

Mô men uốn dương đặc trưng đối với mặt cắt đặt ray (characteristic positive bending moment for rail seat section)

$(M_{k,r,pos})$

Mô men uốn dương tại mặt cắt đặt ray do tải trọng động tại vị trí đặt ray (P_k).

3.17

Mô men uốn âm đặc trưng đối với mặt cắt đặt ray (characteristic negative bending moment for rail seat section)

$(M_{k,r,neg})$

Mô men uốn âm tại mặt cắt đặt ray do tải trọng động tại vị trí đặt ray (P_k).

3.18

Mô men uốn âm đặc trưng đối với mặt cắt giữa (characteristic negative bending moment for center section)

$(M_{k,c,neg})$

Mô men uốn âm tại mặt cắt giữa do tải trọng động tại vị trí đặt ray (P_k).

3.19

Mô men uốn dương đặc trưng đối với mặt cắt giữa (characteristic positive bending moment for center section)

$(M_{k,c,pos})$

Mô men uốn dương tại mặt cắt giữa do tải trọng động tại vị trí đặt ray (P_k).

3.20

Mô men uốn thử nghiệm (test bending moment)

(M_t)

Mô men uốn thử nghiệm đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên xuất phát từ mô men uốn đặc trưng.

3.21

Mô men uốn dương thử nghiệm đối với mặt cắt đặt ray (test positive bending moment for rail seat section)

$(M_{t,r,pos})$

Mô men uốn dương thử nghiệm đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên ở vị trí đặt ray xuất phát từ mô men uốn đặc trưng.

3.22

Mô men uốn âm thử nghiệm đối với mặt cắt đặt ray (test negative bending moment for rail seat section)

$(M_{t,r,neg})$

Mô men uốn âm thử nghiệm đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên ở vị trí đặt ray xuất phát từ mô men uốn đặc trưng.

3.23

Mô men uốn âm thử nghiệm đối với mặt cắt giữa (test negative bending moment for center section)

$(M_{t,c,neg})$

Mô men uốn âm thử nghiệm đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên ở mặt cắt giữa, xuất phát từ mô men uốn đặc trưng.

3.24

Mô men uốn dương thử nghiệm đối với mặt cắt giữa (test positive bending moment for center section)

$(M_{1,c, pos})$

Mô men uốn dương thử nghiệm đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên ở mặt cắt giữa, xuất phát từ mô men uốn đặc trưng.

3.25

Hệ số (k_1)

Hệ số sử dụng để tính mô men uốn thử nghiệm do tải trọng ngoại lệ và tải trọng tác động ngẫu nhiên. Hệ số này áp dụng cho mô men uốn đặc trưng. Hệ số này là (k_{1d}) đối với thử nghiệm động và là (k_{1s}) đối với thử nghiệm tĩnh.

3.26

Hệ số (k_2)

Hệ số sử dụng để tính mô men uốn thử nghiệm do tải trọng tác động ngẫu nhiên. Hệ số này áp dụng cho mô men uốn đặc trưng. Hệ số này là (k_{2d}) đối với thử nghiệm động và là (k_{2s}) đối với thử nghiệm tĩnh.

3.27

Hệ số (k_3)

Hệ số sử dụng để tính mô men uốn thử nghiệm do mỏi. Hệ số này áp dụng cho mô men uốn đặc trưng. Hệ số này sử dụng để xác định giá trị (F_{rB}) tại thời điểm kết thúc thử nghiệm mỏi.

4 Yêu cầu chung

4.1 Trình tự chung để xác định mô men uốn

4.1.1 Tổng quan

Đường ray là một tập hợp các tà vẹt hoặc tấm đỡ bê tông đặt ngang trên đường, được gắn với ray bằng phụ kiện liên kết và được đỡ bởi nền đá ba lát hoặc nền đỡ khác. Đường ray được đặc trưng bởi khổ đường, biên dạng ray, độ nghiêng của ray và khoảng cách các tà vẹt và tấm đỡ bê tông. Tổ hợp bao gồm ray, phụ kiện liên kết và tà vẹt hoặc tấm đỡ bê tông trên nền đá ba lát hoặc nền đỡ khác, có thể được xem là dầm trên nền đàn hồi.

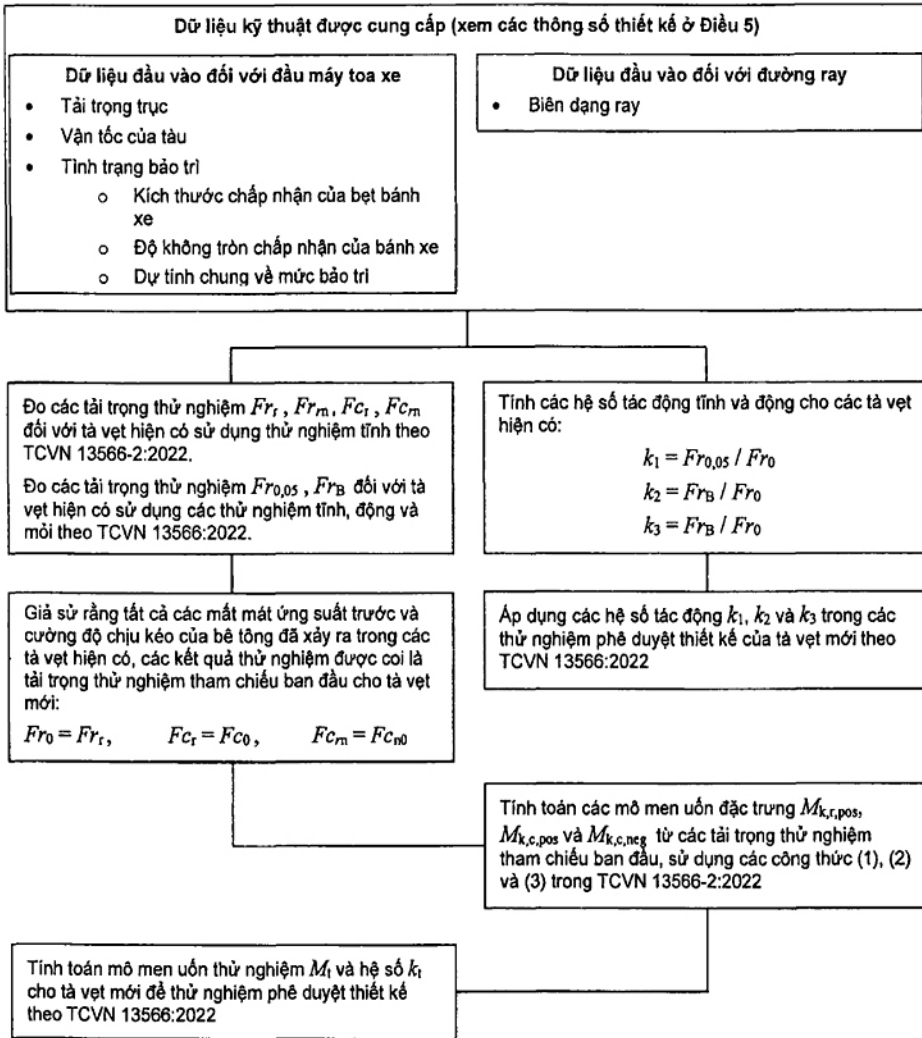
Việc xác định mô men uốn trong tà vẹt và tấm đỡ đặt trên nền đá ba lát đối với điều kiện khai thác có thể thu được bằng cách sử dụng ba cách tiếp cận khác nhau sau đây.

4.1.2 Phương pháp thực nghiệm

Trong phương pháp thực nghiệm, tà vẹt hoặc tấm đỡ thích hợp được thử nghiệm trong đường ray dưới các điều kiện khai thác. Những khiếm khuyết của tà vẹt/ tấm đỡ thử nghiệm có thể dẫn đến việc cải tiến từng bước thiết kế tà vẹt/ tấm đỡ. Kết quả phải được xác nhận bằng việc theo dõi lâu dài trong ít nhất 5 năm. Phải xác định mô men uốn đặc trưng bằng các đo đạc trong đường ray. Số lượng mẫu thử phải đủ để đưa ra kết quả thống kê tin cậy.

Mô men uốn đặc trưng cũng có thể được xác định với sự trợ giúp của thử nghiệm uốn phù hợp với các phần của TCVN 13566:2022 sử dụng tà vẹt đã khai thác ít nhất 5 năm. Mô men uốn thử nghiệm, tạo ra sự hình thành vết nứt đầu tiên, phải phù hợp với Điều 7.2 của TCVN 13566-1:2022.

Hình 1 chi tiết các bước để xác định mô men uốn đặc trưng.



Hình 1 - Phương pháp thực nghiệm điển hình để xác định mô men uốn và các hệ số

CHÚ THÍCH 1:

Lấy tải trọng thử nghiệm (F_{r1}), (F_{c1}) và (F_{rm}) của tà vẹt hiện có làm tải trọng thử nghiệm tham chiếu ban đầu cho tà vẹt mới thông thường sẽ dẫn đến mô men uốn đặc trưng nằm trên phía an toàn. Giả thiết rằng tất cả các mắt mắt ứng suất trước và cường độ đã diễn ra có thể đúng đối với tà vẹt đã chịu tải trọng giao thông nặng trong nhiều thập kỷ.

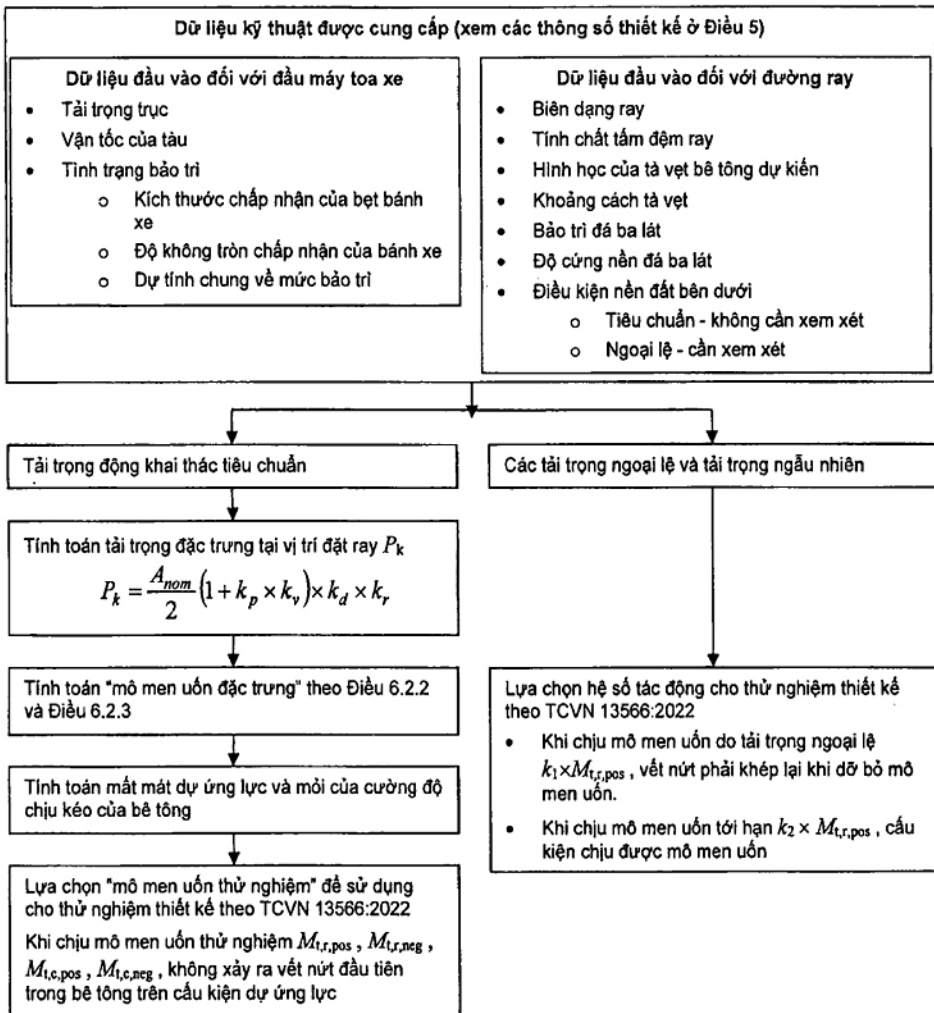
CHÚ THÍCH 2:

Để có thêm thông tin về khả năng chịu tải của tà vẹt hiện có, có thể thực hiện thử nghiệm bổ sung đối với mô men uốn ngược tại vị trí đặt ray và thử nghiệm động tại tâm tà vẹt.

4.1.3 Phương pháp lý thuyết

Phương pháp lý thuyết phải dựa trên quy trình thiết kế xét đến tải trọng động, ứng xử đàn hồi của tất cả các bộ phận của đường ray bao gồm các loại đệm đàn hồi, độ đàn hồi thay đổi của hệ nền đất - đá ba lát và các giai đoạn chèn đá ba lát khác nhau.

Hình 2 chi tiết các bước để xác định mô men uốn.



Hình 2 - Phương pháp lý thuyết điển hình để xác định mô men uốn và các hệ số

4.1.4 Phương pháp kết hợp

Phương pháp kết hợp bao gồm các cấu kiện thực nghiệm và lý thuyết, dẫn đến thời gian phát triển sản phẩm ngắn hơn.

4.2 Vết nứt trong tà vẹt hoặc tấm đỡ bê tông

4.2.1 Vết nứt dưới vị trí đặt ray

Tải trọng bánh xe tạo ra mô men uốn dương và âm dưới vị trí đặt ray.

Khả năng chịu uốn ở cuối thời hạn sử dụng cần thiết dưới vị trí đặt ray được xác định từ mô men uốn đặc trưng.

Khi chịu mô men uốn thử nghiệm tĩnh, phải không xuất hiện vết nứt đầu tiên ở mặt chịu kéo của tà vẹt hoặc tấm đỡ bê tông dự ứng lực, xem Điều 7.2 của TCVN 13566-1:2022.

Giai đoạn thứ hai của mô men uốn được xác định là mô men uốn do tải trọng ngoại lệ và ngẫu nhiên tác động và được tính bằng cách nhân mô men uốn dương đặc trưng ($M_{k,r,pos}$) với hệ số (k_1). Bất kỳ

TCVN 13566-6:2022

vết nứt nào sinh ra do mô men uốn này phải khép lại (chiều rộng vết nứt dưới 0,05 mm) khi loại bỏ mô men uốn. Mô men uốn ngoại lệ chỉ xảy ra chỉ một vài lần trong thời hạn sử dụng của tà vẹt và tấm đỡ bê tông.

Giai đoạn thứ ba của mô men uốn là mô men uốn tới hạn do tác động ngẫu nhiên, được tính bằng cách nhân mô men uốn dương đặc trưng ($M_{k,r, pos}$) với hệ số (k_2).

4.2.2 Vết nứt ở khu vực giữa (tà vẹt bê tông dự ứng lực một khối)

Tải trọng bánh xe tạo ra uốn dương và uốn âm trên đoạn giữa tà vẹt.

Độ bền chịu uốn yêu cầu trên khu vực giữa tà vẹt được xác định từ mô men uốn gây ra bởi tải trọng động tại vị trí đặt ray và phụ thuộc vào sự phân bố của phản lực nền đá ba lát.

Khi chịu mô men uốn âm thử nghiệm tĩnh, phải không xuất hiện vết nứt đầu tiên tại bề mặt chịu kéo của tà vẹt hoặc tấm đỡ bê tông, như yêu cầu trong Điều 7.2 của TCVN 13566-1:2022.

Nếu cho phép, có thể chấp nhận nứt được kiểm soát. Trong trường hợp đó, phải kiểm tra độ mở rộng vết nứt còn lại và độ mở theo phương pháp được chấp thuận.

4.2.3 Vết nứt đối với thử nghiệm uốn âm dưới vị trí đặt ray hoặc uốn dương ở khu vực giữa

Có thể yêu cầu các thử nghiệm uốn bổ sung với việc đo vết nứt để kiểm tra thiết kế chung hoặc sản xuất tà vẹt hoặc cho tải trọng cụ thể đặt lên trong quá trình lắp đặt đường ray.

4.3 Thiết kế mặt cắt tà vẹt

Thiết kế mặt cắt phải theo các quy định của TCVN 13566-1:2022.

4.4 Độ bền của tà vẹt

Yêu cầu cho việc cung cấp độ bền được bao gồm trong TCVN 13566-1:2022.

5 Thông số thiết kế

5.1 Bảo trì

5.1.1 Chất lượng đường ray và đầu máy toa xe

Chính sách bảo trì đối với cả đường ray và đầu máy toa xe sẽ ảnh hưởng đến tải trọng đặt lên đường ray. Chất lượng hình học đường ray cần theo các phần của EN 13848 và chính sách bảo trì đầu máy toa xe sẽ xác định dung sai tối đa đối với độ bệch và độ tròn của bánh xe.

Phải tính đến các tiêu chí này cùng với vận tốc tối đa của tàu để xác định:

- Tải trọng động tại vị trí đặt ray;
- Hệ số tác động đối với tải trọng ngoại lệ;
- Mô men uốn đặc trưng và mô men uốn thử nghiệm.

5.1.2 Phân bố tải trọng thẳng đứng theo phương dọc

Sự phân bố tải trọng bánh xe qua các tà vẹt lân cận dọc theo đường ray phụ thuộc vào độ cứng thẳng đứng của ray, khoảng cách tà vẹt, độ cứng của đệm ray và độ cứng của nền đá ba lát hoặc nền đỡ.

Hệ số (k_d) để xác định phân bố tải trọng theo phương dọc có thể được xác định áp dụng lý thuyết "dầm trên nền đàn hồi" với mô đun nền không đổi dọc theo ray.

Ngoài ra, hệ số (k_r) đại diện cho sự thay đổi phản lực của tà vẹt trong nền đá ba lát do hư hỏng của nền đỡ theo phương dọc, dọc theo đường ray. Hệ số này cần được đánh giá bằng các đo đạc trong đường ray.

Phải xác định các hệ số (k_a) và (k_r) .

Khuyến nghị về các hệ số (k_a) và (k_r) nêu trong Phụ lục A.

5.1.3 Phân bố phản lực nền đá ba lát dọc theo chiều dài tà vẹt

Chiều dài và chiều rộng của tà vẹt có thể ảnh hưởng đến độ cứng trung bình của nền đá ba lát và sự phân bố theo phương dọc của tải trọng bánh xe dọc theo chiều dài tà vẹt. Hơn nữa, sự thay đổi phản lực của nền đá ba lát có thể bị gây ra bởi đặc tính của nền đường bên dưới đá ba lát, bởi sự biến đổi độ cứng của nền đá ba lát do chèn đá hoặc do đóng băng, hoặc bởi chất lượng đá ba lát (kích thước của đá, tính chất của đá và sự nhiễm bẩn của lớp đá ba lát).

Khi giả thiết phản lực của nền đá ba lát hoặc mô đun nền là đồng đều, phân bố tải trọng có thể được thay đổi đáng kể trong đường ray do sự hình thành ngẫu nhiên các điểm tiếp xúc tải trọng cục bộ trong nền đá ba lát. Sự chênh lệch giữa mô men uốn ở mặt cắt giữa được tính với mô hình thiết kế đơn giản hóa và mô men uốn đặc trưng đo được trong đường ray phải được tính đến bằng các hệ số $(k_{i,r})$ tại mặt cắt đặt ray hoặc hệ số $(k_{i,c})$ đối với sự tăng mô men uốn ở mặt cắt giữa.

Phải xác định các hệ số $(k_{i,r})$ và $(k_{i,c})$.

Khuyến nghị về các hệ số $(k_{i,r})$ và $(k_{i,c})$ nêu trong Phụ lục A.

5.2 Điều kiện đặt đường ray

5.2.1 Khối lượng tà vẹt

Khối lượng của tà vẹt đóng góp vào sức kháng ngang của đường ray. Việc vận chuyển đến công trường và phương pháp lắp đặt đường ray có thể xác định khối lượng tối đa của tà vẹt.

5.2.2 Chiều dài tà vẹt

Chiều dài tà vẹt đóng góp vào sự phân bố theo phương dọc và ngang của phản lực nền đá ba lát. Việc vận chuyển đến công trường và phương pháp lắp đặt đường ray có thể xác định chiều dài tối đa của tà vẹt.

5.2.3 Chiều dày tà vẹt

Chiều dày của tà vẹt đóng góp vào sức kháng ngang của đường ray. Việc vận chuyển đến công trường, tính không trên cao sẵn có và phương pháp lắp đặt đường ray có thể xác định chiều dày tà vẹt.

5.2.4 Phương pháp lắp đặt đường ray

Trong quá trình lắp đặt đường ray, các tải trọng khác nhau có thể xảy ra khác với tải trọng xảy ra do hoạt động của đoàn tàu khai thác thường xuyên và cần lưu ý rằng không để tà vẹt bê tông bị uốn quá mức ở mặt cắt giữa.

5.3 Thiết kế các bộ phận đường ray

5.3.1 Biên dạng ray và khoảng cách tà vẹt

Mỗi tà vẹt sẽ chỉ chịu một phần tải trọng bánh xe do có sự phân bố tải trọng bánh xe đến các tà vẹt lân cận.

Hệ số (k_a) đối với sự phân bố tải trọng giữa các tà vẹt có tính đến sự phân bố tải trọng theo phương dọc như mô tả trong Điều 5.1.2.

Khuyến nghị về hệ số (k_a) theo biên dạng ray và khoảng cách tà vẹt nêu trong Phụ lục A.

5.3.2 Phụ kiện liên kết

CHÚ THÍCH:

EN 13481-2 xác định yêu cầu đối với phụ kiện liên kết sử dụng cho tà vẹt bê tông.

5.3.2.1 Suy giảm tải trọng tác động do phụ kiện liên kết

Phải tính đến loại đệm ray để chọn hệ số suy giảm tác động (k_p).

EN 13146-3 đánh giá sự suy giảm tác động của phụ kiện liên kết bằng phương pháp thử nghiệm để đo độ lớn của biến dạng uốn tác động trong tà vẹt bê tông.

Hệ số suy giảm tác động có thể được sử dụng để tính tải trọng đặc trưng. Tuy nhiên, trong trường hợp bình thường khuyến nghị giảm 25 % giá trị suy giảm đo được đối với phụ kiện liên kết để phù hợp với điều kiện khai thác. Để áp dụng mức giảm tải trọng thiết kế có thể được thực hiện bằng cách tính đến việc sử dụng tấm đệm ray đàn hồi, cần phải đảm bảo rằng tiêu chuẩn bảo trì sẽ bảo đảm việc sử dụng liên tục các tấm đệm ray tương đương hoặc tốt hơn so với giá định trong thiết kế.

Phải xác định hệ số (k_p).

Khuyến nghị về hệ số (k_p) nêu trong Phụ lục A.

5.3.2.2 Độ cứng thẳng đứng của phụ kiện liên kết

Độ cứng thẳng đứng của phụ kiện liên kết đóng góp vào độ cứng của đường ray và phải được xem xét khi lựa chọn các hệ số (k_a) và (k_p).

5.3.2.3 Cách điện

EN 13146-5 xác định phương pháp và bố trí đối với việc xác định điện trở.

5.3.2.4 Thử nghiệm tải trọng thẳng đứng đối với bộ phận chôn sẵn của phụ kiện liên kết

Phụ lục A của EN 13481-2 xác định yêu cầu đối với thử tải cho bộ phận chôn sẵn của phụ kiện liên kết.

5.3.3 Độ ổn định đường ray

5.3.3.1 Sức kháng ngang của tà vẹt trong nền đá ba lát

Độ ổn định ngang của đường ray sử dụng ray hàn liền phụ thuộc vào kích thước tà vẹt (và đặc biệt là khối lượng) và mặt cắt ngang nền đá ba lát. Thiết kế tà vẹt phải phù hợp với quy tắc đối với ray hàn liền.

5.3.3.2 Sức kháng dọc của tà vẹt trong nền đá ba lát

Kích thước tà vẹt (đặc biệt là khối lượng) kết hợp với mặt cắt ngang nền đá ba lát ảnh hưởng đến sức kháng dọc của tà vẹt và sẽ yêu cầu xem xét đặc biệt đối với khu vực chuyển tiếp ở đầu ray hàn liền, đầu cầu hoặc chỗ thay đổi biến dạng ray.

5.4 Đặc trưng giao thông và thiết kế hướng tuyến đường ray

5.4.1 Tải trọng trục

Tác động của đầu máy toa xe đến tà vẹt dựa trên tải trọng trục danh định (A_{nom}) của tàu. Do tải trọng thiết kế tà vẹt sẽ được biểu diễn trên mỗi bánh xe, nên phần tính của tải trọng bánh xe thẳng đứng có thể được xác định trực tiếp từ tải trọng trục danh định.

Nếu các cải tiến trong tương lai đối với tải trọng trục và vận tốc được lên kế hoạch, có thể tính đến điều này trong thiết kế.

5.4.2 Tốc độ lớn nhất

Phải tính đến vận tốc lớn nhất để chọn hệ số động khai thác tiêu chuẩn (k_v).

Xem Phụ lục A để biết khuyến nghị liên quan đến hệ số (k_v).

5.4.3 Tải trọng trong đường cong

Phải tính đến tải trọng động tại vị trí đặt ray:

- Sự tăng tải trọng bánh xe thẳng đứng bán kính trên ray do siêu cao thiếu hoặc siêu cao thừa;
- Lực ngang của bánh xe cũng có thể sinh ra mô men uốn bổ sung.

Cả hai tác động có thể được bao gồm trong hệ số động khai thác tiêu chuẩn (k_v).

Phải xác định hệ số (k_v).

Xem Phụ lục A để biết khuyến nghị liên quan đến hệ số (k_v).

6 Tính toán thiết kế

6.1 Kinh nghiệm từ việc sử dụng hoặc lắp đặt đường sắt

6.1.1 Kinh nghiệm của đường sắt đối với tải trọng tác động ngẫu nhiên hoặc ngoại lệ

Tải trọng tác động ngoại lệ (có thể xảy ra một số lần trong thời hạn sử dụng của tà vẹt) do:

- Sự bẹt bánh xe;
- Ray bị gợn sóng;
- Sự không tròn bánh xe,

tạo mô men uốn cao hơn mô men uốn đặc trưng. Để tính đến tải trọng tác động ngoại lệ này, phải nhân mô men uốn đặc trưng với hệ số (k_1), có tính đến chính sách bảo trì đầu máy toa xe và đường ray (xem Điều 4.2.1).

Tải trọng tác động ngẫu nhiên chỉ xảy ra một lần trong thời hạn sử dụng của tà vẹt và tải trọng này tạo ra mô men uốn rất lớn. Tải trọng ngẫu nhiên làm tăng mô men uốn đặc trưng lên một hệ số (k_2) (xem Điều 4.2.1).

Phải đưa ra hệ số (k_1) và (k_2) để áp dụng cho mô men uốn đặc trưng.

Xem Phụ lục A để biết khuyến nghị liên quan đến hệ số (k_1) và (k_2).

6.1.2 Cường độ chịu kéo uốn của bê tông

Phải xem xét cường độ chịu kéo uốn của bê tông.

Khuyến nghị về cường độ chịu kéo uốn của bê tông nêu trong Phụ lục A.

6.1.3 Mất mát ứng suất trước

Có các mất mát ứng suất trước phụ thuộc vào thời gian, điều kiện khai thác và phương pháp sản xuất.

Phải tính đến mất mát ứng suất trước đối với thử nghiệm để nghiệm thu, thử nghiệm thường xuyên và kiểm tra ứng suất trong bê tông.

Khuyến nghị về mất mát ứng suất trước nêu trong Phụ lục A.

6.1.4 Kinh nghiệm đối với công tác đường ray

Điều kiện lắp đặt và bảo trì đường ray (công tác chèn đá) có thể dẫn đến các trường hợp phân bố tải trọng khác nhau ở mặt dưới tà vẹt.

6.2 Tính toán thiết kế

6.2.1 Quy định chung

Việc phân tích và thiết kế kết cấu tà vẹt bê tông phải dựa trên mô men uốn ít nhất tại mặt cắt đặt ray và tại mặt cắt giữa tà vẹt. Việc tính toán mô men uốn do tải trọng giao thông trong điều kiện khai thác bình thường dựa trên ứng xử đàn hồi của đường ray.

6.2.2 Tính tải trọng động tại vị trí đặt ray (P_k) trong điều kiện khai thác bình thường

Tải trọng động tại vị trí đặt ray, được sử dụng để tìm ra mô men uốn đặc trưng, có thể được tính theo Công thức (1):

$$P_k = \frac{A_{nom}}{2} (1 + k_p \times k_v) \times k_d \times k_r \tag{1}$$

6.2.3 Tính mô men uốn đặc trưng cho vị trí đặt ray của tà vẹt

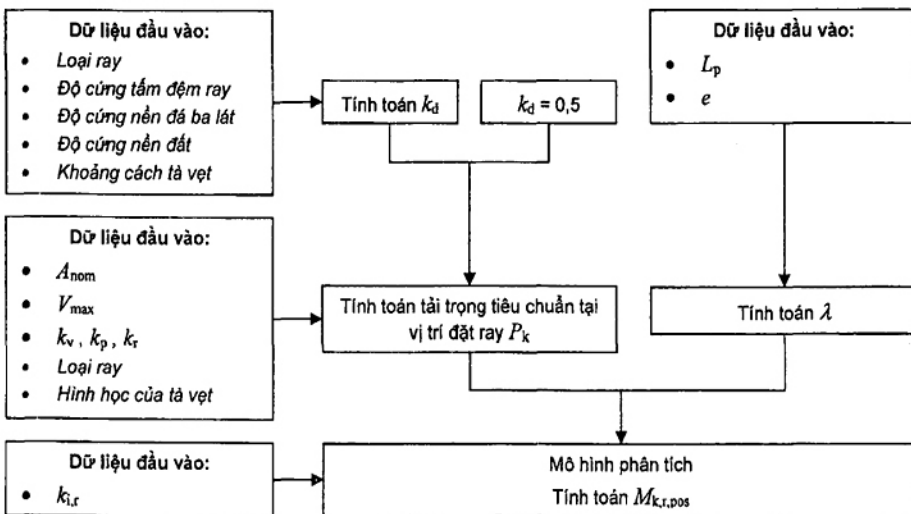
Mô men uốn tại vị trí đặt ray bị ảnh hưởng bởi phản lực của nền đá ba lát, chiều rộng của đế ray và hình dạng của tà vẹt.

Có thể xem tà vẹt là “dầm đàn hồi trên nền đàn hồi”. Có thể tính toán mô men uốn đặc trưng với việc sử dụng:

- a) Phương pháp tham chiếu dựa trên mô hình dầm đàn hồi đặt trên gối đỡ đàn hồi cục bộ dưới vị trí đặt ray.
- b) Phương pháp đơn giản hóa dựa trên giả thiết về áp lực không đổi của đá ba lát dưới vị trí đặt ray.

Các giai đoạn tính toán và dữ liệu đầu vào đối với cả hai phương pháp được mô tả trong sơ đồ ở Hình 3.

Ví dụ tính mô men uốn đặc trưng nêu trong Phụ lục A.



Hình 3 - Các giai đoạn tính toán và dữ liệu đầu vào tại mặt cắt đặt ray

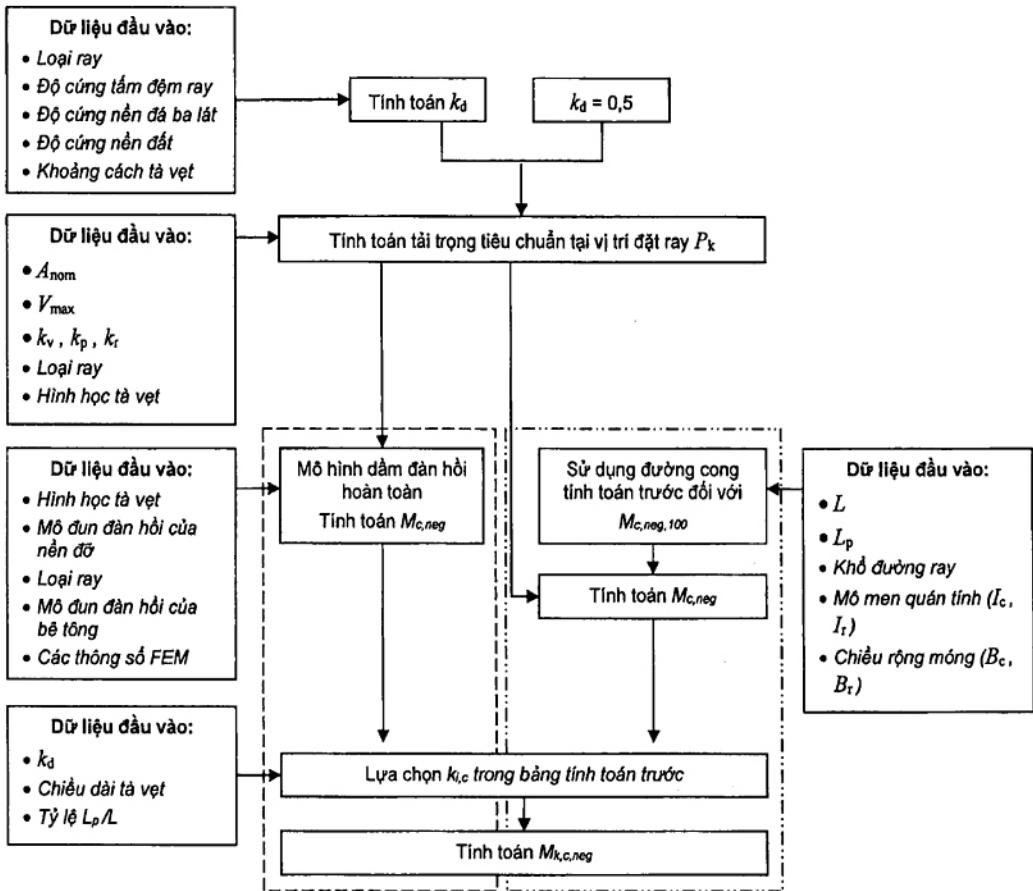
6.2.4 Tính mô men uốn đặc trưng cho phần giữa tà vẹt

Tà vẹt có thể được coi là “dầm đàn hồi trên nền đàn hồi”.

Hai phương pháp để lựa chọn được nêu chi tiết trong Phụ lục A:

- a) Phương pháp tham chiếu dựa trên mô hình dầm đàn hồi hoàn toàn;
- b) Phương pháp đơn giản hóa dựa trên các đường cong tính toán trước trên cơ sở tính toán từ “dầm trên nền đàn hồi”.

Các giai đoạn tính toán và dữ liệu đầu vào đối với cả hai phương pháp được mô tả trong sơ đồ ở Hình 4.



Hình 4 - Các giai đoạn tính toán và dữ liệu đầu vào tại mặt cắt giữa

Ví dụ tính mô men uốn đặc trưng nêu trong Phụ lục A.

6.2.5 Tính mô men uốn đặc trưng cho tấm đỡ

Do chiều dài và các vị trí đặt ray thay đổi, nên không thể tính một cách đơn giản mô men uốn đặc trưng.

Phải xác định mô men uốn dương và âm thử nghiệm (các ví dụ được nêu trong Phụ lục B).

6.2.6 Kiểm tra ứng suất trong bê tông

Ứng suất kéo uốn lớn nhất trong bê tông do mô men uốn đặc trưng phải thấp hơn cường độ chịu kéo uốn do môi của bê tông ($f_{ct,fl,rel}$). Điều kiện này được đáp ứng bằng cách sử dụng hệ số (k_t).

Nếu ứng suất nén lớn nhất đối với tuổi thọ môi được kiểm tra thì phải có thỏa thuận.

Khuyến nghị về cường độ chịu uốn của bê tông nêu trong Phụ lục A.

6.2.7 Xác định mô men uốn thử nghiệm đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên

6.2.7.1 Tà vệt và tẩm đờ bê tông dự ứng lực

Ứng xử uốn của tà vệt hoặc tẩm đờ bê tông dự ứng lực phụ thuộc chủ yếu vào lực dự ứng lực và cường độ chịu uốn của bê tông. Cả hai thông số này thay đổi trong suốt thời hạn sử dụng của tà vệt hoặc tẩm đờ.

Lực dự ứng lực ban đầu sẽ giảm dần do co ngấn đàn hồi của tà vệt, độ chùng của thép, từ biến và co ngót của bê tông, đến giá trị cuối cùng. Cần tính tổng mất mát ứng suất trước theo quy tắc của EN 1992 hoặc ước tính là 25 %.

Cường độ chịu kéo uốn tăng trong những tuần đầu sau khi chế tạo. Trong quá trình sử dụng tiếp theo, có thể xuất hiện tiếp tục sự mất cường độ chịu uốn do tải trọng lặp của bánh xe.

Cả hai tác động, cùng nhau, dẫn đến cường độ chịu uốn thay đổi theo thời gian. Mô men uốn gây ra vết nứt đầu tiên đối với tà vệt và tẩm đờ sau một thời gian ngắn cao hơn đáng kể so với mô men đặc trưng cần thiết (M_k).

Do đó, mô men uốn đặc trưng (M_k) cần được tăng lên bằng hệ số (k_t) để tính mô men uốn thử nghiệm tĩnh (M_t) có tính đến tuổi bê tông của tà vệt trong quá trình thử nghiệm.

Mô men uốn thử nghiệm tăng lên bao gồm cả mất mát phụ thuộc thời gian là:

$$M_t = k_t \times M_k \quad (2)$$

Phải xác định hệ số (k_t).

Khuyến nghị về hệ số (k_t) nêu trong Phụ lục A.

Ví dụ tính mô men uốn thử nghiệm tĩnh được nêu trong Phụ lục A.

6.2.7.2 Tà vệt bê tông cốt thép

Sự hình thành vết nứt đầu tiên không phải là tiêu chí thiết kế đối với tà vệt bê tông cốt thép.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Phương pháp và hệ số thiết kế đối với tà vẹt.

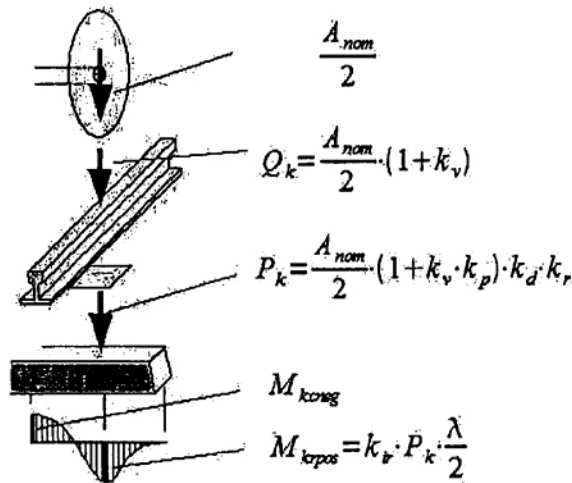
A.1 Quy định chung

A.1.1 Giới thiệu

Nguyên tắc thiết kế sử dụng mô hình dầm giản đơn kết hợp với các hệ số thu được từ đo đạc đường ray đã được thiết lập trong ORE D71 và tiếp tục được phát triển trong ORE D170 và UIC 713. Phương pháp và hệ số trình bày trong Phụ lục này tuân theo quy tắc tương tự. Tuy nhiên, việc chỉ định các giá trị như tải trọng, mô men uốn và các hệ số đã được điều chỉnh cho phù hợp với hiện trạng thực tế và việc sử dụng kí hiệu trong Eurocodes và Tiêu chuẩn này.

A.1.2 Xác định mô men uốn đặc trưng

Việc xác định mô men uốn đặc trưng ở vị trí đặt ray và giữa tà vẹt theo dòng lực thẳng đứng bắt đầu bằng tải trọng trục danh định trong phạm vi bánh xe và kết thúc bằng mô men uốn trong tà vẹt hoặc tấm đỡ.



CHÚ DẪN:

A_{nom}	Tải trọng trục danh định
P_k	Tải trọng động tại vị trí đặt ray
Q_k	Tải trọng bánh xe đặc trưng
$M_{k,r,pos}$	Mô men uốn dương đặc trưng đối với mặt cắt đặt ray
$M_{k,c,neg}$	Mô men uốn âm đặc trưng đối với mặt cắt giữa
k_v	Hệ số ảnh hưởng của vận tốc
k_p	Hệ số suy giảm của tấm đệm
k_d	Hệ số phân bố tải trọng theo phương dọc giữa các tà vẹt
k_r	Hệ số biến đổi phân bố tải trọng theo phương dọc giữa các tà vẹt do hư hỏng nền đỡ
$k_{i,r}$	Hệ số tính mô men uốn đặc trưng tại vị trí đặt ray do bất thường của nền đỡ dọc tà vẹt
λ	Cánh tay đòn

Hình A.1 - Phân bố tải trọng để xác định mô men uốn

Hình A.1 trình bày tất cả các hệ số liên quan bao gồm cả công thức tương ứng.

Hình A.1 chỉ ra ảnh hưởng của tải trọng bánh xe lên các thành phần khác nhau của đường ray.

Để xác định phân bố tải trọng dọc trục trong phạm vi ray, có thể áp dụng mô hình dầm trên nền đàn hồi.

Phương pháp tương tự có thể được sử dụng để xác định mô men uốn trong tà vẹt và tấm đỡ.

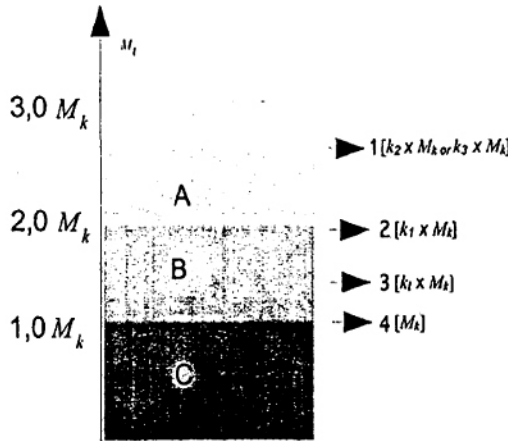
Việc xác định mô men uốn như hình vẽ được giới hạn với tải trọng khai thác tĩnh và động. Tải trọng ngoại lệ và ngẫu nhiên không được xem xét.

Cần lưu ý rằng sơ đồ tải trọng dọc trục được chỉ ra trong Hình A.1, chỉ mô tả mô hình được chọn với các giai đoạn chịu tải khác nhau. Sự tương tác động của bánh xe, ray và tà vẹt hoặc tấm đỡ được bỏ qua để đơn giản hóa hình vẽ.

A.1.3 Mức tải trọng và mô men uốn tương ứng

Tất cả các mô men uốn thử nghiệm đều liên quan trực tiếp đến mô men uốn đặc trưng.

Ba mức tải trọng trình bày trong Hình A.2 chỉ ra ba cấp thử nghiệm khác nhau.



CHÚ DẪN:

- A Tải trọng ngẫu nhiên
- B Tải trọng ngoại lệ
- C Tải khai thác
- M_k Mô men uốn đặc trưng
- k_1 Hệ số tính mô men uốn thử nghiệm do tải trọng ngoại lệ và tải trọng tác động ngẫu nhiên
- k_2 Hệ số tính mô men uốn thử nghiệm do tải trọng tác động ngẫu nhiên
- k_3 Hệ số tính mô men uốn thử nghiệm do môi
- k_1 Hệ số tính các tiêu chí nghiệm thu đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên trong thử nghiệm tĩnh

Các mức tải trọng trình bày trong Hình A.2 chỉ ra các mức thử nghiệm khác nhau.

- 1 Mức tải trọng ngẫu nhiên được giới hạn bởi thử nghiệm tải trọng tới hạn.
- 2 Tại mức tải trọng ngoại lệ, vết nứt có thể xuất hiện nhưng phải khép lại sau khi loại bỏ tải trọng.
- 3 Trong thử nghiệm mức tải trọng khai thác, hệ số phụ thuộc thời gian (k_1) xác định sức kháng uốn cần thiết ở mức sẽ không có vết nứt.
- 4 Mô men đặc trưng tham chiếu ban đầu xác định thử nghiệm môi đối với cấp dự ứng lực.

Hình A.2 - Mức tải trọng và mô men uốn cho thử nghiệm

Trong mức tải trọng khai thác, không xuất hiện vết nứt trên cấu kiện dự ứng lực do mô men uốn. Thử nghiệm với hệ số phụ thuộc thời gian (k_1) đảm bảo sức kháng uốn cần thiết. Ngoài ra, phải thực hiện thử nghiệm môi kiểm soát độ bền động của tà vẹt bê tông dự ứng lực dưới điều kiện mức tải trọng khai thác.

Trong mức tải trọng ngoại lệ, vết nứt có thể xuất hiện nhưng vết nứt phải khép lại sau khi loại bỏ tải trọng.

Mức tải trọng ngẫu nhiên được giới hạn bởi thử nghiệm tải trọng tới hạn.

A.2 Tải trọng tại vị trí đặt ray

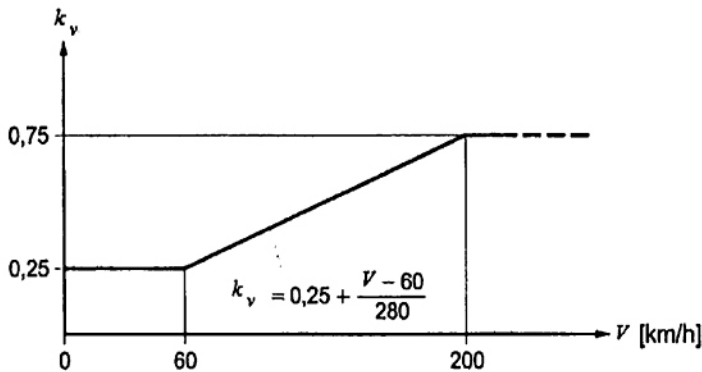
A.2.1 Gia tăng khai thác tiêu chuẩn đối với tải trọng bánh xe động

Tải trọng bánh xe đặc trưng (Q_k) được tính từ tải trọng trục danh định (A_{nom}), sử dụng hệ số (k_v) đối với ảnh hưởng của tốc độ và điều kiện đường ray:

$$Q_k = Q_{nom} \times (1 + k_v) = \frac{A_{nom}}{2} \times (1 + k_v) \quad (A.1)$$

KHUYẾN NGHỊ 1:

Đối với đường ray có khiếm khuyết về hướng tuyến dọc và chỗ lổm thông thường, hệ số gia tăng động khai thác tiêu chuẩn (k_v) có thể được lấy từ Hình A.3.



CHÚ DẪN:

V Vận tốc

k_v Hệ số ảnh hưởng của vận tốc

Đối với $0 \leq V \leq 60$ km/h $k_v = 0,25$

Đối với $60 \leq V \leq 200$ km/h $k_v = 0,25 + \frac{V - 60}{280}$

Đối với $V \geq 200$ km/h $k_v = 0,75$

Hình A.3 - Hệ số (k_v)

Hệ số (k_v) được rút ra từ đo đạc trong đường ray với khiếm khuyết về cao độ và chỗ lổm thông thường. Nó tương ứng với giá trị trung bình cộng với hai độ lệch chuẩn của tải trọng bánh xe động. Đối với đường ray có mức bảo trì cao (ví dụ đường sắt tốc độ cao), giá trị (k_v) thấp hơn có thể phù hợp.

A.2.2 Phân bố tải trọng theo phương dọc

A.2.2.1 Phân bố lý thuyết

Sự phân bố theo phương dọc của tải trọng bánh xe bằng ray giữa các tà vẹt dọc theo đường ray có thể được tính bằng mô hình "dầm đàn hồi trên nền đàn hồi". Có thể tính đến ảnh hưởng của tất cả

TCVN 13566-6:2022

các bộ phận đường ray đàn hồi. Cần chú ý đến độ cứng (c_{tot}) cho một gối đỡ ray. Dưới đây là công thức tính hệ số phân bố tải trọng (k_d).

- Độ cứng (c_2) của nền đá ba lát và nền đất đối với một gối đỡ (một nửa tà vẹt):

$$c_2 = 0,5 \times A_R \times C_2 \quad (\text{N/mm}) \quad (\text{A.2})$$

trong đó:

A_R diện tích chịu lực của tà vẹt, (mm^2);

C_2 mô đun đàn hồi của nền đối với nền đá ba lát và nền đường, (N/mm^2).

- Độ cứng (c_{tot}) đối với một gối đỡ ray:

$$c_{tot} = \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \right)^{-1} \quad (\text{N/mm}) \quad (\text{A.3})$$

trong đó:

c_1 độ cứng của tấm đệm ray đối với tải trọng tĩnh, (N/mm);

c_2 độ cứng của nền đá ba lát và nền đất, (N/mm).

- Chiều dài đàn hồi (L_{el}) của dầm Winkler:

$$L_{el} = \sqrt[4]{\frac{4 \times E_R \times I_R}{c_{tot} \times a}} \quad (\text{mm}) \quad (\text{A.4})$$

trong đó:

E_R mô đun đàn hồi của ray, (N/mm^2);

I_R mô men quán tính của ray, (mm^4);

a khoảng cách tà vẹt, (mm).

- Độ võng ray (y_0) đối với tải trọng bánh xe đơn vị (Q_0):

$$y_0 = \frac{Q_0 \times a}{2 \times c_{tot} \times L_{el}} \quad (\text{mm}) \quad (\text{A.5})$$

- Ảnh hưởng (η) của vị trí trục bánh xe (x_i):

$$\eta_i = \frac{\sin \xi_i + \cos \xi_i}{e^{\xi_i}} \quad (\text{A.6})$$

trong đó:

$$\xi_i = \frac{x_i}{L_{el}} \quad (\text{A.7})$$

- Tải trọng tại vị trí đặt ray (P_0) do tải trọng bánh xe đơn vị (Q_0):

$$P_0 = c_{tot} \times y_0 \times \sum_i \eta_i \quad (\text{N}) \quad (\text{A.8})$$

- Hệ số phân bố tải trọng :

$$k_d = \frac{P_0}{Q_0} \quad (\text{A.9})$$

Đo đạc đường ray chỉ ra rằng (k_d) tương ứng với giá trị trung bình của phân bố tải trọng theo phương dọc.

KHUYẾN NGHỊ 1:

Hệ số $k_d = 0,5$ có thể được sử dụng cho trường hợp thông thường. Giá trị này có thể được coi là hợp lệ đối với ray ≥ 46 kg/m và khoảng cách tà vẹt ≤ 65 cm với điều kiện bề mặt nền điển hình.

KHUYẾN NGHỊ 2:

Đối với đường ray có ray nặng hơn và tấm đệm ray "suy giảm thấp", khoảng cách tà vẹt 0,6 m, chiều dài tà vẹt từ 2,3 m đến 2,6 m, mô đun nền $C_2 = 0,1$ N/mm³, bánh xe đơn hoặc giá chuyển hướng, tính (k_d) sử dụng lý thuyết "dầm trên nền đàn hồi" dẫn đến các giá trị như chi tiết trong Bảng A.1.

Bảng A.1 - Giá trị điển hình của (k_d)

Loại ray	Trọng lượng ray (kg/m)	k_d
49 E1	49	0,41
54 E3	54	0,40
60 E1	60	0,38

A.2.2.2 Ảnh hưởng của hư hỏng nền đỡ

Sự biến đổi của phản lực nền đá ba lát giữa các tà vẹt do hư hỏng nền đá ba lát được tính đến bằng hệ số (k_r). Đo đạc đường ray chỉ ra rằng hệ số biến đổi dẫn tới sự tăng tải trọng tại vị trí đặt ray đến 35 %.

Khuyến nghị sử dụng $k_r = 1,35$.

A.2.3 Ảnh hưởng của tấm đệm ray đàn hồi

Có thể tính đến ảnh hưởng suy giảm của tấm đệm ray đàn hồi sử dụng hệ số giảm tải trọng (k_p).

KHUYẾN NGHỊ 1:

Các giá trị sau đây của (k_p) có thể được sử dụng:

- Đối với tấm đệm có độ suy giảm thấp (< 15 %) : $k_p = 1,00$
- Đối với tấm đệm có độ suy giảm trung bình (15 % đến 30 %) : $k_p = 0,89$
- Đối với tấm đệm có độ suy giảm cao (> 30 %) : $k_p = 0,78$

Phải xác định hệ số (k_p) theo EN 13146-3 là giá trị trung bình của một số thử nghiệm.

A.2.4 Tính tải trọng động tại vị trí đặt ray

Tính toán tải trọng đặc trưng tại vị trí đặt ray (P_k) có tính đến ảnh hưởng của tốc độ, sự phân bố tải trọng của ray, tác dụng giảm chấn của tấm đệm ray và ảnh hưởng của hư hỏng nền đỡ dọc theo chiều dài tà vẹt.

Có thể tính giá trị đặc trưng của tải trọng tại vị trí đặt ray như sau:

$$P_k = \frac{A_{nom}}{2} \left[1 + (k_p \times k_r) \right] \times k_d \times k_r \quad (A.10)$$

A.3 Mô men uốn đặc trưng

A.3.1 Quy định chung

Để tính mô men uốn đặc trưng, cần tính đến sự phân bố không đều của phản lực nền đá ba lát dưới tà vẹt và độ đàn hồi của tà vẹt.

Có thể sử dụng dầm trên nền đàn hồi hoặc phương pháp thiết kế đơn giản hóa.

A.3.2 Mặt cắt đặt ray

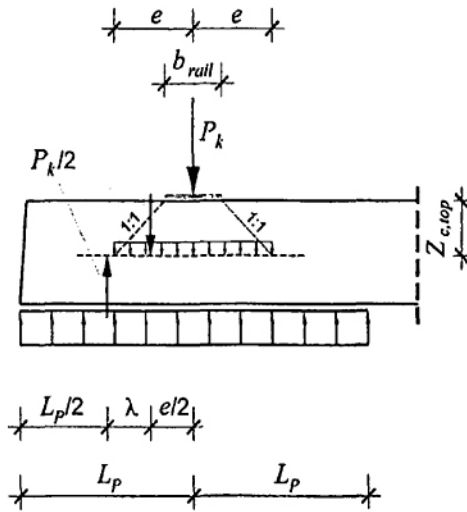
A.3.2.1 Mô men uốn dương

Có thể tính mô men uốn dương ($M_{k,r,pos}$) từ (P_k) sử dụng dầm trên nền đàn hồi với mô đun nền không đổi trên chiều dài ($2 \times L_p$).

Cũng có thể sử dụng mô hình thiết kế đơn giản hóa trong Hình A.4. Phân bố tải trọng trong tà vẹt theo Hình A.4 và có thể giả thiết phân lực nền đá ba lát không đổi trên chiều dài ($2 \times L_p$).

Phản lực nền đá ba lát không đều và các bất thường của phản lực nền đá ba lát được bao quát bằng hệ số ($k_{i,r}$) đối với cả hai phương pháp.

Mô men uốn đặc trưng ($M_{k,r,pos}$) được tính sử dụng Công thức (A.11) đến (A.14).



CHÚ DẪN:

- P_k Tải trọng động tại vị trí đặt ray
- L_p Chiều dài áp lực nền đá ba lát
- e Một nửa chiều dài phân bố tải trọng từ đế ray đến trục quán tính của mặt cắt
- b_{rail} Chiều rộng đế ray
- $z_{c,top}$ Khoảng cách từ mặt trên tà vẹt tới trục của mô men quán tính
- λ Cánh tay đòn

Hình A.4 - Mô hình thiết kế cho ($M_{k,r,pos}$)

Phân bố tải trọng từ đế ray đến trục quán tính của mặt cắt được tính như sau:

$$2e = b_{rail} + (2 \times z_{c,top}) \tag{A.11}$$

trong đó:

- b_{rail} chiều rộng của đế ray (mm);
- $z_{c,top}$ khoảng cách từ mặt trên tà vẹt tới trục của mô men quán tính (mm).

Chiều dài áp lực nền đá ba lát (L_p), bằng:

$$L_p = \frac{L - c}{2} \tag{A.12}$$

trong đó:

- c khoảng cách tâm các vị trí đặt ray (mm);
 L chiều dài tà vẹt.

Chiều dài cánh tay đòn của nội lực ($P_k/2$) bằng (λ):

$$\lambda = \frac{L_p - e}{2} \quad (\text{A.13})$$

Mô men uốn đặc trưng được tính như sau:

$$M_{k,r,pos} = k_{i,r} \times \lambda \times \frac{P_k}{2} \quad (\text{A.14})$$

KHUYẾN NGHỊ 1:

Mô hình thiết kế đơn giản có thể được sử dụng cho tà vẹt có $0,35 \text{ m} \leq L_p \leq 0,55 \text{ m}$ kết hợp với $k_{i,r} = 1,6$. Giá trị này được lấy từ đo đạc (giá trị trung bình cộng với hai lần độ lệch chuẩn).

A.3.2.2 Mô men uốn âm

Mô men uốn âm đặc trưng cho tà vẹt khổ 1 435 mm với chiều dài $2,50 \text{ m} < L < 2,60 \text{ m}$ có thể được giả thiết là:

$$M_{k,r,neg} = 0,5 \times M_{k,r,pos}$$

Mô men uốn âm đặc trưng cho tà vẹt khổ 1 435 mm với chiều dài $L < 2,50 \text{ m}$ có thể được giả thiết là:

$$M_{k,r,neg} = 0,7 \times M_{k,r,pos}$$

Mô men uốn âm tại vị trí đặt ray có thể rút ra từ ảnh hưởng uốn lại sau khi tải trọng động tác động lên tà vẹt. Phải quyết định xem có cần chứng minh mô men uốn này trong thiết kế hay không.

A.3.3 Mặt cắt giữa tà vẹt

A.3.3.1 Mô men uốn âm

A.3.3.1.1 Quy định chung

Có thể tính mô men uốn âm ($M_{k,neg}$) ở mặt cắt giữa từ (P_k) sử dụng dầm đàn hồi trên nền đàn hồi (xem Hình A.5) với mô đun nền không đổi trên toàn bộ chiều dài tà vẹt hoặc sử dụng phương pháp đơn giản hóa với các biểu đồ mô men đơn vị theo Hình A.6 và Hình A.7.

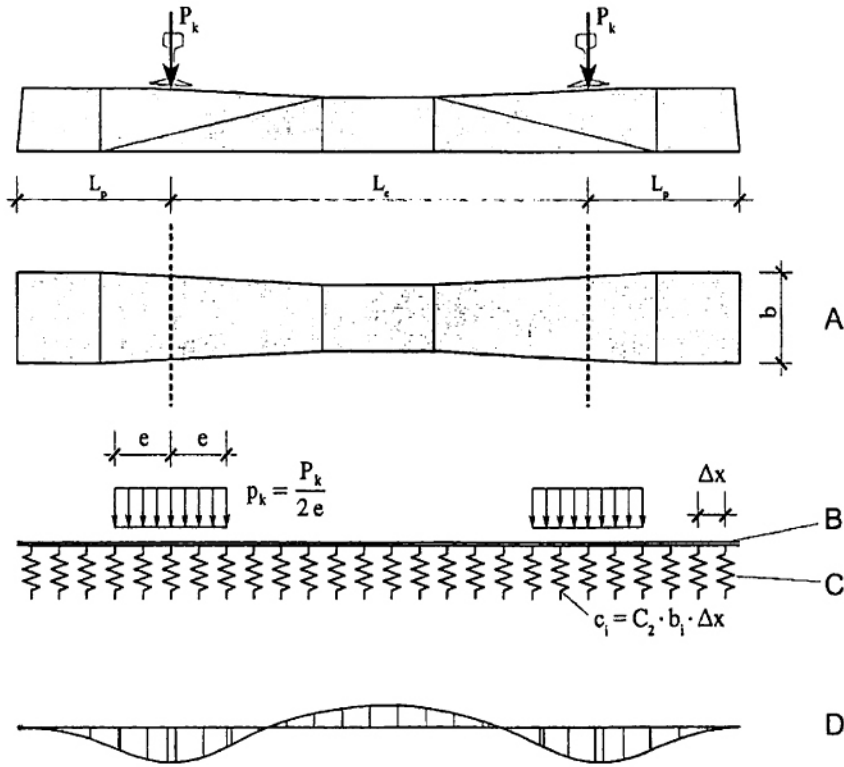
Chỉ có thể áp dụng phương pháp đơn giản hóa trong giới hạn nhất định như đã nêu trong các Điều A.3.3.1.2 đến Điều A.3.3.1.4.

Bất thường của phản lực nền đá ba lát được xét đến bằng hệ số ($k_{i,c}$).

A.3.3.1.2 Tính toán sử dụng dầm đàn hồi trên nền đàn hồi

Tính toán được thực hiện sử dụng phân tích phần tử hữu hạn của dầm đàn hồi trên nền đàn hồi.

Có thể sử dụng phần tử dầm hoặc phần tử khối. Ví dụ trong Hình A.5 sử dụng phần tử dầm.



CHÚ DẪN:

- A Chiều rộng đáy
- B Dầm đàn hồi
- C Các bộ phận đàn hồi
- D Mô men uốn (M_k), [kN.m]
- P_k Tải trọng động tại vị trí đặt ray
- L_c Khoảng cách tìm hai vị trí đặt ray
- L_p Khoảng cách từ tìm vị trí đặt ray đến đầu tà vẹt
- b Chiều rộng tà vẹt
- e Một nửa chiều dài phân bố tải trọng từ đế ray đến trục quán tính của mặt cắt

Hình A.5 - Mô hình FEM cho dầm đàn hồi trên nền đàn hồi

A.3.3.1.3 Tính toán sử dụng phương pháp đơn giản hóa

A.3.3.1.3.1 Quy định chung

Có thể sử dụng phương pháp đơn giản hóa để tính mômen uốn đặc trưng cho khổ 1 435 mm.

Cũng có thể tính giá trị đặc trưng của mô men uốn âm đối với tà vẹt có độ cứng thay đổi và chiều rộng đáy khác nhau, như sau:

$$M_{k,c,neg} = k_{i,c} \times M_{c,neg,100} \times \frac{P_k}{100} \tag{A.15}$$

Lấy giá trị của ($M_{c,neg,100}$) từ các biểu đồ trong Hình A.7 cho khổ 1 435 mm.

Các biểu đồ là đồ thị được tính trước sử dụng dầm đàn hồi trên nền đàn hồi và tải trọng đơn vị 100 kN. Giá trị đầu vào cho biểu đồ được giải thích trong bản vẽ A của Hình A.6. Dạng tổng quát của

$(M_{c,neg,100})$ phụ thuộc vào quan hệ của mô men quán tính của tà vẹt và chiều rộng đáy thay đổi được tóm tắt trong hình vẽ B của Hình A.6.

Các giá trị $(k_{i,c})$ được cho trong Bảng A.2. Những giá trị này chỉ là khuyến nghị.

KHUYẾN NGHỊ 1:

Mô men uốn $(M_{c,neg,100})$ được đánh giá dựa trên mô đun nền là $C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$ và đối với dạng mặt dưới nhiều hình chữ nhật như được chỉ ra bởi "x" trong bản vẽ A của Hình A.6.

Đối với chuyển tiếp đáy hình thang như được chỉ ra bởi "z" trong bản vẽ A của Hình A.6, mô men uốn có thể giảm 10 %.

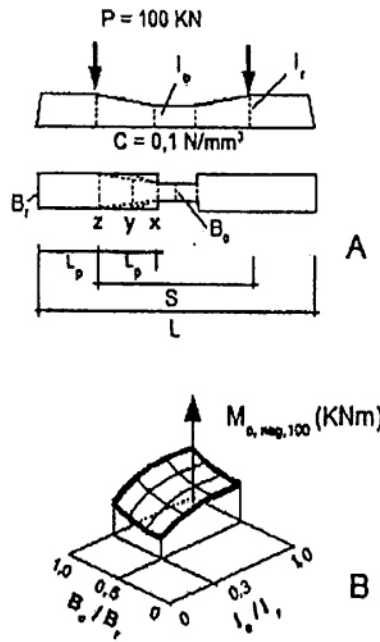
Đối với chuyển tiếp trung gian như được chỉ ra bằng chữ "y" trong bản vẽ A của Hình A.6, mô men uốn có thể giảm 5 %.

KHUYẾN NGHỊ 2:

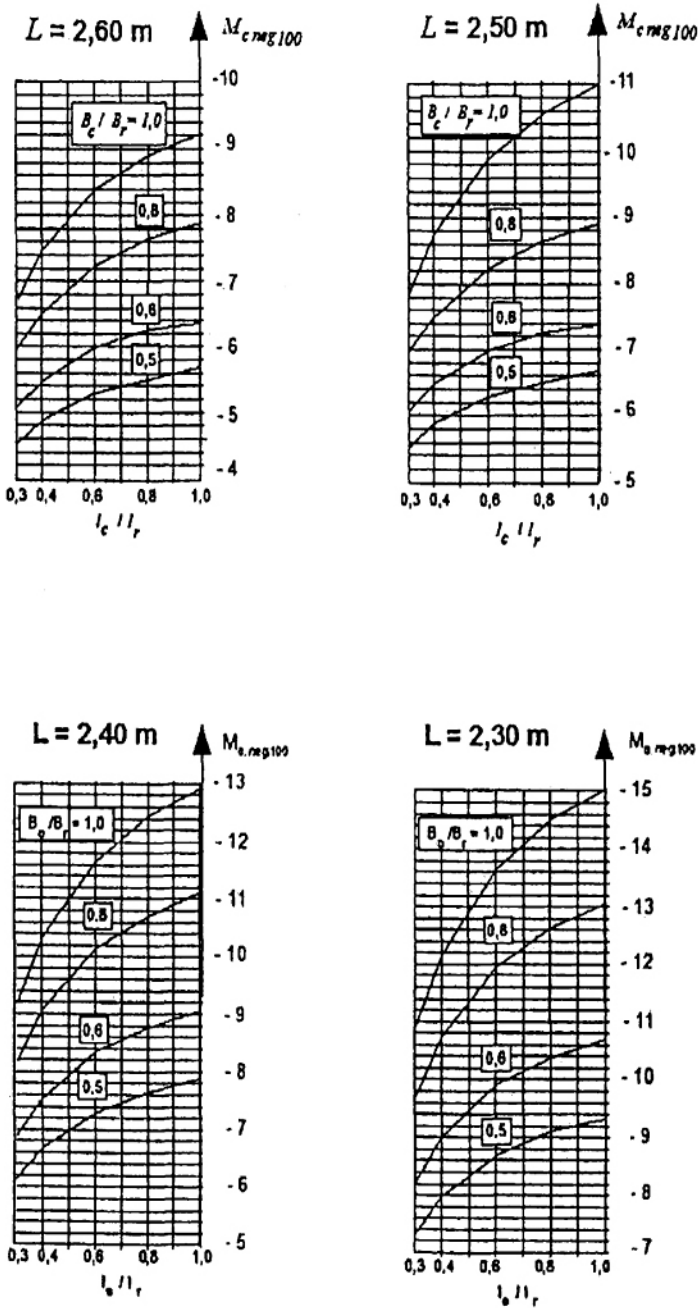
Có thể áp dụng phương pháp đơn giản hóa khi giá trị mô men quán tính tại mặt cắt đặt ray (I_r) được chỉ ra trong Hình A.6 và Hình A.7 nằm trong phạm vi $200 \times 10^6 \text{ mm}^4 \pm 20 \%$ đối với tà vẹt có $2,3 \text{ m} \leq L \leq 2,6 \text{ m}$.

A.3.3.1.3.2 Tính toán sử dụng phương pháp đơn giản hóa cho khổ 1 435 mm

Đối với tà vẹt khổ 1 435 mm có chiều dài (L) khác nhau, mô men uốn $(M_{c,neg,100})$ có thể được lấy từ Hình A.7.



Hình A.6 - Xác định mô men uốn ở giữa $(M_{c,neg,100})$ cho tà vẹt khổ 1 435 mm



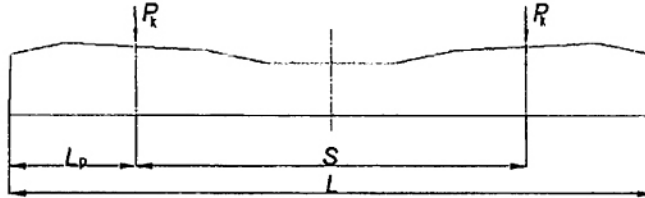
Hình A.7 - Các đường cong tính trước cho mô men uốn ở giữa ($M_{c, neg, 100}$) đối với tà vẹt khổ 1 435 mm

A.3.3.1.4 Tà vẹt khổ 1 000 mm

Mô men uốn âm ($M_{c, neg}$) đối với tà vẹt khổ 1 000 mm, theo Hình A.8 có thể được xác định theo cách đơn giản hóa áp dụng phân lực nền đá ba lát không đổi:

$$M_{c,neg} = -P_k \times \frac{(2S-L)}{4} \quad (A.16)$$

$$M_{k,c,neg} = k_{i,c} \times M_{c,neg} \quad (A.17)$$



CHÚ DẪN:

- P_k Tải trọng động tại vị trí đặt ray
- S Khoảng cách tìm hai vị trí đặt ray
- L_p Khoảng cách từ tìm vị trí đặt ray đến đầu tà vẹt
- L Chiều dài tà vẹt

Hình A.8 - Hình học cho tà vẹt khổ 1 000 mm

Đối với tà vẹt này, chiều rộng đáy không đổi (B_T) và mô men quán tính không đổi của tà vẹt (I_T) được giả thiết là $\approx 70 \times 10^6 \text{ mm}^4$.

A.3.3.1.5 Khuyến nghị đối với ($k_{i,c}$)

Hệ số ($k_{i,c}$) có thể được chọn cho tà vẹt của tất cả các khổ đường, sử dụng giá trị khuyến nghị trong Bảng A.2. Bảng này cho thấy tình trạng cập nhật nhất.

Tà vẹt được thiết kế với các hệ số này đã chỉ ra tính năng thích hợp trong đường ray.

Các trị số này có giá trị đối với tính toán thiết kế giả định mô đun nền không đổi $C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$.

Khi các thông số đường ray nằm ngoài các giá trị này, phải xác định hệ số mô men uốn ($k_{i,c}$).

Bảng A.2 - Giá trị khuyến nghị cho ($k_{i,c}$) đối với khổ 1 000 mm và 1 435 mm

Quốc gia	Khổ 1 000 mm		Khổ 1 435 mm	
	Chiều dài	$k_{i,c}$	Chiều dài	$k_{i,c}$
Áo			2,60	2,1 - 2,4
Bỉ			2,50	1,1 - 2,2
Pháp			2,26	0,9
			2,40	1,0
			2,50	1,1
Đức			2,60	2,0
			2,40	1,5
Hà Lan			2,50	1,13
Bồ Đào Nha			2,60	1,6
Tây Ban Nha			2,60	1,6
Thụy sỹ	2,0	1,6	2,60	1,4
Anh			2,50	0,5 - 0,8

A.3.3.2 Mô men uốn dương

Mô men uốn dương đặc trưng cho tà vẹt khổ 1 435 mm với chiều dài $2,2\text{ m} \leq L \leq 2,6\text{ m}$ có thể được giả định là:

$$M_{k,c, \text{pos}} = |0,7 \times M_{k,c, \text{neg}}| \tag{A.18}$$

Mô men uốn dương đặc trưng cho tà vẹt khổ 1 000 mm với chiều dài $1,3\text{ m} \leq L \leq 2,0\text{ m}$ có thể được giả định là:

$$M_{k,c, \text{pos}} = |1,0 \times M_{k,c, \text{neg}}| \tag{A.19}$$

Mômen uốn dương ở giữa có thể xuất phát từ tác dụng uốn lại sau khi tải trọng động tác động lên tà vẹt. Phải quyết định xem mô men uốn này có phải được chứng minh trong thiết kế hay không.

A.4 Mô men uốn thử nghiệm và các hệ số liên quan

A.4.1 Mô men uốn thử nghiệm vết nứt đầu tiên và các hệ số liên quan

Mô men uốn $M_t = k_t \times M_k$ đối với sự xuất hiện vết nứt phụ thuộc vào tuổi bê tông của tà vẹt tại thời điểm thử nghiệm. Mất mát lực dự ứng lực phụ thuộc thời gian và sự chênh lệch giữa cường độ chịu kéo uốn của bê tông dưới tải trọng tĩnh và tải trọng môi được tính đến bằng cách tăng mô men uốn đặc trưng (M_k) một cách thích hợp.

Đối với mặt cắt đặt ray của tà vẹt có tuổi bê tông 28 ngày, có thể tính mô men uốn dương thử nghiệm ($M_{t,r, \text{pos}}$) sử dụng Công thức (A.20):

$$\begin{aligned} M_{t,r, \text{pos}} &= \\ M_{k,r, \text{pos}} &+ \left[(f_{ct, \text{fl}, t=28} - f_{ct, \text{fl}, \text{fat}}) + (\Delta\sigma_{c,c+s+r, t=40} - \Delta\sigma_{c,c+s+r, t=28}) \right] \times W \text{ (kN.m)} \tag{A.20} \\ &= k_t \times M_{k,r, \text{pos}} \end{aligned}$$

trong đó:

- $f_{ct, \text{fl}, t=28}$ cường độ chịu kéo uốn của bê tông dưới tải trọng tĩnh ở 28 ngày, (N/mm²)
- $f_{ct, \text{fl}, \text{fat}}$ cường độ chịu kéo uốn của bê tông dưới tải trọng môi, (N/mm²)
- $\Delta\sigma_{c,c+s+r, t=40}$ mất mát ứng suất trước cuối cùng trong bê tông (giả định 40 năm), (N/mm²)
- $\Delta\sigma_{c,c+s+r, t=28}$ mất mát ứng suất trước trong bê tông sau 28 ngày, (N/mm²)
- W mô men tĩnh tại đáy của mặt cắt đặt ray, (mm³)

Đối với mô men uốn thử nghiệm ($M_{t,r, \text{neg}}$), ($M_{t,c, \text{pos}}$) và ($M_{t,c, \text{neg}}$) công thức có thể được sử dụng cho phù hợp.

Nếu tuổi bê tông tà vẹt lớn hơn 28 ngày tại thời điểm thử nghiệm thì điều này có thể được tính đến bằng cách điều chỉnh mất mát ứng suất trước.

KHUYẾN NGHỊ 1:

Đối với bê tông cấp C50/60, cường độ chịu uốn của bê tông có thể được giả thiết là $f_{ct, \text{fl}, t=28} = 5,5\text{ N/mm}^2$ hoặc các giá trị khác, có thể được chứng minh.

KHUYẾN NGHỊ 2:

Cường độ chịu kéo uốn của bê tông dưới tải trọng môi có thể được giả thiết là

$$f_{ct, \text{fl}, \text{fat}} = 3,0\text{ N/mm}^2 \text{ đối với cấp cường độ bê tông C50/60 hoặc các giá trị khác, có thể được chứng minh.}$$

KHUYẾN NGHỊ 3:

Mất mát ứng suất trước phụ thuộc thời gian do từ biến, co ngót và độ chùng có thể được tính theo EN 1992.

Nếu sử dụng thép dự ứng lực theo prEN 10138 hoặc ASTM A881/A881M, ASTM A416/A416M hoặc tiêu chuẩn tương đương, thì tổng mất mát sau 40 năm có thể được giả thiết là 25 % của lực dự ứng lực ban đầu.

KHUYẾN NGHỊ 4:

Hệ số (k_1) phụ thuộc rất nhiều vào quá trình sản xuất và điều kiện môi trường trong quá trình khai thác. Hệ số này phải được tính dựa trên hình dạng của mặt cắt ngang, mức ứng suất trước và hệ số sử dụng của sức kháng uốn. Đối với thử nghiệm tà vẹt có tuổi bê tông 28 ngày, hệ số này có thể nằm trong khoảng từ 1,1 đến 1,8.

KHUYẾN NGHỊ 5:

Ở tuổi bê tông khi thử nghiệm (28 ngày), một phần ba tổng mất mát ứng suất trước đã xảy ra.

A.4.2 Hệ số cho các tiêu chí nghiệm thu của tải trọng thử nghiệm

A.4.2.1 Quy định chung

Các hệ số (k_1), (k_2) và (k_3) đã được tính toán từ kết quả thử nghiệm uốn trên các tà vẹt khác nhau với giả thiết hệ số phân bố tải trọng theo phương dọc $k_d = 0,5$ (trong báo cáo ORE D170).

Do không có sự phân bố tải trọng theo phương dọc bởi ray đối với tải trọng ngoại lệ và tải trọng ngẫu nhiên, việc hiệu chỉnh (k_1), (k_2) và (k_3) theo hệ số $0,5 / k_d$ là cần thiết, nếu giá trị hệ số phân bố tải trọng khác $k_d = 0,5$ được sử dụng để xác định tải trọng thử nghiệm tham chiếu ban đầu.

A.4.2.2 Hệ số cho tải trọng ngoại lệ

Tải trọng ngoại lệ xảy ra do tải trọng bánh xe cao hơn đáng kể so với tải trọng bánh xe đặc trưng, hoặc do điều kiện của nền đỡ cục bộ bất lợi. Chúng có thể dẫn đến sự hình thành vết nứt. Tuy nhiên, vết nứt này được khép lại do tác dụng của lực dự ứng lực hoặc cốt thép sau khi dỡ bỏ tải trọng.

Đối với chiều rộng vết nứt còn lại dưới 0,05 mm sau khi dỡ bỏ tải trọng, cấu kiện dự ứng lực vẫn được bảo vệ chống ăn mòn bằng lớp bê tông bảo vệ.

Ví dụ đối với tải trọng ngoại lệ là toa xe hàng chờ quá tải, bẹp bánh xe có độ sâu đến 2 mm, khoảng hở lớn dưới đầu của tà vẹt (tà vẹt bị bênh).

Để đề cập đến tải trọng hoặc điều kiện chịu lực này, khuyến nghị sử dụng ít nhất các hệ số sau trong thử nghiệm phê duyệt thiết kế:

$$k_{1s} = \frac{1,8 \times 0,5}{k_d}, \quad k_{1d} = \frac{1,5 \times 0,5}{k_d}$$

Các hệ số này được sử dụng để tính toán các tiêu chí nghiệm thu phù hợp với TCVN 13566-2:2022, TCVN 13566-3:2022 và TCVN 13566-4:2022.

A.4.2.3 Hệ số cho tải trọng ngẫu nhiên

Tải trọng tác động ngẫu nhiên gây ra hư hỏng nghiêm trọng cho tà vẹt như vỡ bê tông hoặc vết nứt hở. Giả thiết rằng sau tác động của tải trọng ngẫu nhiên, các chức năng cơ bản - chẳng hạn như dẫn hướng toa xe, tiếp nhận các lực của toa xe và truyền tải trọng này đến lớp đá ba lát - ít nhất là sẵn có trong một thời gian.

Tải ngẫu nhiên được gây ra, ví dụ như, bởi sự bẹp bánh xe lớn (độ sâu vài milimet) hoặc sự trật bánh của trục xe đơn hoặc giá chuyển hướng.

Để đề cập đến tải trọng hoặc điều kiện chịu lực này, khuyến nghị sử dụng các hệ số sau trong thử nghiệm phê duyệt thiết kế:

$$k_{2s} = \frac{2,5 \times 0,5}{k_d}, \quad k_{2d} = \frac{2,2 \times 0,5}{k_d}$$

TCVN 13566-6:2022

Các hệ số này được sử dụng để tính toán các tiêu chí nghiệm thu phù hợp với TCVN 13566-2:2022, TCVN 13566-3:2022 và TCVN 13566-4:2022.

A.4.3 Mô men uốn thử nghiệm do môi và các hệ số liên quan

Thử nghiệm môi đối với cáp được giả định để mô phỏng ứng xử của tiết diện bê tông bị nứt dưới tải trọng khai thác. Mô men uốn động trên tương ứng với mô men uốn đặc trưng.

Giá trị được khuyến nghị đối với (k_3) để tính mô men uốn tới hạn là:

$$k_3 = \frac{2,5 \times 0,5}{k_d}$$

Hệ số này được sử dụng để tính toán các tiêu chí nghiệm thu phù hợp với TCVN 13566-2:2022, TCVN 13566-3:2022 và TCVN 13566-4:2022.

A.5 Kiểm tra ứng suất cho trạng thái giới hạn sử dụng (chỉ với tà vẹt bê tông dự ứng lực)

Tà vẹt thường được thiết kế cho thời hạn sử dụng tối thiểu là 40 năm. Khả năng chịu tải của tà vẹt phải bao quát mô men uốn đặc trưng (M_k) có tính đến tải trọng tĩnh cộng với số gia tải trọng động khai thác tiêu chuẩn và phản lực nền đá ba lát không đều. Không có hiện tượng nứt xảy ra ở mức tải trọng này.

Điều này có nghĩa là trong toàn bộ thời hạn sử dụng tà vẹt, ứng suất kéo lớn nhất ($\sigma_{ct,max}$) trong bê tông do mô men uốn (M_k) và tác động của dự ứng lực phải không vượt quá cường độ chịu mỏi ($f_{ct,fl,fat}$) của bê tông khi chịu tải trọng lặp.

Yêu cầu này dẫn đến Công thức (A.21):

$$\sigma_{ct,max} = \frac{N_p}{A} + \frac{N_p \times e_p}{W} + \frac{M_k}{W} < f_{ct,fl,fat} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{A.21})$$

Trong đó:

- N_p lực dự ứng lực còn lại trước khi kết thúc thời hạn sử dụng của tà vẹt (giả định là 40 năm), (N);
- A diện tích tiết diện tà vẹt, (mm^2);
- e_p độ lệch tâm của lực dự ứng lực, (mm);
- W mô men tĩnh của tiết diện, (mm^3);
- M_k mô men uốn do tải trọng khai thác (giá trị đặc trưng), (N.m);
- $f_{ct,fl,fat}$ cường độ chịu kéo uốn của bê tông sau khi chịu tải trọng mỏi, (N/mm^2);
- $\sigma_{ct,max}$ ứng suất kéo thiết kế của bê tông dưới mô men uốn đặc trưng và xét đến từ biến và co ngót, (N/mm^2).

KHUYẾN NGHỊ 1:

Có thể tính mất mát ứng suất trước phụ thuộc thời gian do từ biến, co ngót và độ chùng theo EN 1992.

Nếu sử dụng thép dự ứng lực theo prEN 10138 hoặc ASTM A881/A881M, ASTM A416/A416M hoặc tiêu chuẩn tương đương, tổng mất mát có thể được giả thiết là 25 % của lực dự ứng lực ban đầu.

KHUYẾN NGHỊ 2:

Có thể dự tính cường độ chịu uốn của bê tông dưới tải trọng mỏi với $f_{ct,fl,fat} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ đối với cấp cường độ bê tông C50/60 hoặc các giá trị khác, có thể được chứng minh bằng hồ sơ.

A.6 Ví dụ thiết kế

A.6.1 Quy định chung

Phương pháp chung có thể được sử dụng cho tà vẹt tiết diện thu hẹp cũng như tà vẹt tiết diện hình chữ nhật. Các điều sau đây thể hiện các ví dụ tính toán.

Các ví dụ khác nhau đã được chọn để minh họa việc sử dụng các phương pháp thiết kế khác nhau.

Bảng A.3 - Phương pháp tính toán cho các ví dụ thiết kế

	Ví dụ 1	Ví dụ 2
Phương pháp sử dụng cho mặt cắt đặt ray	Phương pháp đơn giản hóa: áp lực nền đá ba lát không đổi	
Phương pháp sử dụng cho mặt cắt giữa tà vẹt	1) Dầm đàn hồi 2) Phương pháp đơn giản hóa (các đường cong tính toán trước)	Phương pháp đơn giản hóa (các đường cong tính toán trước)
Khổ đường	1 435 mm	1 435 mm
Chiều dài tà vẹt	2 600 mm	2 500 mm
Hình dạng tà vẹt	Tiết diện thu hẹp	Tiết diện hình chữ nhật

Các ví dụ dưới đây sử dụng các phương pháp khác nhau để tính toán các hệ số thiết kế khác nhau. Các ví dụ chỉ được chọn để thể hiện một số khả năng được tiêu chuẩn cho phép.

Bảng sau đây tóm tắt cách sử dụng các phương pháp thiết kế khác nhau (thể hiện trong sơ đồ Hình 3 và Hình 4) được sử dụng trong các ví dụ này.

Bảng A.4 - Chi tiết cho phương pháp tính toán

Các bước thiết kế	Ví dụ 1	Ví dụ 2
Xác định (k_d)	Tính theo phân bố lý thuyết trong Điều A.2.2.1	Khuyến nghị 1 của Điều A.2.2.1
Tính toán (P_k)	Tính theo Công thức (1) của Điều 6.2.2	
Tính toán ($M_{r,pos}$)	Tính theo Công thức (A.14) của Điều A.3.2	
Tính toán ($M_{k,r,pos}$) sau khi chọn ($k_{1,r}$)	Tính theo Công thức (A.14) của Điều A.3.2 Khuyến nghị 1 của Điều A.3.2 cho ($k_{1,r}$)	
Tính toán ($M_{c,neg}$)	1) Tính theo Điều A.3.3.1.2 2) Tính theo Điều A.3.3.1.3	Tính theo Điều A.3.3.1.3
Tính toán ($M_{k,c,neg}$)	1) Tính theo Điều A.3.3.1.2 2) Tính theo Điều A.3.3.1.3 ($k_{1,r}$) theo Điều A.3.3.1.5	Tính theo Điều A.3.3.1.3 ($k_{1,r}$) theo Điều A.3.3.1.5

Theo Điều 6.2.6, việc kiểm tra ứng suất trong bê tông cũng được trình bày trong các ví dụ thiết kế.

Bảng sau đây mô tả các bước của các ví dụ.

Bảng A.5 - Chi tiết để kiểm tra ứng suất trong bê tông

Các bước thiết kế	Ví dụ 1	Ví dụ 2
Mất mát dự ứng lực	Tính theo EN 1992-1-1	Khuyến nghị 3 của Điều A.4.1 (25 %)
Xác định (k_1)	Tính theo Điều 6.2.7.1	
Kiểm tra ứng suất kéo trong bê tông	Thực hiện theo Điều A.4.1	

A.6.2 Ví dụ 1: Tính toán tà vẹt tiết diện thu hẹp của khổ đường 1 435 mm với dầm đàn hồi trên nền đàn hồi

A.6.2.1 Quy định chung

Sau đây trình bày một ví dụ về tính toán cho tà vẹt bê tông dự ứng lực một khối có tiết diện thu hẹp, cho đường ray khổ 1 435 mm.

Dữ liệu đầu vào được chi tiết trong Bảng A.6.

Bảng A.6 - Dữ liệu đầu vào cho tà vẹt khổ 1 435 mm

Tải trọng trục danh định	$A_{nom} = 225 \text{ kN}$
Tốc độ tàu	$V = 220 \text{ km/h}$
Mô men quán tính của ray 60E1	$I_{rail} = 3\,038 \text{ cm}^4$
Mô đun đàn hồi của ray	$E_{rail} = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
Độ cứng của tấm đệm ray	$c_1 = 600 \text{ kN/mm}$, suy giảm thấp
Khoảng cách tà vẹt	$a = 600 \text{ mm}$
Khổ đường	1 435 mm
Mô đun đàn hồi cho đá ba lát và nền đường	$C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$
Chiều dài tà vẹt	$L = 2,60 \text{ m}$
Khoảng cách tâm các vị trí đặt ray	$L_c = 1,51 \text{ m}$
Khoảng cách đến trục quán tính	$z_{c,top} = 115 \text{ mm}$
Diện tích đáy tà vẹt	$A_R = 6\,800 \text{ cm}^2$
Các giá trị đối với mặt cắt đặt ray:	
- Diện tích	$A_r = 505 \text{ cm}^2$
- Chiều rộng tại đáy	$B_r = 300 \text{ mm}$
- Mô men quán tính	$I_r = 18\,320 \text{ cm}^4$
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía dưới	$W_{r,bot} = 1\,850 \text{ cm}^3$
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía trên	$W_{r,top} = -1\,590 \text{ cm}^3$
- Độ lệch tâm của lực dự ứng lực	$e_{pr} = 8 \text{ mm}$
Các giá trị đối với mặt cắt giữa:	
- Diện tích	$A_c = 337 \text{ cm}^2$
- Chiều rộng tại đáy	$B_c = 220 \text{ mm}$
- Mô men quán tính	$I_c = 8\,380 \text{ cm}^4$
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía dưới	$W_{c,bot} = 1\,020 \text{ cm}^3$
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía trên	$W_{c,top} = -900 \text{ cm}^3$
- Độ lệch tâm của lực dự ứng lực	$e_{pc} = -9 \text{ mm}$
Lực dự ứng lực:	
- Lực dự ứng lực ban đầu	$P_0 = 325 \text{ kN}^a / 325 \text{ kN}^a$
- Sau khi truyền lực dự ứng lực tại mặt cắt đặt ray	$P_{m0} = 315 \text{ kN}^a / 310 \text{ kN}^a$

/ mặt cắt giữa	
- Sau 4 tuần ($t_1 = 28$ ngày) tại mặt cắt đặt ray / mặt cắt giữa :	$P_{m,t1} = 297 \text{ kN}^a / 290 \text{ kN}^a$
- Sau 40 năm ($t_2 = 40$ năm) tại mặt cắt đặt ray / mặt cắt giữa	$P_{m,t2} = 260 \text{ kN}^a / 250 \text{ kN}^a$
^a Tính theo EN 1992	

A.6.2.2 Tải trọng đặc trưng tại vị trí đặt ray

Độ cứng (c_2) của nền đá ba lát và nền đất đối với một gối đỡ (một nửa tà vẹt):

$$c_2 = 0,5 \times A_R \times C_2 = 0,5 \times 680000 \times 0,1 \times 10^{-3} = 34,0 \text{ kN/mm} \quad (\text{A.22})$$

Độ cứng (c_{tot}) đối với một gối đỡ ray:

$$c_{tot} = \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{600} + \frac{1}{34,0} \right)^{-1} = 32,18 \text{ kN/mm} \quad (\text{A.23})$$

Chiều dài đàn hồi của dầm Winkler:

$$L_{el} = \sqrt[4]{\frac{4 \times E_{rail} \times I_{rail}}{c_{tot} / a}} = \sqrt[4]{\frac{4 \times 210000 \times 3038 \times 10^4}{32180 / 600}} = 831 \text{ mm} \quad (\text{A.24})$$

Độ võng ray (y_0) đối với tải trọng bánh xe đơn vị $Q_0 = 100 \text{ kN}$:

$$y_0 = \frac{Q_0 \times a}{2 \times c_{tot} \times L_{el}} = \frac{100 \times 600}{2 \times 32,18 \times 831} = 1,12 \text{ mm} \quad (\text{A.25})$$

$$\eta_i = \frac{\sin \xi_i + \cos \xi_i}{e^{\xi_i}} \quad \text{với} \quad \xi_i = \frac{x_i}{831} \quad (\text{A.26})$$

đối với $x_1 = 0,000 \text{ m}$ $\eta_1 = 1,000$ (trục ở giữa giá chuyển hướng)

đối với $x_2 = 1,800 \text{ m}$ $\eta_2 = 0,030$

Tải trọng tại vị trí đặt ray đối với tải trọng bánh xe đơn vị $Q_0 = 100 \text{ kN}$:

$$P_0 = c_{tot} \times \sum_i \eta_i \times y_0 = 32,18 \times (1 + 2 \times 0,030) \times 1,12 = 38,2 \text{ kN} \quad (\text{A.27})$$

Hệ số phân bố tải trọng:

$$k_d = \frac{P_0}{Q_0} = \frac{38,2}{100} = 0,382 \quad (\text{A.28})$$

Tải trọng đặc trưng tại vị trí đặt ray:

- hệ số tăng tốc độ: $k_v = 0,75$ đối với $V = 220 \text{ km/h}$

- tằm đệm với suy giảm thấp: $k_p = 1,00$

- hư hỏng nền đỡ ba lát: $k_r = 1,35$

$$P_x = \frac{A_{nom}}{2} (1 + k_p \times k_v) \times k_d \times k_r = \frac{225}{2} (1 + 1,0 \times 0,75) \times 0,382 \times 1,35 = 102 \text{ kN} \quad (\text{A.29})$$

A.6.2.3 Mô men uốn đặc trưng

A.6.2.3.1 Mặt cắt đặt ray

Mô men uốn dương (xem Hình A.7):

$$2e = b_{rail} + (2 \times z_{c,top}) = 150 + (2 \times 115) = 380 \text{ mm} \quad (\text{A.30})$$

$$L_p = \frac{L - L_c}{2} = \frac{2600 - 1510}{2} = 545 \text{ mm} \quad (\text{A.31})$$

$$\lambda = \frac{L_p - e}{2} = \frac{545 - 380/2}{2} = 178 \text{ mm} \quad (\text{A.32})$$

$$M_{k,r,pos} = k_{i,r} \times \lambda \times \frac{P_k}{2} = 1,6 \times 0,178 \times \frac{102}{2} = 14,50 \text{ kN.m} \quad (\text{A.33})$$

Mô men uốn âm:

chiều dài tà vẹt $L = 2,60 \text{ m}$

$$M_{k,r,neg} = 0,5 \times M_{k,r,pos} = -0,5 \times 14,50 = -7,25 \text{ kN.m} \quad (\text{A.34})$$

A.6.2.3.2 Mặt cắt giữa tà vẹt

a) Tính toán sử dụng dầm đàn hồi làm mô hình thiết kế

Tà vẹt được thể hiện bằng dầm đàn hồi như trong Hình A.9. Phải tính độ cứng (c_i) của gối đàn hồi có tính đến mô đun nền (C_2), chiều rộng đáy (b) và khoảng cách các gối đàn hồi (Δ_x). Phải chuyển tải trọng đặc trưng tại vị trí đặt ray (P_k) thành tải trọng rải đều dọc theo chiều dài ($2e$).

Hình A.9 cho thấy mô men uốn do $P_k = 102 \text{ kN}$ đối với $C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$ và $2e = 380 \text{ mm}$.

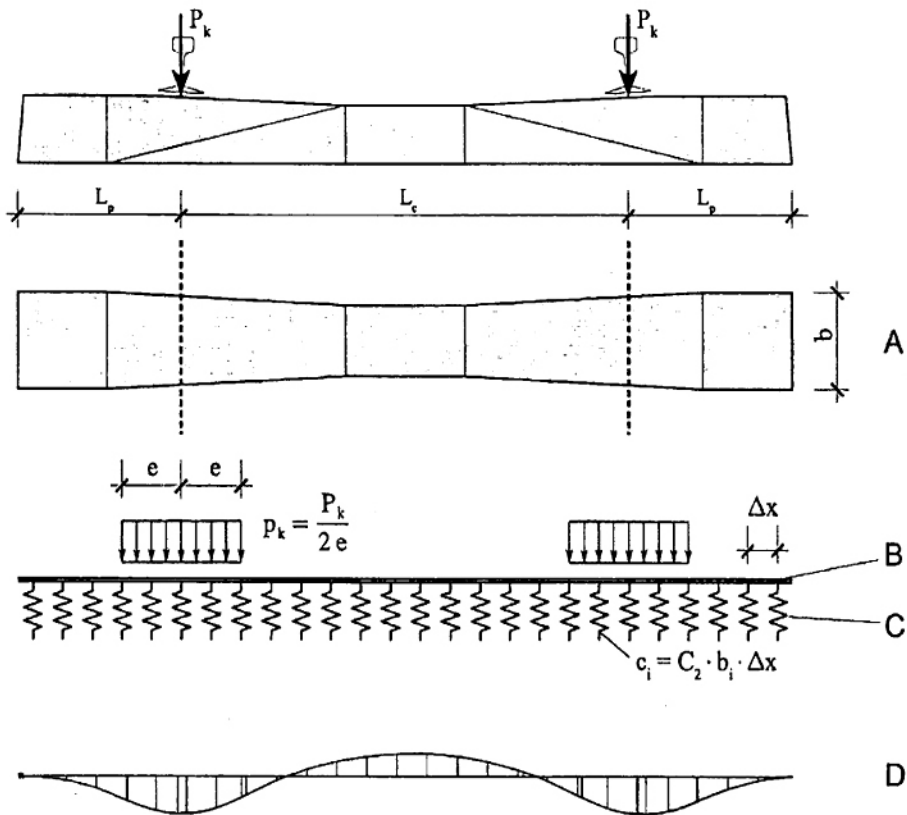
Mô men uốn âm ở giữa tà vẹt $M_{c,neg} = -5,35 \text{ kN.m}$ sẽ được nhân với hệ số ($k_{i,c}$):

$$M_{k,c,neg} = k_{i,c} \times P_k \times M_{c,neg,100} / 100 = -1,6 \times 102 \times 5,35 / 100 = -8,70 \text{ kN.m} \quad (\text{A.35})$$

Mô men uốn dương:

chiều dài tà vẹt $L = 2,60 \text{ m}$

$$M_{k,c,pos} = 0,7 \times M_{k,c,neg} = 0,7 \times 8,70 = 6,1 \text{ kN.m} \quad (\text{A.36})$$



CHÚ DẪN:

- A chiều rộng đáy
- B dầm đàn hồi
- C các gối đàn hồi
- D Mô men uốn (M_k), [kN.m]
- P_k Tải trọng động tại vị trí đặt ray
- L_c Khoảng cách tìm hai vị trí đặt ray
- L_p Khoảng cách từ tìm vị trí đặt ray đến đầu tà vẹt
- b Chiều rộng tà vẹt
- e Một nửa chiều dài phân bố tải trọng từ đế ray đến trục quán tính của mặt cắt

Hình A.9 - Mô hình và kết quả tính sử dụng dầm đàn hồi trên nền đàn hồi

b) Tính toán sử dụng biểu đồ mô men uốn từ Hình A.7

Việc tính toán mômen uốn đặc trưng sau đây được thực hiện theo từng bước:

Giá trị ban đầu: $L = 2,60 \text{ m}$

$$\frac{B_c}{B_r} = \frac{220}{300} = 0,73 \quad (\text{A.37})$$

$$\frac{I_c}{I_r} = \frac{8380}{18320} = 0,46 \quad (\text{A.38})$$

TCVN 13566-6:2022

Mô men uốn đơn vị từ Hình A.6 với 10 % triết giảm đối với hình dạng đáy "z":

$$M_{c,neg,100} = -0,9 \times 6,3 = -5,7 \text{ kN.m} \quad (\text{A.39})$$

Mô men uốn âm đặc trưng:

$$M_{k,c,neg} = k_{l,c} \times P_k \times M_{c,neg,100} / 100 = -1,6 \times 102 \times 5,7 / 100 = -9,3 \text{ kN.m} \quad (\text{A.40})$$

Mô men uốn dương:

chiều dài tà vẹt $L = 2,60 \text{ m}$

$$M_{k,c,pos} = 0,7 \times M_{k,c,neg} = 0,7 \times 9,3 = 6,5 \text{ kN.m} \quad (\text{A.41})$$

A.6.2.3.3 Kiểm tra ứng suất kéo trong bê tông đối với trạng thái giới hạn sử dụng

Theo Điều A.5, ứng suất kéo lớn nhất trong bê tông ($\sigma_{ct,max}$) do mô men uốn đặc trưng (M_k) không được vượt quá cường độ chịu mỏi của bê tông $f_{ct,fl,fat} = 3,0 \text{ MPa}$ trong suốt thời hạn sử dụng của tà vẹt.

Mô men uốn dương tại mặt cắt đặt ray với ($M_{k,r,pos}$) lấy từ Công thức (A.21)

$$\sigma_{ct,max} = \frac{P_{m,t2}}{A_r} + \frac{P_{m,t2} \times e_p}{W_{bot}} + \frac{M_{k,r,pos}}{W_{bot}} = \frac{-0,26}{505 \times 10^{-4}} + \frac{-0,26 \times 0,008}{1850 \times 10^{-6}} + \frac{-14,5 \times 10^{-3}}{1850 \times 10^{-6}} = 1,57 < 3,0 \text{ MPa} \quad (\text{A.42})$$

Mô men uốn âm tại mặt cắt đặt ray với ($M_{k,r,pos}$) lấy từ Công thức (A.21)

$$\sigma_{ct,max} = \frac{P_{m,t2}}{A_r} + \frac{P_{m,t2} \times e_p}{W_{top}} + \frac{M_{k,r,pos}}{W_{top}} = \frac{-0,26}{505 \times 10^{-4}} + \frac{-0,26 \times 0,008}{-1590 \times 10^{-6}} + \frac{-7,25 \times 10^{-3}}{1590 \times 10^{-6}} = -1,90 < 3,0 \text{ MPa} \quad (\text{A.43})$$

Mô men uốn dương tại mặt cắt giữa ($M_{k,c,pos}$) lấy từ Công thức (A.21)

$$\sigma_{ct,max} = \frac{P_{m,t2}}{A_c} + \frac{P_{m,t2} \times e_p}{W_{bot}} + \frac{M_{k,c,pos}}{W_{bot}} = \frac{-0,25}{337 \times 10^{-4}} + \frac{-0,25 \times (-0,009)}{1020 \times 10^{-6}} + \frac{+6,0 \times 10^{-3}}{1020 \times 10^{-6}} = 0,67 < 3,0 \text{ MPa} \quad (\text{A.44})$$

Mô men uốn âm tại mặt cắt giữa ($M_{k,c,pos}$) lấy từ Công thức (A.21)

$$\sigma_{ct,max} = \frac{P_{m,t2}}{A_c} + \frac{P_{m,t2} \times e_p}{W_{top}} + \frac{M_{k,c,pos}}{W_{top}} = \frac{-0,25}{337 \times 10^{-4}} + \frac{-0,25 \times (-0,009)}{-900 \times 10^{-6}} + \frac{-8,7 \times 10^{-3}}{-900 \times 10^{-6}} = -0,25 < 3,0 \text{ MPa} \quad (\text{A.45})$$

A.6.2.3.4 Tính tải trọng thử nghiệm và tiêu chí nghiệm thu

a) Mặt cắt đặt ray

Tải trọng thử nghiệm tham chiếu ban đầu (Fr_0) được tính theo Điều 4.3 của TCVN 13566-2:2022:

$$L_p = (L - L_c) / 2 = (2,60 - 1,51) / 2 = 0,545 \text{ m} \quad L_r = 0,60 \text{ m}$$

$$Fr_0 = \frac{4 \times M_{k,r,pos}}{L_r - 0,1} = \frac{4 \times 14,5}{0,6 - 0,1} = 116 \text{ kN} \quad (\text{A.46})$$

Tính mô men uốn thử nghiệm ($M_{t,r,pos}$) và hệ số (k_t) đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên:

$$M_{t,r,pos} = M_{k,r,pos} + \left[(f_{ct,fl,t=28} - f_{ct,fl,fat}) + (\Delta\sigma_{c,c+s+r,t=40} - \Delta\sigma_{c,c+s+r,t=28}) \right] \times W_{bot} = k_t \times M_{k,r,pos} \quad (\text{A.47})$$

Tính ($\Delta\sigma$):

$$\Delta\sigma_{c,c+s+r,t=40} - \Delta\sigma_{c,c+s+r,t=28} = (P_{m,t2} - P_{m,t1}) \times \left(\frac{1}{A_c} + \frac{e_p}{W_{top}} \right)$$

$$= (0,297 - 0,260) \times \left(\frac{1}{337 \times 10^{-4}} + \frac{-0,009}{-900 \times 10^{-6}} \right) = 1,47 \text{ MPa} \quad (\text{A.48})$$

$$M_{l,r, \text{pos}} = 14,5 + [(5,5 - 3,0) + 0,89] \times 1850 \times 10^{-3} = 20,8 \text{ kN.m} \quad (\text{A.49})$$

$$k_t = \frac{20,8}{14,5} = 1,43 \quad (\text{A.50})$$

Khi hệ số phân bố tải trọng theo phương dọc là $k_d = 0,382$, việc tính các hệ số (k_{1s}), (k_{2s}), (k_{1d}), (k_{2d}) và (k_3) được thực hiện như sau:

$$k_{1s} = 1,8 \times 0,5 / 0,382 = 2,36 \quad (\text{A.51})$$

$$k_{2s} = 2,5 \times 0,5 / 0,382 = 3,27 \quad (\text{A.52})$$

$$k_{1d} = 1,5 \times 0,5 / 0,382 = 1,96 \quad (\text{A.53})$$

$$k_{2d} = 2,2 \times 0,5 / 0,382 = 2,88 \quad (\text{A.54})$$

$$k_3 = 2,5 \times 0,5 / 0,382 = 3,27 \quad (\text{A.55})$$

Tính toán các tiêu chí nghiệm thu thiết kế:

a.1) Thử nghiệm tĩnh

Hình thành vết nứt đầu tiên:

$$Fr_r > k_t \times Fr_0 = 1,43 \times 116 = 166 \text{ kN} \quad (\text{A.56})$$

Chiều rộng vết nứt còn lại 0,05 mm:

$$Fr_{0,05} > k_{1s} \times Fr_0 = 2,36 \times 116 = 274 \text{ kN} \quad (\text{A.57})$$

Tải trọng thử nghiệm lớn nhất:

$$Fr_B > k_{2s} \times Fr_0 = 3,27 \times 116 = 379 \text{ kN} \quad (\text{A.58})$$

a.2) Thử nghiệm động

Chiều rộng vết nứt còn lại 0,05 mm:

$$Fr_{0,05} > k_{1d} \times Fr_0 = 1,96 \times 116 = 227 \text{ kN} \quad (\text{A.59})$$

Chiều rộng vết nứt còn lại 0,5 mm:

$$Fr_{0,5} > k_{2d} \times Fr_0 = 2,88 \times 116 = 334 \text{ kN} \quad (\text{A.60})$$

Tải trọng thử nghiệm lớn nhất:

$$Fr_B > k_{2d} \times Fr_0 = 2,88 \times 116 = 334 \text{ kN} \quad (\text{A.61})$$

a.3) Thử nghiệm mỏi

Tải trọng thử lớn nhất:

$$Fr_B > k_3 \times Fr_0 = 3,27 \times 116 = 379 \text{ kN} \quad (\text{A.62})$$

b) Mặt cắt giữa tà vẹt

TCVN 13566-6:2022

Tải trọng thử nghiệm tham chiếu ban đầu (F_{C0n}) được tính theo Điều 4.3 của TCVN 13566-2:2022:

$$F_{C0n} = \frac{4 \times M_{k,c,pos}}{L_c - 0,1} = \frac{4 \times 8,7}{1,51 - 0,1} = 25 \text{ kN} \quad (\text{A.63})$$

Tính mô men uốn thử nghiệm ($M_{t,c,neg}$) và hệ số (k_t) đối với sự hình thành vết nứt đầu tiên:

$$M_{t,c,neg} = M_{k,c,neg} + \left[(f_{ct,fl,t=28} - f_{ct,fl,fat}) + (\Delta\sigma_{c,c+s+r,t=40} - \Delta\sigma_{c,c+s+r,t=28}) \right] \times W_{top} \quad (\text{A.64})$$

Tính ($\Delta\sigma$):

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{c,c+s+r,t=40} - \Delta\sigma_{c,c+s+r,t=28} &= (P_{m,t2} - P_{m,t1}) \times \left(\frac{1}{A_c} + \frac{e_p}{W_{top}} \right) \\ &= (0,290 - 0,250) \times \left(\frac{1}{337 \times 10^{-4}} + \frac{-0,009}{-900 \times 10^{-6}} \right) = 1,59 \text{ MPa} \quad (\text{A.65}) \end{aligned}$$

$$M_{t,c,neg} = -8,7 + [(5,5 - 3,0) + 1,59] \times (-900 \times 10^{-3}) = -12,4 \text{ kN.m} \quad (\text{A.66})$$

$$k_t = \frac{-12,4}{-8,7} = 1,43 \quad (\text{A.67})$$

Tính toán tiêu chí nghiệm thu thiết kế:

Thử nghiệm tĩnh:

hình thành vết nứt đầu tiên: $F_{c_m} > k_t \times F_{C0n} = 1,43 \times 25 = 36 \text{ kN}$

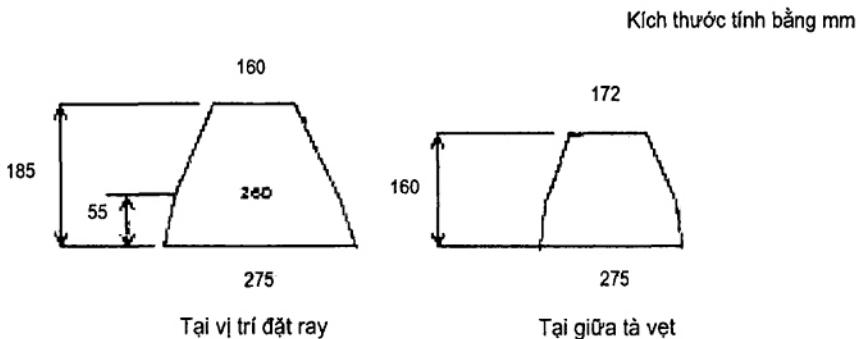
A.6.3 Ví dụ 2: Tính toán tà vẹt tiết diện hình chữ nhật của khổ đường 1 435 mm sử dụng phương pháp đơn giản hóa

A.6.3.1 Quy định chung

Tà vẹt được thiết kế theo các tiêu chí như sau:

- Chiều dài: 2 500 mm
- Chiều rộng tại vị trí đặt ray: 190 mm
- Chiều dày tại vị trí đặt ray: 185 mm
- Chiều dày tại giữa tà vẹt: 160 mm

Tất cả các tiêu chí hình học khác được thể hiện trên bản vẽ tà vẹt.



Hình A.10 - Mặt cắt ngang tà vẹt

Các tính toán, theo đó cung cấp mô men thiết kế cho tà vẹt từ các tính toán theo TCVN 13566-6:2022. Mô men thiết kế này, sau đó được so sánh với mô men cung cấp bởi tà vẹt trong bảng cuối cùng.

Bảng A.7 - Dữ liệu đầu vào cho tà vẹt khổ 1 435 mm

Tải trọng trục danh định	$A_{nom} = 225 \text{ kN}$
Tốc độ tàu	$V = 200 \text{ km/h}$
Mô men quán tính của ray 60E1	$I_{rail} = 3\,038 \text{ cm}^4$
Mô đun đàn hồi của ray	$E_{rail} = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
Độ cứng của tấm đệm ray	Suy giảm trung bình
Khoảng cách tà vẹt	$a = 600 \text{ mm}$
Khổ đường	1 435 mm
Mô đun đàn hồi cho đá ba lát và nền đường	
Chiều dài tà vẹt	$L = 2\,500 \text{ mm}$
Khoảng cách tâm các vị trí đặt ray	$L_c = 1\,510 \text{ mm}$
Khoảng cách đến trục quán tính	
Diện tích đáy tà vẹt	$A_R = 6\,875 \text{ cm}^2$
Các giá trị đối với mặt cắt đặt ray:	
- Diện tích	$A_r = 439 \text{ cm}^2$
- Mô men quán tính	$I_r = 12\,278 \text{ cm}^4$
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía dưới	$W_{r,bot} = 1\,420 \text{ cm}^3$
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía trên	
- Độ lệch tâm của lực dự ứng lực	$e_{pr} = 11,69 \text{ mm}$
Các giá trị đối với mặt cắt giữa:	
- Diện tích	$A_c = 337 \text{ cm}^2$
- Mô men quán tính	$I_c = 7\,792 \text{ cm}^4$
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía dưới	
- Mô men tĩnh của mặt cắt phía trên	$W_{c,top} = 910 \text{ cm}^3$
- Độ lệch tâm của lực dự ứng lực	$e_{pc} = -0,74 \text{ mm}$
Lực dự ứng lực:	Vị trí đặt ray/ khu vực giữa tà vẹt
- Lực dự ứng lực ban đầu	$P_0 = 390 \text{ kN} / 390 \text{ kN}$
- Sau khi truyền lực dự ứng lực tại mặt cắt đặt ray / mặt cắt giữa	
- Sau 4 tuần ($t_1 = 28$ ngày) tại mặt cắt đặt ray / mặt cắt giữa	$P_{m,t1} = 365 \text{ kN}$ (mất mát 8,3 %)
- Sau 40 năm ($t_2 = 40$ năm) tại mặt cắt đặt ray / mặt cắt giữa	$P_{m,t2} = 292 \text{ kN}$ (mất mát 25 %)

TCVN 13566-6:2022

A.6.3.2 Tải trọng đặc trưng tại vị trí đặt ray

Phương pháp tính toán mô men của tà vẹt yêu cầu đầu vào của tải trọng trục và tốc độ của xe. Tốc độ càng cao thì yêu cầu về mô men càng lớn.

Tải trọng đặc trưng tại vị trí đặt ray, sử dụng để tính mô men uốn đặc trưng được tính theo Công thức (1):

$$P_k = \frac{A_{nom}}{2} (1 + k_p \times k_v) \times k_d \times k_r$$

A_{nom} Tải trọng tính của trục bánh xe $A_{nom} = 225$ kN

k_p Hệ số suy giảm tải trọng trung bình $k_p = 0,89$

k_v Hệ số tăng tải trọng động khai thác tiêu chuẩn $k_v = 0,75$

k_d Hệ số phân bố tải trọng $k_d = 0,5$

(Khuyến nghị (a), Điều A.2.2.1)

k_r Hệ số biến đổi phản lực nền đá ba lát $k_r = 1,35$

Do đó đối với trường hợp suy giảm trung bình:

$$P_k = \frac{225}{2} (1 + 0,89 \times 0,75) \times 0,5 \times 1,35 = 126,6 \text{ kN}$$

A.6.3.3 Mô men uốn đặc trưng

Tính mô men đặc trưng dương tại vị trí đặt ray.

$$z_{c,top} = 98,28 \text{ mm}$$

$$e = \frac{150}{2} + 98,28 = 173,26 \text{ mm}$$

$$I_p = \frac{(2500 - 1510)}{2} = 495 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{(I_p - e)}{2} = \frac{(495 - 173)}{2} = 161 \text{ mm}$$

$$M_{k,r,pos} = k_{i,r} \times \lambda \times \frac{P_k}{2} = 1,6 \times 161 \times \frac{126,6}{2} = 16,3 \text{ kN.m} \quad (\text{Khuyến nghị 1, Điều A.3.2.1})$$

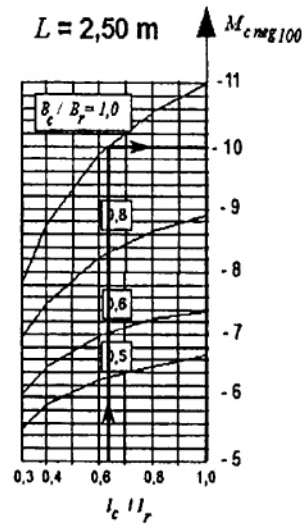
$$M_{k,r,neg} = 0,5 \times M_{k,r,pos} = 0,5 \times 16,3 = 8,15 \text{ kN.m} \quad (\text{Khuyến nghị 2, Điều A.3.2.2})$$

$$M_{k,c,neg} = k_{i,c} \times P_k \times \frac{M_{c,neg,100}}{100} = 0,75 \times 126,6 \times \frac{10,0}{100} = 9,49 \text{ kN.m} \quad (\text{Công thức A.15})$$

($k_{i,c}$) lấy bằng 0,75 trong Bảng A.2 và ($M_{c,neg,100}$) lấy theo Hình A.11.

Cuối cùng, mô men dương ở giữa tà vẹt có thể được tính từ Công thức (A.18).

$$M_{k,c,pos} = 0,7 \times M_{k,c,neg} = 0,7 \times 9,49 = 6,64 \text{ kN.m}$$



Hình A.11 - Biểu đồ xác định ($M_{c,neg,100}$) trích ra từ Hình A.7

Từ mặt cắt tà vẹt, mô men dương tại vị trí đặt ray có thể được tính như sau:

$$M_{r,pos,2=40} = \left(\frac{P_{m,2}}{A_R} + \frac{P_{m,2} \times e_{pr}}{W_{r,bot}} + 3 \right) \times W_{r,bot}$$

$$M_{r,pos,2=40} = \left(\frac{292 \times 10^3}{43900} + \frac{292 \times 10^3 \times 11,69}{1,42 \times 10^6} + 3 \right) \times 1,46 \times 10^6 = 17,11 \text{ kN.m}$$

Và mô men âm tại giữa tà vẹt là:

$$M_{c,neg,2=40} = \left(\frac{P_{m,2}}{A_R} + \frac{P_{m,2} \times e_{pc}}{W_{r,top}} + 3 \right) \times W_{r,top}$$

$$M_{c,neg,2=40} = \left(\frac{292 \times 10^3}{37700} + \frac{(-292) \times 10^3 \times (-0,74)}{0,91 \times 10^6} + 3 \right) \times 0,91 \times 10^6 = 9,99 \text{ kN.m}$$

Mô men của tà vẹt được tóm tắt dưới đây:

	Mô men (kN.m)		
	TCVN 13566-6:2022	Tà vẹt, sau 40 năm	Tà vẹt, sau 28 ngày
Mô men dương tại vị trí đặt ray	16,30	17,11	23,51
Mô men âm tại vị trí đặt ray	8,15	8,64	
Mô men dương tại giữa tà vẹt	6,64	10,97	
Mô men âm tại giữa tà vẹt	9,49	9,99	

Mô men của tà vẹt được tính trên cơ sở khuyến nghị của TCVN 13566-6:2022 như sau:

Cường độ chịu kéo của bê tông ở 40 năm: 3 N/mm².

Cường độ chịu kéo của bê tông ở 28 ngày: 5,5 N/mm².

TCVN 13566-6:2022

A.6.3.4 Tính tải trọng thử nghiệm và các tiêu chí nghiệm thu

Tải trọng tham chiếu ban đầu:

$$Fr_0 = \frac{4 \times M_{k,r,pos}}{(L_r - 0,1)} = \frac{4 \times 16,3}{(0,6 - 0,1)} = 130,4 \text{ kN}$$

$$M_{r,pos,1=28} = 23,51 \text{ kN.m}$$

$$M_{r,pos,2=40} = 17,11 \text{ kN.m}$$

$$\text{Tải trọng thử nghiệm} = \frac{130,4 \times 23,51}{17,11} = 179 \text{ kN.m}$$

Phụ lục B

(Tham khảo)

Phương pháp và hệ số thiết kế đối với tấm đỡ của ghi

Mô men uốn đối với tấm đỡ được tính sử dụng đảm trên nền đàn hồi cho toàn bộ kết cấu. Những kết quả này đã được áp dụng ở các công ty đường sắt khác nhau.

Kinh nghiệm từ các Cơ quan đường sắt cho thấy rằng mô men uốn phù hợp với điều kiện đường ray.

Mô men uốn đặc trưng lớn nhất đã được xác định là $M_{k,b,pos} = M_{k,b,neg}$.

Các mô men thử nghiệm tương ứng ($M_{t,pos}$) và ($M_{t,neg}$) thay đổi từ $\pm 19,25$ kN.m và $\pm 34,5$ kN.m ở các nước châu Âu khác nhau.

Ví dụ, mô men uốn đặc trưng và mô men uốn thử nghiệm sau đây được sử dụng:

Bảng B.1 - Mô men uốn đặc trưng và mô men uốn thử nghiệm

Quốc gia	Loại tấm đỡ	Tiết diện tấm đỡ	Mô men uốn dương đặc trưng (kN.m)	Mô men uốn âm đặc trưng (kN.m)	Mô men uốn dương thử nghiệm (kN.m)	Mô men uốn âm thử nghiệm (kN.m)	k_b	k_{bn}
Áo	Tất cả các loại	rộng = 300 mm; dày = 220 mm	25	-25	25	-25		
Pháp	Chiều dài tấm đỡ $\leq 2,6$ m	rộng = 300 mm; dày = 200 mm			19,25	-19,25	1,30 đến 1,40	
	Chiều dài tấm đỡ $> 2,6$ m	rộng = 300 mm; dày = 200 mm			25,20	-25,20		
Đức	Loại KS	rộng = 300 mm; dày = 220 mm	22,5	-22,5	28	-30		
	Loại W	rộng = 300 mm; dày = 220 mm	22,5	-22,5	32	-30		
Tây Ban Nha	Tất cả các loại	rộng = 300 mm; dày = 220 mm	22,5	-22,5	28	-30		
Vương quốc Anh	Chiều dài Loại R $\leq 4,5$ m	rộng = ??? mm; dày = 186 mm			31			
	Chiều dài Loại R $> 4,5$ m	rộng = ??? mm; dày = 186 mm			34,5			
	Loại D	rộng = ??? mm; dày = 205 mm			34,5			
Thụy Điển	Tất cả các loại							
Hà Lan	Tất cả các loại	rộng = 300 mm; dày = 200 mm	22,5	-22,5	28	-28	1,96	1,96

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1]. prEN 13230-6:2015, *Railway Applications - Track - Concrete Sleepers and Bearers - Part 6: Design*.
 - [2]. UIC 713, *Design of monoblock concrete sleepers*.
 - [3]. ORE D71 RP9/E. *Stress in the Formation, Question D71, "Stress in the Rails, the Ballast and the Formation Resulting from Traffic Loads"*. Office for Research and Experiments of UIC, Utrecht, 1968.
 - [4]. ORE D170 RP4. *Study of different values which need to be taken into account with respect to the definition of the properties of concrete sleepers*. Office for Research and Experiments of UIC, Utrecht, September, 1991.
-