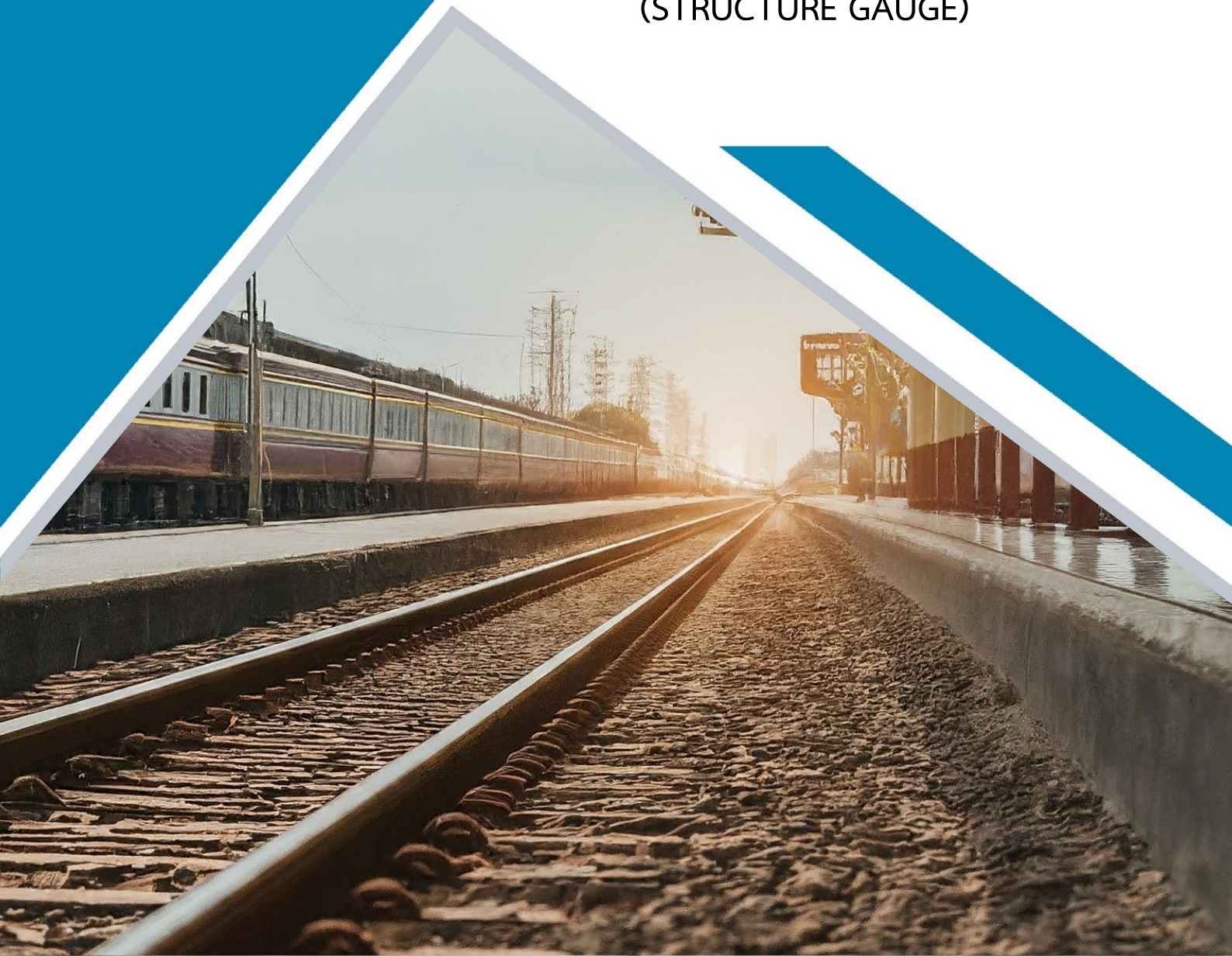




กรมการขนส่งทางราง
Department of Rail Transport

มขร. – C – 011 – 2567

มาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ
(STRUCTURE GAUGE)



กองมาตรฐานความปลอดภัยและบำรุงทาง





รายนามคณะกรรมการจัดทำมาตรฐานการขนส่งทางราง

คณะกรรมการ

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. นายอธิฏ จิตรานุเคราะห์
กรรมการขนส่งทางราง | ประธานกรรมการ |
| 2. นางสลักขณ์ พิสุทธิพิทยา
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม | กรรมการ |
| 3. นายชัยวัฒน์ สังขภาคย์
สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร | กรรมการ |
| 4. นายกำพล บุญชม
การรถไฟแห่งประเทศไทย | กรรมการ |
| 5. นายสุพัต พิพัฒน์กุล
การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย | กรรมการ |
| 6. นายอานุภาพ เกียรติกำจร
บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด | กรรมการ |
| 7. นายอาณัติ หาทรัพย์
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย | กรรมการ |
| 8. ดร. สุธี โอฬารฤทธินันท์
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ | กรรมการ |
| 9. นายอนุสรณ์ ทนหมื่นไวย
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ | กรรมการ |
| 10. พันตำรวจโท ดร. บัณฑิต ประดับสุข
สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ | กรรมการ |
| 11. นายธงชัย วณิชวิกรม
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย | กรรมการ |
| 12. นายวิมล ลัญฉน์วัฒน์
บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) | กรรมการ |
| 13. นายหลักฐาน ทองนพคุณ
บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) | กรรมการ |
| 14. นายทยากร จันทรางศุ
กรรมการขนส่งทางราง | กรรมการและ
เลขานุการ |
| 15. นายศุภฤกษ์ สุตยอดประเสริฐ
กรรมการขนส่งทางราง | กรรมการและ
ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 16. นายพลากร กลัดเจริญ
กรรมการขนส่งทางราง | กรรมการและ
ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 17. นายเกริกเกียรติ อังคณาวีศัลย์
กรรมการขนส่งทางราง | กรรมการและ
ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 18. นายกองพล ชุนเกาะ
กรรมการขนส่งทางราง | กรรมการและ
ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 19. นายฐานันท์ ศิริยานนท์
กรรมการขนส่งทางราง | กรรมการและ
ผู้ช่วยเลขานุการ |



รายนามคณะกรรมการจัดทำมาตรฐานโครงสร้างพื้นฐานด้านงานโยธา และความปลอดภัยของระบบราง

คณะกรรมการ

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. นายอริฏ จิตรานุกเคราะห์
กรรมการขนส่งทางราง | ประธานกรรมการ |
| 2. นายทยากร จันทรางศุ
กรรมการขนส่งทางราง | รองประธานกรรมการ |
| 3. นายวัชรเกียรติ สุทธิวรรณ
การรถไฟแห่งประเทศไทย | อนุกรรมการ |
| 4. นายณภเมธ วรรณมิตร
การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย | อนุกรรมการ |
| 5. นายสุพัต พิพัฒกุล
การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย | อนุกรรมการ |
| 6. นางสาวพัชรญา เพชรผ่อง
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน) | อนุกรรมการ |
| 7. นายอานุภาพ เกียรติกำจร
บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด | อนุกรรมการ |
| 8. นายหลักฐาน ทองนพคุณ
บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) | อนุกรรมการ |
| 9. นายธีรภัทร จีงเจริญ
บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) | อนุกรรมการ |
| 10. นายดิศพล ผดุงกุล
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ | อนุกรรมการ |
| 11. นายภณสินธุ์ ไพทีกุล
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย | อนุกรรมการ |
| 12. นายเอนก มีมุข
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ | อนุกรรมการ |
| 13. นายศุภฤกษ์ สุตยอดประเสริฐ
กรรมการขนส่งทางราง | อนุกรรมการและ
เลขานุการ |
| 14. นายเกริกเกียรติ อังคนาวิศิษฐ์
กรรมการขนส่งทางราง | อนุกรรมการและ
ผู้ช่วยเลขานุการ |
| 15. นายกองพล ชุนเกาะ
กรรมการขนส่งทางราง | อนุกรรมการและ
ผู้ช่วยเลขานุการ |



มขร. – C – 011 -2567 มาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ (Structure Gauge)

1. ทัวไป

1.1 วัตถุประสงค์

มาตรฐานฉบับนี้ระบุข้อกำหนดทั่วไปและเกณฑ์ทางเทคนิคเกี่ยวกับการกำหนดระยะพิกัดโครงสร้าง (Structure Gauge) เพื่อการดำเนินการเดินรถอย่างปลอดภัย รวมถึงระบุการคำนวณ และการตรวจสอบ พิกัดโครงสร้างเพื่อกำหนดขนาดของทางรถไฟให้สามารถดำเนินการได้โดยปราศจากความเสี่ยงต่าง ๆ

1.2 ขอบเขต

1.2.1 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับระบบขนส่งทางรางในประเทศไทย

1.2.2 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมเฉพาะสายทางใหม่ และการปรับปรุงสายทางที่เปิดให้บริการแล้ว

1.2.3 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมระบบรางชนิดรถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง

และระบบรถไฟฟ้ามหานครในเมืองที่มีขนาดทาง 1.000 เมตร และ 1.435 เมตร

1.3 มาตรฐานอ้างอิง

1.3.1 มขร. – C – 001 – 2564 มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ (Track Classification)

2. นิยามและสัญลักษณ์

2.1 นิยาม

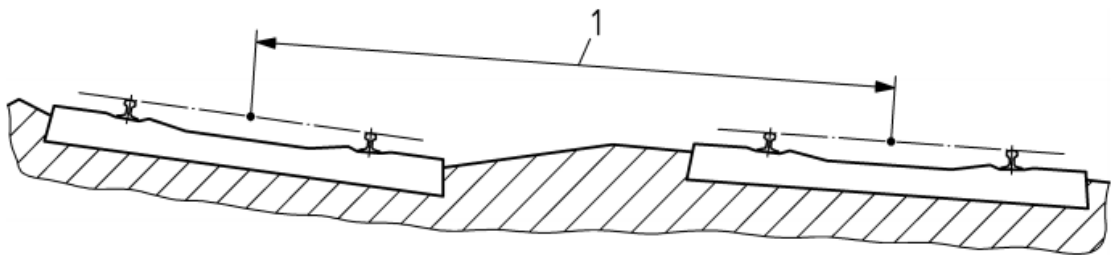
พิกัดโครงสร้าง (structure gauge) คือ เขตพื้นที่ทางเดินรถไฟซึ่งห้ามไม่ให้วัตถุหรือส่วนของโครงสร้างใด ๆ รวมถึงส่วนของรถไฟที่วิ่งอยู่บนทางคู่ขนาน ยื่นล้ำเข้ามาในบริเวณนี้ เพื่อให้การเดินรถเป็นไปได้อย่างปลอดภัย โดยพิกัดโครงสร้างสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 3 ประเภท ตามคำนิยาม ได้แก่ พิกัดโครงสร้างขอบเขต พิกัดโครงสร้างบำรุงทาง และพิกัดโครงสร้างระบุ

พิกัดโครงสร้างขอบเขต (structure verification limit gauge) คือ บริเวณที่ห้ามมีสิ่งใดล้ำเข้าไป เพื่อให้โครงสร้างมีระยะห่างเพียงพอต่อการเดินรถ

พิกัดโครงสร้างบำรุงทาง (structure installation limit gauge) คือ บริเวณที่ห้ามมีสิ่งใดล้ำเข้าไป เพื่อความสะดวกต่อการซ่อมบำรุงรักษาระบบราง

พิกัดโครงสร้างระบุ (structure installation nominal gauge) คือ บริเวณที่ห้ามมีสิ่งใดล้ำเข้าไป เพื่อให้รถไฟสามารถเดินรถ ซ่อมบำรุงรักษาระบบราง ขนส่งสินค้าพิเศษได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรวมถึงค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมที่ผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐานเป็นผู้กำหนด

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทาง (distance between track centres) คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของทางรถไฟสองทางที่พิจารณา วัดขนานกับผิวทางวิ่งของทางรถไฟที่มีค้ายกโค้งน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางมักจะกำหนดขึ้นโดยอ้างอิงจากพื้นที่ระหว่างทางรถไฟสองเส้นของทางรถไฟที่อยู่ติดกัน และนิยามของระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางในมาตรฐานนี้อาจแตกต่างจากนิยามของขั้นตอนอื่น เช่น ขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐานเป็นผู้รับผิดชอบกำหนดหลักเกณฑ์



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 1 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ

ระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขต (verification limit distance between centres) คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางน้อยที่สุดของทางเดินรถคู่ขนาน ซึ่งทำให้รถไฟวิ่งสวนกันได้อย่างปลอดภัย โดยที่ระยะห่างนี้ไม่ใช่ค่าคงที่แต่เปลี่ยนแปลงไปตามพารามิเตอร์ของระบบรางแต่ละพื้นที่ เช่น ค้ายกโค้ง รัศมีความโค้งของทางรถไฟ เป็นต้น

ระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทาง (installation limit distance between centres) คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางของทางเดินรถคู่ขนาน ซึ่งทำให้รถไฟวิ่งสวนกันได้อย่างปลอดภัย และได้เผื่อระยะเพิ่มเติมสำหรับการบำรุงทาง

ระยะระหว่างศูนย์กลางระบุ (installation nominal distance between centres) คือ ระยะระหว่างศูนย์กลางที่มีระยะเผื่อสำหรับการออกแบบ วางผัง ฝักระวัง ซ่อมบำรุง การดำเนินการขนส่งสินค้าพิเศษ และข้อพิจารณาอื่น ๆ โดยปกติระยะระหว่างศูนย์กลางระบุนี้สามารถหาได้จากพารามิเตอร์ที่คงที่ ยกเว้นพื้นที่ที่มีรัศมีความโค้งน้อย ๆ



2.2 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์และคำย่อที่เกี่ยวข้องกับพิกัดโครงสร้างทาง แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ

สัญลักษณ์	การระบุ	หน่วย
a	ระยะระหว่างเพลาลายของตัวรถไฟที่ไม่พอดีกับแคร่รถไฟ หรือระยะระหว่างศูนย์กลางของแคร่รถไฟ	เมตร
$A_{i/a}$	ค่าสัมประสิทธิ์ของรถไฟอ้างอิงสำหรับคำนวณการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม ตัวแปร i สำหรับด้านในโค้ง และตัวแปร a สำหรับด้านนอกโค้ง	
b	ความกว้างกึ่งหนึ่ง หรือระยะทางที่ขนานกันของผิวทางวิ่งเทียบกับศูนย์กลาง ของทางหรือของตัวรถไฟ	เมตร
b'	ความกว้างกึ่งหนึ่งของแผนบริบไฟ	เมตร
b'_q	ระยะติดตั้งจริงของขานชาลาวัดจากขอบทางวิ่งของทางรถไฟ	เมตร
b_{CR}	ความกว้างกึ่งหนึ่งของเส้นแนวอ้างอิง	เมตร
b_{elec}	ระยะของฉนวนไฟฟ้า	เมตร
b_{lac0}	ความกว้างมาตรฐานของช่องว่างระหว่างขานชาลาและชั้นบันไดของรถไฟ	เมตร
$b_{obstacle}$	ระยะทางที่ขนานกันของผิวทางวิ่งระหว่างโครงสร้างและศูนย์กลางของทาง	เมตร
b_q	ความกว้างกึ่งหนึ่งของการติดตั้งขานชาลา	เมตร
b_{veh}	ความกว้างกึ่งหนึ่งของตัวรถไฟ	เมตร
b_w	ความกว้างกึ่งหนึ่งของหัวแผนบริบไฟ	เมตร
$B_{i/a}$	ค่าสัมประสิทธิ์ของรถไฟอ้างอิงสำหรับคำนวณการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม ตัวแปร i สำหรับด้านในโค้ง และตัวแปร a สำหรับด้านนอกโค้ง	
C_0	ศูนย์กลางการหมุน	เมตร
C_w	ความกว้างกึ่งหนึ่งของ insulating horn	เมตร
dg	การเอียงออกจากแนวเดิม	เมตร
dg_a	การเอียงออกจากแนวเดิมของตู้รถด้านนอกโค้ง	เมตร
dg_i	การเอียงออกจากแนวเดิมของตัวรถไฟด้านในโค้ง	เมตร
D	ค้ายกโค้ง	เมตร
D_0	ค้ายกโค้งคงที่ซึ่งได้พิจารณาค่าที่ยอมรับได้ระหว่างตัวรถไฟและโครงสร้างพื้นฐาน	เมตร
D_{max}	ค้ายกโค้งสูงสุดที่มาตรฐานอนุญาตสำหรับการขยายตัวของพิกัดทางจลนศาสตร์	เมตร
δD	ผลต่างของค้ายกโค้ง (ระหว่างทางรถไฟ 2 ทาง)	เมตร
e_p	ระยะออฟเซตของแผนบริบไฟ เนื่องจากลักษณะของตัวรถไฟ	เมตร
e_{po}	ระยะออฟเซตของแผนบริบไฟที่ขอบเขตบนของจุดทวนสอบ	เมตร
e_{pu}	ระยะออฟเซตของแผนบริบไฟที่ขอบเขตล่างของจุดทวนสอบ	เมตร
e_v	องค์ประกอบด้านล่างของทางรถไฟ	เมตร



ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ (ต่อ)

สัญลักษณ์	การระบุ	หน่วย
EA	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ	เมตร
f_s	ค่าที่ยอมให้ที่พิจารณาความสูงของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ	เมตร
f_{dyn}	ค่าที่ยอมให้ที่พิจารณาการเคลื่อนตัวทางพลศาสตร์ของบริเวณที่สัมผัสกับสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ	เมตร
f_{wa}	ค่าที่ยอมให้ที่พิจารณาส่วนเกินของแผนรับไฟเนื่องจากความสีกหรือ	เมตร
f_{ws}	ค่าที่ยอมให้ที่พิจารณาส่วนเกินของแผนรับไฟเนื่องจากการเอียง	เมตร
h	ความสูงที่มีความสัมพันธ์กับผิวทางวิ่ง	เมตร
h'_o	ความสูงในการทวนสอบสูงสุดของพิกัดแผนรับไฟในตำแหน่งที่ถูกยกขึ้น	เมตร
h'_u	ความสูงในการทวนสอบต่ำสุดของพิกัดแผนรับไฟ ในตำแหน่งที่ถูกยกขึ้น	เมตร
h_{Co}	ค่าของ h_c ที่ใช้สำหรับหาค่าที่ยอมให้ระหว่างตัวรถไฟและโครงสร้างพื้นฐาน	เมตร
h'_{Co}	ความสูงของศูนย์กลางการหมุนสำหรับพิกัดแผนรับไฟ	เมตร
h_{CR}	ความสูงของตำแหน่งอ้างอิง	เมตร
h_{eff}	ความสูงประสิทธิผลของแผนรับไฟในตำแหน่งที่ถูกยกขึ้น	เมตร
$h_{eff,elec}$	ความสูงประสิทธิผลของแผนรับไฟในตำแหน่งที่ถูกยกขึ้นรวมกับฉนวนไฟฟ้า	เมตร
h_f	ความสูงของบริเวณที่สัมผัสกับสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ	เมตร
h_{max}	ความสูงมากสุดของโครงสร้างพื้นฐานภายใต้แบบอ้างอิง	เมตร
h_{min}	ความสูงต่ำสุดของแบบอ้างอิงที่ใช้พิจารณาเพื่อกำหนดรถไฟอ้างอิง	เมตร
h_{minCR}	ความสูงต่ำสุดของมุมขอบล่างของแบบอ้างอิง	เมตร
h_{nez}	ความสูงของส่วนครอบคลุมบริเวณมุมของขานขาลา	
$h_{obstacle}$	ความสูงของโครงสร้างที่อยู่ด้านบนผิวทางวิ่ง	เมตร
h_p	ความสูงของจุด P	เมตร
h_q	ความสูงของขานขาลา	เมตร
I	การยกโค้งขาด	เมตร
I'_C	การยกโค้งขาดเฉพาะที่สูงสุดใช้สำหรับพิจารณารถไฟ	เมตร
I_C	การยกโค้งขาดสูงสุดใช้สำหรับวางแผนทางโดยผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน	เมตร
I_0	ค่าการยกโค้งขาดคงที่ซึ่งได้พิจารณาค่าที่ยอมให้ระหว่างตัวรถไฟและโครงสร้างพื้นฐานโดยเกี่ยวข้องกับพิกัดทางจลนศาสตร์	เมตร
I'_0	การยกโค้งขาดอ้างอิงซึ่งได้พิจารณาตัวรถไฟสำหรับพิกัดแผนรับไฟ	เมตร
I_{sup}	ระดับการยกโค้งสมมูลเพิ่มเติมที่เกิดจากการใช้ความเร็วที่เกินกว่าจุดสมดุล (Additional cant deficiency)	เมตร
k	สัมประสิทธิ์ความปลอดภัยที่ได้พิจารณาความไม่สม่ำเสมอของทาง	
k'	สัมประสิทธิ์ความปลอดภัยที่ได้พิจารณาความไม่สม่ำเสมอของทางสำหรับพิกัดโครงสร้างแผนรับไฟ	



ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ (ต่อ)

สัญลักษณ์	การระบุ	หน่วย
l	ความกว้างของทาง	เมตร
l_{nom}	ความกว้างของทางระบุ	เมตร
L	ระยะทางมาตรฐานระหว่างศูนย์กลางของทางที่ทางรถไฟเดียวกัน	เมตร
$M_{(1)}$	ค่าที่ยอมให้บังคับ	เมตร
$M_{(2)}$	ค่าที่ยอมให้สำหรับการซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน	เมตร
$M_{(3)}$	ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน	เมตร
M_{EAj}	ส่วนที่ยอมให้ปลอดภัย สำหรับระยะทางระหว่างศูนย์กลาง ครบคลุมเหตุการณ์แบบสุ่มที่แน่นอน ($j = 1, 2$ หรือ 3)	เมตร
n_a	n สำหรับหน้าตัดนอกเพลารถ หรือศูนย์กลางของแคร่รถไฟ	เมตร
n_i	n สำหรับหน้าตัดระหว่างเพลารถ หรือศูนย์กลางของแคร่รถไฟ	เมตร
P	จุดขอบเขตบนของตำแหน่งผิวด้านข้างอ้างอิงซึ่งเป็นปัจจัยในการหาระยะทางระหว่างศูนย์กลาง	
PT	จุดปลายด้านข้างของตำแหน่งอ้างอิงของผิวด้านบน	
q	ช่องว่างตามขวางระหว่างชุดล้อรถไฟและโครงของแคร่รถไฟ หรือระหว่างชุดล้อรถไฟและตัวรถสำหรับตัวรถไฟที่ไม่เข้ากับแคร่รถไฟ	เมตร
qs	ผลกระทบกึ่งสถิติ	เมตร
qs_a	ระยะกระจัดเนื่องจากการหมุนกึ่งสถิติซึ่งได้พิจารณาโครงสร้างพื้นฐานนอกตำแหน่งอ้างอิงที่อยู่ด้านนอกโค้ง	เมตร
qs_i	ระยะกระจัดเนื่องจากการหมุนกึ่งสถิติซึ่งได้พิจารณาโครงสร้างพื้นฐานนอกตำแหน่งอ้างอิงที่อยู่ด้านในโค้ง	เมตร
qs'_i	ผลกระทบของกึ่งสถิติสำหรับพิกัดแนวรับไฟที่อยู่ด้านในโค้ง	เมตร
qs'_a	ผลกระทบของกึ่งสถิติสำหรับพิกัดแนวรับไฟที่อยู่ด้านนอกโค้ง	เมตร
R	รัศมีความโค้งแนวราบ	เมตร
R_v	รัศมีการเคลื่อนตัวแนวตั้งของหน้าตัดตามแนวยาว	เมตร
$R_{v\ min}$	รัศมีการเคลื่อนตัวแนวตั้งของหน้าตัดตามแนวยาวที่น้อยที่สุดตามมาตรฐาน	เมตร
s	สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น	
s_0	สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นที่ได้พิจารณาค่าที่ยอมรับได้ระหว่างตัวรถไฟและโครงสร้างพื้นฐาน	
s'_0	สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นที่ได้พิจารณาค่าที่ยอมรับได้ระหว่างตัวรถไฟและโครงสร้างพื้นฐานสำหรับพิกัดแนวรับไฟ	
S	การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมที่ยอมให้	เมตร
S'_a	การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมที่ยอมให้ที่อยู่ด้านนอกโค้งสำหรับพิกัดแนวรับไฟ	เมตร
S'_i	การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมที่ยอมให้ที่อยู่ด้านในโค้งสำหรับพิกัดแนวรับไฟ	เมตร
S_a	การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมที่ยอมให้ที่อยู่ด้านนอกโค้ง	เมตร
S_i	การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมที่ยอมให้ที่อยู่ด้านในโค้ง	เมตร



ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ (ต่อ)

สัญลักษณ์	การระบุ	หน่วย
T_{charge}	มุมของการไม่สมมาตร ซึ่งพิจารณาใน η_{0r} สำหรับการกระจายน้ำหนักบรรทุกที่ไม่ดี	องศา
T_D	ความคลาดเคลื่อนของระดับตามขวางระหว่างช่วงซ่อมบำรุง 2 ช่วง	เมตร
T_N	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของทางในแนวดิ่ง	เมตร
T_{OSC}	ความคลาดเคลื่อนของระดับตามขวางสำหรับคำนวณการสั่นของตัวรถเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของทาง	เมตร
T_{susp}	มุมของการไม่สมมาตรซึ่งพิจารณาใน η_{0r} สำหรับการปรับตำแหน่งรองรับที่ไม่ดี	องศา
T_{voice}	ระยะกระจัดตามขวางของทางรถไฟระหว่างช่วงซ่อมบำรุง 2 ช่วง	เมตร
V'_c	ความเร็วระดับกลางของรถไฟตามมาตรฐาน	กิโลเมตร/ ชั่วโมง
w	ระยะช่องว่างตามขวางระหว่างแคร่รถไฟและตัวรถไฟ	เมตร
$w_{a(R)}$	ระยะช่องว่างตามขวางระหว่างแคร่รถไฟและตัวรถไฟฝั่งด้านนอกโค้ง โดยแปรผันตามรัศมีส่วนโค้งของทาง	เมตร
$w_{i(R)}$	ระยะช่องว่างตามขวางระหว่างแคร่รถไฟและตัวรถไฟฝั่งด้านในโค้ง โดยแปรผันตามรัศมีส่วนโค้งของทาง	เมตร
x	ระยะทางที่พิจารณาจากจุดเริ่มต้น O สำหรับการคำนวณ e_p	เมตร
x_q	ระยะช่องว่างตามขวางระหว่างแคร่รถไฟและตัวรถไฟ	เมตร
x_{qi}	ระยะช่องว่างตามขวางระหว่างแคร่รถไฟและตัวรถไฟฝั่งด้านในโค้ง โดยแปรผันตามรัศมีส่วนโค้งของทาง	เมตร
x_{qa}	ระยะช่องว่างตามขวางระหว่างแคร่รถไฟและตัวรถไฟฝั่งด้านนอกโค้ง โดยแปรผันตามรัศมีส่วนโค้งของทาง	เมตร
y_q	ระยะพิกัดตามแนวดิ่งของขอบชานชาลา	เมตร
y_{qi}	ระยะพิกัดตามแนวดิ่งของขอบชานชาลาฝั่งด้านในโค้ง	เมตร
y_{qa}	ระยะพิกัดตามแนวดิ่งของขอบชานชาลาฝั่งด้านนอกโค้ง	เมตร
z_0	ค่าคงที่สำหรับตัวรถไฟที่อยู่นอกตำแหน่งสถิตอ้างอิงที่ยอมให้ตัวรถไฟหมุนกึ่งสถิต	เมตร
α	มุมที่เพิ่มขึ้นจากการหมุนของตัวรถเนื่องจากระยะห่างของหมอนรองด้านข้าง	องศา
α_{PT}	มุมสูงสุดของมุมหมุนรอบศูนย์กลางสำหรับจุด PT	องศา
α'	มุมระหว่างส่วนที่เอียงของแนวรับไฟฟ้ากับแนวระนาบ	องศา
β	มุมเข้าของประแจสับหลัก	เรเดียน
Δ_a	ค่าคงที่ที่สอดคล้องกับสมการ $n_a(a + n_a) - \frac{p^2}{4}$	ตารางเมตร
Δb	ความแตกต่างของความกว้างกึ่งหนึ่ง b	เมตร
Δh	ความแตกต่างของความสูง h	เมตร
Δh_{dyn}	ระยะเคลื่อนที่ในแนวดิ่งโดยคำนึงถึงพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต	เมตร
δ	มุมยกโค้งของทาง	องศา
$\delta_{q,a}$	ค่าสำหรับระยะทางถึงชานชาลาที่อยู่นอกส่วนโค้ง ซึ่งมีความสำคัญกับพิกัดโครงสร้างในตำแหน่งเอียงของค่า δ	เมตร



ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ (ต่อ)

สัญลักษณ์	การระบุ	หน่วย
Σ_j	ผลรวมของค่าความปลอดภัยที่ยอมให้ (แนวราบ) สำหรับพิกัดโครงสร้างที่ครอบคลุมเหตุการณ์แบบสุ่มที่แน่นอน ($j = 1, 2$ หรือ 3)	เมตร
Σ_v	ผลรวมของค่าที่ยอมให้ที่ได้พิจารณาในโครงสร้างพื้นฐานในแนวดิ่ง	เมตร
η_0	มุมของการไม่สมมาตรของตัวรถไฟเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการก่อสร้างถึงจุดปรับตำแหน่งรองรับและถึงจุดที่มีการกระจายน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน	องศา
η_{0r}	มุมอ้างอิง η_0 ที่พิจารณาค่าที่ยอมรับให้	องศา
θ	มุมที่เป็นผลจากความคลาดเคลื่อนการปรับตำแหน่งรองรับ	เรเดียน
τ	การก่อสร้างแนวรับไฟและความคลาดเคลื่อนจากการติดตั้ง	เมตร

หมายเหตุ: อ้างอิงจากมาตรฐาน EN-15273-3

ตารางที่ 2 แสดงดัชนีล่างที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานพิกัดโครงสร้างทางรถไฟ

ดัชนีล่าง	คำอธิบาย
ดัชนีล่าง a	ด้านนอกโค้ง
ดัชนีล่าง i	ด้านในโค้ง
ดัชนีล่าง 0	ค่าที่ยอมรับได้ระหว่างตัวรถไฟและโครงสร้างพื้นฐาน
ดัชนีล่าง st	ข้อบังคับการคำนวณด้านสถิติศาสตร์ ดัชนีล่างนี้สามารถเว้นไว้ได้ก็ต่อเมื่อบริบทได้แสดงไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นพารามิเตอร์ทางด้านสถิติศาสตร์
ดัชนีล่าง cin	ข้อบังคับการคำนวณด้านจลนศาสตร์ ดัชนีล่างนี้สามารถเว้นไว้ได้ก็ต่อเมื่อบริบทได้แสดงไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นพารามิเตอร์ทางด้านจลนศาสตร์
ดัชนีล่าง dyn	ข้อบังคับการคำนวณด้านพลศาสตร์ ดัชนีล่างนี้สามารถเว้นไว้ได้ก็ต่อเมื่อบริบทได้แสดงไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นพารามิเตอร์ทางด้านพลศาสตร์
ดัชนีล่าง reel	ค่าเฉพาะจุดที่แท้จริง เช่น ค่าที่วัดได้บนทางรถไฟ
ดัชนีล่าง CR	ตำแหน่งอ้างอิง
ดัชนีล่าง lac	ช่องว่างที่ระดับของขานชาลา
ดัชนีล่าง q	มิติการติดตั้งของขานชาลา
ดัชนีล่าง nom	พิกัดโครงสร้างระบุ
ดัชนีล่าง lim	พิกัดโครงสร้างบำรุงทาง
ดัชนีล่าง ver	พิกัดโครงสร้างขอบเขต
ดัชนีล่าง max	ค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นเนื่องจากความคลาดเคลื่อน
ดัชนีล่าง o	ขอบเขตบนของระดับการทวนสอบของแนวรับไฟ
ดัชนีล่าง u	ขอบเขตล่างของระดับการทวนสอบของแนวรับไฟ
ดัชนีล่าง P	รถไฟเอียง
ดัชนีล่าง C	รถไฟปกติ
ดัชนีล่าง veh	ตัวรถไฟ
ดัชนีล่าง elec	ค่าฉนวนไฟฟ้า

หมายเหตุ: อ้างอิงจากมาตรฐาน EN-15273-3

3. ข้อมูลทั่วไปของพิกัดโครงสร้าง

3.1 เส้นแนวอ้างอิงและข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

ข้อกำหนดนี้อธิบายกฎเกณฑ์โดยทั่วไปสำหรับการคำนวณขนาดและระยะต่าง ๆ ของพิกัดโครงสร้าง (รายละเอียดเพิ่มเติมในมาตรฐาน EN 15273-1)

พิกัดโครงสร้างสามารถแบ่งออกเป็นพิกัดโครงสร้างส่วนบน และพิกัดโครงสร้างส่วนล่าง โดยพิกัดโครงสร้างทั้ง 2 ส่วนมีหลักการคำนวณแตกต่างกัน

การคำนวณขนาดและระยะต่าง ๆ ของพิกัดโครงสร้างเริ่มต้นจากการกำหนดเส้นแนวอ้างอิง (reference profile) คือ ขอบเขตปลอดภัยสำหรับการเดินรถไฟบนทางตรงราบ และไม่มีการยกโค้ง เนื่องจากขอบเขตปลอดภัยนี้ไม่ได้เผื่อระยะช่องว่างเพื่อรองรับปรากฏการณ์แบบสุ่มชนิดต่าง ๆ (random phenomena) รวมไปถึงระยะช่องว่างสำหรับการบำรุงทาง ดังนั้น จึงต้องทำการขยายระยะตามขวางและขยายระยะในแนวตั้งออกจากเส้นแนวอ้างอิง โดยการขยายระยะดังกล่าวจะกระทำได้โดยคำนวณจากสูตรและสมการต่าง ๆ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง (associated rules) ทั้งนี้ การขยายระยะจากเส้นแนวอ้างอิงจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของช่วงทางรถไฟที่กำลังพิจารณา เช่น รัศมีความโค้งทาง ค่ายกโค้ง ความเร็วของการเดินรถ เป็นต้น ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องสำหรับการขยายระยะในแนวราบและตั้งเป็นไปตามที่แสดง ดังนี้

3.2 การขยายระยะตามขวาง

3.2.1 ปัจจัยในการคำนวณระยะขยายตามขวาง

ความแตกต่างของพิกัดโครงสร้างขึ้นอยู่กับช่วงทางรถไฟที่กำลังพิจารณา โดยขนาดของการขยายระยะตามแนวขวางออกจากเส้นแนวอ้างอิงขึ้นอยู่กับประเภทของพิกัดโครงสร้างที่เลือกใช้ (พิกัดโครงสร้างขอบเขต พิกัดโครงสร้างบำรุงทาง หรือพิกัดโครงสร้างระบุ) การคำนวณระยะขยายตามขวางขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการดังต่อไปนี้

- 1) การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (additional overthrow) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้องขยายระยะตามขวางของพิกัดโครงสร้างในช่วงทางโค้ง
- 2) ผลกระทบกึ่งสถิต (quasi-static effect) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้องขยายระยะตามขวางของพิกัดโครงสร้างเนื่องจากการเอียงตัวของรถไฟ

การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม หมายความว่ารวมถึงผลของเหตุการณ์ต่าง ๆ เช่น ผลกระทบของการขยายความกว้างทางรถไฟ และผลกระทบของทางต่อรถไฟในช่วงทางโค้ง โดยสมการคำนวณแสดงใน EN 15273-1 สำหรับผลกระทบกึ่งสถิตจะทำให้เกิดการเอียงตัวในส่วนบนของรถไฟในทางโค้ง ดังนั้นเส้นแนวอ้างอิงของตัวรถไฟจึงต้องการระยะเพื่อเพิ่มขึ้นเมื่อตัวรถไฟอยู่ในทางโค้ง (ระยะด้านนอกส่วนโค้งจะมีระยะสูงสุดเมื่อรถไฟวิ่งถึงความเร็วสูงสุดที่อนุญาตให้วิ่ง โดยพิจารณาจากระดับการยกโค้งสมมูลที่เกิดจากการใช้ความเร็วที่เกินกว่าจุดสมดุล (cant deficiency) และระยะด้านในส่วนโค้ง จะมีระยะสูงสุดเมื่อรถไฟหยุดนิ่ง โดยพิจารณาจากระดับการยกโค้ง) โดยปกติตัวรถไฟจะพิจารณาผลกระทบกึ่งสถิตนี้แล้ว หากค่าที่ใช้ไม่เกินค่ายกโค้ง I_0 และ D_0 ส่วนโครงสร้างพื้นฐานจะนำมาพิจารณาเป็นค่าเพิ่มเติมเท่านั้น รายละเอียดการคำนวณแสดงในมาตรฐาน EN 15273-1

3.3.2 เหตุการณ์แบบสุ่ม (random phenomena)

การพิจารณาเหตุการณ์แบบสุ่มขึ้นอยู่กับพิกัดที่ใช้ และเป็นความรับผิดชอบของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน โดยมีปัจจัยในการพิจารณา ดังนี้

1) การสั่นของตัวรถที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของทาง (T_{osc})

ความไม่สม่ำเสมอของทางชนิดที่รองรับด้วยหินโรยทางเป็นสาเหตุทำให้รถไฟเกิดการสั่น โดยระดับของการสั่นขึ้นอยู่กับสภาพของทางรถไฟ ลักษณะของจตุรรองรับ และความเร็วของรถไฟ การสั่นนี้แสดงในรูปของค่าความคลาดเคลื่อนของระดับตามขวาง (T_{osc}) และการสั่นจะขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของตัวรถไฟ ดังสมการ (1)

$$\frac{S_0}{L} T_{osc} (h - h_{c0})_{>0} \quad (1)$$

หมายเหตุ: มีวิธีการอื่นที่รวมการสั่นนี้ในการคำนวณแล้ว เช่น ในกรณีของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต การคำนวณการสั่นนี้ถูกรวมเข้าไปในตัวรถไฟแล้ว

2) ระยะกระจัดของทาง (T_{voice})

ระยะกระจัดตามขวางของทางสามารถเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจากการจราจรและการซ่อมบำรุงทาง โดยระยะกระจัดตามขวางสูงสุด (T_{voice}) จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในการซ่อมบำรุง และความถี่ในการเดินรถ สำหรับกรณีนี้ข้อกำหนดไม่อนุญาตให้ทางเกิดความคลาดเคลื่อน อาจไม่จำเป็นต้องพิจารณากระจัดตามขวางสูงสุดของทาง

3) ความคลาดเคลื่อนของระดับการยกโค้ง (T_D)

ระดับการยกโค้งสามารถคลาดเคลื่อนได้จากการซ่อมบำรุงและการเดินรถ โดยการคลาดเคลื่อนของระดับการยกโค้งนี้ส่งผลกระทบ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 เส้นแนวพิกัดหมุนรอบศูนย์กลางของทางที่มุมหมุนสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับการยกโค้ง

$\frac{T_D}{L}$ ซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังสมการ (2)

$$\Delta b = \frac{T_D}{L} h \quad (2)$$

แบบที่ 2 รถไฟจะเอียงหมุนรอบศูนย์กลางของโค้ง เนื่องจากแรงเหวี่ยงและความยืดหยุ่นของจตุรรองรับ ซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในส่วนที่อยู่เหนือศูนย์กลางของโค้งดังสมการ (3)

$$\Delta b = s_0 \frac{T_D}{L} (h - h_{c0})_{>0} \quad (3)$$

เหตุการณ์ทั้ง 2 แบบนี้ ไม่เพียงแต่มีผลกระทบต่อด้านในและด้านนอกของส่วนโค้ง ยังมีผลกระทบต่อรางทางตรงเล็กน้อย โดยเหตุการณ์ทั้งสองนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกันเสมอ

4) ความไม่สมมาตร (η_0)

โดยปกติแล้วทางรถไฟจะไม่สมมาตรอย่างสมบูรณ์ เนื่องจาก 1) การปรับจูนรองรับไม่ดี เป็นผลให้รถไฟเอียง (T_{susp}) และ 2) ความไม่สมมาตรของน้ำหนักรถทุก ซึ่งทำให้ช่วงล่างของรถไฟเอียง และเป็นผลทำให้เกิดการเอียงของรถไฟ (T_{charge})

ทั้งสองกรณีนั้น ตัวรถไฟจะเอียงรอบศูนย์กลางการหมุน (C_0) ซึ่งผลรวมของมุมทั้งสอง จำเป็นต้องสอดคล้องกับมุมอ้างอิง η_0 ดังสมการ (4)

$$\eta_0 = T_{charge} + T_{susp} \quad (4)$$

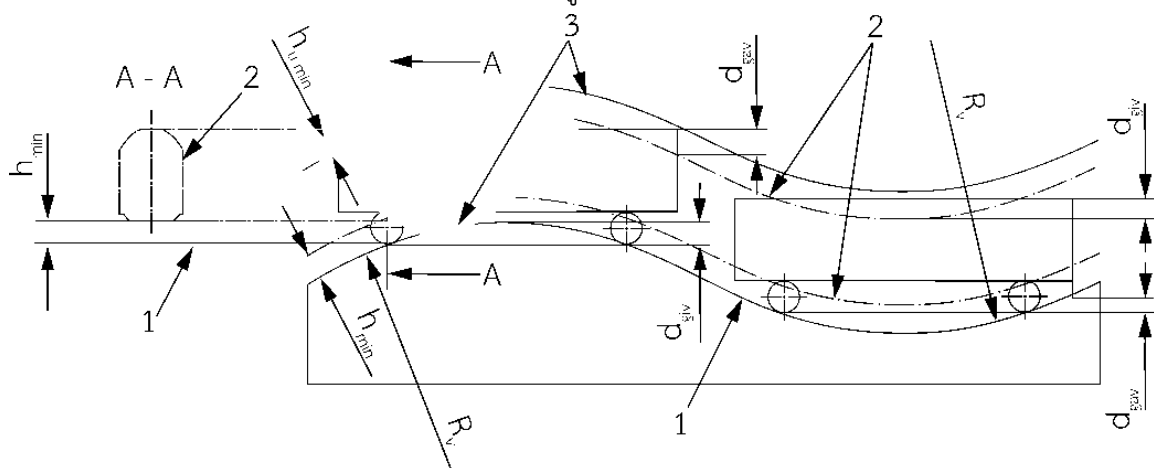
3.3 การยกระดับและการลดระดับของทางรถไฟ

3.3.1 ทัวไป

โดยปกติทางรถไฟจำเป็นต้องพิจารณาระยะกระจัดในแนวดิ่ง (รวมค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้) โดยระยะกระจัดในแนวดิ่งต่อไปนี้จะถูกพิจารณาโดยผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งในเชิงเส้นแนว อ้างอิงจำเป็นต้องพิจารณาการยกระดับและการลดระดับของทางรถไฟเพื่อเพื่อไว้ในกรณีที่แย่ที่สุด

3.3.2 การยกระดับหรือการลดระดับสำหรับโค้งแนวดิ่ง

ความชันของทางมีความเชื่อมโยงกับส่วนโค้งแนวดิ่งที่รัศมี R_v โดยระดับอ้างอิงนั้นพิจารณาทั้ง ส่วนบนและส่วนล่างของรถไฟ เพื่อคำนวณระยะกระจัดในแนวดิ่งของหน้าตัดกลาง หรือส่วนที่ยื่นออกจากตัวรถไฟ เทียบกับศูนย์กลางของทาง เนื่องจากรัศมีในแนวดิ่งค่อนข้างมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับรัศมีในแนวราบ การคำนวณนี้จึงพิจารณาเพียงจุดสูงสุดและต่ำสุดของทางเท่านั้น โดยสมการคำนวณทั่วไปให้ไว้ใน EN 15273-1 การเอียงออกจากแนวเดิมในแนวดิ่งของรถไฟแสดงดังรูปที่ 2



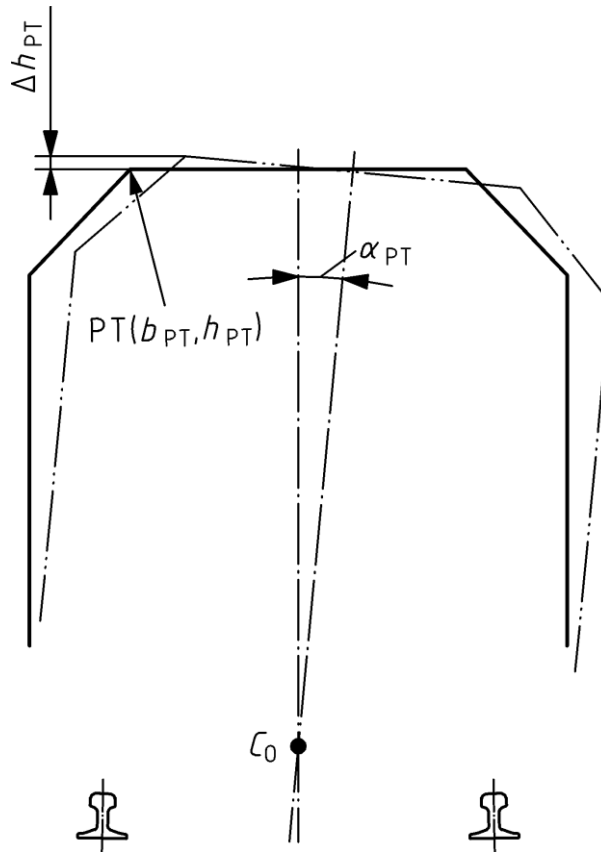
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 2 แสดงการเอียงออกจากแนวเดิมในแนวดิ่ง

3.3.3 ผลกระทบในแนวดิ่งจากการเอียง (vertical effect of the roll)

1) ส่วนบน

สำหรับทางที่โครงสร้างส่วนบนแบนราบ เช่น ทางที่ใช้สำหรับการขนส่งตู้บรรจุสินค้า การเอียงของรถไฟอาจทำให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของโครงสร้างส่วนนี้ เป็นผลให้ทางมีการยกกระดับในแนวดิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 3 ผลกระทบในแนวดิ่งจากการเอียง

การเอียงที่เป็นผลมาจากเหตุการณ์ต่อไปนี้ควรนำมาพิจารณา 1) ผลกระทบกึ่งสถิติ (ขึ้นอยู่กับประเภทของพิกัด) (หัวข้อ 3.2.1) 2) การเบี่ยงเบนของความลาด T_D (หัวข้อ 3.3.2) 3) การสั่นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของทาง T_{OSC} (หัวข้อ 3.3.2) และ 4) ความไม่สมมาตร η_0 (หัวข้อ 3.3.2) ซึ่งการยกกระดับจากผลกระทบกึ่งสถิติหาได้จากสมการ (5)

$$\Delta h_{PTi,a} = b_{PT} \sin \alpha_{PTi,a} - (h_{PT} - h_{c0})(1 - \cos \alpha_{PTi,a}) \quad (5)$$

เทียบเท่ากับ

$$\Delta h_{PTi,a} \cong b_{PT} \sin \alpha_{PTi,a}$$

โดยที่

$$\alpha_{PTi,a}$$

คือ การเอียงของทางเนื่องจากผลกระทบกึ่งสถิติ ซึ่งการเอียงของด้านในโค้งและด้านนอกโค้งอาจมีค่าต่างกัน

$$h_{PT}, b_{PT}$$

คือ ระยะพิกัดของจุดที่พิจารณา PT

โดยมุมมองที่พิจารณาขึ้นอยู่กับประเภทของทาง และการเอียงเนื่องจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อต้องการหา ΣV และในปัจจุบันค่า Δh_{PT} ใช้สำหรับพิกัด GC เท่านั้น ส่วนพิกัดอื่นในอนาคตจะไม่รวมอยู่ในมาตรฐานนี้ โดยการพิจารณาผลกระทบในแนวดิ่งจากการเอียงในส่วนบนจะอยู่ในความรับผิดชอบของผู้ดูแลด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน

2) ส่วนล่าง

หลักการที่อธิบายในหัวข้อก่อนหน้านี้สามารถนำมาใช้ในการคำนวณผลกระทบในแนวดิ่งจากการเอียงในส่วนล่างของพิกัดโครงสร้างได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามระยะเพื่อเนื่องจากผลกระทบดังกล่าวได้ถูกพิจารณาไปแล้วในการคำนวณพิกัดตัวรถ (vehicle gauge) ดังนั้น จึงไม่มีความจำเป็นต้องทำการขยายระยะในส่วนล่างของพิกัดโครงสร้าง

3.3.4 การยกระดับ

สำหรับพิกัดโครงสร้างแบบสถิติศาสตร์จะต้องพิจารณาผลของการยกระดับของตัวรถไฟที่ตำแหน่งรองรับ โดยส่วนที่ยอมให้จะอยู่ในส่วนบนของพิกัดโครงสร้างเท่านั้น

3.3.5 เหตุการณ์แบบสุ่มในแนวดิ่ง

ผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานสามารถเพิ่มค่าที่ยอมให้โดยพิจารณาจากเหตุการณ์ดังต่อไปนี้

- การลดระดับของทางเนื่องจากการทรุดตัวของหินโรยทาง
- การยกตัวของทางในขณะดำเนินการซ่อมบำรุง

3.4 ส่วนที่ยอมให้เพิ่มเติม

นอกจากส่วนที่ยอมให้จากเหตุการณ์แบบสุ่ม ผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานสามารถตัดสินใจอนุญาตให้ใช้ส่วนที่ยอมให้เพิ่มเติมได้ ดังนี้

- การเพิ่มความเร็ว
- การขนส่งสินค้าพิเศษ
- การเปิดประตูและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่รถไฟในบางสถานการณ์ (เช่น ชานชาลา)
- การแก้ไขฝั่งหรือทางรถไฟในอนาคต
- ทางคงที่หรือทางที่ขนาดทางไม่เปลี่ยนแปลง สามารถบริหารจัดการได้ง่าย โดยการซ่อมบำรุงและตรวจสอบให้ความคลาดเคลื่อนไม่เกินค่าที่ยอมให้
- การพิจารณาผลกระทบจากแรงลม

โดยค่าที่ยอมให้เหล่านี้สามารถพิจารณาได้ทั้งแนวดิ่งและแนวขวาง

4. ประเภทของพิกัดโครงสร้าง

4.1 ระเบียบวิธีพิกัดโครงสร้าง

การจำกัดความของพิกัดโครงสร้างนั้นอยู่บนพื้นฐานของเส้นแนวอ้างอิงและข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นที่ยอมรับร่วมกันระหว่างโครงสร้างพื้นฐานและตัวรถไฟ ซึ่งไม่สามารถพิจารณาแยกกันได้ โดยระเบียบวิธีพิกัดโครงสร้างมีหลากหลายวิธี ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ แสดงอยู่ใน EN 15273-1 และระเบียบวิธีหลักที่ใช้กันในทวีปยุโรปที่ได้ระบุรายละเอียดในมาตรฐานนี้ คือ

4.1.1 วิธีการทางสถิติศาสตร์ที่ใช้สำหรับกรณีเฉพาะเจาะจง สำหรับทางรถไฟที่ไม่มีการปฏิบัติงาน

ร่วมกันระหว่างผู้ให้บริการเดินรถ

4.1.2 วิธีการทางজনศาสตร์ที่นิยมใช้กันในทวีปยุโรป สำหรับโครงข่ายที่มีการปฏิบัติงานร่วมกัน

ระหว่างหลายผู้ให้บริการเดินรถ

4.1.3 วิธีการทางพลศาสตร์ที่ใช้สำหรับบางโครงข่ายที่มีรถไฟแบบพิเศษ ซึ่งไม่สามารถวิ่งบนโครงข่ายอื่นได้

4.2 ประเภทของพิกัดโครงสร้าง

สำหรับพิกัดโครงสร้างแต่ละประเภทนั้น มีรายละเอียดดังนี้

พิกัดโครงสร้างขอบเขต (structure verification limit gauge) พิจารณาความกว้างของพิกัดโครงสร้างและค่าที่ยอมให้บางส่วน เพื่อความปลอดภัยในการให้บริการ ระหว่างการควบคุมด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดได้จากหน้างาน กลุ่มของค่าที่ยอมให้เรียกว่า M_1

พิกัดโครงสร้างบำรุงทาง (structure installation limit gauge) พิจารณาขอบเขตพิกัดโครงสร้างและระยะความกว้างทั้งหมด และการสึกกร่อนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการซ่อมบำรุง โดยเพิ่มค่าที่ยอมให้ M_2

พิกัดโครงสร้างระบุ (structure installation nominal gauge) นอกจากพิจารณาค่าที่ยอมให้ M_1 และ M_2 แล้ว ยังได้พิจารณาค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม M_3 ซึ่งการใช้พิกัดที่เหมาะสมนั้นจะสามารถรักษาระยะของพิกัดโครงสร้างได้อย่างสม่ำเสมอ และเพื่อสำหรับการใช้งานเพิ่มเติม เช่น การขนส่งสินค้าพิเศษต่าง ๆ หรือการติดตั้งโครงสร้างพิเศษชั่วคราว

โดยค่าที่ยอมให้ M_1 ขึ้นอยู่กับ Σ_1 , ผลรวมของค่าที่ยอมให้ของ M_1 และ M_2 หาได้จาก Σ_2 และผลรวมของค่าที่ยอมให้ตั้งแต่ M_1 ถึง M_3 หาได้จาก Σ_3

4.3 uniform gauge

เมื่อผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานพิจารณาแล้วว่ามีพื้นที่เพียงพอ สามารถกำหนดระยะเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความสะดวกในการบริหารจัดการทางรถไฟ โดยค่าระยะเหล่านี้รวมกับค่าที่ยอมให้ต่าง ๆ คือ ค่าขนาดโครงสร้างที่เรียกว่า uniform gauge ซึ่งเป็นขนาดโครงสร้างที่นิยมใช้กันในทวีปยุโรป โดยพิกัดนี้ได้แสดงอยู่ในภาคผนวก ข ข้อบังคับการใช้งานนั้นอาจแตกต่างกันตามแต่ละโครงข่าย แสดงตัวอย่างได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานเลือกที่จะกำหนดพิกัดสำหรับรองรับกรณีแย่งที่ที่สุด เช่น รัศมีโค้งน้อยที่สุด หรือค่ายกโค้งที่มากที่สุด หรือการยกโค้งขาดประเภทพิกัดเหล่านี้พบได้บ่อยในเมืองสำคัญ ๆ

ตัวอย่างที่ 2 ผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานหลายท่านนั้นได้เลือกที่จะกำหนดพิกัดจากเส้นแนวสองเส้นแนวนนี้ คือ

- 1) เส้นแนวแรกนำไปปรับใช้กับทางตรงหรือทางโค้งที่มีรัศมีความโค้งมาก และไม่มีค่ายกโค้ง
- 2) เส้นแนวที่สองนี้นำไปปรับใช้กับทางโค้งที่ได้ออกแบบบนพื้นฐานของกรณีค่ายกโค้งและรัศมีความโค้งที่แย่งที่สุด

ซึ่งวิธีการนี้ได้ก่อให้เกิดค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมเมื่อเทียบกับพิกัดโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ปกติ ทำให้วิธีการนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีพื้นที่เพียงพอเท่านั้น ซึ่งผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานจะต้องหมั่นตรวจสอบเงื่อนไขของพิกัดโครงสร้างอย่างสม่ำเสมอ และให้กลับมาใช้พิกัดโครงสร้างพื้นฐานในกรณีที่ไม่ผ่านเงื่อนไข

ดังนั้น ผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานจำเป็นที่จะต้องไม่ลืมตัวเลือกของพิกัดที่ใช้ และเงื่อนไขของพิกัดโครงสร้างว่าอยู่บนพื้นฐานใด ซึ่ง uniform gauge นั้นบางครั้งเป็นพิกัดที่ใช้เส้นแนวอ้างอิงใหม่ โดยสามารถหาได้จากการหาค่าที่ยอมให้ทั้งหมดและส่วนขยาย/ส่วนลดจากวิธีที่ใช้ ซึ่งส่วนใหญ่จะได้ค่าที่มากกว่าค่าดั้งเดิม

5. การเลือกพิกัดโครงสร้าง

5.1 การเลือกพิกัดโครงสร้างและระเบียบวิธี

การเลือกพิกัดโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน โดยผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานมีปัจจัยที่ต้องพิจารณา ดังนี้

- 5.1.1 ข้อบังคับของการทำงานร่วมกันในแต่ละหน่วยงาน
- 5.1.2 ข้อตกลงร่วมกันทั้งสองฝ่ายหรือหลายฝ่าย
- 5.1.3 ข้อกำหนดทางเทคนิคที่เป็นสากล
- 5.1.4 ประเภทของรถขนส่งสินค้าที่อนุญาตให้วิ่งบนโครงข่าย
- 5.1.5 พื้นที่ว่างในบริเวณที่เกี่ยวข้อง
- 5.1.6 ข้อจำกัดของโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

พิกัดโครงสร้างที่ถูกเลือกนั้นเรียกว่าพิกัดโครงสร้างที่ใช้ ซึ่งผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานเป็นผู้รับผิดชอบในการบำรุงรักษาพิกัดโครงสร้างที่ใช้ โดยระเบียบวิธีต้องสอดคล้องกับพิกัดโครงสร้างที่ใช้สำหรับระบบโครงข่ายที่มีการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างหลายผู้ให้บริการเดินรถให้ใช้พิกัดโครงสร้างจนสิ้นสุดเท่านั้น

5.2 ตัวเลือกของพิกัดโครงสร้าง

สำหรับพิกัดโครงสร้างที่ใช้นั้นผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานอาจเลือกพิกัดโครงสร้างหนึ่งระยะหรือมากกว่าตามที่แสดงในหัวข้อ 4.2 ขึ้นอยู่กับความจำเป็น เมื่อสร้างเส้นทางใหม่ จำเป็นที่จะต้องดำเนินการตรวจสอบพิกัดระบุว่าต้องไม่มีสิ่งใดล้ำเข้ามา ในกรณีของเส้นทางที่มีอยู่เดิม ให้ดำเนินการกำจัดสิ่งที่ยุ้เข้ามาในพิกัดโครงสร้างในช่วงที่จำเป็นและให้มีที่ว่างเพียงพอ โดยขึ้นอยู่กับความจำเป็นหรือสถานการณ์ หากไม่สามารถกำจัดสิ่งที่ยุ้เข้ามาในพิกัดโครงสร้างระบุได้ อาจนำพิกัดโครงสร้างบำรุงทางมาใช้แทน ในกรณีที่โครงสร้างหรือทางเสียหาย อาจต้องกำหนดพิกัดโครงสร้างขึ้นใหม่เพื่อให้สามารถเดินรถได้อย่างปลอดภัย

5.3 การพิจารณาค่ายอมให้

5.3.1 พิกัดโครงสร้างขอบเขต

การพิจารณาระเบียบวิธีการคำนวณสำหรับค่าที่ยอมให้ Σ_1 และ Σ_2 ขึ้นอยู่กับระเบียบวิธีของพิกัดโครงสร้างที่เลือก ดังนั้น จึงจะนิยมในมาตรฐานภายหลัง

ระเบียบวิธีการคำนวณของพิกัดโครงสร้างขอบเขตจะคล้ายกับพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง ในขณะที่เหตุการณ์ที่นำมาพิจารณาได้ถูกนิยามไว้ในมาตรฐาน โดยการคำนวณยังคงเป็นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งมาตรฐานนี้ระบุระเบียบวิธีการคำนวณและค่าที่แนะนำให้ใช้สำหรับผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานแล้ว

5.3.2 พิกัดโครงสร้างระบุ

ค่าที่ยอมให้เนื่องจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการกำหนดพิกัดระบุจะถูกกำหนดโดยผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน (ค่าที่ยอมให้อาจถูกนำมาใช้หรือไม่ก็ได้) ดังนั้นจึงไม่มีวิธีมาตรฐานสำหรับการคำนวณพิกัดโครงสร้างระบุ โดยปกติแล้วการกำหนดพิกัดระบุจะอาศัยผลลัพธ์จากการศึกษาความเหมาะสม (feasibility study) ทั้งทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์

การคำนวณค่าที่ยอมให้อาจทำได้โดยการรวมค่าที่ยอมให้แบบสุ่มทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยตรง แทนที่การใช้รากที่สองของกำลังสองของค่าเฉลี่ย (ความถูกต้องของวิธีการนี้เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแต่ไม่นิยมใช้กันในทางปฏิบัติ)

5.4 รายการพิกัดโครงสร้าง (gauge catalogue)

เงื่อนไขทางด้านเทคนิคสำหรับการทำงานร่วมกันของระบบโครงข่ายระหว่างประเทศ (interoperability) ได้ถูกกำหนดไว้ใน EN 15273-1 การเลือกใช้พิกัดโครงสร้างที่สามารถทำงานร่วมกันได้ระหว่างระบบโครงข่ายให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างประเทศของระบบโครงข่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยความแตกต่างขึ้นอยู่กับ

- 1) พิกัดโครงสร้างที่ใช้ในการทำงานร่วมกันระดับนานาชาติ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ค และ
- 2) พิกัดโครงสร้างอื่น ๆ ที่ได้รับการยอมรับร่วมกันทั้งสองฝ่ายหรือหลายฝ่ายหรือได้รับการยอมรับระดับนานาชาติ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ง

6. ข้อกำหนดในการหาพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติ

6.1 ทั่วไป

โดยทั่วไปโครงสร้างพื้นฐานจะใช้การคำนวณทางจลนศาสตร์ที่สอดคล้องกัน ในกรณีที่ไม่สามารถใช้การคำนวณทางจลนศาสตร์ หรือไม่มีค่าที่ยอมรับเพียงพอ ให้ใช้วิธีการและข้อกำหนดของพิกัดโครงสร้างสถิติศาสตร์

เส้นแนวอ้างอิงเชิงสถิติจะเหมาะสำหรับทางรถไฟตรงและราบ หรือทางที่ไม่มีค้ายกโค้ง โดยพิกัดโครงสร้างจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของทางรถไฟ (ค้ายกโค้งรัศมีความโค้ง และเขตทาง) และมักจะถูกพิจารณาโดยใช้ค่าที่ยอมรับแบบคงที่ ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งหมดนั้นถูกพิจารณาให้มีค่าเป็นบวกทางด้านขวาหรือซ้ายของเส้นศูนย์กลางในแนวตั้งขึ้นอยู่กับแต่ละกรณี โดยในหัวข้อนี้จะละเว้นดัชนี st จากพารามิเตอร์ทั้งหมดเพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจ

6.2 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

เมื่อขาดข้อมูลสำหรับเทียบพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ พิกัดโครงสร้างจะหาได้โดยอาศัยเส้นแนวอ้างอิงเชิงสถิติ ซึ่งแสดงระยะในแนวราบของพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติหาได้จากสมการ (6)

$$b_{obstacle} \geq b_{CR} + S_{i/a} + qS_{i/a} + \sum_j \quad (6)$$

โดยที่

b_{CR} คือ ความกว้างกึ่งหนึ่งของเส้นแนวอ้างอิงเชิงสถิติ

$S_{i/a}$ คือ การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม

โดยพิจารณาค่าคงที่ $F = (A)q_r + (A)w_r + (A)\frac{l_{nom}-d}{2}$

เพิ่มเติมจากด้านนอกเส้นแนวอ้างอิงใน EN 15273-1

$qS_{i/a}$ คือ ผลกระทบกึ่งสถิติ

โดยผลกระทบกึ่งสถิติ สามารถคำนวณได้จากสมการ (7) ถึง สมการ (10) ดังนี้

$$\text{ด้านในโค้ง} \quad qS_i = z_0 + \frac{S_0}{L} \cdot [D - D_0]_{>0} \times [h - h_{c0}]_{>0} \quad (7)$$

$$\text{ด้านนอกโค้ง} \quad qS_a = z_0 + \frac{S_0}{L} \cdot [I - I_0]_{>0} \times [h - h_{c0}]_{>0} \quad (8)$$

$$\text{โดยที่ เป็นค่าคงที่} \quad z_0 = \frac{s_0(D_0 \text{ or } I_0)}{L} (h_{\max} - h_{c0}) \quad (9)$$

$$\text{หรือความสูงแปรผัน} \quad z_0 = \frac{s_0(D_0 \text{ or } I_0)}{L} (h - h_{c0}) \quad (10)$$

โดยผลรวมของค่าที่ยอมให้ ครอบคลุมเหตุการณ์แบบสุ่ม

สำหรับระยะในแนวตั้งของพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติหาได้จากสมการ (11)

$$h_{obstacle} \geq h_{CR} + \Delta h_{R_v} + \Delta h_{susp} + \Delta h_{PT} + \Sigma_V \quad (11)$$

โดยที่	h_{CR}	คือ เส้นแนวความสูงอ้างอิง
	Δh_{R_v}	คือ การยก/การลดระดับในแนวตั้งในช่วงเข้าโค้ง
	Δh_{susp}	คือ การยกตัวของรถไฟเนื่องจากความยืดหยุ่นของจตุรรองรับ
	Δh_{PT}	คือ การยกตัวของส่วนบนเนื่องจากผลกระทบในแนวตั้งของการเอียงตัว

$$\text{โดยที่} \quad \sin \alpha_{PTi,a} = \frac{s_0}{L} (D, I) \quad (12)$$

โดยผลรวมของค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม Σ_V สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

6.3 ค่าที่ยอมให้ตามขวางสำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

6.3.1 เหตุการณ์ที่พิจารณา

ในการคำนวณค่าที่ยอมให้นั้นจำเป็นต้องพิจารณาเหตุการณ์แบบสุ่ม โดยเหตุการณ์ทั้งหมดสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

M_1 คือ ค่าที่ยอมให้ของขอบเขตการเดินรถ เนื่องจากการเคลื่อนตัวของรถไฟ โดยรวมผลกระทบของเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมด ซึ่ง M_1 หาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนต่างระดับของทาง T_{osc} และความไม่สมมาตร (η_0) เนื่องจากการปรับจตุรรองรับไม่ดี และการกระจายน้ำหนักบรรทุกที่น้อยกว่า 1 องศา

M_2 คือ ค่าที่ยอมให้ที่ทำให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถซ่อมบำรุงที่ความถี่ตามกำหนด โดยรวมผลกระทบของเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมด ซึ่ง M_2 หาได้จากระยะขยายตามขวางเพื่อรองรับ T_{voice} ระหว่างช่วงการซ่อมบำรุงสองช่วงและส่วนของเรขาคณิตและผลกระทบกึ่งสถิติที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของจุดตัดทางรถไฟ T_D

M_3 คือ ค่าที่ยอมให้เพื่อให้สามารถบริหารจัดการพิกัดโครงสร้างได้อย่างสะดวกในระยะยาว และเพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้อื่น ๆ ที่เพิ่มเข้ามาสำหรับการขนส่งสินค้าพิเศษ การติดตั้งชั่วคราว หรืออื่น ๆ

6.3.2 การหาผลรวมของค่าที่ยอมให้ตามขวาง Σ_j

ค่าผลรวม Σ_j สามารถเลือกใช้ค่าคงที่ ซึ่งอ้างอิงจากประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานที่มีบนโครงข่าย หรือค่าที่คำนวณจากความคลาดเคลื่อนของการซ่อมบำรุง

เมื่อทำการหาพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยทั่วไปแล้วความคลาดเคลื่อนสูงสุดจากทุกเหตุการณ์จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการรวมค่าที่ยอมให้ของทุกเหตุการณ์แบบตรง ๆ จึงไม่เหมาะสม โดยการรวมค่าที่ยอมให้ของแต่ละเหตุการณ์อย่างเหมาะสมสามารถหาได้จากสมการ (13) ดังนี้

$$\Sigma_j = k \sqrt{(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta b_{T2})^2 + \dots (\Delta b_{Tj})^2} \quad (13)$$

โดยที่ T_j คือ ค่าที่ยอมให้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการพิจารณา พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นอิสระเชิงสถิติต่อกันที่ควรจะนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ผลรวมเชิงตัวเลข

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ k หาได้จากระดับความปลอดภัย ($k \geq 1$) โดยรายละเอียดแสดงไว้ใน EN 15273-1 แสดงตัวอย่างการคำนวณ และค่าที่แนะนำสำหรับความคลาดเคลื่อนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข T_j

6.4 ค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่งสำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

6.4.1 เหตุการณ์ที่พิจารณา

ค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่งของเหตุการณ์แบบสุ่มจำเป็นต้องพิจารณาความคลาดเคลื่อนต่อไปนี้

- 1) ผลกระทบในแนวดิ่งของการเอียงเนื่องจากเหตุการณ์แบบสุ่ม (สำหรับส่วนบน)
- 2) ความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่งของทาง T_n ระหว่างช่วงซ่อมบำรุง 2 ช่วง
- 3) ความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่ง
- 4) ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม

6.4.2 การหาผลรวมของค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่ง Σ_v

ค่าผลรวม Σ_v สามารถเลือกใช้ค่าคงที่ ซึ่งอ้างอิงจากประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานที่มีบนโครงข่าย หรือค่าที่คำนวณจากค่าความคลาดเคลื่อนจากการซ่อมบำรุง

เมื่อทำการหาพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยทั่วไปแล้วความคลาดเคลื่อนสูงสุดจากทุกเหตุการณ์จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการรวมค่าที่ยอมให้ของทุกเหตุการณ์แบบตรง ๆ จึงไม่เหมาะสม โดยการรวมค่าที่ยอมให้ของแต่ละเหตุการณ์อย่างเหมาะสมสามารถหาได้จากสมการ (14) ดังนี้

$$\Sigma_V = k\sqrt{(\Delta h_{T1})^2 + (\Delta h_{T2})^2 + \dots (\Delta h_{Ta})^2} \quad (14)$$

โดยที่ T_a คือ ค่าที่ยอมให้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการพิจารณา พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นอิสระเชิงสถิติต่อกันที่ควรจะนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ผลรวมเชิงตัวเลข

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ k หาได้จากระดับความปลอดภัย ($k \geq 1$) โดยรายละเอียดแสดงไว้ใน EN 15273-1 แสดงตัวอย่างการคำนวณ และค่าที่แนะนำสำหรับความคลาดเคลื่อนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

7. ข้อกำหนดในหาพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์

7.1 ทั่วไป

เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้างพิกัดทางระบุ (nominal rail gauge) จะเหมาะสมสำหรับทางรถไฟที่ตรงและราบ หรือทางที่ไม่มีค้ายกโค้ง โดยพิกัดโครงสร้างจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของทางรถไฟ (ค้ายกโค้งรัศมีความโค้ง และเขตทาง) และการพิจารณาเหตุการณ์แบบสุ่มจะรวมอยู่ในค่าที่ยอมให้ Σ_j ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งหมดนั้นถูกพิจารณาให้มีค่าเป็นบวกทางด้านขวาหรือซ้ายของเส้นศูนย์กลางในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับแต่ละกรณี

7.2 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

ระยะในแนวราบของพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์หาได้จากสมการ (15)

$$b_{obstacle} \geq b_{CR} + S_{i/a} + qS_{i/a} + \Sigma_j \quad (15)$$

b_{CR} คือ ความกว้างกึ่งหนึ่งของเส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์

$S_{i/a}$ คือ การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม

โดยไม่พิจารณาค่า F ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวรถและเพิ่มเติมจากด้านใน
เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์

$qS_{i/a}$ คือ ผลกระทบกึ่งสถิติ

โดยผลกระทบกึ่งสถิติ สามารถคำนวณได้จากสมการ (16) ถึง สมการ (17) ดังนี้

$$\text{ด้านในโค้ง} \quad qs_i = \frac{S_0}{L} \cdot [D - D_0]_{>0} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \quad (16)$$

$$\text{ด้านนอกโค้ง} \quad qs_a = \frac{S_0}{L} \cdot [I - I_0]_{>0} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \quad (17)$$

Σ_j คือ ผลรวมของค่าที่ยอมให้ที่ครอบคลุมเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมด

ระยะในแนวตั้งของส่วนบนพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์หาได้จากสมการ

$$h_{obstacle} \geq h_{CR} + \Delta h_{Rv} + \Delta h_{PT} + \Sigma_V \quad (18a)$$

โดยที่ h_{CR} คือ ระดับเส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์
 Δh_{Rv} คือ การยก/การลดระดับในช่วงเข้าโค้ง
 Δh_{PT} คือ การยกตัวของส่วนบนเนื่องจากผลกระทบในแนวตั้งของการเอียงตัว

$$\text{โดยที่} \quad \sin \alpha_{PTi,a} = \frac{S_0}{L} (D - D_0, I - I_0) \quad (19)$$

โดยผลรวมของค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม Σ_V สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

สำหรับระยะในแนวตั้งของส่วนล่างพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์หาได้จากสมการ

$$h_{obstacle} \leq h_{CR} + \Delta h_{Rv} - \Sigma_V \quad (18b)$$

โดยที่ h_{CR} คือ ระดับเส้นแนวอ้างอิง
 Δh_{Rv} คือ การยก/การลดระดับในช่วงเข้าโค้ง

โดยผลรวมของค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม Σ_V สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

7.3 ค่าที่ยอมให้ตามขวางสำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

7.3.1 เหตุการณ์ที่พิจารณา

ในการคำนวณค่าที่ยอมให้นั้นจำเป็นต้องพิจารณาเหตุการณ์แบบสุ่ม โดยเหตุการณ์ทั้งหมดสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

M_1 คือ ค่าที่ยอมให้ของขอบเขตการเดินรถ เนื่องจากการเคลื่อนตัวของรถไฟ โดยรวมผลกระทบของเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมดซึ่ง M_1 หาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนต่างระดับของทาง T_{osc} และความไม่สมมาตร (η_0) เนื่องจากการปรับจูนรองรับไม่ดี และการกระจายน้ำหนักบรรทุกน้อยกว่า 1 องศา

M_2 คือ ค่ายอมให้ที่ทำให้มั่นใจได้ว่าสามารถซ่อมบำรุงที่ความถี่ตามกำหนด โดยรวมผลกระทบของเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมด ซึ่ง M_2 หาได้จากระยะการจัดตามขวางเพื่อรองรับ T_{voice} ระหว่างช่วงการซ่อมบำรุงสองช่วง และส่วนของเรขาคณิตและผลกระทบกึ่งสถิติที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของจุดตัดทางรถไฟ T_D

M_3 คือ ค่าที่ยอมให้เพื่อให้สามารถบริหารจัดการพิกัดโครงสร้างได้อย่างสะดวกในระยะยาว และเพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้อื่น ๆ ที่เพิ่มเข้ามาสำหรับการขนส่งสินค้าพิเศษ การติดตั้งชั่วคราว หรืออื่น ๆ

7.3.1 การหาผลรวมของค่าที่ยอมให้ตามขวาง Σ_j

ค่าผลรวม Σ_j สามารถเลือกใช้ค่าคงที่ ซึ่งอ้างอิงจากประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานที่มีบนโครงข่าย หรือค่าที่คำนวณจากค่าความคลาดเคลื่อนของการซ่อมบำรุง

เมื่อทำการหาพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยทั่วไปแล้วความคลาดเคลื่อนสูงสุดจากทุกเหตุการณ์จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการรวมค่าที่ยอมให้ของทุกเหตุการณ์แบบตรง ๆ จึงไม่เหมาะสม โดยการรวมค่าที่ยอมให้ของแต่ละเหตุการณ์อย่างเหมาะสมสามารถหาได้จากสมการ (20) ดังนี้

$$\Sigma_j = k \sqrt{(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta b_{T2})^2 + \dots (\Delta b_{Tj})^2} \quad (20)$$

โดยที่ T_j คือ ค่าที่ยอมให้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการพิจารณา พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นอิสระเชิงสถิติต่อกันที่ควรจะนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ผลรวมเชิงตัวเลข

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ k หาได้จากระดับความปลอดภัย ($k \geq 1$) โดยรายละเอียดแสดงไว้ใน EN 15273-1 แสดงตัวอย่างการคำนวณ และค่าที่แนะนำสำหรับความคลาดเคลื่อนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

7.4 ค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่งสำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

7.4.1 เหตุการณ์ที่พิจารณา

ค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่งของเหตุการณ์แบบสุ่มจำเป็นต้องพิจารณาความคลาดเคลื่อนต่อไปนี้

- 1) ผลกระทบในแนวดิ่งของการเอียงเนื่องจากเหตุการณ์แบบสุ่ม (สำหรับส่วนบน)
- 2) ความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่งของทาง T_n ระหว่างช่วงซ่อมบำรุง 2 ช่วง
- 3) ความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่ง
- 4) ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม

7.4.2 การหาผลรวมของค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่ง Σ_V

ค่าผลรวม Σ_V สามารถเลือกใช้ค่าคงที่ ซึ่งอ้างอิงจากประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานที่มีบนโครงข่าย หรือค่าที่คำนวณจากพื้นฐานของค่าความคลาดเคลื่อนของการซ่อมบำรุง

เมื่อทำการหาพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยทั่วไปแล้วความคลาดเคลื่อนสูงสุดจากทุกเหตุการณ์จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการรวมค่าที่ยอมให้ของทุกเหตุการณ์แบบตรง ๆ จึงไม่เหมาะสม โดยการรวมค่าที่ยอมให้ของแต่ละเหตุการณ์อย่างเหมาะสมสามารถหาได้จากสมการ (21) ดังนี้

$$\Sigma_V = k\sqrt{(\Delta h_{T1})^2 + (\Delta h_{T2})^2 + \dots (\Delta h_{Ta})^2} \quad (21)$$

โดยที่ T_a คือ ค่าที่ยอมให้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการพิจารณา พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นอิสระเชิงสถิติต่อกันที่ควรจะนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ผลรวมเชิงตัวเลข

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ k หาได้จากระดับความปลอดภัย ($k \geq 1$) โดยรายละเอียดแสดงไว้ใน EN 15273-1 แสดงตัวอย่างการคำนวณ และค่าที่แนะนำสำหรับความคลาดเคลื่อนได้แสดงไว้ในคู่มือภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

8. ข้อกำหนดในการหาพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต

8.1 ทั่วไป

เส้นแนวอ้างอิงเชิงพลศาสตร์ของพิกัดโครงสร้างระบุ (nominal rail gauge) จะเหมาะสมสำหรับทางรถไฟที่ตรงและราบ หรือทางที่ไม่มีค้ายกโค้ง โดยพิกัดโครงสร้างจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของทางรถไฟ (ค้ายกโค้งรัศมีความโค้ง และเขตทาง) และมักจะถูกพิจารณาโดยใช้ค่าที่ยอมให้ Σ_j ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งหมดนั้นถูกพิจารณาให้มีค่าเป็นบวกทางด้านขวาหรือซ้ายของเส้นศูนย์กลางในแนวดิ่งขึ้นอยู่กับแต่ละกรณี โดยในหัวข้อนี้จะละเว้นดัชนี dyn จากพารามิเตอร์ทั้งหมดเพื่อให้่ายในการทำเข้าใจ

8.2 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

ระยะในแนวราบของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตหาได้จากสมการ (22)

$$b_{obstacle} \geq b_{CR} + S_{i/a} + \Sigma_j \quad (22)$$

โดยที่ b_{CR} คือ ความกว้างกึ่งหนึ่งของเส้นแนวอ้างอิงเชิงพลวัต
 $S_{i/a}$ คือ การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม

ระยะในแนวดิ่งของส่วนบนพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตหาได้จากสมการ (23)

$$h_{obstacle} \geq h_{CR} + \Delta h_{Rv} + \Sigma_V \quad (23a)$$

โดยที่ h_{CR} คือ ระดับความสูงของเส้นแนวอ้างอิงเชิงพลวัต

Δh_{Rv} คือ การยก/การลดระดับในช่วงเข้าโค้ง

โดยผลรวมของค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม Σ_V สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

สำหรับระยะในแนวตั้งของส่วนล่างพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตหาได้จากสมการ

$$h_{obstacle} \leq h_{CR} + \Delta h_{Rv} - \Sigma_V \quad (23b)$$

โดยที่ h_{CR} คือ ระดับเส้นแนวอ้างอิง

Δh_{Rv} คือ การยก/การลดระดับในช่วงเข้าโค้ง

โดยผลรวมของค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม Σ_V สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

8.3 ค่าที่ยอมให้ตามขวางสำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

8.3.1 เหตุการณ์ที่พิจารณา

ในการคำนวณค่าที่ยอมให้นั้นจำเป็นต้องพิจารณาเหตุการณ์แบบสุ่ม โดยเหตุการณ์ทั้งหมดสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

M_1 คือ ค่าที่ยอมให้ของขอบเขตการเดินทาง เนื่องจากการเคลื่อนตัวของรถไฟ โดยรวมผลกระทบของเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมด M_1 หาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนต่างระดับของทาง T_{osc} และความไม่สมมาตร (η_0) เนื่องจากการปรับจูนรองรับไม่ดี และการกระจายน้ำหนักบรรทุกน้อยกว่า 1 องศา

M_2 คือ ค่าที่ยอมให้ที่ทำให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถซ่อมบำรุงที่ความถี่ตามกำหนด โดยรวมผลกระทบของเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมด ซึ่ง M_2 หาได้จากระยะกระจัดตามขวางเพื่อรองรับ T_{voice} ระหว่างช่วงการซ่อมบำรุงสองช่วง และส่วนของเรขาคณิตและผลกระทบกึ่งสถิติที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของจุดตัดทางรถไฟ T_D

M_3 คือ ค่าที่ยอมให้เพื่อให้สามารถบริหารจัดการพิกัดโครงสร้างได้อย่างสะดวกในระยะยาว และเพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้อื่น ๆ ที่เพิ่มเข้ามาสำหรับการขนส่งสินค้าพิเศษ การติดตั้งชั่วคราว หรืออื่น ๆ

8.3.2 การหาผลรวมของค่าที่ยอมให้ตามขวาง Σ_j

ค่าผลรวม Σ_j สามารถเลือกใช้ค่าคงที่ ซึ่งอ้างอิงจากประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานที่มีบนโครงข่าย หรือค่าที่คำนวณจากค่าความคลาดเคลื่อนของการซ่อมบำรุง

เมื่อทำการหาพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยทั่วไปแล้วความคลาดเคลื่อนสูงสุดจากทุกเหตุการณ์จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการรวมค่าที่ยอมให้ของทุกเหตุการณ์แบบตรง ๆ จึงไม่เหมาะสม โดยการรวมค่าที่ยอมให้ของแต่ละเหตุการณ์อย่างเหมาะสมสามารถหาได้จากสมการ (24) ดังนี้

$$\Sigma_j = k \sqrt{(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta b_{T2})^2 + \dots (\Delta b_{Tj})^2} \quad (24)$$

โดยที่ T_j คือ ค่าที่ยอมให้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการพิจารณา พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นอิสระเชิงสถิติต่อกันควรจะนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ผลรวมเชิงตัวเลข

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ k หาได้จากระดับความปลอดภัย ($k \geq 1$) โดยคำอธิบายรายละเอียดแสดงไว้ใน EN 15273-1 และแสดงตัวอย่างการคำนวณ และค่าที่แนะนำสำหรับความคลาดเคลื่อนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

8.4 ค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่งของเหตุการณ์แบบสุ่ม

8.4.1 เหตุการณ์ที่พิจารณา

ค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่งของเหตุการณ์แบบสุ่มจำเป็นต้องพิจารณาความคลาดเคลื่อนต่อไปนี้

- 1) ผลกระทบในแนวดิ่งของการเอียงเนื่องจากเหตุการณ์แบบสุ่ม (สำหรับส่วนบน)
- 2) ความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่งของทาง T_n ระหว่างช่วงซ่อมบำรุง 2 ช่วง
- 3) ความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่ง
- 4) ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม

8.4.2 การหาผลรวมของค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่ง Σ_V

เนื่องจากไม่มีพารามิเตอร์แบบสุ่มเหมือนกรณีของความกว้างกึ่งหนึ่ง ดังนั้นความสูงจึงคำนวณจากผลรวมเชิงตัวเลขขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่พิจารณาค่าประสิทธิผลของ Σ_V อาจเลือกใช้ได้ทั้งค่าคงที่ซึ่งสามารถอ้างอิงจากประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานที่มีบนโครงข่าย หรือค่าที่คำนวณจากพื้นฐานของค่าความคลาดเคลื่อนของการซ่อมบำรุง

เมื่อทำการหาพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยทั่วไปแล้วความคลาดเคลื่อนสูงสุดจากทุกเหตุการณ์จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการรวมค่าที่ยอมให้ของทุกเหตุการณ์แบบตรง ๆ จึงไม่เหมาะสม โดยการรวมค่าที่ยอมให้ของแต่ละเหตุการณ์อย่างเหมาะสมสามารถหาได้จากสมการ (25) ดังนี้

$$\Sigma_V = k \sqrt{(\Delta h_{T1})^2 + (\Delta h_{T2})^2 + \dots (\Delta h_{Ta})^2} \quad (25)$$

โดยที่ T_a คือ ค่าที่ยอมให้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการพิจารณา พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นอิสระเชิงสถิติต่อกันควรจะนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ผลรวมเชิงตัวเลข

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ k หาได้จากระดับความปลอดภัย ($k \geq 1$) โดยรายละเอียดแสดงไว้ใน EN 15273-1 แสดงตัวอย่างการคำนวณ และค่าที่แนะนำสำหรับความคลาดเคลื่อนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

9. ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ

9.1 ทั่วไป

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟถูกกำหนดไว้เพื่อให้รถไฟบนทางสองทางที่อยู่ติดกันสามารถสัญจรผ่านในเวลาเดียวกันได้ โดยให้ผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานเป็นผู้กำหนดระยะทางระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟขึ้นหนึ่งระยะหรือมากกว่า เพื่อให้มั่นใจว่ามีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟเพียงพอสำหรับ 1) การทวนสอบระยะระหว่างศูนย์กลาง 2) สำหรับการติดตั้งทาง (track installation) ต้องทำการหาระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทาง และ 3) ควรมีค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมในทุก ๆ กรณี เพื่อให้สามารถบริหารจัดการระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุ (nominal distance between centers) ได้อย่างสะดวกและยืดหยุ่น โดยเฉพาะการซ่อมบำรุงทางและการทวนสอบหรือเมื่อมีการขนส่งสินค้าพิเศษ

9.2 การหาระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตของทางรถไฟ

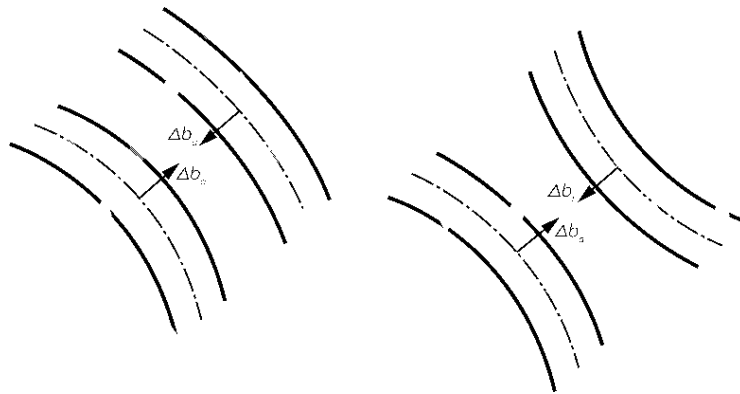
9.2.1 ทั่วไป

ระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตของทางรถไฟไว้เพื่อป้องกันการซ้อนทับของพิกัดโครงสร้างทางรถไฟที่อยู่ติดกัน โดยพิจารณาทั้งเส้นแนวอ้างอิงและข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง และผลรวมของค่าที่ยอมให้ $\sum_{AEj}$ ซึ่งหาได้โดยวิธีเดียวกันกับการกำหนดพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยทั่วไประยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตของทางรถไฟหาได้จากจุดของส่วนบน P แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งการหาระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตของทางรถไฟจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัย ดังนี้

- การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม $S_{i/a}$
- ผลกระทบกึ่งสถิติ $qs_{i/a}$
- ผลกระทบของผลต่างของค้ายกโค้งระหว่างสองทางรถไฟ Δb_{sh}
- ค่าที่ยอมให้ M_j ที่ได้พิจารณาความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟและความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักบรรทุก

สมการสำหรับสองจุดแรก และเหตุการณ์แบบสุ่มที่พิจารณาขึ้นอยู่กับประเภทของพิกัดโครงสร้างที่ใช้ตามที่ระบุไว้ข้างต้น โดยผลกระทบของระยะห่างระหว่างศูนย์กลางไม่ว่าจะเป็นด้านในหรือด้านนอกของโค้งของทางที่พิจารณานั้นจะต้องนำมารวมด้วยเสมอ เช่น ในกรณีของทางที่มีส่วนโค้งร่วมศูนย์กลางเหตุการณ์ทั้งหมดบนโค้งด้านในต้องนำมาพิจารณาสำหรับทางที่อยู่ด้านนอก และเหตุการณ์ของโค้งด้านนอก

ต้องนำมาพิจารณาสำหรับทางที่อยู่ด้านใน และในกรณีของทางสองทางที่มีส่วนโค้งตรงข้ามกัน เหตุการณ์ทั้งหมดด้านนอกของแต่ละทางต้องแยกพิจารณาทั้งรัศมี ค่ายกโค้ง และความเร็วที่รถไฟวิ่ง



ที่มา: EN15273-3

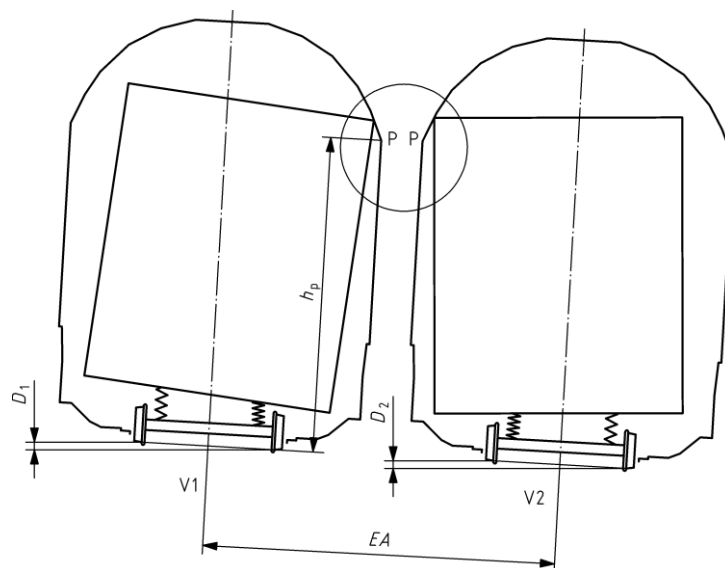
รูปที่ 4 โค้งร่วมศูนย์และโค้งตรงข้ามกัน

9.2.2 ผลกระทบของผลต่างของค่ายกโค้ง $\Delta b_{\delta D}$

เมื่อทางรถไฟสองทางที่พิจารณามีค่ายกโค้งหรือจุดตัดระดับตามขวางที่แตกต่างกัน พิกัดโครงสร้างของทางทั้งสองมีแนวโน้มที่เข้ามาใกล้กันหรือห่างออกจากกันในแนวดิ่งจะมีผลกระทบอย่างมากต่อระยะทางระหว่างศูนย์กลางที่วัดจากผิวทางวิ่ง ในกรณีที่ความแตกต่างของค่ายกโค้งทำให้จุด P เข้ามาใกล้กันแสดงดังรูปที่ 5 จำเป็นต้องเพิ่มระยะทางระหว่างศูนย์กลางจากเดิม และสำหรับกรณีที่จุด P เคลื่อนที่ห่างออกจากกัน สามารถลดระยะทางระหว่างศูนย์กลางได้ถึงระยะขั้นต่ำที่พิกัดโครงสร้างกำหนด สามารถคำนวณผลกระทบดังสมการ (26) ดังนี้

$$\Delta b_{\delta D} = \frac{h_p}{L} [D_1 - D_2]_{>0} \quad (26)$$

ทาง 1 คือ ทางด้านนอก และทาง 2 คือ ทางด้านใน โดยจะพิจารณาค่ายกโค้งในทิศทางเดียวกันเสมอ ดังรูปที่ 5



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 5 ระยะระหว่างศูนย์กลางในกรณีมีค่ายกโค้งที่แตกต่างกัน

หมายเหตุ: V1 คือ ทางรถไฟ 1 (ด้านนอกโค้ง)

V2 คือ ทางรถไฟ 2 (ด้านในโค้ง)

9.2.3 ค่าที่ยอมให้สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม

ค่าที่ยอมให้สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่มบนทางรถไฟทั้งสองทางจะต้องนำมาพิจารณาร่วมกัน เนื่องจากการแยกพิจารณาค่าที่ยอมให้ของทางรถไฟแต่ละทางจะทำให้ผลรวมค่าที่ยอมให้มีมากเกินไปจนความจำเป็น

ค่าที่ยอมให้ได้นิยามไว้เพื่อพิจารณาถึงเหตุการณ์แบบสุ่มเพื่อระยะทางระหว่างศูนย์กลางที่เหมาะสม โดยระยะทางระหว่างศูนย์กลางสามารถแบ่งกลุ่มได้ ดังนี้

- ระยะทางระหว่างศูนย์กลางขอบเขตที่พิจารณาถึงการขยายระยะตามขวางและค่าที่ยอมให้แบบคงที่ เพื่อความปลอดภัยเมื่อมีรถไฟวิ่งสวนกัน พารามิเตอร์นี้เรียกว่า M_{EA1}
- ระยะทางระหว่างศูนย์กลางบำรุงทางที่พิจารณาถึงระยะระหว่างศูนย์กลาง การกระจัดทั้งหมดและการสีกกร่อนที่อาจเกิดขึ้นได้ในช่วงการซ่อมบำรุงสองช่วง (two maintenance periods) พารามิเตอร์นี้เรียกว่า M_{EA2} โดยระยะทางระหว่างศูนย์กลางนี้มีเพื่อให้มั่นใจว่าระยะสำหรับการซ่อมบำรุง และการทวนสอบการปฏิบัติงานมีค่าคงเดิม
- ระยะการติดตั้งระหว่างศูนย์กลางระบุ เพิ่มเติมจากค่าที่ยอมให้ M_{EA1} และ M_{EA2} ที่พิจารณาค่าที่ยอมให้ที่เรียกว่า M_{EA3} โดยการรักษาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางนี้ไว้จะทำให้สามารถก่อสร้างทางและการบำรุงรักษาได้อย่างสะดวก โดยที่
 - 1) ค่าที่ยอมให้ M_{EA1} หาได้จาก Σ_{EA1}
 - 2) ผลรวมของค่าที่ยอมให้ M_{EA1} และ M_{EA2} หาได้จาก Σ_{EA2}
 - 3) ผลรวมของค่าที่ยอมให้ M_{EA1} ถึง M_{EA3} หาได้จาก Σ_{EA3}

9.2.4 การกำหนดค่า

การคำนวณระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตของทางรถไฟขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของแต่ละทาง (ค่ายกโค้ง รัศมีส่วนโค้ง และพิกัดทาง) และต้องพิจารณาความกว้างกึ่งหนึ่งของความกว้างบนเส้นแนวอ้างอิงเพิ่มเติม ผลกระทบแบบสุ่มจะถูกพิจารณาโดยค่าที่ยอมให้ Σ_{EAj} โดยระยะห่างระหว่างศูนย์กลางจะครอบคลุมผลรวมผลกระทบเหล่านี้ ดังสมการ (27)

$$EA \geq (b_{CR} + S_{i/a} + qS_{i/a})_{voie1} + (b_{CR} + S_{i/a} + qS_{i/a})_{voie2} + \Delta b_{\delta D} + \Sigma_{EAj} \quad (27)$$

1) การคำนวณค่าที่ยอมให้ Σ_{EAj}

ค่าที่ยอมให้ Σ_{EAj} จะพิจารณาครอบคลุมผลกระทบต่าง ๆ โดยผลรวมของ Σ_{EAj} สามารถเลือกใช้ค่าคงที่ ซึ่งอ้างอิงจากประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานที่มีบนโครงข่าย หรือค่าที่คำนวณจากพื้นฐานของค่าความคลาดเคลื่อนของการซ่อมบำรุง

โดยเหตุการณ์ที่นำมาพิจารณาขึ้นอยู่กับระเบียบวิธีการคำนวณและประเภทของระยะระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ

2) ระเบียบวิธีการคำนวณ

สำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติจะไม่มีระเบียบวิธีการคำนวณระยะทางระหว่างศูนย์กลางขอบเขต โดยนิยามหาระยะทางระหว่างศูนย์กลางขอบเขตจากผลรวมของพิกัดความกว้างกึ่งหนึ่งระบุ

สำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ที่สอดคล้องกันระยะทางระหว่างศูนย์กลางขอบเขตสามารถหาได้จากวิธีการทางจลนศาสตร์ เมื่อคำนวณหาระยะทางระหว่างศูนย์กลางขอบเขตโดยทั่วไปแล้วความคลาดเคลื่อนสูงสุดจากทุกเหตุการณ์จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการรวมค่าที่ยอมให้ของทุกเหตุการณ์แบบตรง ๆ จึงไม่เหมาะสม โดยผลรวมค่าที่ยอมให้ของแต่ละเหตุการณ์สามารถหาได้จากสมการ (28)

$$\Sigma_{EA} = k\sqrt{[(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta h_{T2})^2 + \dots (\Delta h_{Ta})^2]_{voie1} + [(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta h_{T2})^2 + \dots (\Delta h_{Ta})^2]_{voie2}} \quad (28)$$

โดยที่ T_j คือ ค่าที่ยอมให้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการพิจารณา พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นอิสระเชิงสถิติต่อกันควรจะนำมาพิจารณาร่วมกัน เช่น ผลรวมเชิงตัวเลข สามารถสังเกตได้ว่า เหตุการณ์ชนิดเดียวกันบนทางสองทางนั้นถูกพิจารณาให้เป็นเหตุการณ์แบบอิสระเชิงสถิติต่อกัน

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ k หาได้จากระดับความปลอดภัย ($k \geq 1$) โดยรายละเอียดแสดงไว้ใน EN 15273-1 แสดงตัวอย่างการคำนวณ และค่าที่แนะนำสำหรับความคลาดเคลื่อนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

สำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต ยังไม่มีวิธีการคำนวณระยะทางระหว่างศูนย์กลางขอบเขตที่เป็นมาตรฐาน โดยส่วนมากนิยมใช้หลักการคำนวณของพิกัดเชิงจลน์ในการคำนวณพิกัดเชิงพลวัต

9.3 การหาระยะระหว่างศูนย์กลางระบุของทางรถไฟ

9.3.1 ทั่วไป

ค่าที่ยอมให้ทั้งหมดที่ระบุในการคำนวณระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตข้างต้นนั้น ถูกครอบคลุมโดยระยะระหว่างศูนย์กลางระบุ โดยระยะระหว่างศูนย์กลางระบุจะมีค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม ดังนี้

- 1) ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมเพื่อความปลอดภัย
- 2) ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมสำหรับการซ่อมบำรุง
- 3) ค่าที่ยอมให้ที่ครอบคลุมอากาศพลศาสตร์
- 4) ค่าที่ยอมให้ในการอำนวยความสะดวกในการติดตั้งประแจสับหลัก
- 5) ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมสำหรับการขนส่งสินค้าพิเศษ
- 6) การเผื่อพื้นที่สำหรับการวางผังในอนาคตหรือการปรับเปลี่ยนพิกัดโครงสร้าง
- 7) ค่าที่ยอมให้ทำให้ระยะทางระหว่างศูนย์กลางที่ไม่แปรผัน (non-variable distance between centers) ที่ทำให้สามารถซ่อมบำรุงและทวนสอบค่าที่ยอมให้ได้อย่างสะดวก
- 8) ค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมเพื่อความปลอดภัยของบุคคลซึ่งอยู่นอกขอบเขตของมาตรฐานนี้ ต้องถูกกำหนดโดยบุคคลที่เกี่ยวข้อง

9.3.2 การกำหนดค่า

โดยปกติแล้วระยะระหว่างศูนย์กลางระบุเป็นค่าคงที่ เพื่อความสะดวกต่อการออกแบบทางรถไฟ การวางผัง และการบำรุงรักษา

อย่างไรก็ดี ไม่มีระเบียบวิธีการคำนวณหาระยะระหว่างศูนย์กลางระบุที่เป็นมาตรฐาน เนื่องจากมีค่าที่ยอมให้แตกต่างกัน ซึ่งการพิจารณานั้นขึ้นอยู่กับผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน ดังนั้นสามารถคำนวณระยะทางระหว่างศูนย์กลางระบุพร้อมกับพิกัดโครงสร้างระบุ ภายหลังการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงสร้างพื้นฐาน

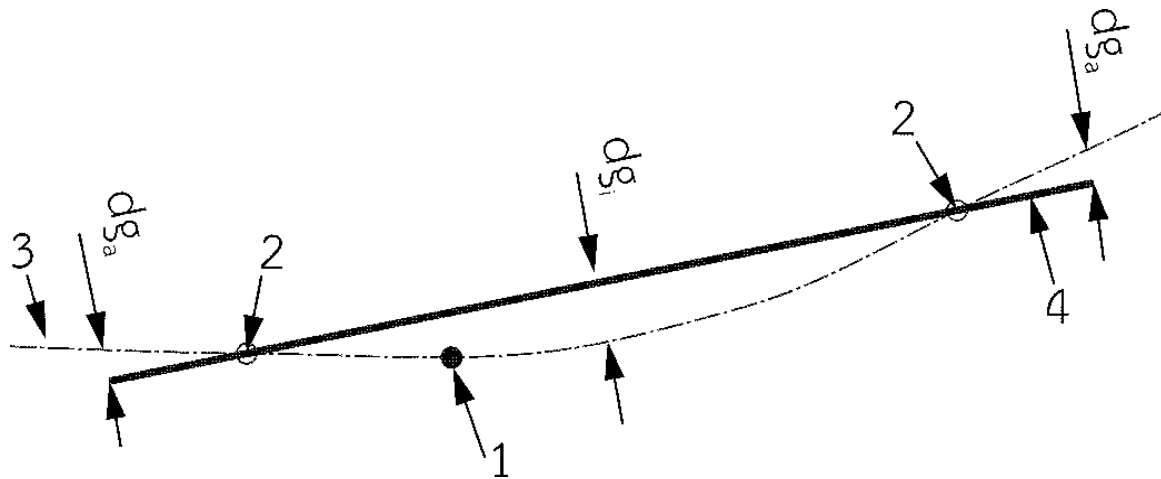
การเพิ่มค่าที่ยอมให้เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการระยะระหว่างศูนย์กลางสามารถทำได้ โดยรวมค่าที่ยอมให้แบบสุ่มที่กล่าวไว้ในกรณีของระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตเข้าด้วยกัน แทนที่จะใช้รากที่สองของผลรวมของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ซึ่งระเบียบวิธีการนี้ได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไปแต่ไม่เป็นที่นิยม

10. องค์ประกอบของผังแปรปรวน (elements of variable layout)

10.1 ทั่วไป

10.1.1 หลักการคำนวณ

หลักการคำนวณและข้อบังคับต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นสามารถนำมาคำนวณหาระยะพิกัดโครงสร้างทางรถไฟที่เผื่อไว้เพื่อความปลอดภัยสำหรับทางรถไฟตรงและโค้งได้ สำหรับบริเวณจุดเริ่มต้นโค้ง ตัวรถไฟจะมีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะของผังและความยาวของตัวรถไฟ ดังแสดงในรูปที่ 6



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 6 ผลกระทบของช่วงเข้าโค้ง

หมายเหตุ: 1 คือ จุดเริ่มต้นโค้ง (จุดสัมผัสส่วนโค้ง)

2 คือ ศูนย์กลางของแคร่หรือเพลลา

3 คือ ศูนย์กลางของทางรถไฟ

4 คือ ศูนย์กลางของรถไฟ

ข้อบังคับสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมและผลกระทบกึ่งสถิติไม่ต้องรวมจุดปลายของส่วนโค้ง ข้อบังคับที่นำมาพิจารณาหาการแปรผันของพิกัดโครงสร้างเมื่อรถไฟเข้าสู่ช่วงทางโค้งมีรายละเอียดดังนี้

10.1.2 คุณสมบัติของฝั่งช่วงเข้าโค้ง

ฝั่งช่วงเข้าโค้งประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงของรัศมีส่วนโค้ง และการเปลี่ยนแปลงของค้ายกโค้ง โดยรัศมีส่วนโค้งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งแบบค่อยเป็นค่อยไปและแบบฉับพลัน ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของค้ายกโค้งขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค้ายกโค้ง (รายละเอียดแสดงใน ENV 13803-1) โดยทั่วไป การเปลี่ยนแปลงของรัศมีส่วนโค้งและค้ายกโค้งจะพิจารณาร่วมกัน แม้สามารถแยกพิจารณาได้

10.1.3 ความแปรผันของพิกัดโครงสร้าง

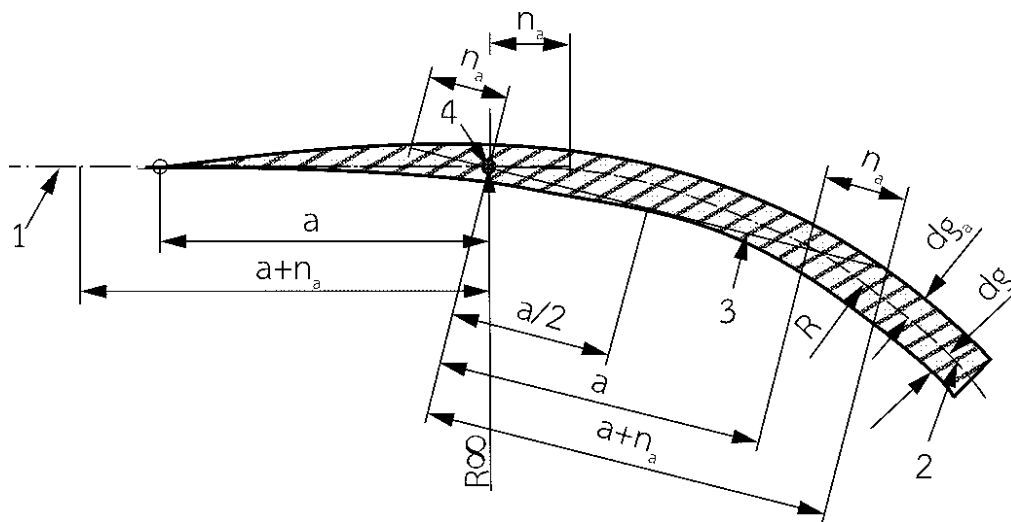
ความแปรผันของพิกัดโครงสร้างขึ้นอยู่กับประเภทของพิกัดโครงสร้าง ซึ่งค่าที่แปรผันประกอบด้วย 1) การเอียงออกจากแนวเดิม และ 2) ผลกระทบกึ่งสถิติ โดยการเอียงออกจากแนวเดิมจะขึ้นอยู่กับรัศมีความโค้งและระยะพิกัดโครงสร้างทางรถไฟเฉพาะที่ และเมื่อพิจารณาส่วนในของโค้ง ผลกระทบกึ่งสถิติจะขึ้นอยู่กับค้ายกโค้ง และ transition step ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าจุดสูงสุดที่รถไฟเข้าถึงได้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของส่วนโค้ง สำหรับการพิจารณาส่วนนอกของโค้ง ผลกระทบกึ่งสถิติมีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์กับการยกโค้งขาด ซึ่งขึ้นอยู่กับทั้งค้ายกโค้งที่ใช้ รัศมีส่วนโค้ง และความเร็ว สำหรับส่วนนอกของโค้ง จุดสูงสุดของรถไฟอยู่ในตำแหน่งปลายของส่วนโค้ง และเหตุการณ์คล้ายกันนี้เกิดขึ้นในแนวโค้ง โดยมีสิ่งที่พิจารณาแยกกันดังหัวข้อถัดไป

10.2 การเปลี่ยนแปลงผัง (layout transition)

10.2.1 การเปลี่ยนแปลงโค้งแบบกะทันหัน (sudden change of curvature)

1) ความแปรผันของการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม

เมื่อรถไฟอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนโค้ง ด้านหน้าของรถไฟจะเริ่มมีการเอียงออกจากแนวเดิมเมื่อเทียบกับศูนย์กลางทางก่อนที่แคร่หรือเพลาดำแรกเข้ามาที่ส่วนโค้ง และทันทีที่แคร่หรือเพลาดำแรกเข้ามาที่ส่วนโค้ง ด้านท้ายของรถไฟจะเริ่มมีการเอียงออกจากแนวเดิม ซึ่งหมายความว่า การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมด้านนอก (outside additional overthrows) เป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาระยะ $(n_a + a)$ จากการเปลี่ยนแปลงผัง การเอียงออกจากแนวเดิมเชิงเรขาคณิตจะเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อรถไฟเข้ามาอยู่ในโค้งทั้งขบวน ดังนั้นเมื่อด้านท้ายของรถไฟอยู่ที่ตำแหน่ง n_a จากจุดเริ่มต้นของส่วนโค้ง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างสองสถานการณ์นี้ คือ 1) การเปลี่ยนแปลงของการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมเมื่อจุดวิกฤตอยู่ในตำแหน่งระหว่างแคร่สองตัว โดยเริ่มที่ระยะ a จากจุดเริ่มของช่วงเข้าโค้งถึงจุดปลายที่ระยะ $a/2$ ในส่วนโค้ง และ 2) การเปลี่ยนแปลงของการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมเกิดขึ้นตลอดระยะทาง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างฐานล้อรถไฟ a และระยะยื่น n_a รายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงนี้หาได้จากการให้รถไฟวิ่งผ่านช่วงเข้าโค้ง แสดงดังรูปที่ 7



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 7 ผลกระทบของการเปลี่ยนรัศมีความโค้งแบบฉับพลัน

หมายเหตุ: 1 คือ องค์ประกอบของผังทางตรง

2 คือ องค์ประกอบของผังทางโค้งมีรัศมี R

3 คือ รถไฟ

4 คือ จุดช่วงเข้าโค้ง (เริ่มต้นโค้ง)

2) ผลกระทบกึ่งสถิติช่วงเข้าโค้ง

ผลกระทบกึ่งสถิติช่วงเข้าโค้ง คือ การเปลี่ยนของส่วนโค้งที่ทำให้ผลกระทบกึ่งสถิติเปลี่ยนแปลงในเวลาเดียวกันกับการเปลี่ยนค่ายกโค้ง ซึ่งผลกระทบกึ่งสถิติจะต้องตรวจสอบที่จุดศูนย์กลางซึ่งปกติจะอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางโค้ง และส่วนโค้งที่พิจารณาจะเป็น “ค่าเฉลี่ย” ระหว่างศูนย์กลางของแครหรือเพลลา

3) เทคนิคการคำนวณ

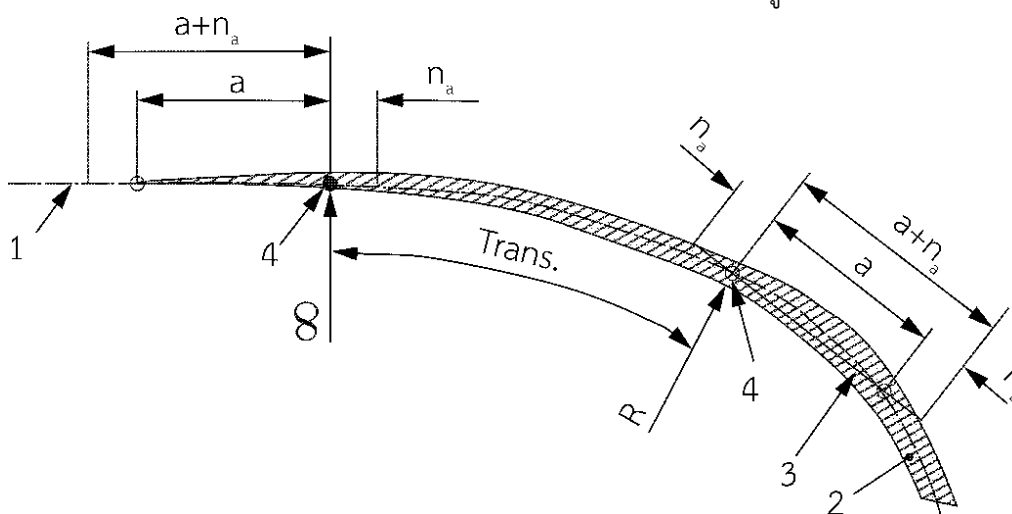
การคำนวณระยะพิกัดโครงสร้างของรถไฟในช่วงเข้าโค้งจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของโค้ง การคำนวณจะคำนวณซ้ำในแต่ละช่วงรอยต่อระหว่างทางตรงและทางโค้ง อย่างไรก็ตาม จุดเริ่มต้นและจุดปลายมักจะคงเดิมดังรูปที่ 7

10.2.2 การเปลี่ยนแปลงโค้งแบบค่อยเป็นค่อยไป (smooth transition of curvature)

การเปลี่ยนแปลงโค้งแบบค่อยเป็นค่อยไปจะใช้เมื่อรถไฟใช้ความเร็วสูงเพียงพอเท่านั้น (รายละเอียดแสดงใน ENV 13803-1) โดยหลักการคำนวณจะเหมือนเดิมทั้งหมดยกเว้นผลลัพธ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย คือ

- จุดเริ่มต้นเหมือนกรณีก่อนหน้านี้ที่ระยะ $(n_a + a)$ ก่อนจุดเริ่มของช่วงเข้าโค้ง บนส่วนนอกของโค้งและระยะ a จากจุดเดียวกันบนด้านในของส่วนโค้ง
- จุดปลายของช่วงโค้งอยู่ในตำแหน่งระยะเดียวกันกับกรณีก่อนหน้านี้ แต่วัดเทียบกับปลายของโค้งที่ n_a เลยจุดนี้ออกไปบนด้านนอกของโค้ง และที่ระยะ $a/2$ หลังจากจุดเดียวกันนี้บนด้านในของโค้ง
- การเปลี่ยนแปลงของโค้งจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เพราะรัศมีส่วนโค้งเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป

ผลกระทบของการเปลี่ยนส่วนโค้งแบบค่อยเป็นค่อยไปแสดงดังรูปที่ 8



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 8 ผลกระทบของการเปลี่ยนส่วนโค้งแบบค่อยเป็นค่อยไป

- หมายเหตุ: 1 คือ องค์ประกอบของผังทางตรง
2 คือ องค์ประกอบของผังทางโค้งมีรัศมี R
3 คือ รถไฟ
4 คือ จุดช่วงเข้าโค้ง (เริ่มต้นโค้ง)

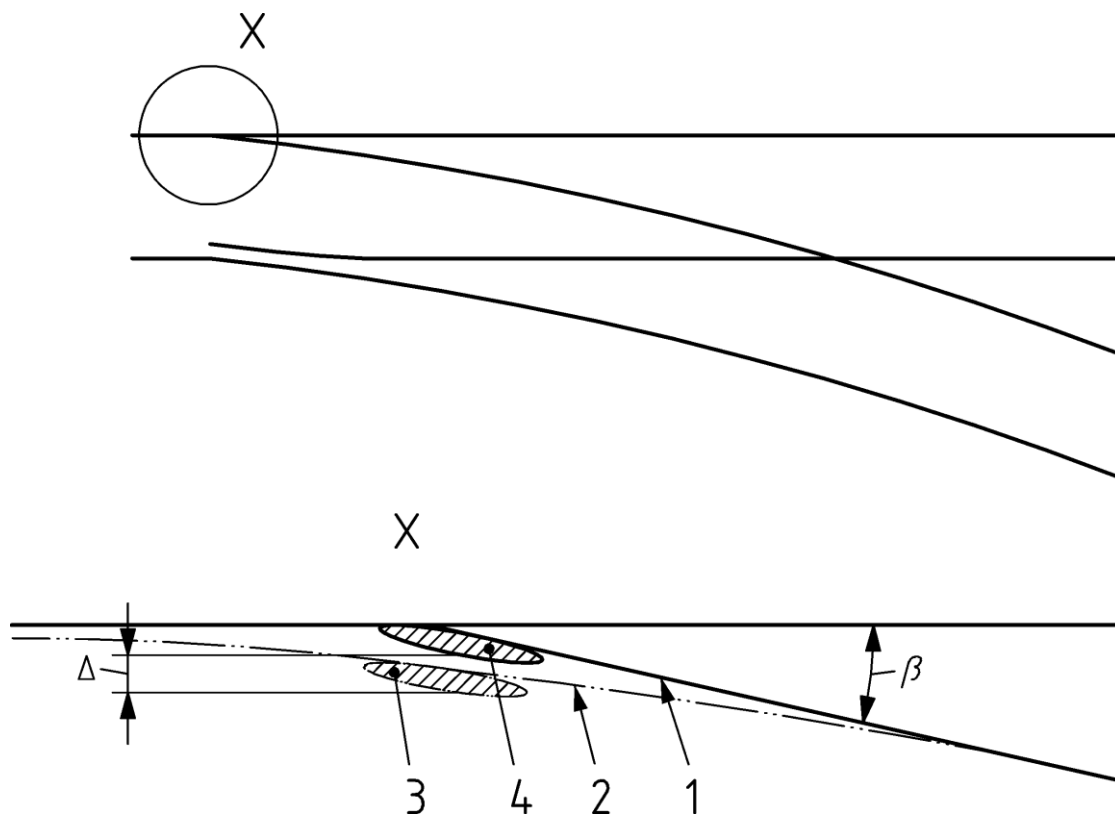
10.3 พิกัดโครงสร้างบริเวณประแจสับหลัก

10.3.1 ทัวไป

โดยปกติประแจสับหลักประกอบด้วยทางรถไฟหลักทางตรงและช่วงเปลี่ยนโค้ง และในการติดตั้งประแจสับหลักต้องพิจารณาถึงผลกระทบจากรถไฟทั้งบนทางตรงและบนช่วงเปลี่ยนโค้ง โดยต้องใส่ใจระยะที่เผื่อไว้สำหรับในช่องว่างที่ช่วงเปลี่ยนโค้งเป็นพิเศษ

พิกัดโครงสร้างบริเวณประแจสับหลักจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยต่อไปนี้

- 1) มุมเข้าช่วงการสับเปลี่ยน (the switch entry angle) เป็นเส้นทางการเดินรถที่จุดเริ่มต้นของประแจสับหลัก และมุมเข้าช่วงการสับเปลี่ยนนี้มีอยู่ในกรณีของการสับเปลี่ยนที่มีโค้งทางออก (รายละเอียดแสดงใน ENV 13232-1) แสดงดังรูปที่ 9
- 2) รัศมีส่วนโค้งอาจมีมากตามแนวของประแจสับหลักที่มีส่วนโค้งน้อยกว่าความยาวของรถไฟ



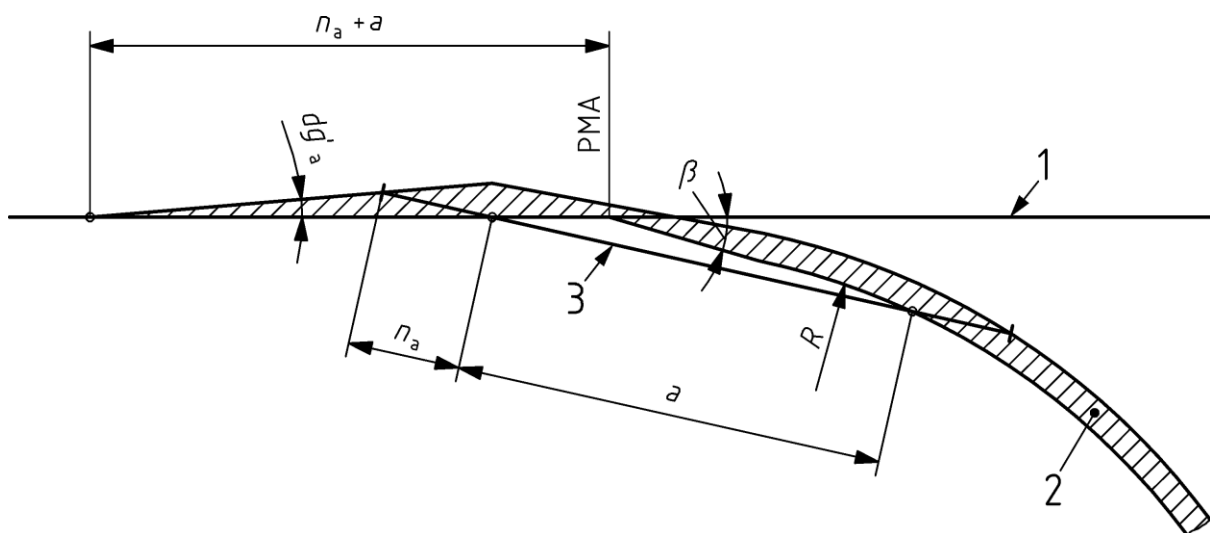
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 9 ผลกระทบของมุมเข้าช่วงการสับเปลี่ยน

- หมายเหตุ: 1 คือ ผังตามจริง
2 คือ ผังตามทฤษฎี (เส้นสัมผัส)
3 คือ ตำแหน่งรถไฟตามทฤษฎี
4 คือ ตำแหน่งรถไฟตามจริง
5 คือ บังใบล้อ
 Δ คือ การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมเนื่องจากมุมเข้าช่วงการสับเปลี่ยน

10.3.2 การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมบริเวณประแจสับหลัก

เมื่อรถไฟเดินรถเข้าช่วงเปลี่ยนโค้งในประแจสับหลัก รถไฟจะเกิดการเอียงออกจากแนวเดิมในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของทางโค้ง ซึ่งในการคำนวณหาระยะเพื่อสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมในกรณีนี้จะทำได้โดยการใช้แบบจำลองเพื่อหาระยะที่เหมาะสม



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 10 การเอียงออกจากแนวเดิมของประแจสับหลัก

- หมายเหตุ: 1 คือ ผังทางตรงของทางรถไฟ
2 คือ ผังทางของประแจสับหลัก
3 คือ รถไฟอ้างอิง
PMA คือ ประแจสับหลัก
 β คือ มุมเข้าช่วงการสับเปลี่ยนของประแจสับหลัก
 dg_a คือ การเอียงออกจากแนวเดิมของประแจสับหลัก

10.3.3 ผลกระทบกึ่งสถิติบริเวณประแจสับหลัก

เนื่องจากพิกัดโครงสร้างบริเวณประแจสับหลักสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นในทางทฤษฎีแล้วผลกระทบกึ่งสถิติจะเปลี่ยนแปลงตามแต่พิกัดโครงสร้างบริเวณประแจสับหลัก นอกจากนี้มุมช่วงเข้าโค้งบริเวณประแจสับหลักจะส่งผลต่อผลกระทบกึ่งสถิติเช่นกัน

10.3.4 ผลลัพธ์

เนื่องจากความเร็วที่ผ่านบริเวณประแจสับหลักเป็นค่าคงที่ จึงสามารถพิจารณาประแจสับหลักได้อย่างครอบคลุมทุกกรณี ซึ่งตัวอย่างการคำนวณสำหรับประแจสับหลักและผลลัพธ์แสดงในภาคผนวก จ

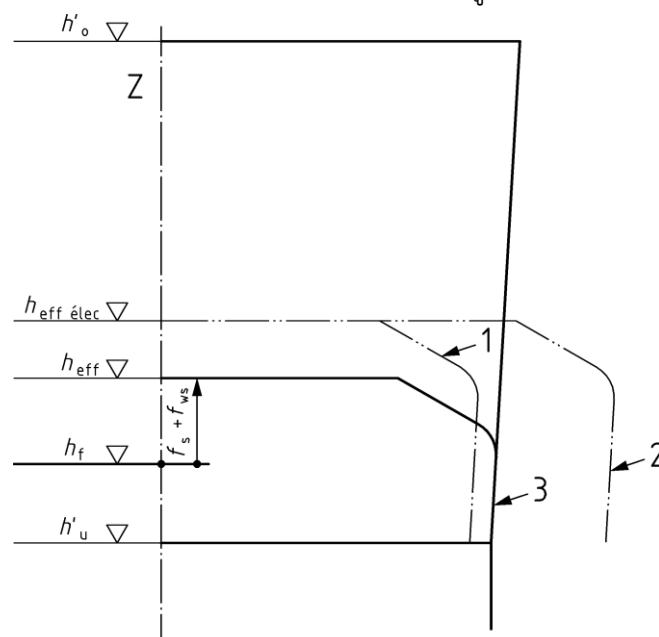
11. การหาพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแขนรับไฟ (pantograph)

11.1 ทัวไป

ในกรณีที่โครงสร้างทางรถไฟมีสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (overhead contact wires) จำเป็นต้องเพิ่มระยะพิกัดโครงสร้างที่ห้ามมีสิ่งใดรูล้ำเข้ามา เพื่อการติดตั้งสายจ่ายไฟฟ้าเหนือรถไฟ และระยะทางผ่านอิสระสำหรับแขนรับไฟโดยพิกัดโครงสร้างของแขนรับไฟมีลักษณะเฉพาะที่ต่างจากพิกัดโครงสร้างอื่น ดังนี้

- 1) แขนรับไฟบางส่วนมีกระแสไฟ ดังนั้นจะต้องมีช่องว่างของฉนวนไฟฟ้า (electrical insulating clearance) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้างว่าหุ้มฉนวนหรือไม่
- 2) จะต้องพิจารณาผลกระทบจาก insulated horn อย่างเหมาะสม ดังนั้นต้องพิจารณาทั้งเชิงเครื่องกลและเชิงไฟฟ้าควบคู่กัน
- 3) แขนรับไฟจะสัมผัสกับสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวอยู่เสมอ ดังนั้นพิกัดโครงสร้างของแขนรับไฟจึงมีระยะแปรผันตามความสูงของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ

พิกัดโครงสร้างเชิงกลและเชิงไฟฟ้าของแขนรับไฟแสดงดังรูปที่ 11



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 11 พิกัดโครงสร้างเชิงกลและเชิงไฟฟ้าของแขนรับไฟ



หมายเหตุ: Z คือ ศูนย์กลางทางรถไฟ

- 1 คือ พิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้า (มี insulated horn)
- 2 คือ พิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้า (ไม่มี insulated horn)
- 3 คือ พิกัดโครงสร้างเชิงกล

พิกัดโครงสร้างของแผนรับไฟจะขึ้นอยู่กับพิกัดโครงสร้างเชิงกลและเชิงไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) โครงสร้างที่มีกระแสไฟฟ้าและสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวต้องอยู่นอกพิกัดโครงสร้างเชิงกล
- 2) โครงสร้างที่หุ้มฉนวนจะต้องอยู่นอกพิกัดโครงสร้างเชิงกล
- 3) โครงสร้างที่ไม่หุ้มฉนวน (ต่อลงดิน หรือมีศักย์ไฟฟ้าต่างจากสายไฟฟ้าเหนือหัว) จะต้องอยู่นอกพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าและเชิงกล

รูปที่ 11 แสดงพิกัดโครงสร้างทั้งกรณีที่มีและไม่มี insulated horn โดยระยะช่องว่างของฉนวนขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าและระบบควบคุมที่ใช้ในแต่ละโครงข่าย ดังนั้นพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าจะแปรผันไปตามแต่ละโครงข่าย ส่วนคำจำกัดความของระยะช่องว่างของฉนวนไฟฟ้าอยู่นอกขอบเขตของมาตรฐานนี้

11.2 การหาพิกัดโครงสร้างเชิงกลของแผนรับไฟ (ในกรณีของพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์)

11.2.1 การหาความกว้างของพิกัดโครงสร้างเชิงกลของแผนรับไฟ

1) ทัวไป

ความกว้างของพิกัดโครงสร้างแผนรับไฟหาได้จากการพิจารณาความกว้างของแผนรับไฟ เนื่องจากพิกัดโครงสร้างแผนรับไฟระหว่างการยกแผนรับไฟเพื่อรับกระแสไฟฟ้า (collection phase) จะแปรผันตามความสูงของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ดังนั้นจะต้องพิจารณาพิกัดโครงสร้างแผนรับไฟในระดับความสูงสมมติต่าง ๆ โดยจำลองกรณีที่แย่ที่สุดเพื่อตรวจสอบที่ความสูงสมมติต่อไปนี้ คือ 1) ความสูงทวนสอบส่วนบน h'_0 และ 2) ความสูงทวนสอบส่วนล่าง h'_u โดยความสูงสมมติทั้งสองแปรผันเป็นเส้นตรงกับความกว้างของพิกัดโครงสร้าง ซึ่งระยะดังกล่าวเรียกว่า “pantograph chimney” แสดงดังรูปที่ 12

2) ความกว้างกึ่งหนึ่งของแผนรับไฟ b_w

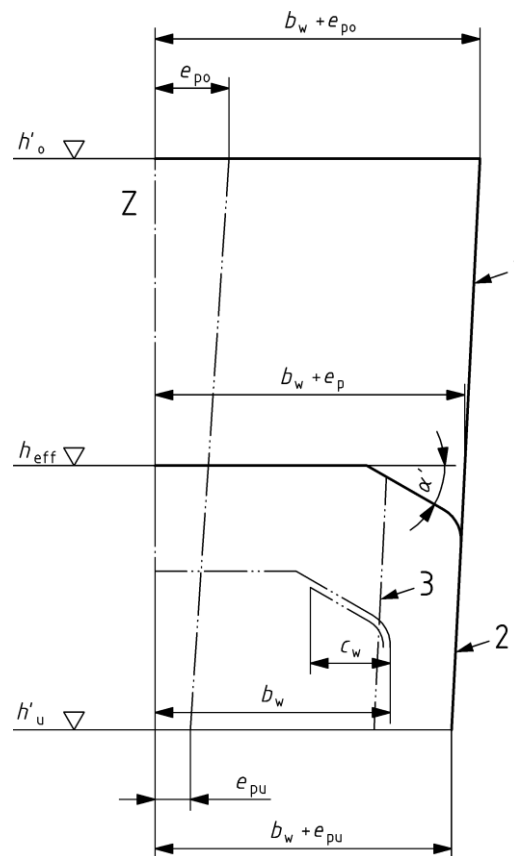
ความกว้างกึ่งหนึ่งของแผนรับไฟจะขึ้นอยู่กับประเภทของแผนรับไฟที่ใช้ โดย EN 50367 นิยามให้เป็นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานในการเลือกประเภทของแผนรับไฟที่จะใช้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของกระแสไฟฟ้าและตัวรถไฟที่ใช้ในระบบ

3) ระยะเยื้องศูนย์ของแผนรับไฟ e_p

แผนรับไฟอาจไม่ได้ถูกติดตั้งตรงกับที่ศูนย์กลางของแคร่เสมอไป โดยระยะเยื้องศูนย์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ ดังนี้

1. ระยะช่องว่างระหว่างระยะเอียงศูนย์กับศูนย์กลางของแคร่ $q + w$
2. ระยะเอียงของตัวรถไฟ (ขึ้นอยู่กับ s'_0 , I'_0 และ D'_0)
3. ความคลาดเคลื่อนที่ยินยอมให้ในการติดตั้งแนบริบไฟบนหลังการรถไฟ θ
4. ความยืดหยุ่นตามขวางของการติดตั้งแนบริบไฟบนหลังคา τ
5. ความสูงที่พิจารณา h'

ผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐานเป็นผู้พิจารณาระยะเอียงศูนย์ e_{po} และ e_{pu} สำหรับความสูงทวนสอบ h'_0 และ h'_u ค่าระดับความสูงปานกลางหาได้จากการเทียบบัญญัติไตรยางค์



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 12 พิกัดทางผ่านอิสระ

หมายเหตุ: Z คือ ศูนย์กลางทางรถไฟ

- 1 คือ pantograph chimney
- 2 คือ เส้นแนวอ้างอิงเชิงกล
- 3 คือ เส้นแนวอ้างอิงเชิงไฟฟ้า

4) การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S

พิกัดโครงสร้างของแนบริบไฟมีการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมที่เป็นเอกลักษณ์

5) ผลกระทบกึ่งสถิติ

ขณะที่ติดตั้งแนบริบไฟบนหลังคารถไฟ ผลกระทบกึ่งสถิติจะมีส่วนสำคัญในการคำนวณพิกัดโครงสร้างแนบริบไฟ ซึ่งผลกระทบนี้สามารถคำนวณได้จากการพิจารณาความยืดหยุ่น s_0' ค่ายกโค้ง D_0' และระดับการยกโค้งขาด I_0' ดังสมการ (29) และสมการ (30)

$$\text{ด้านในโค้ง} \quad qs'_i = \frac{s_0'}{L} \cdot [D - D'_0]_{>0} \cdot [h - h'_{c0}]_{>0} \quad (29)$$

$$\text{ด้านนอกโค้ง} \quad qs'_a = \frac{s_0'}{L} \cdot [I - I'_0]_{>0} \cdot [h - h'_{c0}]_{>0} \quad (30)$$

6) ค่าที่ยอมให้ตามค่านิยามของพิกัดโครงสร้าง

การหาค่าที่ยอมให้ตามค่านิยามของพิกัดโครงสร้างมีปัจจัยที่ต้องพิจารณา ดังนี้

1. ความไม่สมมาตรของน้ำหนักรบรรทุก
2. การสั่นที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของทางรถไฟ
3. ระยะกระจัดตามขวางของทางรถไฟระหว่างสองช่วงการซ่อมบำรุง
4. ความคลาดเคลื่อนของค่ายกโค้งที่เกิดขึ้นระหว่างสองช่วงการซ่อมบำรุง
5. ค่าที่ยอมให้ M_j และผลรวมของค่าที่ยอมให้ Σ_j ตามที่นิยามไว้

ระเบียบวิธีการคำนวณใช้หลักการเดียวกันกับพิกัดโครงสร้าง และเนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดจากแนบริบไฟนั้นมีความรุนแรงต่ำ ดังนั้นค่าที่ยอมให้ของแนบริบไฟที่ผ่านระดับความปลอดภัยขั้นต่ำจึงเป็นที่ยอมรับได้ รายละเอียดวิธีการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

7) ระเบียบวิธีการคำนวณความกว้างของพิกัดโครงสร้างแนบริบไฟ

ระเบียบวิธีการคำนวณความกว้างของพิกัดโครงสร้างแนบริบไฟนั้นหาได้จากผลรวมของพารามิเตอร์ที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นในกรณีของทางรถไฟที่ใช้แนบริบไฟหลายชนิด ให้ใช้แนบริบไฟที่มีค่าความกว้างสูงสุดในการคำนวณดังนี้

สำหรับจุดทวนสอบล่างด้วย $h = h_u'$ ดังสมการ (31)

$$b'_{ui/a,mec} = (b_w + e_{pu} + S'_{i/a} + qs'_{i/a} + \Sigma_j)_{max} \quad (31)$$

สำหรับจุดทวนสอบบนด้วย $h = h_o'$ ดังสมการ (32)

$$b'_{oi/a,mec} = (b_w + e_{po} + S'_{i/a} + qs'_{i/a} + \Sigma_j)_{max} \quad (32)$$

สำหรับความสูงปานกลาง ความกว้างหาได้จากจากการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ ดังสมการ (33)

$$b'_h = b'_u + \frac{h - h_u}{h_o - h_u} \cdot (b'_o - b'_u) \quad (33)$$

11.2.2 การหาความสูงของพิกัดโครงสร้างเชิงกลของแขนรับไฟ

ความสูงของพิกัดโครงสร้างเชิงกลหาได้จากความสูงของจุดสัมผัสสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ h_f รวมทั้งพิจารณาพารามิเตอร์ต่อไปนี้

- 1) การยกตัว f_s ของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟที่เกิดจากยกตัวของแขนรับไฟ
- 2) ความเบี่ยงของแขนรับไฟที่เกิดจากระยะเผื่อจากจุดสัมผัสและโครงของแขนรับไฟที่ต้องยกตัวขึ้นเนื่องจากการสีกกร่อนของหน้าสัมผัส ค่าทั้งสองนี้เรียกว่า $f_{ws} + f_{wa}$

ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ และผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐานเป็นผู้ประเมินความต้องการในการซ่อมบำรุง โดยความสูงของพิกัดโครงสร้างเชิงกลหาได้จากสมการ (34)

$$h_{eff} = h_f + f_s + f_{ws} + f_{wa} \quad (34)$$

11.3 การหาพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าของแขนรับไฟ (ในกรณีของพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์)

11.3.1 ทั่วไป

พิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าของแขนรับไฟหาได้โดยใช้วิธีเดียวกันกับกรณีของพิกัดโครงสร้างเชิงกล ยกเว้นสิ่งที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะดังนี้

- 1) พิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าหาได้จากส่วนที่มีกระแสไฟฟ้า (ไม่หุ้มฉนวน) ของแขนรับไฟ โดยสามารถนำเส้นแนวอ้างอิงเชิงไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 12 มาใช้อ้างอิง และเส้นแนวอ้างอิงนี้มีความกว้างต่างจากเส้นแนวอ้างอิงเชิงกลเท่ากับค่า c_w ซึ่งเป็นความกว้างในแนวราบของ insulated horn
- 2) ต้องพิจารณารวมผลของระยะฉนวนไฟฟ้า b_{elec} เข้าไปกับเส้นแนวอ้างอิงเชิงกล
- 3) เนื่องจากระยะฉนวน b_{elec} มีความแตกต่างกันกับมิติเชิงสถิติและเชิงพลวัต ดังนั้นจึงต้องแยกพิจารณาสภาวะรถไฟหยุดนิ่งและสภาวะรถไฟวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดออกจากกัน ซึ่งพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้านั้นได้มาจากการรวมผลของสองสภาวะนี้

- สภาวะหยุดนิ่ง ซึ่งต้องพิจารณาค่าเชิงสถิติของพารามิเตอร์ได้แก่ ระยะเวลาชน ผลกระทบ กิ่งสถิติเนื่องจากค่ายกโค้งที่อยู่ด้านในของโค้ง และการยกตัว f_s ของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ
 - สภาวะวิ่ง ซึ่งต้องพิจารณาค่าเชิงพลวัตของพารามิเตอร์ได้แก่ ระยะเวลาชน ผลกระทบ กิ่งสถิติเนื่องจากการยกโค้งขาตที่อยู่ด้านนอกของโค้ง และการยกตัว f_s ของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ
- 4) เมื่อทำการหาค่าที่ยอมให้ จะต้องระวังค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมด ซึ่งสามารถลดหรือไม่คิดค่าของ M_j ก็ได้

11.3.2 ความกว้างของพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าของแผนรับไฟ

ความกว้างของพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าของแผนรับไฟหาได้จากผลรวมของพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้ โดยในกรณีของทางรถไฟที่ใช้แผนรับไฟหลายชนิด ให้ใช้แผนรับไฟ ที่มีค่าความกว้างสูงสุดในการคำนวณ

สำหรับจุดทวนสอบล่างด้วย $h = h'_u$ ดังสมการ (35)

$$b'_{u,elec} = (b_w - c_w + e_{pu} + b_{elec} + S'_{i/a} + qs'_{i/a} + \sum_j)_{\max} \quad (35)$$

สำหรับจุดทวนสอบบนด้วย $h = h'_o$ ดังสมการ (36)

$$b'_{o,elec} = (b_w - c_w + e_{po} + b_{elec} + S'_{i/a} + qs'_{i/a} + \sum_j)_{\max} \quad (36)$$

สำหรับความสูงปานกลาง ความกว้างหาได้จากจากการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ ดังสมการ (37)

$$b'_{h,elec} = b'_{u,elec} + \frac{h - h_u}{h_o - h_u} \cdot (b'_{o,elec} - b'_{u,elec}) \quad (37)$$

11.3.3 ความสูงของพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าของแผนรับไฟ

ความสูงของพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้าหาได้จากสมการ (38) โดยพิกัดโครงสร้างเชิงไฟฟ้า $h_{eff,elec}$ จะอยู่สูงกว่าพิกัดโครงสร้างเชิงกลเสมอ

$$h_{eff,elec} = h_f + f_s + f_{ws} + f_{wa} + b_{elec} \quad (38)$$

11.3.4 ระยะฉนวน

ระยะฉนวน b_{elec} ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ไฟฟ้าและระบบควบคุมที่ใช้ในแต่ละโครงข่าย โดยระยะฉนวนจะมีค่าแตกต่างกันเมื่อพิจารณาในสภาวะรถหยุดนิ่งและสภาวะรถเคลื่อนตัว ซึ่งนิยามและการคำนวณ b_{elec} ระบุอยู่ในมาตรฐาน EN 50119

11.4 การหาพิกัดโครงสร้างของแหวนรับไฟ (ในกรณีของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต)

พิกัดโครงสร้างแหวนรับไฟในกรณีของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตมีหลักการคำนวณพื้นฐานเดียวกันกับกรณีวิธีทางจลนศาสตร์ อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในวิธีการทางพลศาสตร์จะต้องสอดคล้องกับข้อบังคับในการหาพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตในหัวข้อ 8

พิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตของแหวนรับไฟ และ specific additional overthrow rules สำหรับพิกัดแหวนรับไฟ สามารถนิยามได้ เส้นแนวนี้ถูกเลือกจากแหวนรับไฟที่ใช้สำหรับวิธีการทางจลนศาสตร์หรือด้วยวิธีใช้ค่าคงที่ ซึ่งพิกัดโครงสร้างจะต้องสอดคล้องกับสมการ (39) ดังนี้

$$b_{obstacle} = b'_{CR} + S'_{iou}S'_a + \Sigma_{j,dyn} \quad (39)$$

และพิกัดโครงสร้างที่หุ้มฉนวนจะต้องสอดคล้องกับสมการ (40) ดังนี้

$$b_{obstacle} = b'_{CR} + S'_{iou}S'_a + \Sigma_{j,dyn} + b_{elec} \quad (40)$$

ความสูงของพิกัดโครงสร้างเชิงกลและเชิงไฟฟ้าอาจหาได้จากวิธีคำนวณพิกัดโครงสร้างเชิงจลนหรือค่าความสูงคงที่อย่างใดอย่างหนึ่ง สำหรับการหาค่า $\Sigma_{j,dyn}$ ให้ใช้ข้อบังคับตามระเบียบวิธีการคำนวณพิกัดโครงสร้างโครงสร้างในหัวข้อ 8

12. สายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ

สายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจงมาก เป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับระบบขับเคลื่อนรถไฟ ซึ่งตำแหน่งของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟจะอยู่ใกล้พิกัดโครงสร้างแต่ไม่ได้ล้ำเข้ามา เพื่อป้องกันไม่ให้โครงสร้างมีความต่างศักย์ไฟฟ้า สายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟจะต้องมีระยะห่างฉนวนเพียงพอ นอกจากนี้ ตำแหน่งในแนวดิ่งของสายไฟมีความแปรผันเนื่องจากผลกระทบต่อไปนี้

- 1) การขยายตัวของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟเนื่องจากอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิของสายไฟจะแปรผันตามอุณหภูมิโดยรอบ แสงแดด ลมและกระแสไฟในสาย ซึ่งการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิจะถูกพิจารณารวมเข้าไปในระบบควบคุมความตึงของสายไฟ
- 2) การสั่นตัวในแนวดิ่ง f_{dyn} ของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ

- 3) ผลกระทบที่เกี่ยวกับลม
- 4) ระยะแอ่นตัวของสายไฟตามยาวที่ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างจุดรองรับ

นอกจากนี้ ความสูงของแนบริ้วไฟมีความแปรผันเนื่องจากการสั่นตัวในแนวดิ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของจุดรองรับ โดยความสูงของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ และส่วนที่มีกระแสไฟของสายที่อยู่ด้านบนจะต้องมีระยะห่างฉนวนกับหลังคารถไฟให้เพียงพอเสมอ ซึ่งปกติระยะห่างของฉนวน b_{elec} จะแตกต่างกันแล้วแต่กรณีระหว่างกรณีเชิงสถิตและเชิงพลวัต การแปรผันเชิงพลวัตนั้นจะยิ่งมากขึ้นเมื่อรถไฟวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ดังนั้นจะต้องแยกพิจารณาสภาวะรถไฟหยุดนิ่งและสภาวะรถไฟวิ่งที่ความเร็วสูงสุด และความสูงนี้จะต้องทวนสอบทั้งกรณีเชิงสถิตและเชิงพลวัต ในกรณีเชิงพลวัตความสูงต่ำสุดของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟหาได้จากสมการ (41)

$$h_{f,min,dyn} = h_{CR} + b_{elec,dyn} + f_{dyn} \quad (41)$$

ในกรณีเชิงสถิตนั้นขึ้นอยู่กับความสูงของรถไฟเป็นหลัก ความสูงต่ำสุดของสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟหาได้จากสมการ (41) เมื่อไม่ทราบค่าความสูงของรถไฟ ให้พิจารณาจากเส้นแนวความสูงอ้างอิงลบด้วยระยะการยกตัว (Uplift)

$$h_{f,min,stat} = h_{ve'h} + b_{elec,stat} \quad (42)$$

$$\text{โดยที่} \quad h_{f,min} = \min(h_{f,min,stat}, h_{f,min,dyn}) \quad (43)$$

โดยความสูงนี้ได้พิจารณาครอบคลุมช่วงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นทั้งหมดแล้ว และสำหรับรายละเอียดการคำนวณหา b_{elec} อยู่ในหัวข้อ 11.3.4

13. ข้อบังคับการติดตั้งขอบชานชาลา

13.1 ทั่วไป

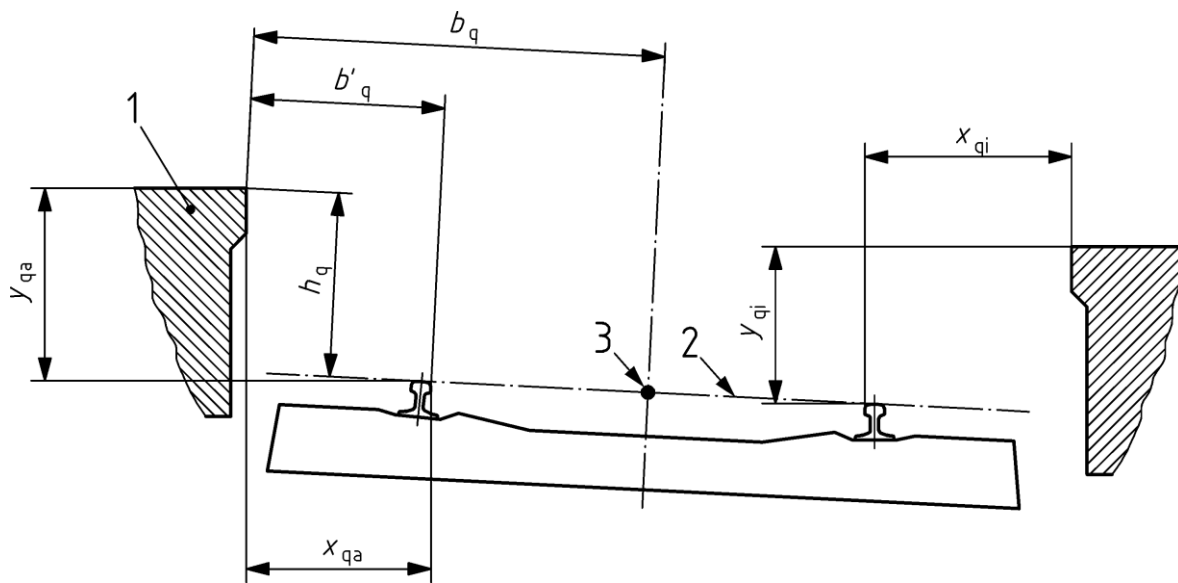
ขอบชานชาลาเป็นโครงสร้างที่มีรายละเอียดเฉพาะ โดยขอบชานชาลาจะต้องติดตั้งให้ใกล้เคียงโดยสารถไฟให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ และสามารถรักษาระดับความปลอดภัยในขณะเดียวกัน เพื่อที่จะให้ผู้โดยสารเข้าออกได้อย่างสะดวกและปลอดภัย ดังนั้นผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐานควรติดตั้งขอบชานชาลาตามพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง

ผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐานต้องตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งเพื่อที่ ทำให้แน่ใจว่าการติดตั้งนั้นใกล้เคียงกับพิกัดโครงสร้างบำรุงทางมากที่สุด โดยปกติแล้วการติดตั้งจะถูกกำหนดเทียบกับผิวทางวิ่งและศูนย์กลางทาง (b_q, h_q) หากการติดตั้งนั้นวัดเทียบกับแนวราบ (x_q, y_q) (ไม่ได้เทียบกับผิวทางวิ่ง)

จะต้องพิจารณารวมผลของการเอียงของพิกัดโครงสร้างเทียบกับแนวราบ ในกรณีนี้การติดตั้งนั้นทำเทียบกับรางที่ใกล้ที่สุด

โดยทั่วไปแล้วในการทำงานจริง การติดตั้งและการทวนสอบของมิติการติดตั้งตามขวางจะวัดเทียบกับขอบด้านในของรางที่ใกล้ที่สุด ซึ่งมีมิติจะขนานกับผิวทางวิ่ง ดังสมการ (44) และรูปที่ 13

$$b'_q = b_q - \frac{l_{reel}}{2} \quad (44)$$



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 13 การติดตั้งขานขาลา

หมายเหตุ: 1 คือ ขานขาลา

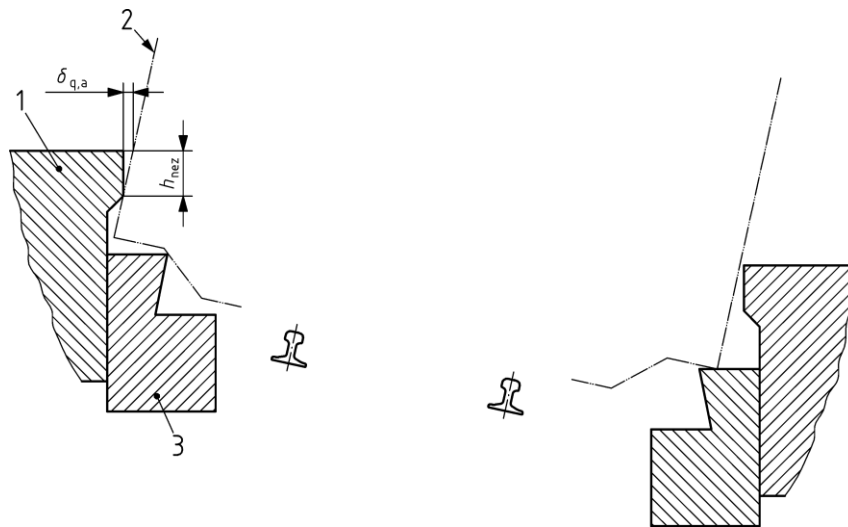
2 คือ ผิวทางวิ่ง

3 คือ ศูนย์กลางทางรถไฟ

ซึ่งการออกแบบขอบขานขาลาจะต้องพิจารณากรณีทางที่มีการยกโค้ง ซึ่งกรณีนี้ควรสังเกตว่าขอบขานขาลาที่ติดตั้งจะมีระดับแนวราบค่าเท่ากับทางที่มีการยกโค้ง เพื่อให้พิกัดโครงสร้างสอดคล้องกับขอบขานขาลา ผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐานควรลบมุมขอบขานขาลาหรือทำผิวของขานขาลาให้มีความเอียงซึ่งจะทำให้ส่วนล่างสามารถเข้ากับด้านล่างของส่วนที่ลบมุมได้ และควรต้องระวังความคลาดเคลื่อนจากการผลิต

สำหรับขานขาลาที่อยู่ด้านนอกโค้งจะต้องถูกเทียบกับขีดจำกัดโดยค่าเท่ากับ $(\delta_{q,a})$ โดยหากมีการลบมุมดังสมการ (45)

$$\delta_{q,a} = \left(\frac{D}{L}\right) h_{nez} \quad (45)$$



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 14 $\delta_{q,a}$ ของขานขาลาที่มีการลบบม

หมายเหตุ: 1 คือ ขานขาลา

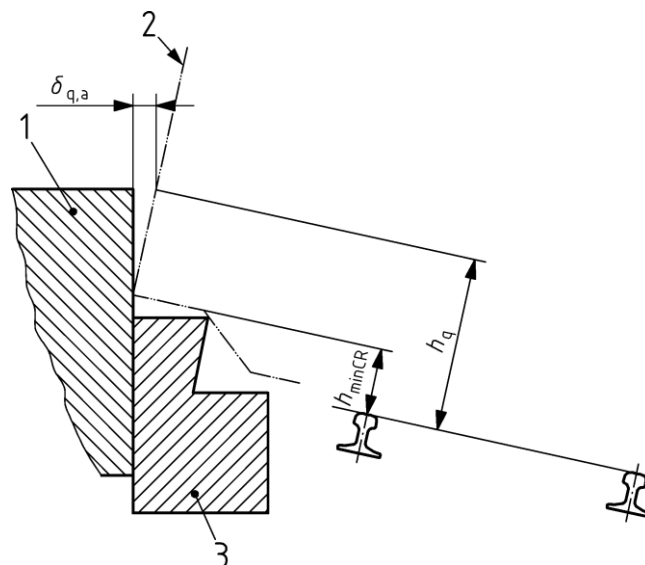
2 คือ พิกัดโครงสร้างบนทางที่ยกโค้ง

3 คือ พิกัดโครงสร้างส่วนล่างสำหรับความปลอดภัยของผู้โดยสาร

ถ้ามีขานขาลาไม่มีการลบบม ดังสมการ (46)

$$\delta_{q,a} = \left(\frac{D}{L}\right) (h_q - h_{minCR}) \quad (46)$$

โดยผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐานต้องแน่ใจว่าเมื่อทางมีการยกโค้ง จะต้องพิจารณาความปลอดภัยของผู้โดยสารที่เข้าออกจากรถไฟในพิกัดโครงสร้างส่วนล่างเสมอ แสดงดังรูปที่ 15



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 15 $\delta_{q,a}$ ของขานขาลาที่ไม่มีการลบบม

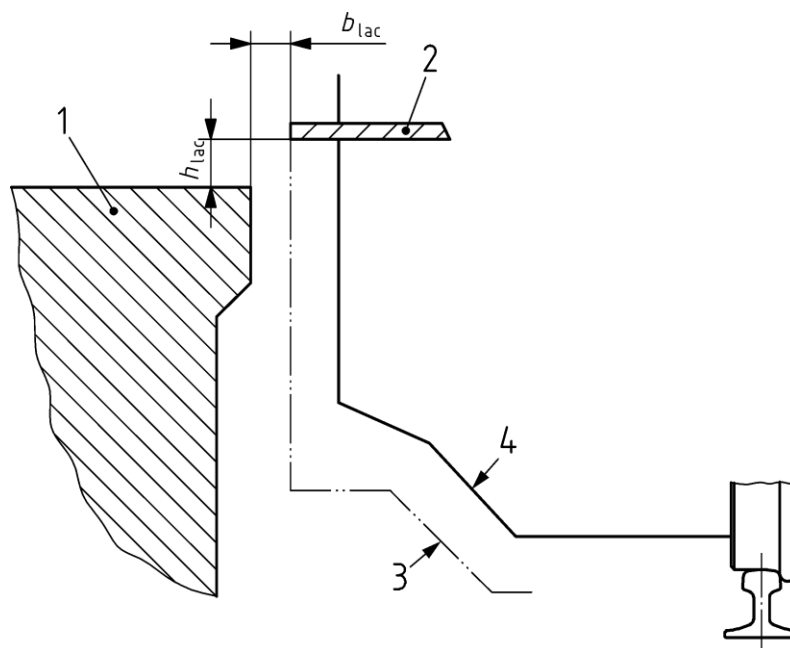
หมายเหตุ: 1 คือ ขานชาลา

2 คือ พิกัดโครงสร้างบนทางที่ยกโค้ง

3 คือ พิกัดโครงสร้างส่วนล่างสำหรับความปลอดภัยของผู้โดยสาร

13.2 ระยะช่องว่าง b_{lac0} และ h_{lac0}

ระยะช่องว่างขานชาลาเป็นระยะระหว่างขอบขานชาลาและบันไดของรถไฟ ซึ่งมารวมแบ่งย่อยได้เป็นระยะช่องว่างแนวตั้ง h_{lac} และระยะช่องว่างแนวราบ b_{lac} ซึ่งค่าระบุของระยะดังกล่าวสัมพันธ์กับกับค่า b_q และ h_q และลักษณะของรถไฟและขานชาลา (ส่วนหัว ส่วนนูน หรือส่วนตรงของขานชาลา) แสดงดังรูปที่ 16



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ 16 ช่องว่างขานชาลา

หมายเหตุ: คือ 1 ขานชาลา

คือ 2 ชั้นบันได

คือ 3 พิกัดโครงสร้างขอบเขต

คือ 4 รถไฟ

การคำนวณช่องว่างขานชาลาแสดงอยู่ใน EN 15273-1 โดยพารามิเตอร์ของทางรถไฟที่มีผลกระทบต่อช่องว่างขานชาลา ได้แก่

- 1) แผนผังของทางรถไฟ (รัศมีความโค้ง การยกโค้ง และการมีประแจสับหลัก)
- 2) ความคลาดเคลื่อนและค่าที่ยอมให้ในพิกัดโครงสร้างขอบเขต
- 3) ความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งขานชาลา

ผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐานต้องให้ผู้ดำเนินการก่อสร้างทำตามข้อแนะนำต่อไปนี้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการก่อสร้างโดยเฉพาะในกรณีติดตั้งใหม่

- 1) ติดตั้งขานชาลาบนบริเวณรถไฟทางตรงโดยไม่มีส่วนเลี้ยวโค้ง
- 2) จำกัดค่ายกโค้งของทาง เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถก้าวขึ้นลงรถไฟได้อย่างสะดวก
- 3) พิกัดโครงสร้างทางและการติดตั้งขานชาลา มีความคลาดเคลื่อนต่ำ
- 4) ลดค่าที่ยอมให้และจัดให้มีการยึดรั้งทางรถไฟอย่างเหมาะสม ซึ่งต้องอาศัยการยึดรางหรือการยึดหมอนรองราง เพื่อป้องกันไม่ให้รางเคลื่อนที่เข้าหาขานชาลา
- 5) ในการก่อสร้างขานชาลาจำเป็นต้องให้ขานชาลามีระดับพื้นเดียวกันกับพื้นรถไฟ

13.3 การติดตั้งเทียบกับผิวทางวิ่ง

13.3.1 การติดตั้งที่เกี่ยวข้องกับผิวทางวิ่ง

1) การติดตั้งตามขวาง b_q

เพื่อให้รถไฟสามารถวิ่งผ่านขานชาลาได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ติดขัดกับชั้นบันได และสามารถเปิดประตูลงรถไฟได้ (ในกรณีของขานชาลาสูง) ขานชาลาจะถูกติดตั้งที่ระยะ b_q จากศูนย์กลางทางรถไฟ ซึ่งระยะดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับพิกัดโครงสร้างที่ใช้และความคลาดเคลื่อนในการติดตั้ง

สำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติ ดังสมการ (47)

$$b_q \geq b_{CRst} + S_{i/a,st} + z_0 + [q_{si} \text{ ou } q_{sa}] + \Sigma_{2cin} + \delta_{q,a} \quad (47)$$

สำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ ดังสมการ (48)

$$b_q \geq b_{CRcin} + S_{cin} + [q_{si} \text{ ou } q_{sa}] + \Sigma_{2cin} + \delta_{q,a} \quad (48)$$

สำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต ดังสมการ (49)

$$b_q \geq b_{CRdyn} + S_{dyn} + \Sigma_{2dyn} + \delta_{q,a} \quad (49)$$

ในบริเวณทางโค้งและช่วงที่มีการยกโค้งต้องพิจารณาการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม และการเทียบระยะกับทางบริเวณใกล้เคียงจะช่วยลดผลกระทบของการขยายความกว้างของพิกัดโครงสร้างทางได้

ในกรณีที่ทางมีประแจสับหลัก จะต้องพิจารณาถึงผลกระทบจากการขยายความกว้างของพิกัดโครงสร้างเมื่อรถไฟวิ่งผ่านเส้นทางประแจสับหลัก ซึ่งทำให้จำเป็นต้องถอยขอบขานชาลาออกมา และเพิ่มระยะช่องว่างระหว่างขานชาลาและรถไฟโดยพิจารณาการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมและผลกระทบกึ่งสถิตดังแสดงในหัวข้อ 10



2) การติดตั้งแนวตั้ง h_q

โดยขานชาลาจะถูกติดตั้งที่ความสูง h_q เหนือผิวทางวิ่ง ซึ่งผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐานมีหน้าที่ในการกำหนดค่า h_q บนพื้นฐานของข้อบังคับระดับสากล หรือข้อตกลงระหว่างประเทศ โดยมาตรฐานความสูงที่ใช้ในทวีปยุโรปคือ 550 มิลลิเมตร และ 760 มิลลิเมตร

หากพิกัดโครงสร้างมีระดับอยู่เหนือขานชาลา จะต้องพิจารณากระดับพิกัดโครงสร้างลง โดยพิจารณาช่วงเข้าโค้งในแนวตั้งและค่าที่ยอมไว้ในแนวตั้ง ดังสมการ (50)

$$h_q \leq h_{CR} - \frac{50}{R_V} - M_V + \dots \quad (50)$$

13.3.2 การติดตั้งเทียบกับแนวราบ (x_q, y_q)

ถ้าขานชาลาถูกติดตั้งหรือทวนสอบในระนาบแนวราบ/แนวตั้ง โดยขานชาลาไม่ได้สัมผัสกับผิวทางวิ่ง การเอียงของพิกัดโครงสร้างจะต้องนำมาพิจารณาตามสมการดังนี้

ด้านในโค้ง ดังสมการ (51)

$$x_{qi} \geq b_{cr} - \frac{l}{2} + S_i + \Sigma_{i,j} + \frac{D}{L} h_q \quad (51)$$

และดังสมการ (52)

$$y_{qi} = h_q - \frac{D}{L} (b_q - \frac{l}{2}) \quad (52)$$

ด้านนอกโค้งดังสมการ (53)

$$x_{qa} \geq b_{cr} - \frac{l}{2} + S_a + \Sigma_{j,a} - \frac{D}{L} h_q + \delta_{q,a} \quad (53)$$

โดย $\delta_{q,a}$ มีค่าตามสมการ (45) และ (46)

และดังสมการ (54)

$$y_{qa} = h_q + \frac{D}{L} (b_q - \frac{l}{2}) \quad (54)$$

13.3.3 ความคลาดเคลื่อนของการติดตั้ง

ความคลาดเคลื่อนของการติดตั้งและการซ่อมบำรุงขานชาลามีความสำคัญมาก เนื่องจากความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมีผลกระทบต่อระยะช่องว่างระหว่างขานชาลาและรถไฟอย่างมาก ดังนั้นผู้รับผิดชอบในการติดตั้งควรพิจารณาตามมาตรฐานการติดตั้งอย่างเคร่งครัด อย่างไรก็ตามการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนไม่ได้อยู่ในขอบเขตของมาตรฐานนี้

13.4 การทวนสอบ

สามารถทำการทวนสอบพิกัดโครงสร้างได้ยกเว้นกรณีที่มีข้อบังคับให้ยกเว้น โดยการทวนสอบและความคลาดเคลื่อนจะต้องกำหนดไว้ในข้อบังคับ

14. ส่วนประกอบเพิ่มเติมของทาง

14.1 ทัวไป

โครงสร้างบางโครงสร้างที่มีความพิเศษ เช่น โครงสร้างที่จำเป็นต้องสัมผัสกับบางส่วนของตัวรถไฟ เพื่อความปลอดภัยของระบบราง ซึ่งโครงสร้างพิเศษดังกล่าวมีรายละเอียด ดังนี้

14.2 รากัน

รากันเป็นโครงสร้างพิเศษที่มีลักษณะเป็นรางขนาดเล็กอยู่ด้านในของทางรถไฟปกติ ซึ่งรากันจะติดตั้งบริเวณประแจสับราง สะพาน หรือบริเวณอื่น ๆ ที่หากรถไฟตกรางแล้วอาจเกิดอันตรายร้ายแรง โดยรากันมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้รถไฟตกรางขณะสับรางในบริเวณทางแยก โดยรายละเอียดระยะติดตั้งรากันหาได้จาก EN 13232-3 และ EN 13232-9

14.3 แผ่นปูทางผ่าน

แผ่นปูทางผ่านต้องมีระดับไม่สูงกว่าทางรถไฟ

14.4 รางจ่ายไฟ

รางจ่ายไฟเป็นโครงสร้างชนิดพิเศษ ซึ่งโดยปกติแล้วรางจ่ายไฟจะถูกพิจารณารวมเข้าไปกับทางรถไฟ นอกจากนี้รางจ่ายไฟจะต้องพิจารณาถึงระยะห่างฉนวนระหว่างส่วนที่มีกระแสไฟฟ้ากับโครงสร้างอื่น ๆ

14.5 รางเบรค

รางเบรคเป็นโครงสร้างสำหรับชะลอความเร็วของรถบรรทุกสินค้าที่วิ่งลงมาจากเนิน (hump) ในย่านสถานีรถไฟสำหรับคัดแยกรถบรรทุกสินค้า มีหลักการชะลอความเร็วโดยการใช้แรงเสียดทานกับพื้นผิวด้านในและด้านนอกของล้อรถไฟ ซึ่งพิกัดโครงสร้างส่วนล่างของทางรถไฟต้องมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับรองรับโครงสร้างของรางเบรค

15. การทวนสอบและซ่อมบำรุงพิกัดโครงสร้าง

15.1 พิกัดโครงสร้าง

- พิกัดโครงสร้างประเภทต่าง ๆ จะต้องมีส่วนที่ให้ผู้รับผิดชอบเข้าไปทำการทวนสอบและซ่อมบำรุงพิกัดโครงสร้างได้
- Uniform gauge ต้องสามารถทำให้วิเคราะห์พิกัดโครงสร้างได้สะดวก รวดเร็ว และมีระยะเผื่อเพิ่มเติมเพื่อความปลอดภัย
- พิกัดโครงสร้างระบุ ต้องมีระยะที่ทำให้สามารถติดตั้งโครงสร้างและการทวนสอบพิกัดโครงสร้างได้อย่างปลอดภัย
- พิกัดโครงสร้างบำรุงทาง ต้องสามารถทำให้ติดตั้งโครงสร้างได้อย่างปลอดภัย และมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง เมื่อพิกัดโครงสร้างบำรุงทางมีค่าคลาดเคลื่อนเกินกำหนด ผู้รับผิดชอบต้องรีบวางแผนหรือหาวิธีการอื่นมารองรับ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายเพิ่มเติมซึ่งสามารถทำได้โดยการยึดทางรถไฟ หรือการลดช่องว่างระหว่างตำแหน่งของทางที่สัมพันธ์กับโครงสร้าง
- พิกัดโครงสร้างขอบเขต ต้องสามารถทำให้รถไฟยังเดินรถได้ แม้พิกัดโครงสร้างบำรุงทางมีค่าคลาดเคลื่อนเกินที่กำหนด
- ผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐานเป็นผู้กำหนดระยะเวลาและวิธีที่ใช้ในการทวนสอบการติดตั้งโครงสร้าง โดยระยะเวลาการทวนสอบจะต้องสอดคล้องกับค่าความคลาดเคลื่อนที่พิจารณาในการกำหนดค่า M_2 รายละเอียดและแนวทางแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

15.2 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ

หลักการที่ใช้ในการทวนสอบและซ่อมบำรุงพิกัดโครงสร้างสามารถนำมาใช้กับระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟได้ ซึ่งระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟที่ไม่คลาดเคลื่อนจะทำให้จำกัดระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟให้เป็นไปตามข้อบังคับ ทำให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุงทางรถไฟ ง่ายต่อการทวนสอบระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ และทำให้ง่ายต่อการติดตั้งประแจสับหลักที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟคงที่



บรรณานุกรม

- [1] มขร. – C – 001 – 2564 มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ (Track Classification)
- [2] EN 13232-1, Railway applications – Track – Switches and crossings – Part 1: Definitions
- [3] EN 13232-3, Railway applications – Track – Switches and crossings – Part 3: Requirements for wheel/rail interaction
- [4] EN 13232-9, Railway applications – Track – Switches and crossings – Part 9: Layouts
- [5] EN 13803-1 Railway applications – Track – Track alignment design parameters – Track gauges 1435 mm and wider – Part 1: Plain line
- [6] EN 15273-1, Railway applications – Gauges – Part 1: General – Common rules for infrastructure and rolling stock
- [7] EN 15273-2, Railway applications – Gauges – Part 2: Rolling stock gauge
- [8] EN 15273-3, Railway applications – Gauges – Part 3: Structure gauges
- [9] EN 50119, Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines
- [10] EN 50367, Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ระเบียบวิธีการคำนวณสำหรับค่าที่ยอมให้ของพิกัดโครงสร้าง

ก.1 ทัวไป

การกำหนดค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของขนาดและระยะต่าง ๆ เทียบกับทางรถไฟให้ถือเป็นหน้าที่รับผิดชอบของผู้จัดการงานด้านโครงสร้างพื้นฐาน โดยการกำหนดค่าดังกล่าวให้กระทำโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้จัดการงานด้านโครงสร้างพื้นฐานเอง หรือวิธีการคำนวณที่เป็นที่ยอมรับกันโดยสากล หรือวิธีการคำนวณที่ให้ไว้ในภาคผนวกนี้

วิธีการคำนวณค่าที่ยอมให้ที่จะอธิบายดังต่อไปนี้ เป็นวิธีการคำนวณเชิงสถิติที่นิยมใช้กันโดยแพร่หลาย โดยวิธีการดังกล่าวกำหนดให้คำนวณค่าที่ยอมให้ตามแสดงในสมการที่ (ก.1)

$$\Sigma_j = k\sqrt{(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta b_{T2})^2 + \dots (\Delta b_{Ta})^2} \quad (\text{ก.1})$$

ค่า k ในสมการข้างต้นคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัย โดยคำนึงถึงโอกาสที่พิกัดโครงสร้างต่าง ๆ จะมีค่าเกินค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

หมายเหตุ: 1 คือ ตัวอย่างการคำนวณ และค่าคงที่ที่แนะนำในภาคผนวก ข

หมายเหตุ: 2 คือ ดัชนีล่างต่าง ๆ ในสมการ เช่น “st” “kin” หรือ “dyn” จะถูกละออกจากสมการในภาคผนวกนี้ เพื่อความสะดวกในการอ่าน

ก.2 สมการสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติและเชิงจลน์

ก.2.1 สำหรับพิกัดโครงสร้างระบุ

ก.2.1.1 ตามแนวขวาง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_3 ให้คำนวณจากสมการที่ (ก.2)

$$\begin{aligned} \Sigma_{3j/a} = & T_{voice} + \frac{T_D}{L} h + s_0 \frac{T_D}{L} [h - h_{co}]_{>0} + \tan(T_{susp}) [h - h_{co}]_{>0} \\ & + \tan(T_{charge}) [h - h_{co}]_{>0} + \frac{s_0}{L} T_{osc} [h - h_{co}]_{>0} + Supl \end{aligned} \quad (\text{ก.2})$$

ค่าของพจน์ Supl ที่แสดงในสมการข้างต้นให้กำหนดโดยผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐาน ค่าความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างระบุ ให้คำนวณโดย



$$b_{nom,j} = b_{CR} + S_i + \Sigma_{3,i} + K[D - D_0]_{>0} \quad (ก.3)$$

และ

$$b_{nom,a} = b_{CR} + S_a + \Sigma_{3,a} + K[I - I_0]_{>0} \quad (ก.4)$$

โดยที่

$$K = \frac{S_0}{L} [h - h_{c0}]_{>0} \quad (ก.5)$$

ก.2.1.2 ตามแนวดิ่ง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_3 ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{V3,PTa} = \left(b_{PT} + \frac{L}{2} + s_0 b_{PT}\right) \frac{T_D}{L} + b_{PT} \frac{S_0}{L} T_{osc} + b_{PT} \tan(T_{charge}) + b_{PT} \tan(T_{susp}) + T_N + Supl \quad (ก.6)$$

$$\Sigma_{V3,PTi} = \left(b_{PT} - \frac{L}{2} + s_0 b_{PT}\right)_{>0} \frac{T_D}{L} + b_{PT} \frac{S_0}{L} T_{osc} + b_{PT} \tan(T_{charge}) + b_{PT} \tan(T_{susp}) + T_N + Supl \quad (ก.7)$$

สำหรับการคำนวณค่า Σ_3 ที่จุดอื่น ๆ นอกเหนือจากจุด PT ให้กำหนดค่าของ 4 พจน์แรกในสมการข้างต้นเป็นศูนย์

ก.2.2 สำหรับพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง

ก.2.2.1 ตามแนวขวาง

ก.2.2.1.1 สมการพื้นฐาน

ตามหลักการของเหตุการณ์ที่อธิบายในหัวข้อ 3.3.2 จะมีสมการพื้นฐานดังสมการที่ (ก.8) อย่างไรก็ตามในวิธีการนี้ Σ_2 จะไม่ได้อยู่บนพื้นฐานของสมการที่ (20) เพื่อความเหมาะสมของค่าที่ยอมให้ Σ'_2 และ Σ''_2 จะถูกคำนวณเพื่อรวมผลกระทบแบบกึ่งสถิติกับผลกระทบแบบสุ่ม รายละเอียดแสดงอยู่ใน EN 15273-1

$$\begin{aligned} \Sigma'_{2,i/a} = & k \sqrt{T_{voice}^2 + \left[\frac{T_D}{L} h + s_0 \frac{T_D}{L} [h - h_{c0}]_{>0} \right]^2 + [\tan(T_{susp})[h - h_{c0}]_{>0}]^2} \\ & + k \sqrt{[\tan(T_{charge})[h - h_{c0}]_{>0}]^2 + \left[\frac{S_0}{L} (T_{osc})[h - h_{c0}]_{>0} \right]^2} \end{aligned} \quad (ก.8)$$

และ

$$\Sigma''_2 = k \sqrt{T_{voice}^2 + \left[\frac{T_D}{L} h \right]^2} \quad (ก.9)$$

ก.2.2.1.2 การหาค่าความกว้างกึ่งหนึ่งสำหรับด้านในของแนวโค้ง

ความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัด สำหรับด้านในโค้งสามารถหาค่าได้จาก

$$b_{lim,i} = b_{CR} + S_i + \max[\Sigma'_{2,i} + K(D - D_0); \Sigma''_{2,i}; (\Sigma'_{2,a} - K \cdot I_0)] \quad (ก.10)$$

โดยที่

$$K = \frac{S_0}{L} [h - h_{c0}]_{>0} \quad (ก.11)$$

สมการจะเทียบเท่าสมการที่ (10) ได้ดังนี้

$$\Sigma_{2,i} = \max[\Sigma'_{2,i} + K(D - D_0); \Sigma''_{2,i}; (\Sigma'_{2,a} - K \cdot I_0)] - q s_i \quad (ก.12)$$

ก.2.2.1.3 การหาค่าความกว้างกึ่งหนึ่งสำหรับด้านนอกโค้ง

ความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างสำหรับด้านนอกโค้งจะแปรผันตามการยกโค้งขาด ตามที่แสดงในสมการด้านล่าง

$$b_{lim,a} = b_{CR} + S_a + \max[\Sigma'_{2,a} + K(I - I_0); \Sigma''_{2,a}] \quad (ก.13)$$

สมการจะเทียบเท่าสมการที่ (15) ได้ดังนี้

$$\Sigma_{2,a} = \max[\Sigma'_{2,a} + K(I - I_0); \Sigma''_{2,a}] - q s_i \quad (ก.14)$$

ก.2.2.2 ตามแนวดิ่ง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_{V2} ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{V2,PTa} = k \sqrt{\left(\left((1 + s_0)b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \frac{s_0}{L} T_{osc} \right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp}) + T_N^2} \quad (ก.15)$$

$$\Sigma_{V2,PTi} = k \sqrt{\left(\left((1 + s_0)b_{PT} - \frac{L}{2} \right) \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \frac{s_0}{L} T_{osc} \right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp}) + T_N^2} \quad (ก.16)$$

สำหรับการคำนวณค่า Σ_{V2} ที่จุดอื่น ๆ ของส่วนบนและส่วนล่างนอกเหนือจากจุด PT ให้กำหนดค่าของ 4 พจน์แรกในสมการข้างต้นเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าที่ยอมให้จะเป็นค่าคงที่

ก.2.3 พิกัดโครงสร้างขอบเขต

ก.2.3.1 ตามแนวขวาง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับ พิกัดโครงสร้างขอบเขต ให้คำนวณดังต่อไปนี้

$$\Sigma'_{1,i/a} = k \sqrt{[\tan(T_{susp})[h - h_{c0}]_{>0}]^2 + [\tan(T_{charge})[h - h_{c0}]_{>0}]^2 + \left[\frac{s_0}{L} (T_{osc})[h - h_{c0}]_{>0} \right]^2} \quad (ก.17)$$

และ

$$\Sigma'_1 = k \sqrt{[\tan(T_{susp})[h - h_{c0}]_{>0}]^2 + [\tan(T_{charge})[h - h_{c0}]_{>0}]^2} \quad (ก.18)$$

และให้คำนวณความกว้างข้างหนึ่งของพิกัดโครงสร้างตามสมการด้านล่าง

$$b_{ver,i} = b_{CR} + S_i + \max[\Sigma'_{1,i} + K(D - D_0); \Sigma''_{1,i}; (\Sigma'_{1,a} - K \cdot I_0)] \quad (ก.19a)$$

สมการจะเทียบเท่าสมการที่ (15) ได้ดังนี้

$$\Sigma_1 = \max[\Sigma'_{1,a} + K(D - D_0); \Sigma''_{1,i}; (\Sigma'_{1,a} - K \cdot I_0)] - qs_i \quad (ก.19b)$$

และ

$$b_{ver,a} = b_{CR} + S_a + \max[\Sigma'_{1,a} + K(I - I_0); \Sigma''_1] \quad (ก.20a)$$

$$\Sigma_1 = \max[\Sigma''_{1,a} + K(I - I_0)_{>0}; \Sigma''_{1,i}] - q s_i \quad (ก.20b)$$

ก.2.3.2 ตามแนวดิ่ง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_{V1} ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{V1,PTa} = k \sqrt{\left(b_{PT} \frac{S_0}{L} T_{osc}\right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp})} \quad (ก.21)$$

$$\Sigma_{V1,PTi} = k \sqrt{\left(b_{PT} \frac{S_0}{L} T_{osc}\right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp})} \quad (ก.22)$$

สำหรับการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนที่จุดอื่น ๆ ของส่วนบนและส่วนล่างนอกให้กำหนดค่าของ 3 พจน์แรกในสมการข้างต้นเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าที่ยอมให้จะเป็นค่าคงที่

ก.2.4 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุ

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับพิกัดโครงสร้าง เหตุการณ์แบบสุ่มของทางรถไฟทั้งสองทางจะต้องถูกพิจารณาพร้อมกัน โดยสมการต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงถัดไปใช้ได้ที่ระดับความสูงเดียวกันกับจุด P เท่านั้น

สมการสำหรับระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุ

$$\Sigma_{EA3} = (\Sigma_{3,i/a})_{voice1} + (\Sigma_{3,i/a})_{voice2} \quad (ก.23)$$

ค่าของพจน์ทั้งสองของสมการข้างต้นสามารถหาได้จากสมการที่ให้ไว้ในหัวข้อ ก.2.1 ดัชนีล่างของพจน์ทางขวามือของสมการจะเป็นตัว i หรือ a ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของรางที่พิจารณา โดยหากรางที่กำลังพิจารณาอยู่นอกโค้งให้ใช้ $\Sigma_{3,a}$ และหากรางที่กำลังพิจารณาอยู่ในโค้งให้ใช้ $\Sigma_{3,i}$

ในกรณีของรางร่วมศูนย์ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุ สามารถหาได้จาก

$$EA_3 = 2b_{CR} + S_a + S_i + \Sigma_{EA3} + [K(I - I_0)]_{>0} + [K(D - D_0)]_{>0} + \Delta b_{\delta D} \quad (ก.24)$$

ก.2.5 ระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทาง

สมการสำหรับระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทาง เป็นไปตามสมการด้านล่าง

$$\Sigma'_{EA2} = \sqrt{(\Sigma'^2_{2,i/a})_{voice1} + (\Sigma'^2_{2,i/a})_{voice2}} \quad (ก.25)$$

และ

$$\Sigma''_{EA2} = \sqrt{(\Sigma''^2_{2,i/a})_{voice1} + (\Sigma''^2_{2,i/a})_{voice2}} \quad (ก.26)$$

ค่าของพจน์ทางขวามือของสมการข้างต้นสามารถหาได้ตามที่แสดงในหัวข้อ ก.2.2

ในกรณีของทางรถไฟร่วมศูนย์ ระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทางสามารถหาได้จาก

$$EA_2 = 2b_{CR} + S_a + S_i + \max[\Sigma'_{EA2} + K(I - I_0) + K(D - D_0); \Sigma''_{EA2}] + \Delta b_{\delta D} \quad (ก.27)$$

ก.2.6 ระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขต

สมการสำหรับระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขต เป็นไปตามสมการด้านล่าง

$$\Sigma'_{EA1} = \sqrt{(\Sigma'^2_{1,i/a})_{voice1} + (\Sigma'^2_{1,i/a})_{voice2}} \quad (ก.28)$$

และ

$$\Sigma''_{EA1} = \sqrt{(\Sigma''^2_{1,i/a})_{voice1} + (\Sigma''^2_{1,i/a})_{voice2}} \quad (ก.29)$$

ค่าของพจน์ทางขวามือของสมการข้างต้นสามารถหาได้ตามที่แสดงในหัวข้อ ก.2.3

ในกรณีของทางรถไฟร่วมศูนย์ ระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขต สามารถหาได้จาก

$$EA_1 = 2b_{CR} + S_a + S_i + \max[\Sigma'_{EA1} + K(I - I_0) + K(D - D_0); \Sigma''_{EA1}] + \Delta b_{\delta D} \quad (ก.30)$$

ให้แทนค่ายกโค้งและค่ายกโค้งขาดในสมการข้างต้นเมื่อทางที่กำลังพิจารณาอยู่ด้านในและนอกของโค้งตามลำดับ



ก.2.7 พิกัดโครงสร้างแนบรับไฟ

สำหรับการคำนวณพิกัดโครงสร้างแนบรับไฟให้ใช้สมการเดียวกับพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง หรือพิกัดโครงสร้างขอบเขต โดยจะขึ้นอยู่กับระยะความสูง

ก.3 สมการสำหรับ พิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต

ก.3.1 ทัวไป

การคำนวณระยะต่าง ๆ ของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตสามารถกระทำได้โดยอาศัยชุดของสมการ เดียวกันกับพิกัดโครงสร้างเชิงสถิตและเชิงจลน์ ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการคำนวณระยะต่าง ๆ ของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต มีดังต่อไปนี้

ก.3.2 สำหรับพิกัดโครงสร้างระบุ

ก.3.2.1 ตามแนวขวาง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_3 ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{3i/a} = T_{voice} + \frac{T_D}{L} h + \tan(T_{susp}) [h - h_{c0}]_{>0} + \tan(T_{charge}) [h - h_{c0}]_{>0} + Supl \quad (ก.31)$$

ค่าของพจน์ Supl ที่แสดงในสมการข้างต้นให้กำหนดโดยผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐาน และค่าความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างระบุคำนวณโดย

$$b_{nom,j} = b_{CR} + S_i + \Sigma_{3,i} \quad (ก.32)$$

และ

$$b_{nom,a} = b_{CR} + S_a + \Sigma_{3,a} \quad (ก.33)$$

ก.3.2.2 ตามแนวดิ่ง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_3 ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{V3,PTa} = \left(b_{PT} + \frac{L}{2}\right) \frac{T_D}{L} + b_{PT} \tan(T_{susp}) + b_{PT} \tan(T_{charge}) + T_N + Supl \quad (ก.34)$$

$$\Sigma_{V3,PTi} = \left(b_{PT} + \frac{L}{2}\right) \frac{T_D}{L} + b_{PT} \tan(T_{susp}) + b_{PT} \tan(T_{charge}) + T_N + Supl \quad (ก.35)$$

สำหรับการคำนวณค่าที่จุดอื่น ๆ ของส่วนบนและส่วนล่าง ให้กำหนดค่าของ 3 พจน์แรกในสมการข้างต้นเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าที่ยอมให้จะเป็นค่าคงที่

ก.3.3 สำหรับพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง

ก.3.3.1 ตามแนวขวาง

ก.3.3.1.1 สมการพื้นฐาน

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_2 ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{2,i/a} = k \sqrt{T_{voie}^2 + \left[\frac{T_D}{L} h\right]^2 + [\tan(T_{susp})[h - h_{co}]_{>0}]^2 + [\tan(T_{charge})[h - h_{co}]_{>0}]^2} \quad (ก.36)$$

สามารถสังเกตได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ในสมการสำหรับการคำนวณที่ด้านในและนอกโค้งไม่เท่ากัน

ก.3.3.1.2 การหาค่าความกว้างกึ่งหนึ่งสำหรับด้านในโค้ง

ความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างสำหรับด้านในโค้งสามารถหาได้จาก

$$b_{lim,i} = b_{CR} + S_i + \Sigma_{2,i} \quad (ก.37)$$

ก.3.2.1.3 การหาค่าความกว้างกึ่งหนึ่งสำหรับด้านนอกโค้ง

ความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างสำหรับด้านนอกโค้งจะมีค่าแปรผันตามการยกโค้งขาด ดังแสดงในสมการด้านล่าง

$$b_{lim,a} = b_{CR} + S_a + \Sigma_{2,a} \quad (ก.38)$$

ก.3.3.2 ตามแนวดิ่ง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_{V2} ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{V2,PTa} = k \sqrt{\left(\left(b_{PT} + \frac{L}{2}\right)^2 \frac{T_D}{L}\right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp}) + T_N^2} \quad (ก.39)$$

$$\Sigma_{V2,PTi} = k \sqrt{\left(\left(b_{PT} - \frac{L}{2}\right)^2 \frac{T_D}{L}\right)^2 + b_{PT}^2 \tan^2(T_{charge}) + b_{PT}^2 \tan^2(T_{susp}) + T_N^2} \quad (ก.40)$$

สำหรับการคำนวณค่าที่จุดอื่น ๆ ของส่วนบนและส่วนล่าง ให้กำหนดค่าของ 3 พจน์แรกในสมการข้างต้นเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าที่ยอมให้จะเป็นค่าคงที่

ก.3.4 พิกัดโครงสร้างขอบเขต

ก.3.4.1 ตามแนวขวาง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_1 คำนวณจาก

$$\Sigma_{1,i/a} = k \sqrt{[\tan(T_{susp})[h - h_{co}]_{>0}]^2 + [\tan(T_{charge})[h - h_{co}]_{>0}]^2} \quad (ก.41)$$

และให้คำนวณความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างตามสมการด้านล่าง

$$b_{lim,i} = b_{CR} + S_i + \Sigma_{1,i} \quad (ก.42)$$

และ

$$b_{lim,a} = b_{CR} + S_i + \Sigma_{1,a} \quad (ก.43)$$

ก.3.4.2 ตามแนวดิ่ง

ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ Σ_{V1} ที่จุด PT ให้คำนวณจาก

$$\Sigma_{V1,PTa} = k \sqrt{b_{PT}^2 T_{charge}^2 + b_{PT}^2 T_{susp}^2} \quad (ก.44)$$

$$\Sigma_{V1,PTi} = k \sqrt{b_{PT}^2 T_{charge}^2 + b_{PT}^2 T_{susp}^2} \quad (ก.45)$$

สำหรับการคำนวณค่าที่จุดอื่น ๆ ของส่วนบนและส่วนล่าง ให้กำหนดค่าของ 2 พจน์แรกในสมการข้างต้นเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าที่ยอมให้จะเป็นค่าคงที่

ก.3.5 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุ

จากหลักการพื้นฐานเกี่ยวกับเหตุการณ์ประเภทต่าง ๆ ตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 สมการสำหรับการคำนวณพิกัดโครงสร้างต่าง ๆ ของระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุแสดงต่อไปนี้

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับพิกัดโครงสร้าง ผลของเหตุการณ์แบบสุ่มของทางรถไฟทั้งสองทาง จะต้องถูกพิจารณาพร้อมกัน โดยสมการต่าง ๆ สำหรับระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุต่อไปนี้ใช้ได้ที่ระดับความสูงเดียวกันกับจุด P เท่านั้น

$$\Sigma_{EA3} = (\Sigma_{3,i/a})_{voie1} + (\Sigma_{3,i/a})_{voie2} \quad (ก.46)$$

ค่าของพจน์ทั้งสองทางขวามือของสมการข้างต้นสามารถหาได้จากสมการที่ให้ไว้ในหัวข้อ ก.3.2 ดัชนีล่างของพจน์ทางขวามือของสมการจะเป็นตัว i หรือ a ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของทางที่กำลังพิจารณาดังนี้

หากทางที่กำลังพิจารณาอยู่ด้านนอกโค้งให้ใช้ $\Sigma_{3,a}$ และหากทางที่กำลังพิจารณาอยู่บนด้านในโค้งให้ใช้ $\Sigma_{3,j}$ ในกรณีของทางร่วมศูนย์ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบุ สามารถหาได้จาก

$$EA_3 = 2b_{CR} + S_a + S_i + \Sigma_{EA3} + \Delta b_{\delta D} \quad (ก.47)$$

ก.3.6 ระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทาง

สมการสำหรับระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทาง เป็นไปตามสมการด้านล่าง

$$\Sigma_{EA2} = \sqrt{(\Sigma_{2,i/a}^2)_{voie1} + (\Sigma_{2,i/a}^2)_{voie2}} \quad (ก.48)$$

ค่าของพจน์ทางขวามือของสมการข้างต้นสามารถหาได้ตามที่แสดงในหัวข้อ ก.3.3 ในกรณีของทางร่วมศูนย์ ระยะระหว่างศูนย์กลางบำรุงทางสามารถหาได้จาก

$$EA_2 = 2b_{CR} + S_a + S_i + \Sigma_{EA2} + \Delta b_{\delta D} \quad (ก.49)$$



ก.3.7 ระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขต

สมการสำหรับระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตเป็นไปตามสมการด้านล่าง

$$\Sigma_{EA1} = \sqrt{(\Sigma_{1,i/a}^2)_{voie1} + (\Sigma_{1,i/a}^2)_{voie2}} \quad (\text{ก.50})$$

ค่าของพจน์ทางขวามือของสมการข้างต้นสามารถหาได้ตามที่แสดงในหัวข้อ ก.3.4 ในกรณีของทางร่วมศูนย์ ระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตสามารถหาได้จาก

$$EA_1 = 2b_{CR} + S_a + S_i + \Sigma_{EA1} + \Delta b_{\delta D} \quad (\text{ก.51})$$

แทนค่ายกโค้งและค่ายกโค้งขาดในสมการข้างต้นเมื่อทางที่กำลังพิจารณาอยู่ด้านในและนอกของโค้งตามลำดับ



ภาคผนวก ข ค่าคงที่ที่แนะนำให้ใช้ในการคำนวณพิกัดโครงสร้าง และตัวอย่างการคำนวณ

ข.1 ค่าสัมประสิทธิ์ที่แนะนำ

ตารางที่ ข.1 สัมประสิทธิ์ที่แนะนำให้ใช้สำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติและเชิงพลวัต

พารามิเตอร์		สัญลักษณ์	ทางรถไฟที่ใช้หินโรยทาง		แผ่นพื้น	
			ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
ตำแหน่งทางรถไฟ		T_{voie}	0.025 เมตร	0.025 เมตร	0.005 เมตร	0.005 เมตร
ความคลาดเคลื่อนในแนวตั้งของทาง		T_N (ด้านบน)	0.021 เมตร		0.005 เมตร	
		T_N (ด้านล่าง ส่วนประกอบของ ทางที่ประกอบแล้ว)	0.005 เมตร		0.005 เมตร	
		T_N (ด้านล่าง ส่วนประกอบของทาง ที่ยังไม่ได้ประกอบ)	0.021 เมตร		0.005 เมตร	
ความคลาดเคลื่อน ของจุดตัด	$V \leq 80 \text{ km/h}$	T_D	0.020 เมตร	0.020 เมตร	0.005 เมตร	0.005 เมตร
	$V > 80 \text{ km/h}$		0.015 เมตร	0.015 เมตร	0.005 เมตร	0.005 เมตร
การสั่น	สำหรับทางที่มี คุณภาพสูง	T_{osc}	0.007 เมตร	0.039 เมตร	0.007 เมตร	0.039 เมตร
ทางที่มีคุณภาพบอบอื่น			0.013 เมตร	0.065 เมตร		
ความไม่สมมาตรของน้ำหนักบรรทุก		T_{charge}	0.77 องศา	0.77 องศา	0.77 องศา	0.77 องศา
ความไม่สมมาตรของการปรับแต่งจตุรรองรับ		T_{susp}	0.23 องศา	0.23 องศา	0.23 องศา	0.23 องศา
ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัย ของพิกัดโครงสร้าง		k	1.2	1.2	1.2	1.2
ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัย ของพิกัดถนนรับไฟ		k'	1	1	1	1

หมายเหตุ 1 เป็นค่าแนะนำเท่านั้น ไม่ใช่อำนาจบังคับ สามารถปรับลดได้

หมายเหตุ 2 คุณภาพของรางให้เป็นไปตามผลของการวัดการวัดคุณภาพ

หมายเหตุ 3 ค่า T_{osc} ในกรณีของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตจะรวมอยู่ในค่ายกโค้งขาดในหน่วยเมตร ซึ่งสอดคล้องกับมุม 1 องศา (เช่น เมื่อ $s_0 = 0.4$ และ $L = 1.5$ เมตร มุม 1 องศา จะสอดคล้องกับ $T_{osc} = 0.065$ เมตร สำหรับพิกัดที่มีค่า s_0 และ L นอกเหนือจากนี้ ค่า T_{osc} อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามมาตรฐาน EN 15723-1)

หมายเหตุ 4 เมื่อเลือกค่า T_N จำเป็นต้องพิจารณาความคลาดเคลื่อนในแนวตั้งแทนค่าเปรียบเทียบที่ใช้ในการปรับระดับราง สำหรับด้านล่างจะต้องพิจารณาค่าการหลุดตัวของราง ส่วนด้านบนจะต้องพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจากการปรับระดับราง ที่เกิดจากการบำรุงรักษาด้วยเครื่องจักร

หมายเหตุ 5 สำหรับแนวขวาง แนะนำให้ใช้ค่า $k = 1$ สำหรับจุดที่อยู่ใต้จุดศูนย์กลางของการหมุน (roll centre) สำหรับแนวตั้ง แนะนำให้ใช้ค่า $k = 1.2$ สำหรับจุด PT

ค่าสัมประสิทธิ์ในตารางข้างต้นสามารถใช้กับสมการของพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัตในภาคผนวก ก. ได้เช่นกัน

ข.2 ตัวอย่างการคำนวณเชิงจลน์

ข.2.1 พิกัดโครงสร้างขอบเขตและพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง

เพื่อแสดงตัวอย่างการคำนวณ กำหนดให้

- ใช้พิกัดโครงสร้าง G1 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.2)
- คำนวณตามวิธีในภาคผนวก ก.2
- ตัวอย่างนี้สำหรับการคำนวณความกว้างกึ่งหนึ่งเท่านั้น
- ค่าที่ยอมให้ที่แนะนำสำหรับทางรถไฟที่ใช้หินโรยทาง (รายละเอียดแสดงในตาราง ข.2)
 - สภาพราง : แย่ (“คุณภาพทางรถไฟอื่น ๆ”)
 - ความเร็วรถ $V > 80$ กิโลเมตร/ชั่วโมง
 - รางที่มีในท้องที่ : กว้าง 1,435 มิลลิเมตร
 - รางตรงไม่มีค้ายกโค้ง

สมการที่ (ข.1) แสดงการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับด้านนอกโค้งที่ตำแหน่ง 3,250 มิลลิเมตร โดยคำนวณจากสมการที่ (ก.8)

$$\Sigma'_{2a} = 1.2 \sqrt{0.025^2 + \left[\frac{0.015}{1.2} 3.25 + .04 \frac{0.015}{1.5} [3.25 - 0.5] \right]^2 + [\tan(0.23^\circ)[3.25 - 0.5]]^2 + [\tan(0.77^\circ)[3.25 - 0.5]]^2 + \left[\frac{0.4}{1.5} 0.065 [3.25 - 0.5] \right]^2} \quad (\text{ข.1a})$$
$$= 0.0951 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\Sigma'_{2i} = 1.2 \sqrt{0.025^2 + \left[\frac{0.015}{1.2} 3.25 + .04 \frac{0.015}{1.5} [3.25 - 0.5] \right]^2 + [\tan(0.23^\circ)[3.25 - 0.5]]^2 + [\tan(0.77^\circ)[3.25 - 0.5]]^2 + \left[\frac{0.4}{1.5} 0.039 [3.25 - 0.5] \right]^2}$$

จากสมการที่ (ก.9)

$$\Sigma''' = 1.2 \sqrt{0.025^2 + \left[\frac{0.015}{1.2} 3.25 \right]^2} = 0.0492 \quad (\text{ข.1b})$$

และคำนวณจากสมการที่ (ก.11)

$$K = \frac{0.4}{1.5} (3.25 - 0.5)_{>0} = 0.733$$

เมื่อ $S_i = D = I = 0$ อ้างอิงตามสมการที่ ก.10 จะได้

$$b_{lim} = 1.645 + 0 + \max[(0.0768 + 0.733(-0.05); 0.0492; (0.0951 - 0.733(0.05)))] = 1.7034 \text{ เมตร}$$

สมการที่ (ก.12) จะช่วยกำหนดค่าเมื่อ $qs_i = 0$

$$\Sigma_{2,i} = \max[(0.0768 + 0.733(-0.05); 0.0492; (0.0951 - 0.733(0.05)))] - 0 = 0.0584 \text{ เมตร}$$

จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณพิกัดโครงสร้างตลอดเส้นแนวได้ดังแสดงในตารางที่ ข.2 นอกจากนี้ตารางยังแสดงค่าความกว้างกึ่งหนึ่งของเส้นแนวอ้างอิง ความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง และความกว้างกึ่งหนึ่งของพิกัดโครงสร้างขอบเขต



ตารางที่ ข.2 พิกัดโครงสร้าง G1 (ตัวเลขในตารางมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร)

b_{CR}	h_{CR}	b_{nom}	b_{lim}	b_{ver}
1,520	400	1,549.0	1,550.4	1,520.0
1,620	400	1,649.0	1,650.4	1,620.0
1,620	1,170	1,649.0	1,650.4	1,620.0
1,645	1,170	1,698.4	1,678.1	1,656.3
1,645	3,250	1,771.0	1,703.4	1,691.3
1,425	3,700	1,566.7	1,491.0	1,478.9
1,120	4,010	1,272.6	1,191.3	1,179.1
525	4,310	688.0	601.5	589.1
0	4,310	0	0	0
-525	4,310	-688.0	-601.5	-589.1
-1,120	4,010	-1,272.6	-1,191.3	-1,179.1
-1,425	3,700	-1,566.7	-1,491.0	-1,478.9
-1,645	3,250	-1,771.0	-1,703.4	-1,691.3
-1,645	1,170	-1,698.4	-1,678.1	-1,656.3
-1,620	1,170	-1,649.0	-1,650.4	-1,620.0
-1,620	400	-1,649.0	-1,650.4	-1,620.0
-1,520	400	-1,549.0	-1,550.4	-1,520.0

ข.2.2 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางระบู่ บำรุงทาง และขอบเขต

การคำนวณระยะระหว่างศูนย์กลางสำหรับพิกัดโครงสร้าง G1 กำหนดให้

$$h_p = 3,250 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$b_{CR} = 1,645$$

สำหรับกรณีรางคู่แบบร่วมศูนย์

$$R_1 = 450 \text{ เมตร}$$

$$R_2 = 450 \text{ เมตร}$$

$$D_1 = 120 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$D_2 = 120 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$V_1 = 0 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

$$V_2 = 80 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

$$l_1 = 1,435 \text{ เมตร}$$

$$l_2 = 1,445 \text{ เมตร}$$

สมการทั่วไปสำหรับพิกัดโครงสร้าง G1 สามารถเขียนได้ดังแสดงด้านล่าง

$$\begin{aligned} EA \geq & 1,645 + \frac{3,75}{R_1} + \frac{\ell - 1,435}{2} + \frac{0,4}{1,5} [D_1 - 0,05] [3,25 - 0,5] \\ & + 1,645 + \frac{3,75}{R_2} + \frac{\ell - 1,435}{2} + \frac{0,4}{1,5} [I_2 - 0,05] [3,25 - 0,5] + \frac{3,25}{1,5} [D_1 - D_2] + \Sigma_{EA} \end{aligned} \quad (ข.2)$$

จากข้อบังคับทั่วไปของการยกโค้งขาตจะได้ว่า

$$I_2 = 79 \text{ มิลลิเมตร}$$

ค่าที่ยอมให้ Σ_{EAi} คำนวณจากสมการที่ (ก.23) ถึง (ก.30) ได้ดังนี้

$\Sigma'_{EA1} = 86$ มิลลิเมตร, $\Sigma''_{EA1} = 63$ มิลลิเมตร ดังนั้น $\max[\Sigma'_{EA1} + K(I - I_0) + K(D - D_0); \Sigma''_{EA1}] = 158$ มิลลิเมตร

$\Sigma'_{EA2} = 138$ มิลลิเมตร, $\Sigma''_{EA2} = 85$ มิลลิเมตร ดังนั้น $\max[\Sigma'_{EA2} + K(I - I_0) + K(D - D_0); \Sigma''_{EA2}] = 210$ มิลลิเมตร

$\Sigma'_{EA3} = 317$ มิลลิเมตร

ดังนั้น

$$EA_1 > 1,645 + (0,008 + 0,000) + 1,645 + (0,008 + 0,005) + 0,065 + 0,158 = 3,535 \text{ เมตร}$$

$$EA_2 > 1,645 + (0,008 + 0,000) + 1,645 + (0,008 + 0,005) + 0,065 + 0,210 = 3,586 \text{ เมตร}$$

$$EA_3 > 1,645 + (0,008 + 0,000 + 0,051) + 1,645 + (0,008 + 0,005 + 0,021) + 0,065 + 0,317 = 3,766 \text{ เมตร}$$

ภาคผนวก ค พิกัดโครงสร้างสากล G1, GA, GB และ GC, GI1, GI2 และ GI3

ขนาดและระยะสำหรับพิกัดโครงสร้าง GA GB และ GC จะถูกกำหนดโดยอาศัยพิกัดโครงสร้าง GA เป็นเกณฑ์ ทั้งนี้พิกัดโครงสร้างต่าง ๆ ที่อยู่ต่ำกว่าระดับความสูง 3.25 เมตร ($h < 3.25$ เมตร) จะมีค่าเท่ากันทุกประการ ในขณะที่พิกัดโครงสร้างต่าง ๆ ที่มีความสูงมากกว่าระดับดังกล่าวจะมีความแตกต่างกันในการสร้างเส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง GA GB และ GC ให้ทำการลากเส้นตั้งจากจุด $h = 3.25$ เมตรไปยังจุดแรกที่อยู่เหนือขึ้นไปจากระดับดังกล่าว

ขนาดและระยะสำหรับพิกัดโครงสร้างแนบรับไฟที่ให้ไว้ในภาคผนวกนี้สามารถใช้ได้กับกรณีทั่วไป อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวอาจแตกต่างไปจากพิกัดแนบรับไฟที่ใช้งานจริง

ในการกำหนดพิกัดของพิกัดชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง ให้ใช้ค่าต่อไปนี้ ยกเว้นพิกัดแนบรับไฟ

$$L = 1.500 \text{ เมตร และ } L_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.4 \text{ (สำหรับ G1 และ GC)}$$

$$s_0 = 0.4 \text{ หรือ } 0.3 \text{ (สำหรับ GA และ GB ขึ้นอยู่กับระดับความสูงที่พิจารณา)}$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร และ } D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

เกณฑ์การกำหนดค่าที่ยอมให้สำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพิกัดโครงสร้าง โดยค่าการยกระดับของส่วนบนของพิกัดโครงสร้างสามารถคำนวณได้จากสมการด้านล่าง

$$\Delta h_{RV} = \frac{50}{R_V} \quad (\text{ค.1})$$

และค่าการลดระดับของส่วนล่างของพิกัดโครงสร้างสามารถคำนวณได้จากสมการด้านล่าง

$$\Delta h_{RV} = \frac{-50}{R_V} \quad (\text{ค.2})$$

ค่ารัศมี R_V ในสมการข้างต้นต้องมีค่าไม่เกิน 500 เมตร ขนาดและระยะที่เล็กกว่า 80 มิลลิเมตรภายในเส้นรัศมีความโค้ง 500 เมตร ถึง 625 เมตร ให้ถือว่าเป็นศูนย์ และคุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงที่กล่าวถึงในภาคผนวกนี้ถูกอธิบายไว้ในภาคผนวก ฉ (ตารางที่ ฉ.2)

สำหรับภาคผนวกนี้ ขนาดและระยะที่ใช้ในรูปภาพและสมการมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรและเมตรตามลำดับ ยกเว้นระบุเป็นอย่างอื่น



ค.1 พิกัดโครงสร้าง

ค.1.1 การคำนวณระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทาง

ส่วนข้างของพิกัดโครงสร้างทุกชนิดอยู่ห่างจากแนวศูนย์กลางทางเป็นระยะเท่ากัน อย่างไรก็ตาม ระยะระหว่างศูนย์กลางขอบเขตของพิกัดโครงสร้าง GC จะแตกต่างจากพิกัดโครงสร้างอื่น ๆ เนื่องจากจุดบนของส่วนข้างของพิกัดโครงสร้าง GC อยู่สูงกว่าพิกัดโครงสร้างอื่น

ค.1.2 พิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแผนรับไฟ

กำหนดค่าพารามิเตอร์ของพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระ ดังนี้

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s'_0 = 0.225 \text{ เมตร}$$

$$h'_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$I'_0 = 0.066 \text{ เมตร}$$

$$D'_0 = 0.066 \text{ เมตร}$$

$$h'_0 = 6.500 \text{ เมตร}$$

$$h'_u = 5.000 \text{ เมตร}$$

$$e_{po} = 170 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$e_{pu} = 110 \text{ มิลลิเมตร}$$

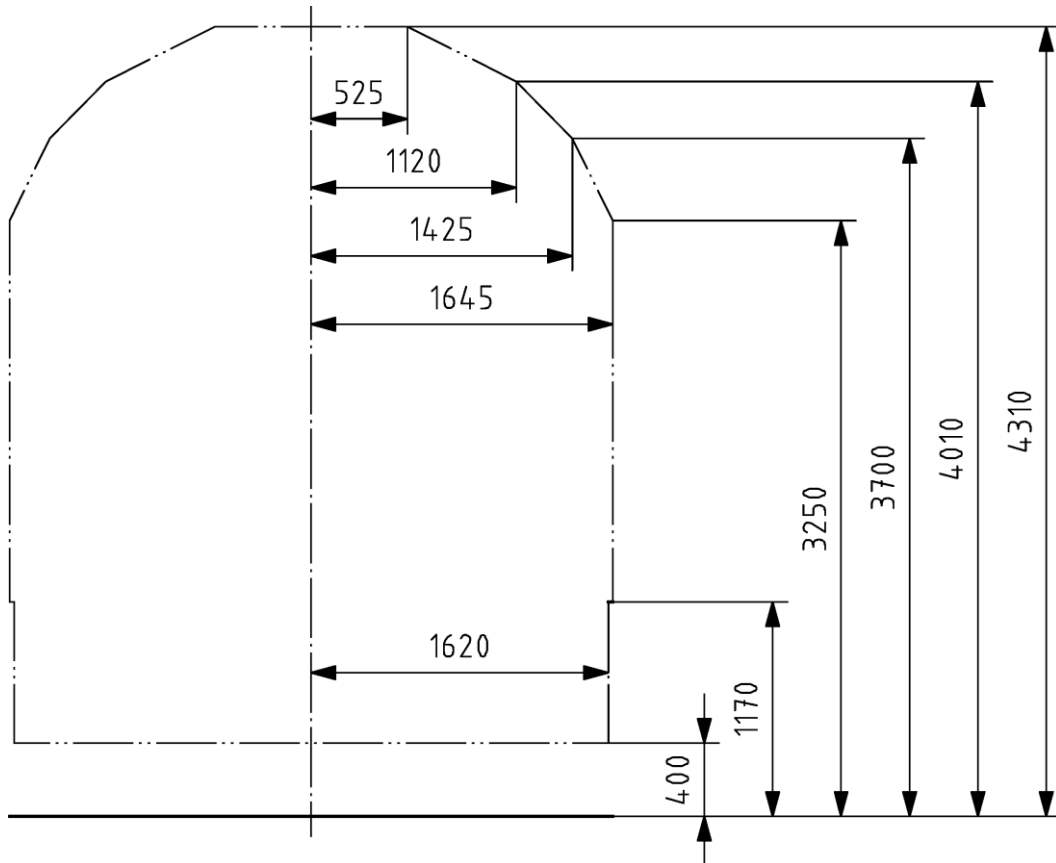
ค.1.3 ส่วนประกอบของพิกัดโครงสร้าง

พิกัดโครงสร้างประกอบด้วย

- ส่วนล่างหมายถึงระยะและขนาดต่าง ๆ ของพิกัดโครงสร้างที่อยู่ต่ำกว่าระดับความสูง 400 มิลลิเมตร ลงมาจนถึงผิวทางวิ่ง ขนาดและระยะของส่วนล่างที่กำหนดไว้ในภาคผนวกนี้สามารถใช้ได้กับทางเดินรถตลอดเส้นทางด้วยเช่นกัน
- ส่วนข้างของพิกัดโครงสร้างทุกประเภทที่กล่าวถึงในภาคผนวกนี้มีขนาดและระยะเท่ากันทุกประการนับตั้งแต่ผิวทางวิ่งจนถึงระดับความสูง 3,250 มิลลิเมตร
- ส่วนบนของพิกัดโครงสร้างแต่ละประเภทที่กล่าวถึงในภาคผนวกนี้มีความแตกต่างกันทั้ง เส้นแนวอ้างอิง และสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าขนาดและระยะต่าง ๆ พิกัดโครงสร้างแผนรับไฟ ที่กล่าวถึงในภาคผนวกนี้สามารถใช้ได้กับพิกัดโครงสร้างทุกประเภท
- เส้นแนวอ้างอิงและสมการสำหรับการคำนวณการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม และผลกระทบกึ่งสถิติสำหรับพิกัดโครงสร้างประเภทต่าง ๆ ได้ถูกกำหนดไว้ในหัวข้อถัดไป

ค.2 พิกัดโครงสร้างสำหรับส่วนบน ($h > 400$ มิลลิเมตร)

ค.2.1 พิกัดโครงสร้าง G1



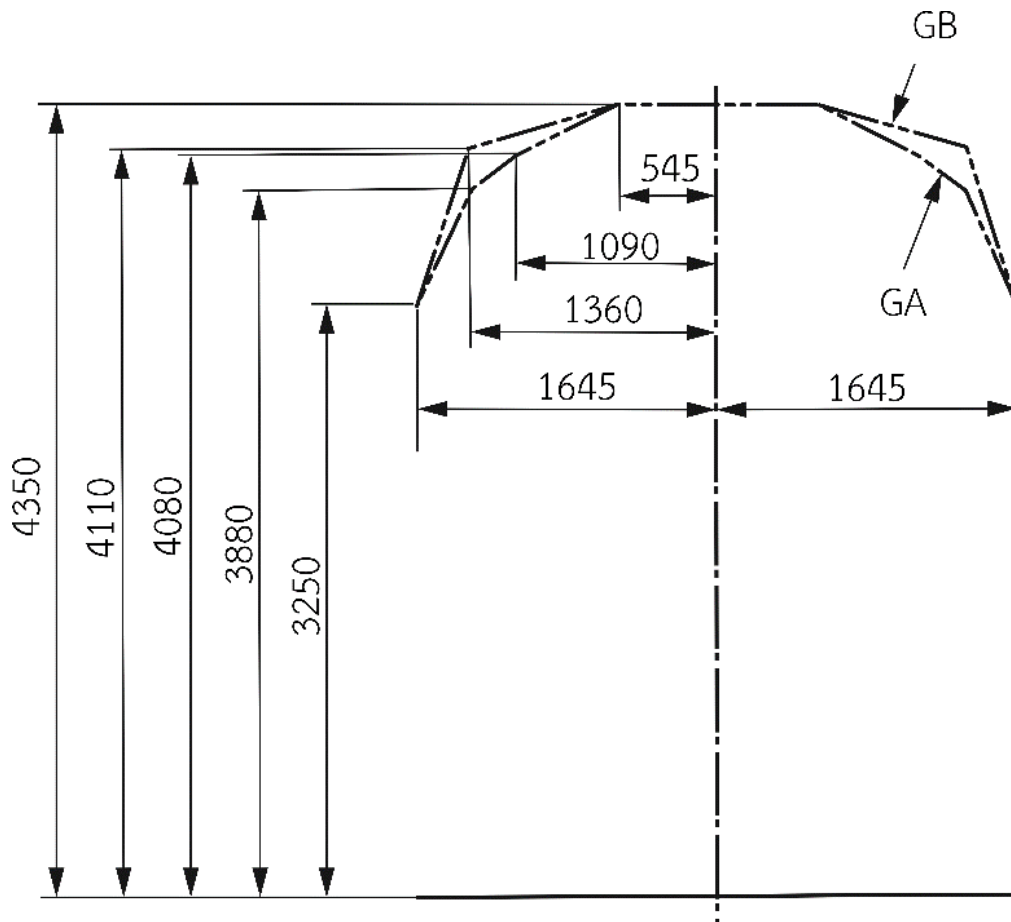
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.1 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง G1

ตารางที่ ค.1 สมการสำหรับคำนวณค่า S และ qs สำหรับพิกัดโครงสร้าง G1 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็น เมตร)

	รัศมีความโค้ง R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
การเอียง ออกจาก แนวเดิม เพิ่มเติม S	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
qs	ทุกรัศมีความโค้ง	$\frac{0.4}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ค.2.2 พิกัด GA และ GB



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.2 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GA และ GB

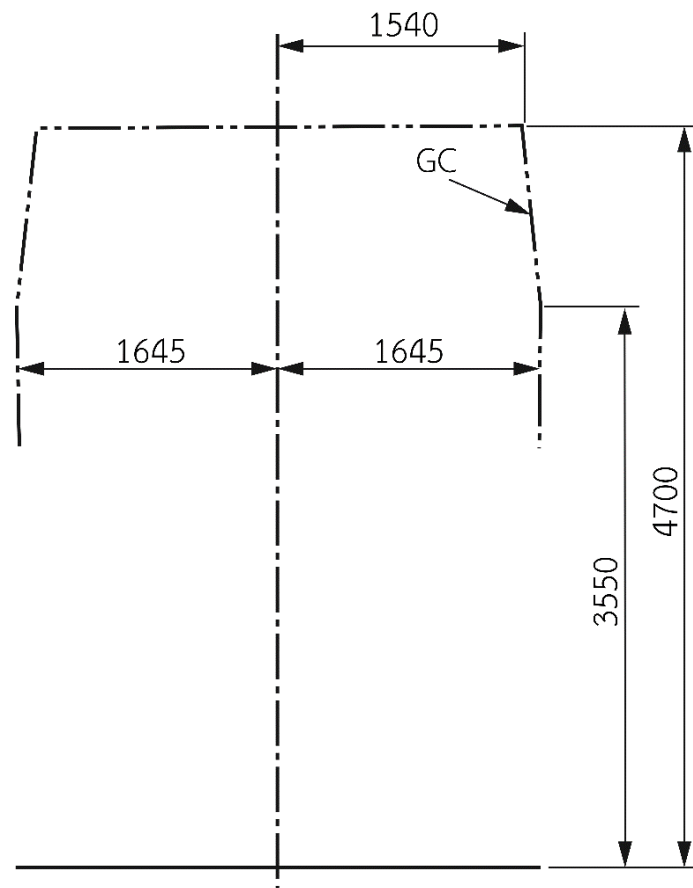
ตารางที่ ค.2 สมการสำหรับคำนวณค่า S สำหรับพิกัดโครงสร้าง GA และ GB (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็น เมตร)

ความสูง h	รัศมีความโค้ง R	S_I (ด้านในโค้ง)	S_a (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.250$ ($\equiv G1$)	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
$3.250 < h \leq 3.880$ (GA) $3.250 < h \leq 4.110$ (GB)	ทุกรัศมีความโค้ง	จุด $h = 3.25$ เมตร และจุด $h = 3.88$ เมตร หรือ 4.11 เมตร เชื่อมกันโดยเส้นตรง	
$h \geq 3.880$ (GA)	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{20}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
$h \geq 4.110$ (GB)	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.120 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	

ตารางที่ ค.3 สมการสำหรับคำนวณค่า q_s สำหรับพิกัดโครงสร้าง GA และ GB (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็น เมตร)

ความสูง h	q_{sI} (ด้านในโค้ง)	q_{sO} (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.250 (\equiv G1)$	$\frac{0.4}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$
$3.250 < h \leq 3.880$ (GA) $3.250 < h \leq 4.110$ (GB)	จุด $h = 3.25$ เมตร และจุด $h = 3.88$ เมตร หรือ 4.11 เมตร เชื่อมกันโดยเส้นตรง	
$h \geq 3.880$ (GA) $h \geq 4.110$ (GB)	$\frac{0.3}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.3}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ค.2.3 พิกัดโครงสร้าง GC



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.3 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GC

ข้อบังคับของพิกัดโครงสร้าง GC ใช้ข้อบังคับเดียวกับพิกัดโครงสร้าง G1

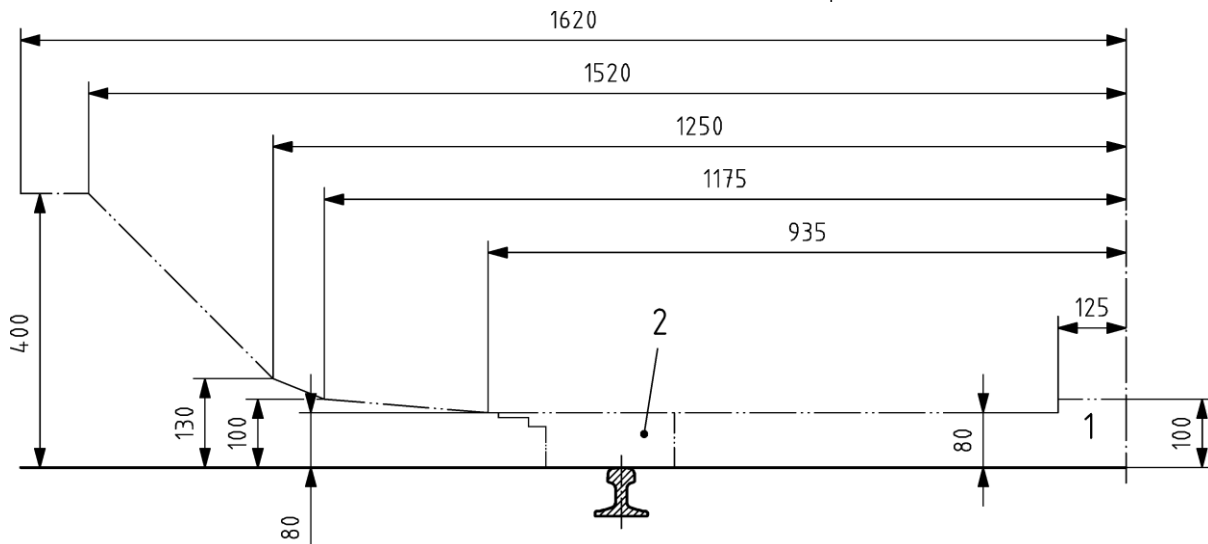
ตารางที่ ค.4 สมการสำหรับคำนวณค่า S และ qs สำหรับพิกัดโครงสร้าง GC (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็น เมตร)

	รัศมีความโค้ง R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
การเอียง ออกจาก แนวเดิม เพิ่มเติม S	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
qs	ทุกระัศมีความโค้ง	$\frac{0.4}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ค.3 พิกัดโครงสร้างสำหรับส่วนล่าง ($h \leq 400$ มิลลิเมตร)

ค.3.1 ส่วนล่างของพิกัดโครงสร้าง GIC2 - ใช้ได้กับกรณีทั่วไป

พิกัด GIC2 สามารถใช้ได้กับระบบโครงข่ายที่ใช้รถไฟสายทุกชนิด



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.4 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GIC2

คำสำคัญ

- 1 บริเวณสำหรับการติดตั้ง contact ramp
- 2 บริเวณสัมผัสล้อรถไฟ (รูปที่ ค.5)

ตารางที่ ค.5 สมการสำหรับคำนวณค่า S สำหรับพิกัดโครงสร้าง GIC2 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็น เมตร)

รัศมีความโค้ง R	S_i (ด้านในโค้ง)	S_o (ด้านนอกโค้ง)
$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.190 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.230 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$

ผลกระทบกึ่งสถิติไม่มีผลต่อพิกัดโครงสร้างในกรณีที่ $h < 0.5$ เมตร

สำหรับบริเวณสัมผัสล้อรถไฟจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพิกัด เนื่องจากล้อรถไฟจะสัมผัสกับรางตลอดเวลา จึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม ผลกระทบกึ่งสถิติ และการลดระดับของราง แต่ยังคงพิจารณาค่าที่ยอมให้ในแนวตั้งเผื่อไว้สำหรับการสึกหรอของราง

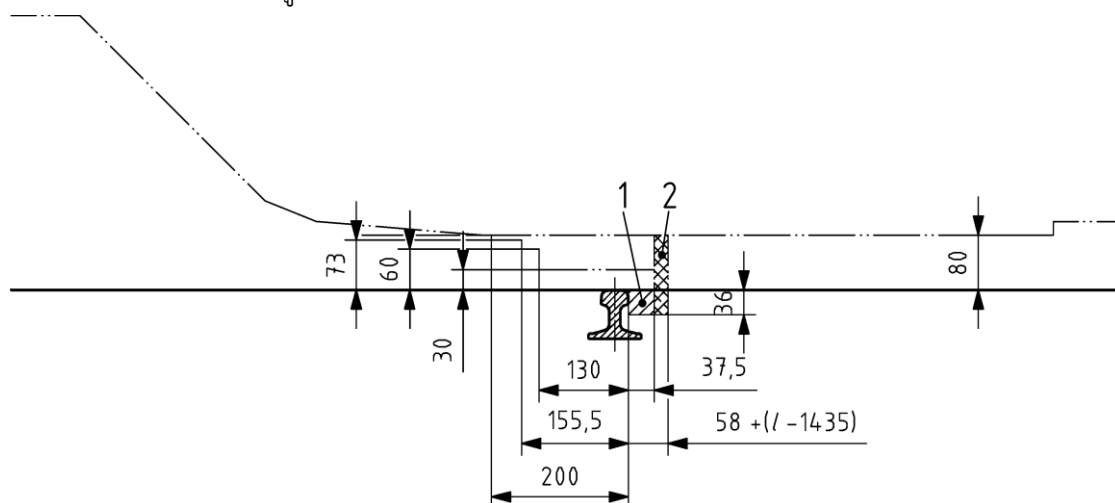
บริเวณสัมผัสล้อรถไฟจะอยู่ในพิกัดที่กำหนดไว้ในรูปที่ ค.4. นอกจากนี้ยังมีบริเวณพื้นที่เฉพาะที่ควรพิจารณาเป็นพิเศษ ดังนี้

1. พื้นที่ขอบหน้าล้อ (flangeway zone): พื้นที่บริเวณนี้จำเป็นต้องมีพื้นที่อย่างต่ำ 37.5 มิลลิเมตร และห้ามไม่ให้ติดตั้งโครงสร้างใด ๆ บริเวณนี้ เพื่อให้ล้อรถไฟสามารถวิ่งผ่านได้อย่างสะดวกและปลอดภัย
2. พื้นที่หน้าสัมผัส (active face zone): พื้นที่บริเวณนี้สามารถติดตั้งโครงสร้างที่อาจสัมผัสกับล้อรถไฟได้ เช่น รางกัน แผ่นปูพื้นทางสำหรับจุดตัดกับถนน ซึ่งขนาดพื้นที่จะขึ้นอยู่กับน้้ำที่ของโครงสร้าง

ก) สำหรับรางกัน พื้นที่ขอบหน้าล้อจะกำหนดตาม EN 13232-3

ข) สำหรับแผ่นปูพื้นทาง จะมีการจำกัดพื้นที่ขอบหน้าล้อ เพื่อให้รถยนต์และคนเดินเท้าสามารถข้ามจุดตัดได้อย่างปลอดภัย ซึ่งพื้นที่จะกำหนดตามข้อบังคับระดับประเทศ

พื้นที่ขอบหน้าล้อจะต้องสามารถรองรับล้อรถไฟได้ตามข้อกำหนดใน EN 13232-3 ซึ่งค่า 58 มิลลิเมตร + $(l - 1,435)$ มิลลิเมตร เป็นค่าที่กำหนดตำแหน่งสูงสุดของล้อ สำหรับระดับความสูงขององค์ประกอบรางจะถูกจำกัดโดยพิกัดโครงสร้างส่วนล่างตามที่แสดงในรูป ค.4 ลบด้วยค่าการสึกหรอที่ยอมรับได้ของรางรถไฟ



ที่มา: EN15273-3

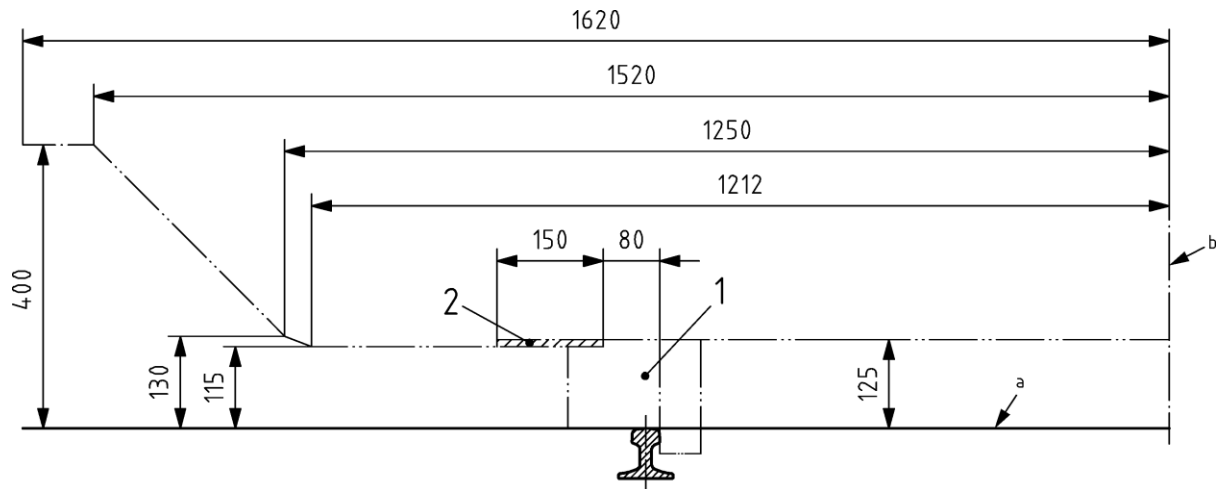
รูปที่ ค.5 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GIC2 บริเวณสัมผัสล้อรถไฟ

คำสำคัญ

- 1 บริเวณพื้นที่ที่ห้ามไม่ให้ติดตั้งโครงสร้างใด ๆ เพื่อให้ล้อรถไฟสามารถวิ่งผ่านได้อย่างสะดวกและปลอดภัย
- 2 บริเวณพื้นที่สำหรับติดตั้งรางกันและแผ่นปูพื้นทางเท่านั้น

ค.3.2 ส่วนล่างของพิกัดโครงสร้าง GIC1 – สำหรับรางที่มีการติดตั้งรางเบรค

พิกัดโครงสร้าง GIC1 สามารถใช้ได้กับรางวัลที่จะทำการติดตั้งรางเบรค โดยไม่อนุญาตให้ติดตั้ง
โครงสร้างถาวรใด ๆ ในบริเวณพื้นที่ที่สำรองไว้สำหรับการติดตั้งของรางเบรค



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.6 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GIC1 สำหรับรางที่มีการติดตั้งรางเบรค

คำสำคัญ

- 1 บริเวณพื้นที่สัมผัสลัทธิไฟ
- 2 บริเวณพื้นที่ที่เพื่อไว้สำหรับ การติดของรองเบรค
 - a ผิวทางวิ่ง
 - b ศูนย์กลางของเส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์

บริเวณสัมผัสล้อรถไฟจะอยู่ในพิภพที่กำหนดไว้ในรูปที่ ค.6. นอกจากนี้ยังมีบริเวณพื้นที่เฉพาะ
ที่ควรพิจารณาเป็นพิเศษ ดังนี้

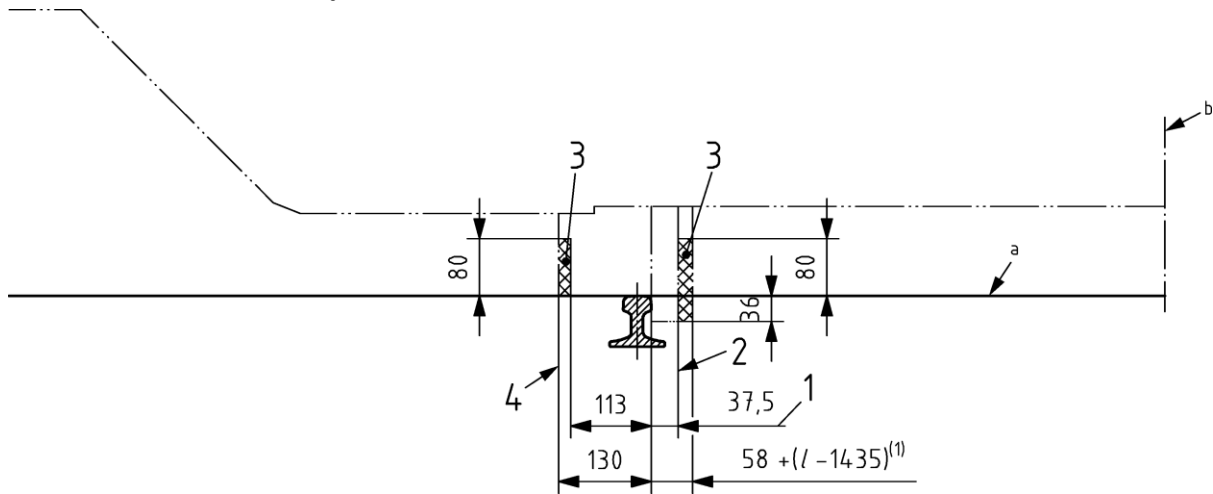
1. พื้นที่ขอบหน้าล้อ (flangeway zone): พื้นที่บริเวณนี้จำเป็นต้องมีพื้นที่อย่างต่ำ 37.5 มิลลิเมตร และห้ามไม่ให้ติดตั้งโครงสร้างใด ๆ บริเวณนี้ เพื่อให้ล้อรถไฟสามารถวิ่งผ่านได้อย่างสะดวกและปลอดภัย
2. พื้นที่หน้าสัมผัส (active face zone): พื้นที่บริเวณนี้สามารถติดตั้งโครงสร้างที่อาจสัมผัสกับล้อรถไฟได้ เช่น รางกัน แผ่นปูพื้นทางสำหรับจุดตัดกับถนน ซึ่งขนาดพื้นที่จะขึ้นอยู่กับหน้าที่ของโครงสร้าง

ก) สำหรับรางกัน พื้นที่ยื่นหน้าล่อจะกำหนดตาม EN 13232-3

ข) สำหรับแผนปูพื้นทาง จะมีการจำกัดพื้นที่ขอบหน้าล้อ เพื่อให้รถยนต์และคนเดินเท้าสามารถข้ามจุดตัดได้อย่างปลอดภัย ซึ่งพื้นที่จะกำหนดตามข้อบังคับระดับประเทศ

พื้นที่ขอบหน้าล้อจะต้องสามารถรองรับล้อไฟได้ตามข้อกำหนดใน EN 13232-3
ซึ่งค่า 58 มิลลิเมตร + (l - 1,435 มิลลิเมตร) เป็นค่าที่กำหนดตำแหน่งสูงสุดของล้อ

สำหรับระดับความสูงขององค์ประกอบรางจะถูกจำกัดโดยพิกัดโครงสร้างส่วนล่างตามที่แสดงในรูป ค.6 ลบด้วยค่าการสึกหรอที่ยอมรับได้ของรางรถไฟ



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.7 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GIC1 บริเวณสัมผัสล้อรถไฟ

คำสำคัญ

- 1 บริเวณพื้นที่ที่ห้ามไม่ให้ติดตั้งโครงสร้างใด ๆ เพื่อให้ล้อรถไฟสามารถวิ่งผ่านได้อย่างสะดวกและปลอดภัย
- 2 บริเวณพื้นที่ที่น้อยที่สุดสำหรับหน้าสัมผัสของรางกัน
- 3 บริเวณพื้นที่สำหรับรางเบรคขณะที่ยังไม่ทำงาน
- 4 พื้นที่สำหรับขอบด้านนอกของล้อรถไฟ
- a ผิวทางวิ่ง
- b ศูนย์กลางของเส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์

ตารางที่ ค.6 สมการสำหรับคำนวณค่า S สำหรับพิกัดโครงสร้าง GIC1 สำหรับรางที่มีการติดตั้งรางเบรค (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็น เมตร)

รัศมีความโค้ง R	S_l (ด้านในโค้ง)	S_o (ด้านนอกโค้ง)
$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.190 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.230 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$

ผลกระทบกึ่งสถิติไม่มีผลต่อพิกัดโครงสร้างในกรณีที่มี $h < 0.5$ เมตร

บริเวณพื้นที่ที่เป็นเนิน (hump) ซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยรางเลี้ยงเนิน (track-avoiding hump) และมีโอกาสมากที่จะมี (1) รถไฟสายหลักอยู่บนราง (2) ตู้ขนส่งสินค้าชนิดพิเศษ ที่ไม่ได้รับอนุญาตให้วิ่งบนเนินหรือรางเบรคหรืออุปกรณ์หยุดรถอื่น ๆ ห้ามมิให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของอุปกรณ์หยุดรถในขณะทำงานยื่นเข้าไปในพิกัดโครงสร้างที่แสดงในรูป ค.4 และรัศมีความโค้งของรางในช่วงเปลี่ยนแปลงความสูงต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 500 เมตร

ค.3.2.1 การลดระดับในแนวดิ่ง

ค.3.2.1.1 ค่าระบุ

ขนาดและระยะในแนวดิ่งต่าง ๆ บนพิกัดโครงสร้าง ($h < 0.4$ เมตร) แปรผันตามรัศมีความโค้งในแนวดิ่งตามที่แสดงในสมการด้านล่าง

$$\Delta h_{RV} = \frac{-50}{R_V} \quad (\text{ค.3})$$

ค่ารัศมี R_V ในสมการข้างต้นต้องมีค่าไม่เกิน 500 เมตร ขนาดและระยะที่เล็กกว่า 80 มิลลิเมตร ภายในเส้นรัศมีความโค้ง 500 เมตร ถึง 625 เมตร ให้ถือว่ามีความเป็นศูนย์

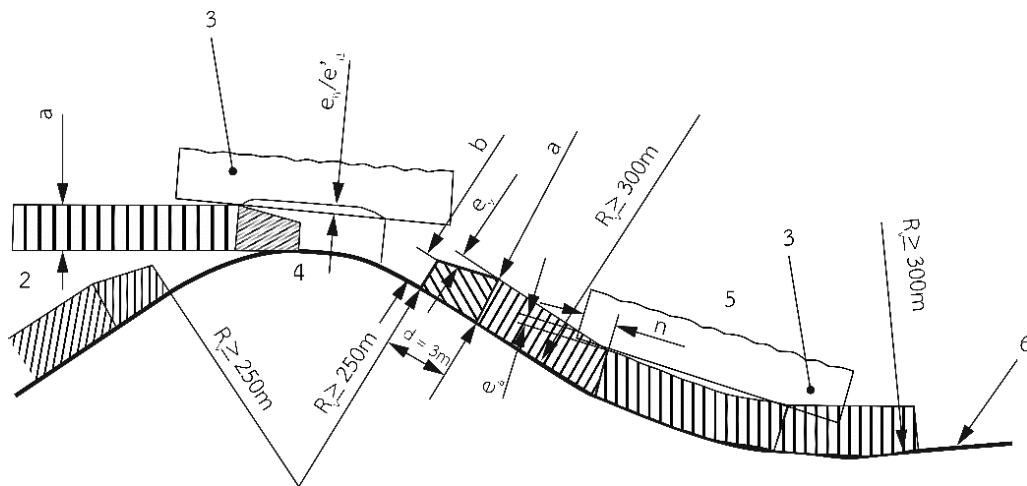
ค.3.2.1.2 การเปลี่ยนแปลงความชันของทางลาดย่านสับเปลี่ยนรถไฟ

ให้คำนึงถึงข้อบังคับที่แสดงด้านล่างเพิ่มเติมจากข้อบังคับการลดระดับข้อกำหนดด้านล่างประกอบด้วยชุดของระยะความสูงในแนวดิ่ง 2 ชุด ซึ่งมีไว้ใช้สำหรับรางเบรคและอุปกรณ์หยุดรถอื่น ๆ ข้อกำหนดเหล่านี้ได้ทำการเผื่อไว้สำหรับตัวรถชนิดต่าง ๆ ที่สามารถลดลงได้ต่ำกว่าขีดจำกัดของรางเบรค

ห้ามมิให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของรางเบรคและอุปกรณ์ห้ามล้ออื่น ๆ ยื่นขึ้นไปเกินกว่าระดับความสูง 115 มิลลิเมตร / 125 มิลลิเมตร เหนือระดับผิวทางเดินรถ ภายในช่วงทางรถไฟต่าง ๆ ดังนี้

- ภายในและบริเวณใกล้เคียงกับแนวรางโค้งคว่ำ ซึ่งมีรัศมีความโค้งตั้งแต่ 300 เมตร ขึ้นไป ($R_V > 300$ เมตร)
- ภายนอกรางโค้งหงายเป็นระยะ 3 เมตร (5 เมตร) นับจากจุดเริ่มต้นของแนวโค้งหงายที่มีรัศมีความโค้งตั้งแต่ 300 เมตร ขึ้นไป ($R_V > 300$ เมตร) ระยะ 3 เมตร ในข้อกำหนดข้างต้นให้ใช้กับเนินแบบดั้งเดิม (classic humps) ในขณะที่ระยะ 5 เมตร มีไว้เพื่อเพื่อให้ขบวนรถชนิดท้องพื้นต่ำเดินทางผ่านได้ ที่จุดสิ้นสุดของแนวรางโค้งคว่ำที่มีรัศมีความโค้งตั้งแต่ 250 เมตร ขึ้นไป ให้เปลี่ยนค่าพิกัดระยะ 115 มิลลิเมตร/125 มิลลิเมตร ในรูปที่ ค.6 เป็นค่า e_{v1} และ e_{v2} ดังแสดงในสมการด้านล่างตามลำดับ

$$e_{v1} = 0,040x \frac{250}{R_V} \quad \text{และ} \quad e_{v2} = 0,050x \frac{250}{R_V} \quad (\text{ค.4})$$



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.8 การเปลี่ยนแปลงความชันของรางบนทางลาดย่านสับเปลี่ยนรถไฟ

คำสำคัญ

1 classic hump

2 shunting gradient

3 รถไฟ

4 โค้งคว่า

5 โค้งทราย

6 ผิวทางเดินรถ

a 115 มิลลิเมตร /125 มิลลิเมตร

b 75 มิลลิเมตร /85 มิลลิเมตร

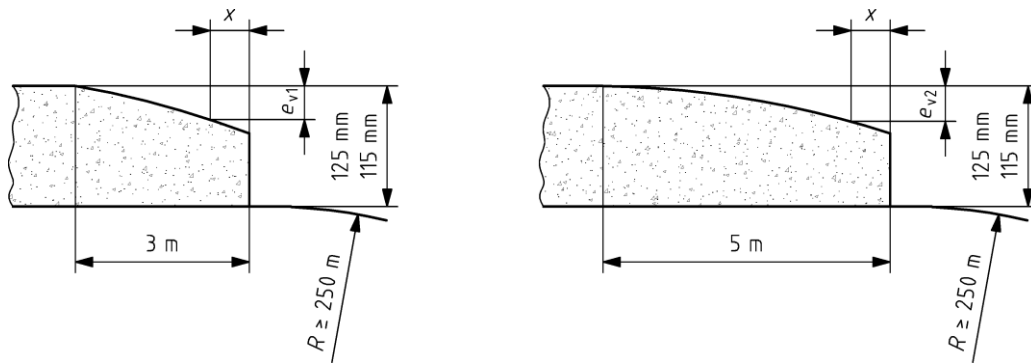
สำหรับเนินแบบดั้งเดิม (classic humps) ให้ใช้ค่าความสูงลดทอน e_{v1} ตามสมการด้านล่าง

$$e_{v1} = 0,040 \cdot \frac{250}{R_v} \cdot \frac{3-x}{3} \quad (\text{ค.5})$$

โดยที่ x ในสมการข้างต้นคือระยะที่วัดจากจุดสิ้นสุดของแนวโค้งคว่า

รูปที่ ค.9 (รูปฝั่งขวา) แสดงรูปตัดของรางบนเนินที่เพื่อให้ขบวนรถชนิด ท้องพื้นต่ำเดินทางผ่านได้บนช่วงที่ใช้พิกัดโครงสร้างควบคุม 115 มิลลิเมตร /125 มิลลิเมตร (ช่วงที่นับจากจุดสิ้นสุดของแนวโค้งคว่าเข้ามาภายในโค้ง เป็นระยะ 5 เมตร) ให้ใช้ค่าความสูงลดทอน e_{v2} ตามสมการด้านล่าง

$$e_{v2} = \left[\frac{(15,80 - x)^3}{53325} - 0,024 \right] x \frac{250}{R_v} \quad (\text{ค.6})$$

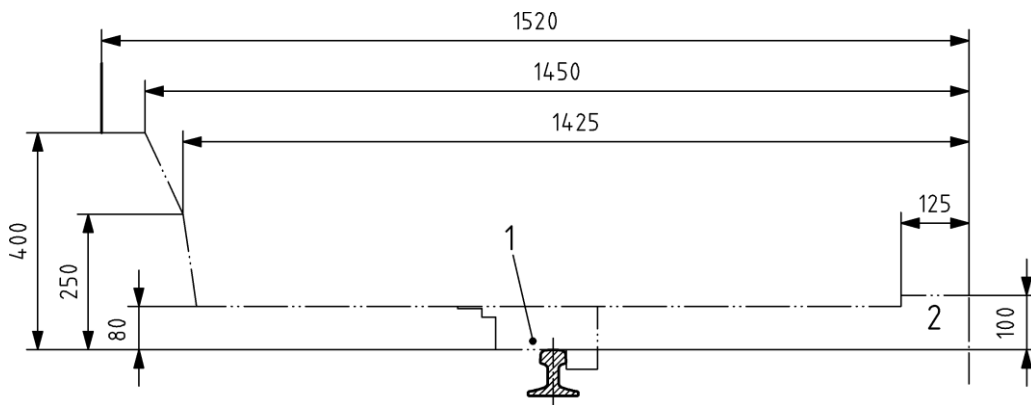


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.9 การลดทอนความสูงพิกัดโครงสร้าง

ค.3.3 ส่วนล่างของ “rolling” roads – พิกัดโครงสร้าง GIC3

พิกัดโครงสร้างที่กล่าวถึงในหัวข้อนี้ใช้กับเส้นทางการเดินรถสำหรับรถชนิดพิเศษ



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.10 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GIC3

คำสำคัญ

- 1 บริเวณพื้นที่ที่ห้ามไม่ให้ติดตั้งโครงสร้างใด ๆ เพื่อให้ล้อรถไฟสามารถวิ่งผ่านได้อย่างสะดวกและปลอดภัย
- 2 บริเวณสำหรับการติดตั้ง contact ramp

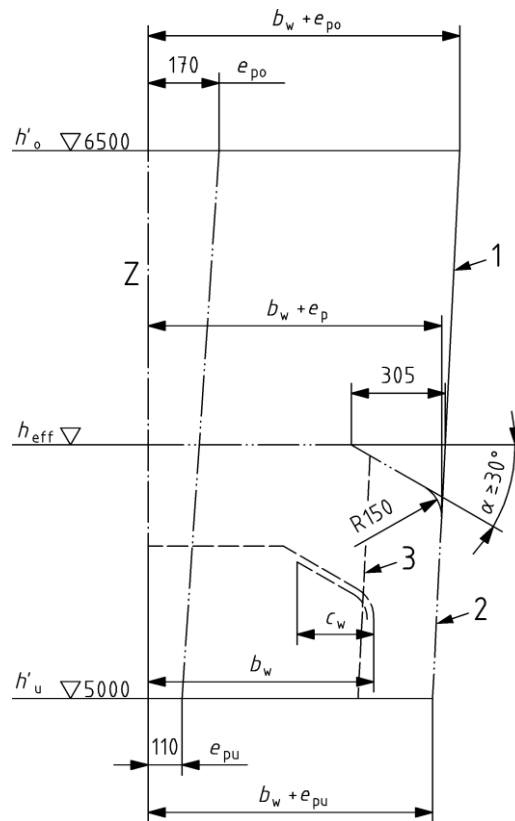
ตารางที่ ค.7 เอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมของพิกัดโครงสร้าง GIC3 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	รัศมีความโค้ง R	S_I (ด้านในโค้ง)	S_a (ด้านนอกโค้ง)
$h = 0.400$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.190 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.230 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
$0.250 < h < 0.400$	ทุกรัศมีความโค้ง	จุด $h = 0.400$ เมตร และจุด $h = 0.250$ เมตร ควรเชื่อมต่อกันโดยเส้นตรง	
$h \leq 0.250$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$250 > R \geq 150$	$\frac{37.5}{R} - 0.140 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{40}{R} - 0.160 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$

ผลกระทบกึ่งสถิติไม่มีผลต่อพิกัดโครงสร้างในกรณีที่ $h < 0.5$ เมตร



ค.4 พิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของ آهنรับไฟ



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ค.11 พิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของ آهنรับไฟ

คำสำคัญ

Z ศูนย์กลางทาง

1 chimney

2 เส้นแนวเชิงกล

3 เส้นแนวเชิงไฟฟ้า

ตารางที่ ค.8 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องสำหรับพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของ آهنรับไฟ (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	รัศมีความโค้ง R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
การเอียงออก จากแนวเดิม เพิ่มเติม S'	ทุกระัศมีความ โค้ง	$\frac{2.5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
qs'	ทุกระัศมีความ โค้ง	$\frac{0.225}{1.5} [D - 0.066]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.225}{1.5} [I - 0.066]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ภาคผนวก ง พิกัดโครงสร้างภายใต้ข้อตกลงระหว่างประเทศและภายในประเทศ

ง.1 ทัวไป

ภาคผนวกนี้อธิบายถึงพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ที่มีใช้ในทวีปยุโรป พิกัดโครงสร้างเหล่านี้มีการใช้งานค่อนข้างจำกัดอยู่ในบางประเทศเท่านั้น

พิกัดโครงสร้างบางชนิดเช่น G2 GB1 และ GB2 เป็นพิกัดโครงสร้างสากลที่ใช้ในภาคผนวก ค เป็นพิกัดโครงสร้างต้นแบบ ส่วนพิกัดโครงสร้างอื่น ๆ ที่จะกล่าวถึงถัดไปเป็นพิกัดโครงสร้างที่มีความแตกต่างโดยสิ้นเชิงจากพิกัดโครงสร้างสากล โดยการเลือกใช้พิกัดโครงสร้างแต่ละชนิดจะเป็นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐาน

พิกัดโครงสร้างทุกชนิด (เชิงสถิติ เชิงจลน์ และเชิงพลวัต) โดยส่วนใหญ่จะมีพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติที่เป็นคู่กันและใช้ชื่อเรียกเดียวกัน ในกรณีที่ไม่มีข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติ ให้ใช้พิกัดโครงสร้างระบุแทน และในกรณีที่ไม่มีพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง ให้ดูเส้นแนวอ้างอิงจาก EN 15273-1 และ EN 15273-2

คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงที่ใช้กับพิกัดโครงสร้างที่กล่าวถึงในภาคผนวกนี้ รวมถึงข้อมูลจำเป็นต่อการคำนวณพิกัดโครงสร้างบริเวณทางโค้ง ได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ ฉ.2

พิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ได้ถูกจัดกลุ่มและอธิบายไว้ในหัวข้อด้านล่าง สำหรับภาคผนวกนี้ ขนาดและระยะที่ใช้ในรูปภาพและสมการมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร และ เมตร ตามลำดับ ยกเว้นระบุเป็นอย่างอื่น

ง.2 พิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ที่มีพิกัดโครงสร้างสากลเป็นตัวต้นแบบ

ง.2.1 พิกัดโครงสร้าง G2

ง.2.1.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้างในกลุ่มนี้ใช้พิกัดโครงสร้างสากล G1 เป็นตัวต้นแบบ โดยเส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้างในกลุ่มนี้ประกอบด้วยพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ที่ใช้ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องเดียวกันกับพิกัดโครงสร้าง G1 (พิกัดโครงสร้างส่วนล่างและพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแขนรับไฟเป็นตัวเดียวกับของ G1)

ง.2.1.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

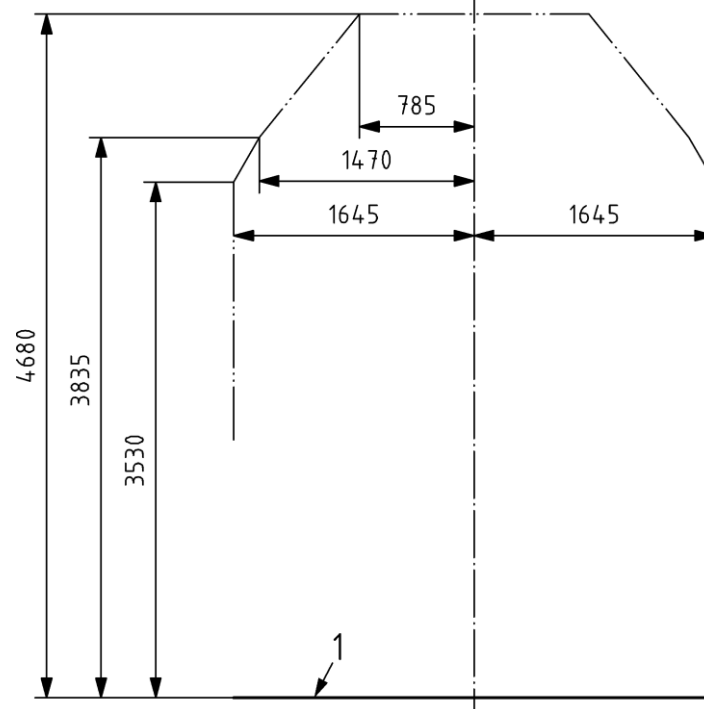
$$L = 1.500 \text{ เมตร และ } l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.4 \text{ เมตร}$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร และ } D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

ง.2.1.3 คำจำกัดความของพิกัดโครงสร้างต่าง ๆ



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.1 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง G2

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

ตารางที่ ง.1 สมการสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิม S และ qs ของพิกัดโครงสร้าง G2 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	รัศมีความโค้ง R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
qs	ทุกระัศมีความโค้ง	$\frac{0.4}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ง.2.2 พิกัดโครงสร้างของ GB1 และ GB2

ง.2.2.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้างจะถูกกำหนดโดยใช้เกณฑ์วัดระดับสากลของ GB และมีข้อแตกต่างเพียงอย่างเดียวในเส้นแนวอ้างอิงในส่วนบน (มากกว่า 3.250 เมตร) ซึ่งจะประกอบด้วยพิกัดโครงสร้างเชิงพลศาสตร์ที่มีข้อบังคับเดียวกัน

เส้นแนวอ้างอิงในส่วนล่างและพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแผนรับไฟจะยึดตามเกณฑ์วัดระดับสากลของ G1

ง.2.2.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{\text{nom}} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.3 \text{ เมตร}$$

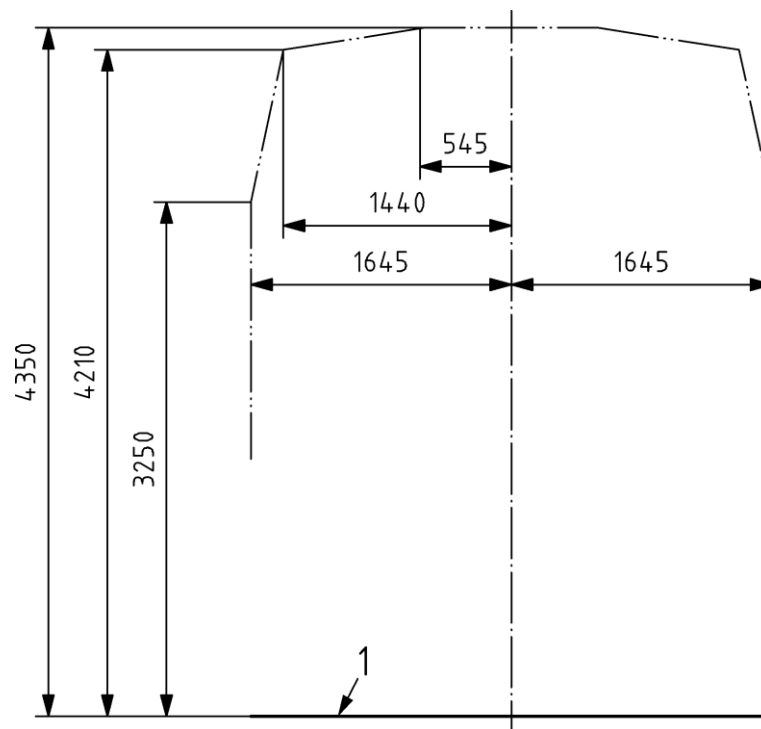
$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

ง.2.2.3 คำจำกัดความของพิกัดโครงสร้างต่าง ๆ

มิตินี้ถูกแสดงอยู่ในหน่วย มิลลิเมตร

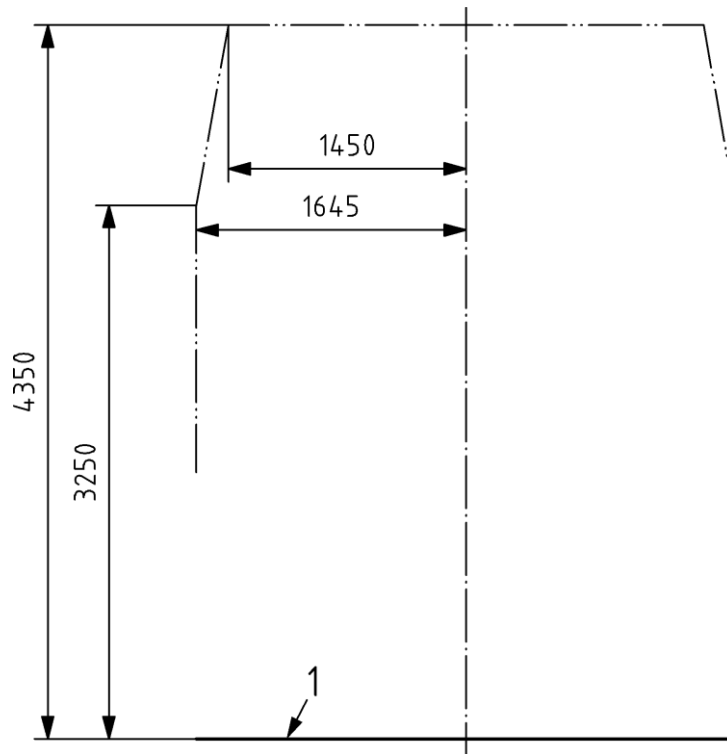


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.2 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GB1

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.3 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของพิกัดโครงสร้าง GB2

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

ง.2.2.4 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ ง.2 ข้อบังคับสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	รัศมีความโค้ง R	s_I (ด้านในโค้ง)	s_a (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.250$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
GB1 $3.250 < h \leq 4.210$ GB2 $3.250 < h \leq 4.350$	ทุกรัศมีความโค้ง	GB1 จุด $h = 3.250$ และจุด $h = 4.210$ เชื่อมกันโดยเส้นตรง GB2 จุด $h = 3.250$ และจุด $h = 4.350$ เชื่อมกันโดยเส้นตรง	
$h \geq 4.210$ (GB1) $h = 4.350$ (GB2)	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{20}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.120 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	



ตารางที่ ง.3 ผลกระทบกึ่งสถิติ q_s (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	q_{sI} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.250$	$\frac{0.4}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$
GB1 $3.250 < h \leq 4.210$ GB2 $3.250 < h \leq 4.350$	จุด $h = 3.25$ เมตร และจุด $h = 4.21$ เมตร หรือ 4.35 เมตร เชื่อมกันโดยเส้นตรง	
$h \geq 3.880$ (GA) $h \geq 4.110$ (GB)	$\frac{0.3}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.3}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ง.3 พิกัดโครงสร้างสถิติที่พัฒนามาจากพิกัดโครงสร้างสากล

ง.3.1 พิกัดโครงสร้าง G1

ง.3.1.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้างนี้ถูกกำหนดโดยใช้พิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ระดับสากลของ G1 และมีความแตกต่างกันเพียงอย่างเดียวในข้อบังคับที่เกี่ยวข้องของพิกัดโครงสร้างเท่านั้น เมื่อความยืดหยุ่น $s_0 = 0.4$ เกิดขึ้น พิกัดโครงสร้างนี้จะถูกรวมเข้ากับพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ G1

ง.3.1.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{\text{nom}} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.2$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร และ } D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$z_0 = 0.025 \text{ เมตร}$$

การยกตัวในแนวตั้งที่นำมาพิจารณามีค่าเท่ากับ 30 มิลลิเมตร

การยกกระดืบในแนวตั้งในส่วนบน ($h \geq 1.175$ เมตร) ถูกระบุไว้

$$\Delta h_{RV} = \frac{50}{R_V} \quad (\text{ง.1})$$

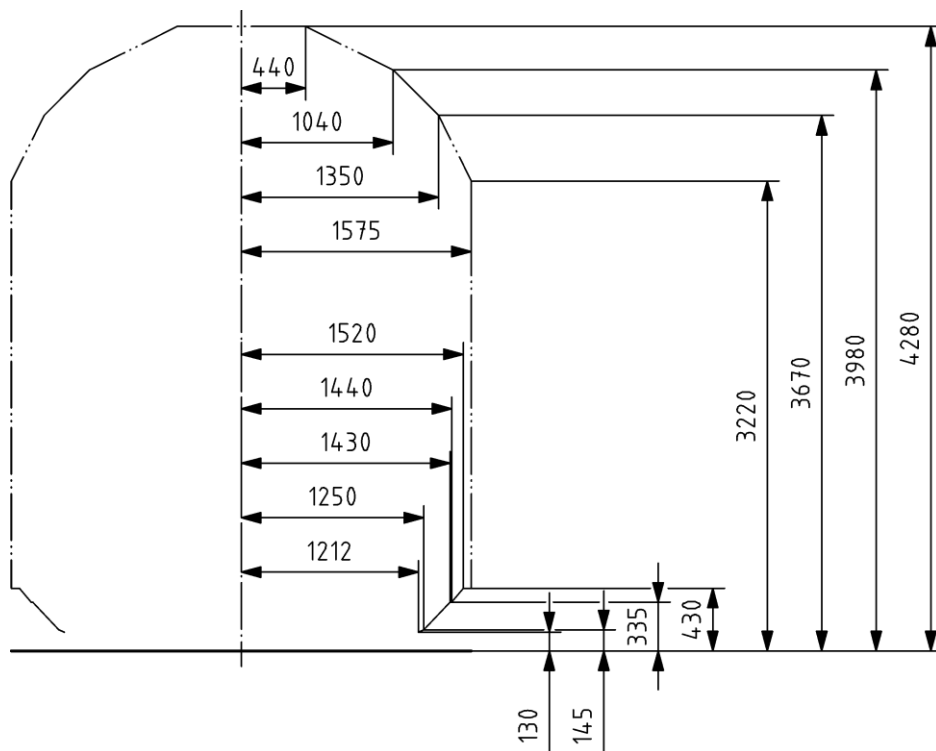
สำหรับส่วนล่าง ($h < 0.4$ เมตร) สมการข้างล่างจะได้

$$\Delta h_{RV} = \frac{-50}{R_V} \text{ แต่ไม่เกิน 80 มิลลิเมตร} \quad (\text{ง.2})$$

การวิ่งผ่านทางลาดย่านสับเปลี่ยนรถไฟต้องปฏิบัติตามข้อบังคับเหมือนกับพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ G1

พิกัดโครงสร้างแนบรับไฟจะถูกรวมเข้ากับพิกัดโครงสร้างแนบรับไฟเชิงจลน์ G1

ง.3.1.3 คำจำกัดความของพิกัดโครงสร้างในส่วนบน



ที่มา: EN15273-3

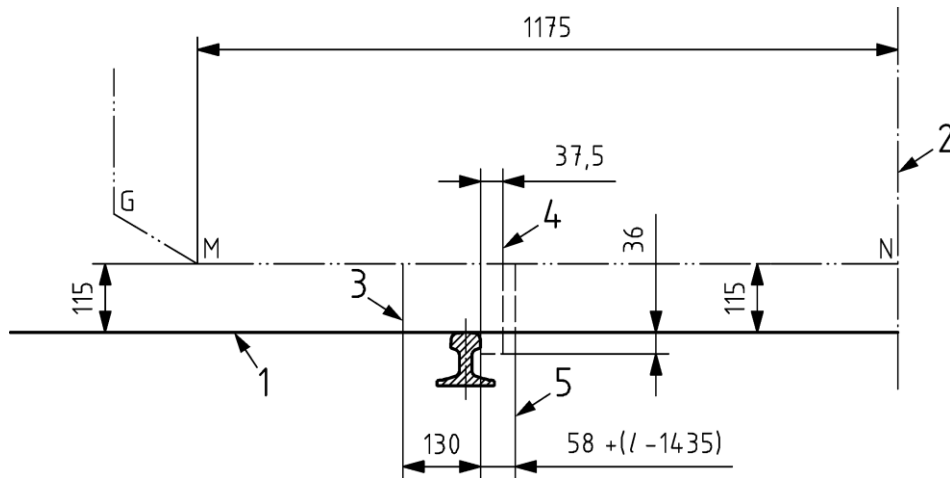
รูปที่ ง.4 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้างเชิงสถิต G1

ตารางที่ ง.4 สมการสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิม S และ qs ของพิกัดโครงสร้าง G1 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	รัศมีความโค้ง R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + 0.045 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.140 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.180 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
qs	ทุกรัศมีความโค้ง	$\frac{0.2}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.2}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ง.3.1.4 ส่วนล่าง

ง.3.1.4.1 การใช้งานทั่วไปของส่วนล่าง GIC 2



ที่มา: EN15273-3

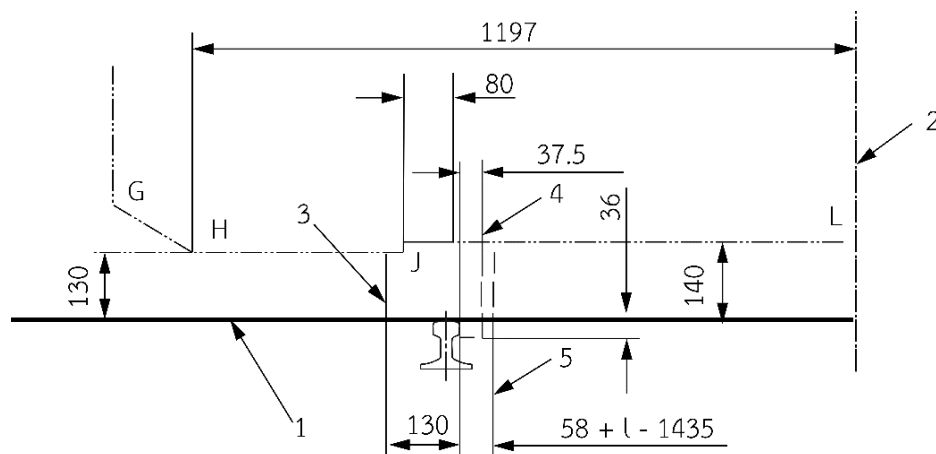
รูปที่ ง.5 เส้นแนวอ้างอิงของส่วนล่าง GIC2

คำสำคัญ

- 1 ผิวทางวิ่ง
- 2 เส้นแนวอ้างอิงของระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง
- 3 ตำแหน่งขอบเขตของผิวนอกล้อ
- 4 ค่าความกว้างมากที่สุดทางทฤษฎีของล้อในเส้นแนวอ้างอิง โดยพิจารณามุมที่เป็นไปได้ของชุดล้อบนราง
- 5 ตำแหน่งประสิทธิผลของพีด้านในของวงล้อ เมื่อล้อด้านตรงข้ามอยู่ในตำแหน่ง flange contact

ง.3.1.4.2 การใช้งานทั่วไปของส่วนล่างในโครงสร้างพื้นฐานที่เข้าได้กับรางเบรค -

GIC1



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.6 เส้นแนวอ้างอิงของส่วนล่างในโครงสร้างพื้นฐานที่เข้าได้กับรางเบรค - GIC1

**คำสำคัญ**

- 1 ผิวทางวิ่ง
- 2 เส้นแนวอ้างอิงของระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง
- 3 ตำแหน่งขอบเขตของผิวนอกล้อ
- 4 ค่าความกว้างมากที่สุดทางทฤษฎีของล้อในเส้นแนวอ้างอิง โดยพิจารณามุมที่เป็นไปได้ของชุดล้อบนราง
- 5 ตำแหน่งประสิทธิผลของผิวด้านในของวงล้อ เมื่อล้อด้านตรงข้ามอยู่ในตำแหน่ง flange contact

ง.3.1.4.3 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ ง.5 ข้อบังคับสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

รัศมีความโค้ง R	S_l (ด้านในโค้ง)	S_a (ด้านนอกโค้ง)
$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{2.5}{R} + 0.045 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.145 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$

ง.3.2 พิกัดโครงสร้าง G2**ง.3.2.1 ทัวไป**

ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของรถไฟสำหรับเส้นแนวอ้างอิงแบบสถิติ G2 คือ $s_{lim} = 0.20$ รายละเอียดเพิ่มเติมใน EN 15273-2

ง.3.2.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.2$$

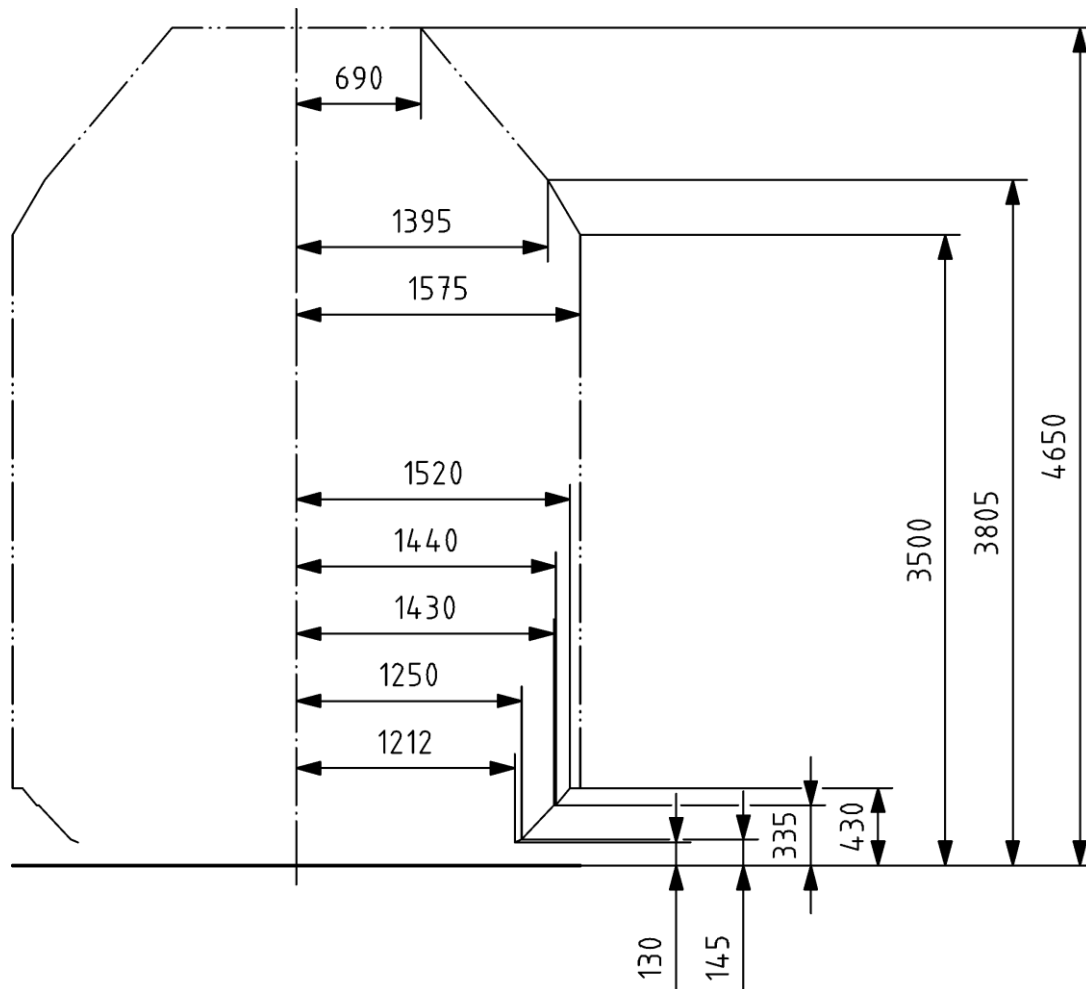
$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$z_0 = 0.025 \text{ เมตร}$$

ง.3.2.3 คำจำกัดความของพิกัดโครงสร้าง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.7 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติ G2

ตารางที่ ง.6 สมการสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิม S และ qs ของพิกัดโครงสร้าง G2 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	รัศมีความโค้ง R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + 0.045 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{3.75}{R} + 0.045 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.140 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.180 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
qs	ทุกรัศมีความโค้ง	$\frac{0.2}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.2}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ง.3.3 พิกัดโครงสร้าง GA, GB และ GC

ง.3.3.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้างนี้ถูกกำหนดโดยใช้พิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ของ GA, GB และ GC โดยมีความแตกต่างกันในข้อบังคับที่เกี่ยวข้องของพิกัดโครงสร้างเท่านั้น เมื่อความยืดหยุ่น $s_0 = 0.3$ เกิดขึ้น พิกัดโครงสร้างนี้จะถูกรวมเข้ากับพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ GA, GB และ GC

ง.3.3.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{\text{nom}} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.3$$

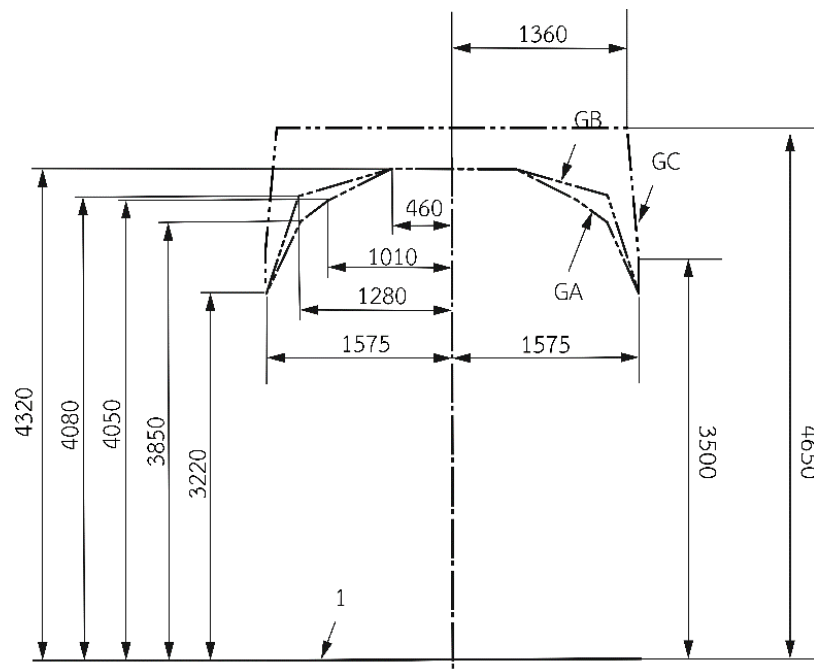
$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$z_0 = 0.025 \text{ เมตร}$$

ง.3.3.3 คำจำกัดความของพิกัดโครงสร้าง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.8 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้างเชิงสถิต GA, GB และ GC

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ตารางที่ ง.7 การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมสำหรับพิกัดโครงสร้าง GA และ GB (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	รัศมี R	S_I (ด้านในโค้ง)	S_a (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.220$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + 0.045 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.140 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.180 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
$3.220 < h \leq 3.880$ (GA) $3.220 < h \leq 4.080$ (GB)	ทั้งหมด	จุด h = 3.22 เมตร และจุด h = 3.88 เมตร หรือ 4.08 เมตร เชื่อมกันโดยเส้นตรง	
$h \geq 3.850$ (GA) $h \geq 4.080$ (GB)	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{20}{R} + 0.045 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.075 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	

ตารางที่ ง.8 ผลกระทบกึ่งสถิติสำหรับพิกัดโครงสร้าง GA และ GB (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
ทั้งหมด	$\frac{0.3}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.3}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ตารางที่ ง.9 การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมสำหรับพิกัดโครงสร้าง GC (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

รัศมี R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + 0.045 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.140 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.180 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$

ตารางที่ ง.10 ผลกระทบกึ่งสถิติสำหรับพิกัดโครงสร้าง GC (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
ทั้งหมด	$\frac{0.3}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.3}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$



ง.4 การใช้พิกัดโครงสร้างสากล

ง.4.1 พิกัดโครงสร้างเบลเยียม BE1, BE2 และ BE3

ง.4.1.1 การใช้งาน

พิกัดโครงสร้าง BE1 BE2 และ BE3 เป็นพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ซึ่งแตกต่างจากพิกัดโครงสร้างระดับสากลในเรื่องเส้นอ้างอิงและสมการสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม โดยที่สมการสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมจะหาได้จากรถไฟสามประเภท ซึ่งแตกต่างจากรถไฟอ้างอิงของพิกัดโครงสร้างสากลนั้น ๆ สำหรับข้อบังคับที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ (ตัวอย่างเช่น ผลกระทบกึ่งสถิติ การเพิ่ม/การลดระยะยกตัว และพิจารณาเหตุการณ์แบบสุ่มเป็นต้น) จะใช้สมการของพิกัดโครงสร้าง G1

คำจำกัดความของพิกัดโครงสร้างจะถูกจำกัดที่เหนือระดับผิวทางวิ่ง 100 มิลลิเมตรขึ้นไป หากมีระดับผิวทางวิ่งต่ำกว่านี้ให้ใช้ข้อบังคับสำหรับ G1 และสำหรับทางรถไฟที่มีรางเบรคจะต้องสอดคล้องกับส่วนล่างของพิกัดโครงสร้าง G1

สำหรับทางรถไฟที่มีสายจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟขนาด 3kV พิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแผนรับไฟจะถูกกำหนดสำหรับแผนรับไฟที่มีความกว้างเท่ากับ 1.760 เมตร ซึ่งแตกต่างจากข้อบังคับของ G1 ที่ $e_{po} = 0.245$ เมตร และ $e_{pu} = 0.170$ เมตร; $s'_0 = 0.4$ เมตร; $l_0 = D_0 = 0.066$ เมตร สำหรับรางที่สายไฟเหนือหัว 25 kV ทางผ่านอิสระของแผนรับไฟของพิกัดโครงสร้าง G1 จะมีความกว้าง 1.600 เมตร (European Head) ตามที่ระบุใน EN 50367

ง.4.1.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ (ยกเว้นแผนรับไฟ) ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.4$$

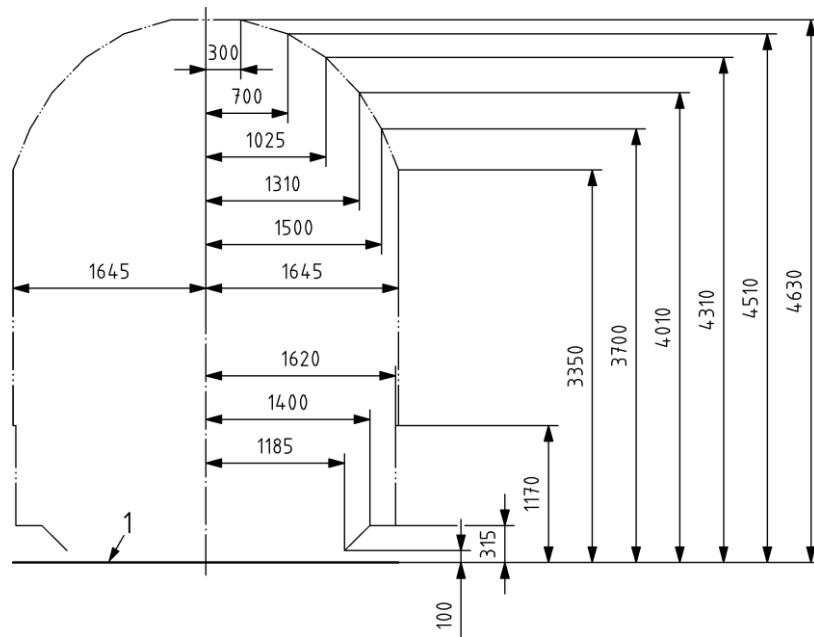
$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$



ง.4.1.3 เส้นแนวอ้างอิง

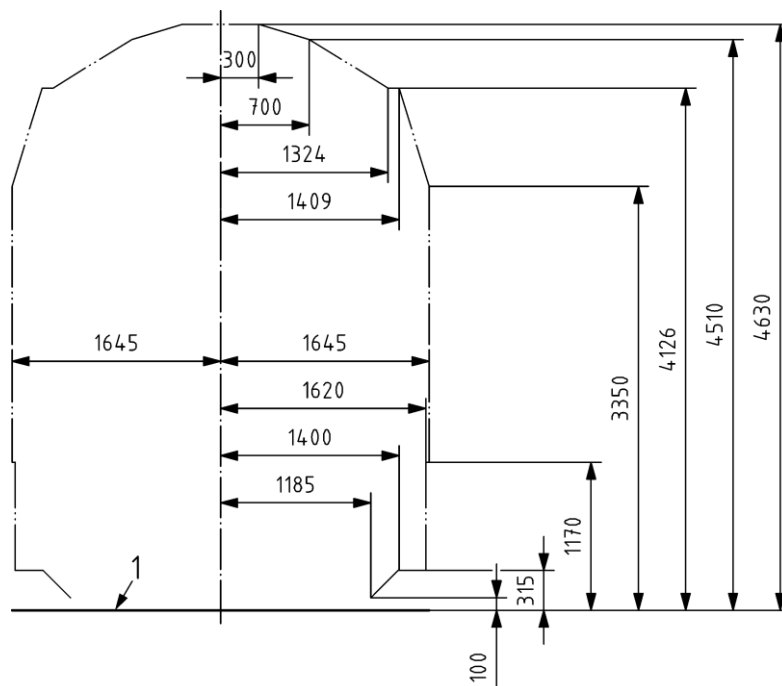


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.9 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง BE1

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

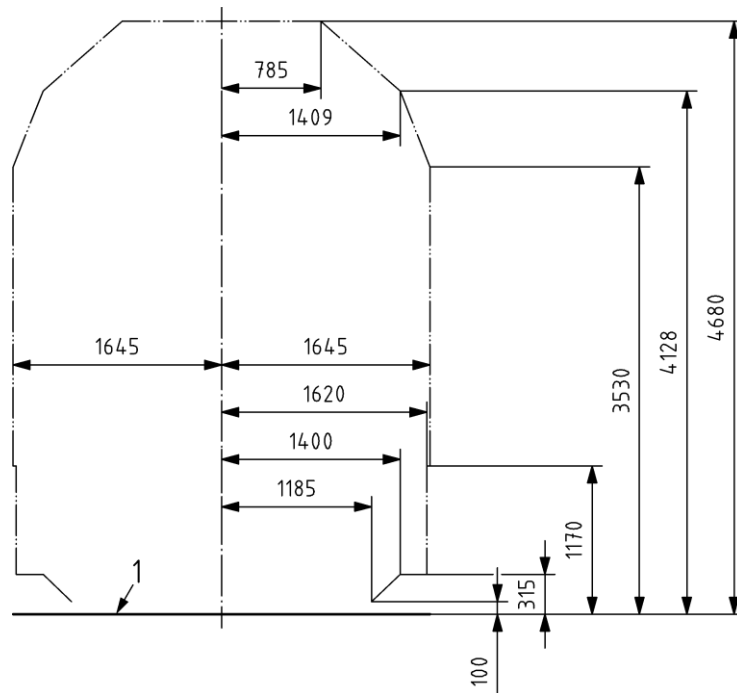


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.10 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง BE2

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.11 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง BE3

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

ง.4.1.4 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ ง.11 ข้อบังคับสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	รัศมี R	S_i (ด้านในโค้ง)	S_o (ด้านนอกโค้ง)
$1.170 < h$	$\infty \geq R \geq 400$	$\frac{6}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{6}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$400 > R \geq 250$	$\frac{28}{R} - 0.055 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{28}{R} - 0.055 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$250 > R \geq 165$	$\frac{40.5}{R} - 0.105 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{40.5}{R} - 0.105 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$165 > R \geq 150$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
$R \leq 1.170$	$\infty \geq R \geq 1000$	$\frac{5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{5}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$1000 > R \geq 165$	$\frac{26.47}{R} - 0.0215 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{26.47}{R} - 0.0215 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
	$165 > R \geq 150$	$\frac{40.5}{R} - 0.105 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{40.5}{R} - 0.105 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$

ตารางที่ ง.12 ผลกระทบกึ่งสถิติ (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
สำหรับทุกความสูง	$\frac{0.4}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ง.4.2 พิกัดโครงสร้างฝรั่งเศส FR-3.3

ง.4.2.1 การใช้งาน

พิกัดโครงสร้างนี้ถูกกำหนดโดยใช้พิกัดโครงสร้างระดับสากลของ GB และมีความแตกต่างกันในเรื่องของเส้นแนวอ้างอิงส่วนบน (มากกว่า 3.250 เมตร) เท่านั้น ซึ่งประกอบด้วยพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ที่มีข้อบังคับที่เกี่ยวข้องเดียวกันเส้นแนวอ้างอิงในส่วนล่าง และพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแผนบริบไฟจะยึดตามเกณฑ์วัดระดับสากลของ G1

ง.4.2.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{\text{nom}} = 1.435 \text{ เมตร}$$

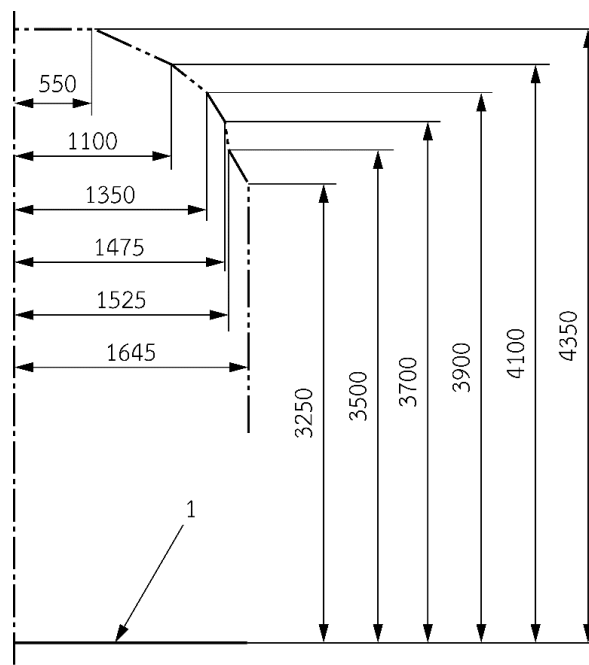
$$s_0 = 0.3$$

$$h_{\text{co}} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

ง.4.2.3 คำจำกัดความของพิกัดโครงสร้าง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.12 พิกัดโครงสร้าง FR-3.3

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ตารางที่ ง.13 ข้อบังคับสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	รัศมี R	S_i (ด้านในโค้ง)	S_o (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.250$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
$h \geq 3.500$	$\infty \geq R \geq 150$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	

ตารางที่ ง.14 ผลกระทบกึ่งสถิติ (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.250$	$\frac{0.4}{1.500} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.500} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$
$h \geq 3.500$	$\frac{0.3}{1.500} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.3}{1.500} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$
หมายเหตุ จุดที่ $h = 3.250$ เมตร และ จุดแรกที่ $h > 3.250$ เมตร พิกัดโครงสร้างขอบเขตจะเชื่อมกันโดยเส้นตรง		

ง.4.3 พิกัดโครงสร้างโปรตุเกส PTb, PTb+ และ PTC

ง.4.3.1 ทัวไป

- พิกัดโครงสร้างนี้ถูกนิยามขึ้นสำหรับการจราจรแบบรางในประเทศโปรตุเกส ซึ่งถูกใช้มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950
- พิกัดโครงสร้างนี้แตกต่างกับพิกัดโครงสร้างสากลทั้งเส้นแนวอ้างอิงและข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้หากพิกัดโครงสร้างรางมีขนาดใหญ่ขึ้น สมการสำหรับการยกโค้งขาและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องจะแปรผันเมื่อเทียบกับพิกัดโครงสร้างสากล
- พิกัดโครงสร้างเหล่านี้ประกอบด้วยพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์เหมือนกับที่ระบุไว้ใน European Standard ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้ค่าสูงสุดของข้อบังคับจากพิกัดโครงสร้างสากล

สำหรับส่วนล่าง มีเส้นอ้างอิงเฉพาะสำหรับทางรถไฟสายหลักและทางรถไฟบริเวณรางเบรค ส่วนข้อบังคับที่เหมือนกับพิกัดโครงสร้างสากล G1 คือ ความสูงอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแผนบริบ์ไฟ โดยการพิจารณาพิกัดโครงสร้างเหล่านี้ถูกแสดงในภาคผนวก ฉ

ง.4.3.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.733 \text{ เมตร}$$

$$l_{\text{nom}} = 1.688 \text{ เมตร;}$$

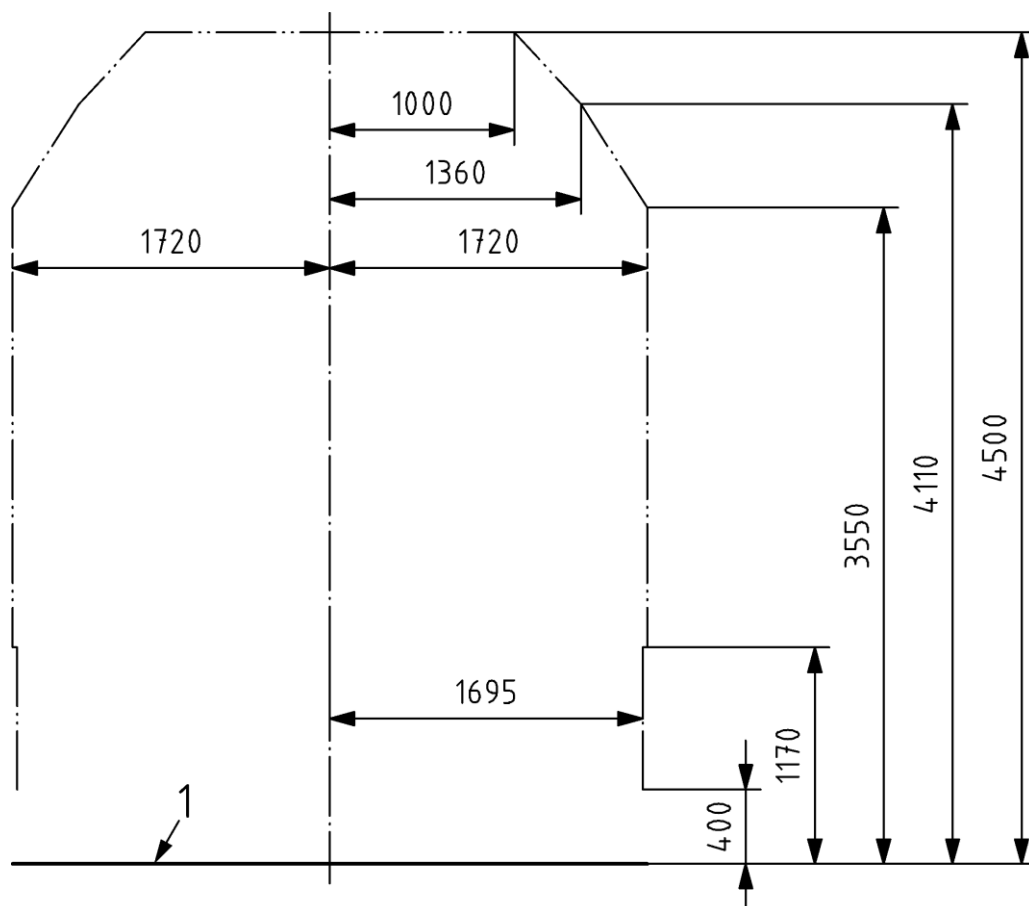
$$s_0 = 0.4;$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร;}$$

$$l_0 = 0.0 \text{ เมตร}$$

$$D_0 = 0.0 \text{ เมตร;}$$

ง.4.3.3 เส้นแนวอ้างอิงของส่วนบน

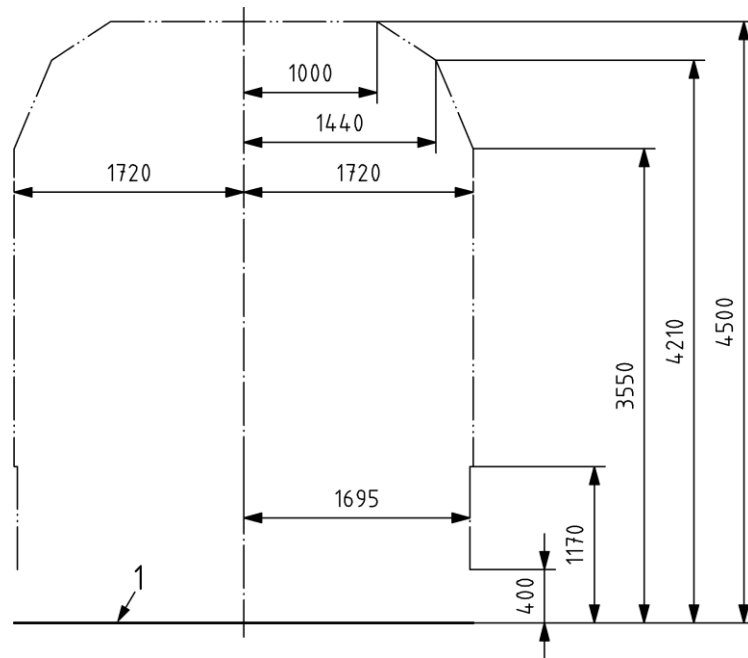


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.13 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง PTb

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

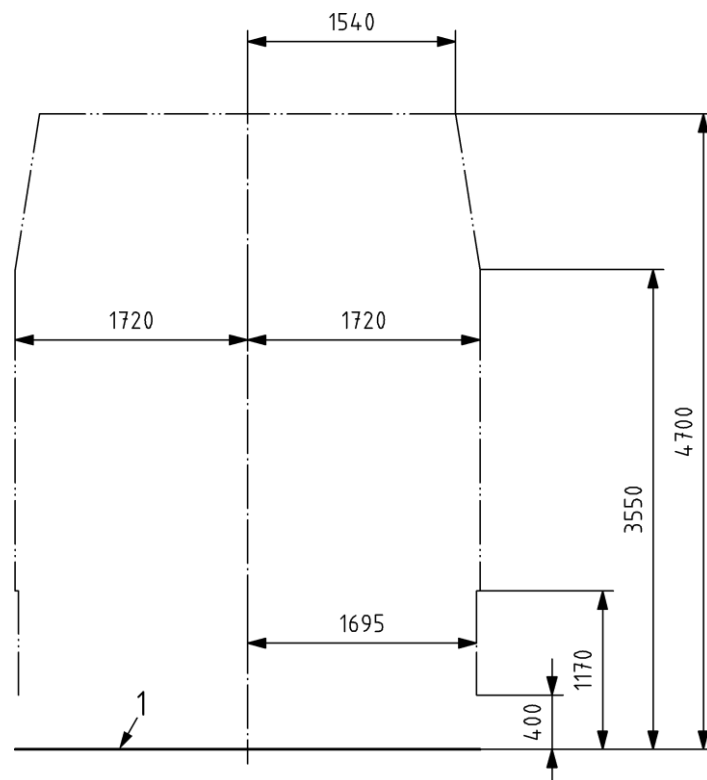


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.14 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง PTb+

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



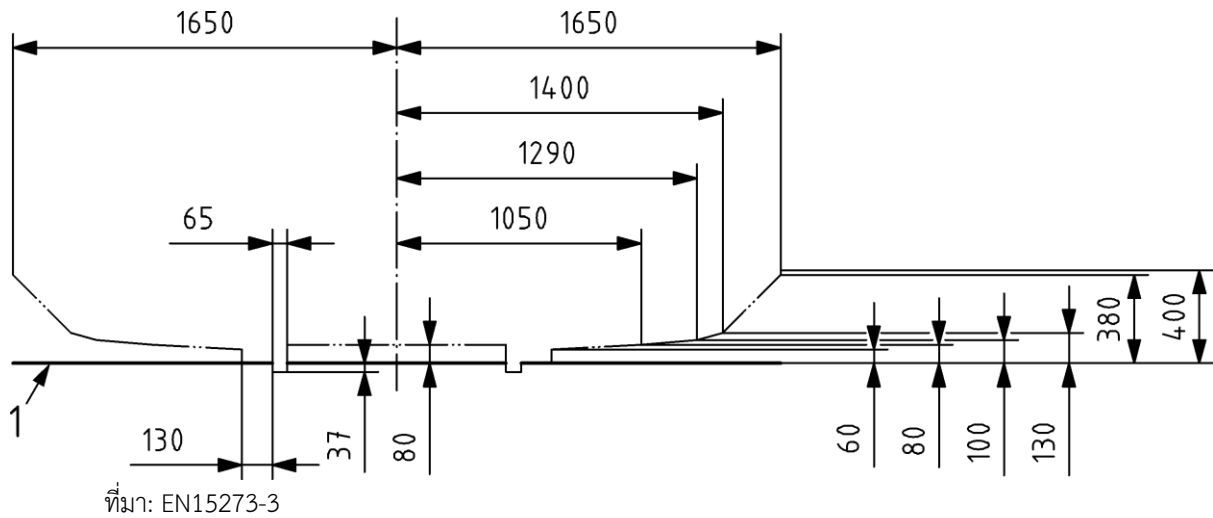
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.15 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง PTc

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

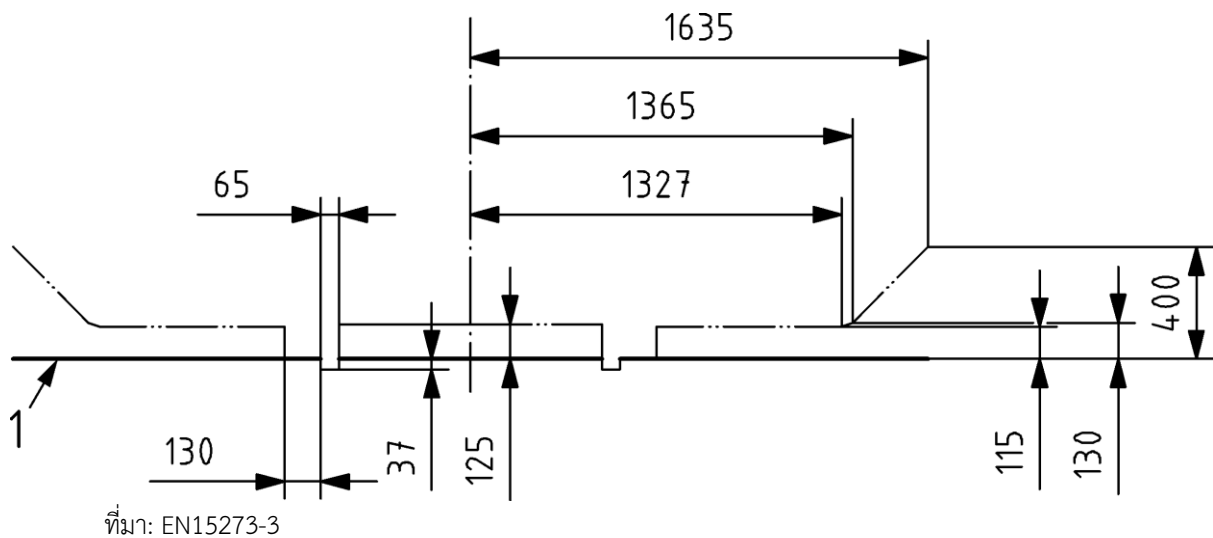
ง.4.3.4 เส้นแนวอ้างอิงของส่วนล่าง



รูปที่ ง.16 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับส่วนล่างทางรถไฟที่ไม่ติดตั้งรางเบรค

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



รูปที่ ง.17 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับส่วนล่างทางรถไฟที่ติดตั้งรางเบรค

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ง.4.3.5 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องสามารถใช้ได้ทั่วไปสำหรับเส้นอ้างอิงที่ได้ถูกนิยามไว้ข้างต้น

ตารางที่ ง.15 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	รัศมี R	S_i (ด้านในโค้ง)	S_o (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 0.400$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.668}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.190 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.230 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$
$0.400 < h \leq 0.700$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{23.25}{R} + \frac{\lambda - 1.668}{2} + 0.070$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.037 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.077 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$
$0.700 < h \leq 1.170$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{31.75}{R} + \frac{\lambda - 1.668}{2} + 0.029$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.044 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.084 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$
$1.170 < h \leq 3.550$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{31.75}{R} + \frac{\lambda - 1.668}{2} + 0.004$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.069 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.109 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$
$4.110 \leq h(CPb)$	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{20}{R} + \frac{\lambda - 1.668}{2}$	
$4.210 \leq h(CPb+)$	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.120 + \frac{\lambda - 1.668}{2}$	

ตารางที่ ง.16 ผลกระทบกึ่งสถิติ (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

ความสูง h	q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
ความสูงทั้งหมด	$\frac{0.4}{1.733} D_{>0}[h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.733} I_{>0}[h - 0.5]_{>0}$

ง.4.3.6 การเพิ่ม/การลดของการยกตัวในแนวดิ่ง

การเพิ่มในแนวดิ่งของส่วนบนแสดงดังสมการด้านล่าง

$$\Delta h_{RV} = \frac{50}{R_v} \quad (ง.3)$$

สำหรับการลดในแนวดิ่งของส่วนล่างแสดงดังสมการด้านล่าง

$$\Delta h_{RV} = \frac{-50}{R_v} \quad (ง.4)$$

ง.4.4 พิกัดโครงสร้างฟินแลนด์ FIN1

ง.4.4.1 ทัวไป

- พิกัดโครงสร้างนี้ถูกนิยามสำหรับการจราจรระบบรางในประเทศฟินแลนด์
- พิกัดโครงสร้างนี้แตกต่างกับพิกัดโครงสร้างสากลในเรื่องของเส้นอ้างอิงและข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้เมื่อพิกัดโครงสร้างระบบรางใหญ่ขึ้นสมการของการยกโค้งขาด และข้อบังคับที่เกี่ยวข้องจะแปรผันเมื่อเทียบกับพิกัดโครงสร้างสากล
- พิกัดโครงสร้างนี้คือพิกัดโครงสร้างเชิงสถิติที่ใกล้เคียงกับข้อบังคับที่แสดงใน European Standard แต่พิกัดโครงสร้างนี้มีความแตกต่างกับพิกัดพิกัดโครงสร้างอย่างมาก
- ในกรณีที่ไม่มีข้อบังคับใด ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับการกำหนดค่าที่ยอมให้ได้ใช้พิกัดโครงสร้างระบุที่แสดงในมาตรฐานนี้ เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างนี้แสดงอยู่ใน EN 15273-2 ซึ่งมาจากพิกัดโครงสร้างระบุ และสามารถใช้ได้กับข้อบังคับในมาตรฐานนี้สำหรับการหาพิกัดโครงสร้างขอบเขตหรือพิกัดโครงสร้างบำรุงทาง
- พิกัดโครงสร้างระบุนี้รวมถึง ผลกระทบของการขยายขอบทาง ผลกระทบกึ่งสถิติที่เกิดขึ้นจากการยกโค้งขาด และค่าที่ยอมให้สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่มทั้งหมด
- พิกัดโครงสร้างนี้ประกอบด้วย ส่วนล่าง ส่วนบน และพิกัดโครงสร้างผ่านอิสระของแผนรับไฟ รวมทั้งข้อแนะนำสำหรับการการเดินรถไฟตลอดแนวที่มีรางเบรค

ในกรณีที่ไม่มีข้อบังคับที่เกี่ยวข้องจะทำให้ไม่สามารถหาระยะทางระหว่างศูนย์กลางขอบเขตได้ ดังนั้นระยะทางระหว่างศูนย์กลางระบุได้แสดงไว้ด้านล่างนี้

ง.4.4.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.600 \text{ เมตร}$$

$$l_{\text{nom}} = 1.524 \text{ เมตร}$$

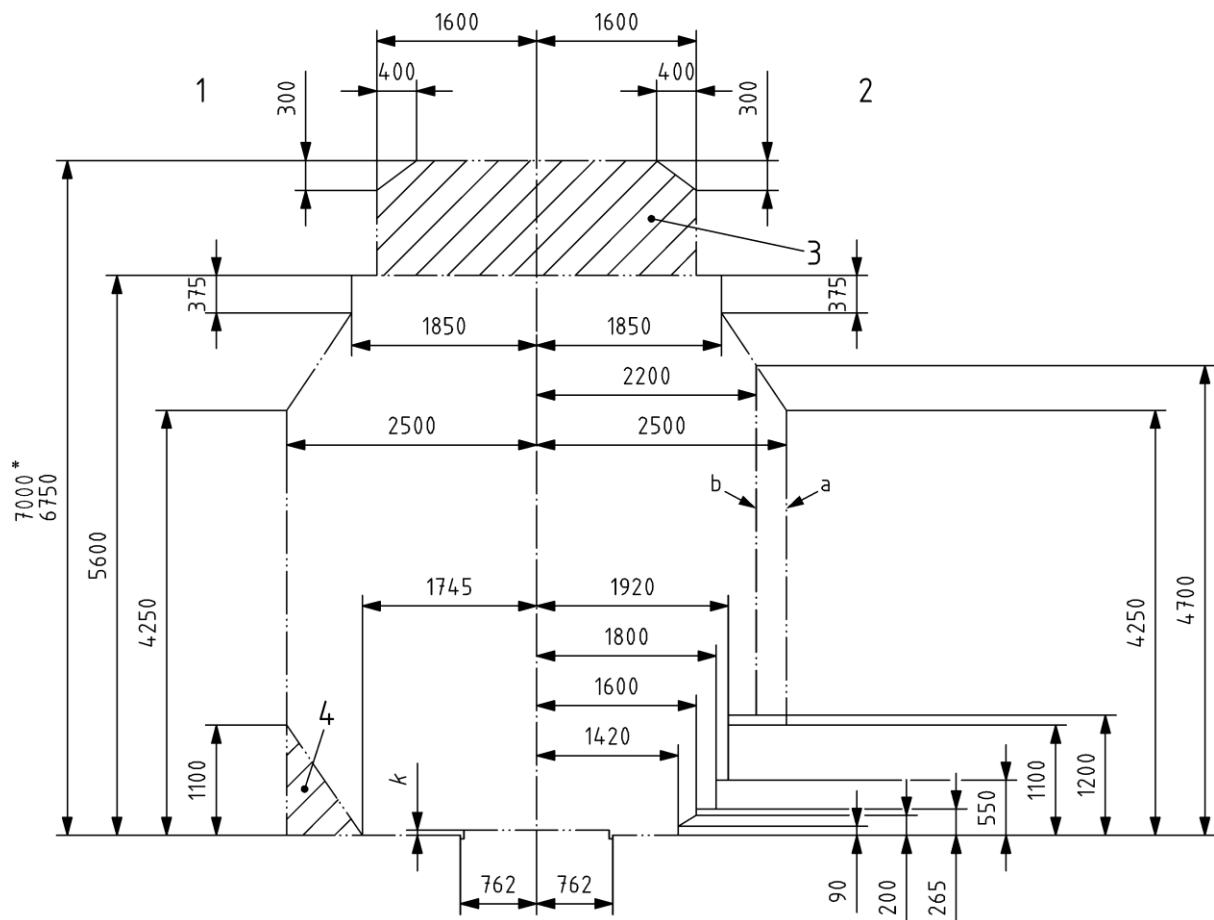
$$s_0 = 1 \text{ (ด้านในโค้ง)}$$

$$s_0 = 0 \text{ (ด้านนอกโค้ง)}$$

$$h_{c0} = 0 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = D_0 = 0 \text{ เมตร}$$

ง.4.4.3 เส้นแนวอ้างอิงของส่วนบน



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.18 พิกัดโครงสร้างระบุ FIN1

คำสำคัญ

- 1 พิกัดโครงสร้างที่ใช้งานบนเส้นทางวิ่ง (ภายนอกสถานี)
- 2 พิกัดโครงสร้างที่ใช้งานในบริเวณสถานี
 - a สำหรับเส้นทางหลัก
 - b สำหรับเส้นทางรอง
- 3 พื้นที่ที่ใช้งานบริเวณสายไฟฟ้าเหนือหัวรถไฟ (สำหรับแผนบรีปไฟและสายสัมผัส)
- 4 พื้นที่อาจให้มีโครงสร้าง (ตัวอย่าง สัญญาณ และ ballast profile เป็นต้น)

$k = 50$ มิลลิเมตร สำหรับ $R_v > 1,000$ เมตร

= -50 + R_v / 10 มิลลิเมตร สำหรับ 500 เมตร > R_v > 1,000 เมตร

= 0 มิลลิเมตร สำหรับ 500 เมตร $\geq R_v$

(*) 6,750 สำหรับ $V \leq 160$ กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือ 7,000 สำหรับ $V > 160$ กิโลเมตร/ชั่วโมง



ง.4.4.4 ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

มิติของเส้นแนวจะถูกเพิ่มขึ้นด้วยค่าการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมและผลกระทบกึ่งสถิติ การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมจะเหมือนกันทั้งภายในโค้งและภายนอกโค้ง

$$S_i = S_a = \frac{36}{R} \quad (\text{ง.5})$$

การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมไม่สามารถใช้ได้กับพิกัดโครงสร้างแนบรับไฟที่มี $h > 5.6$ เมตร และผลกระทบกึ่งสถิติจะถูกจำกัดไว้ด้านในโค้ง

$$\begin{aligned} qs_i &= \frac{1}{1.6} Dh \\ qs_a &= 0 \end{aligned} \quad (\text{ง.6})$$

ง.4.4.5 ระยะระหว่างศูนย์กลางระบู่

ระยะระหว่างศูนย์กลางอย่างน้อยควรเท่ากับระยะระหว่างศูนย์กลางระบู่ที่แปรผันกับความเร็วดังแสดงในตารางข้างล่าง ในกรณีที่เส้นทางใหม่ ระยะระหว่างศูนย์กลางระบู่จะมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 4.500 เมตร

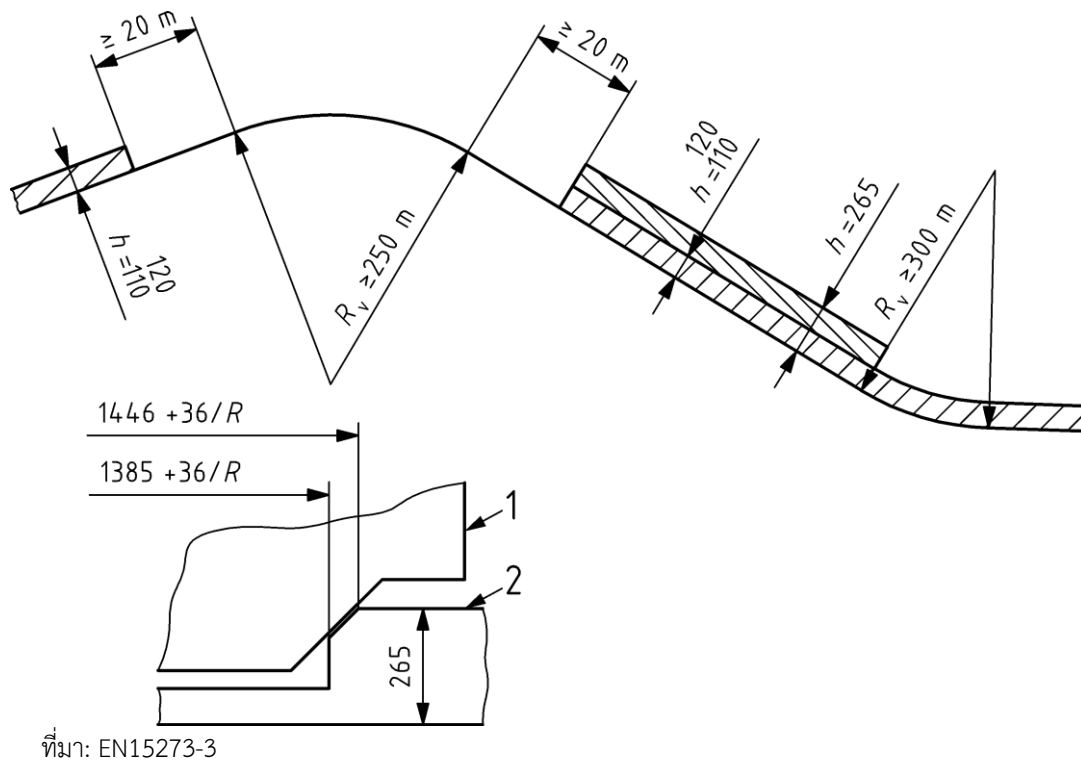
ตารางที่ ง.17 ระยะระหว่างศูนย์กลางระบู่

EA มิลลิเมตร	V_{max} กิโลเมตร/ชั่วโมง
4,100 + ΔEA	140
4,300 + ΔEA	200
4,500	250
4,700	>250

ตารางที่ ง.18 ค่าสำหรับ ΔEA (มิลลิเมตร)

R มิลลิเมตร	$EA_{max} = 4,100$ มิลลิเมตร	$EA_{nom} = 4,300$ มิลลิเมตร
>4,000	-	-
4,000...1,500	50	-
1,499...800	100	-
799...400	200	-
399...250	300	100
220...249	400	200

ง.4.4.6 ทางลาดย่านสับเปลี่ยนรถไฟ



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.19 FIN1 - ทางลาดย่านสับเปลี่ยนรถไฟที่มีรางเบรค

คำสำคัญ

- 1 พิกัดโครงสร้างรถไฟ
- 2 รางเบรค

ง.4.5 พิกัดโครงสร้างสวิตเดน SEa และ SEc

ง.4.5.1 ทัวไป

- พิกัดโครงสร้างนี้ถูกนิยามสำหรับการจราจรระบบรางในประเทศสวีเดน
- พิกัดโครงสร้างนี้แตกต่างกับพิกัดสากลในเรื่องของข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง โดยพิกัดโครงสร้างนี้ประกอบด้วยพิกัดโครงสร้างเชิงพลวัต และการกำหนดค่าที่ยอมให้สำหรับเหตุการณ์แบบสุ่ม ซึ่งมีค่าตามข้อบังคับที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้ สำหรับส่วนล่าง เส้นอ้างอิง พิกัดโครงสร้างสวิตเดนมีเฉพาะส่วนหลักของการจราจรสายหลักและทางวิ่งตลอดแนวรางเบรค และข้อบังคับที่เหมือนกับพิกัดโครงสร้างสากล G1 สำหรับพิกัดโครงสร้างทางผ่านอิสระของแขนรับไฟ และความสูงอ้างอิงจะถูกนำมาใช้พิจารณาไฟฟ้าอ้างอิง ซึ่งพิกัดโครงสร้างเหล่านี้ถูกแสดงในตารางที่ ฉ.2 ในมาตรฐานนี้

ง.4.5.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

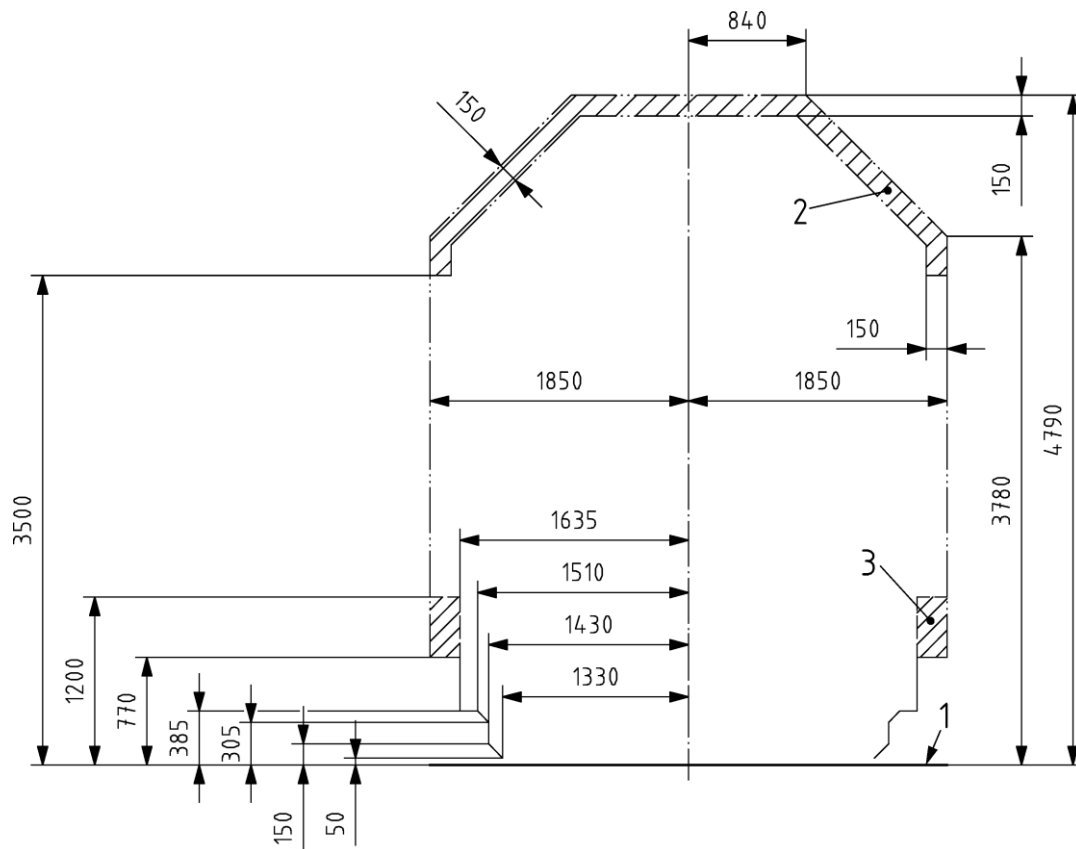
$$l_{\text{nom}} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$h_{c0} = 0.77 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = D_0 = 0 \text{ เมตร}$$

ง.4.5.3 การกำหนดพิกัดโครงสร้าง

เส้นแนวอ้างอิงเชิงพลวัตได้แสดงข้างล่าง พื้นที่ที่แรเงาคือพื้นที่ไม่อนุญาตให้มีการติดตั้งส่วนที่มีกระแสไฟฟ้าบนหลังการถ

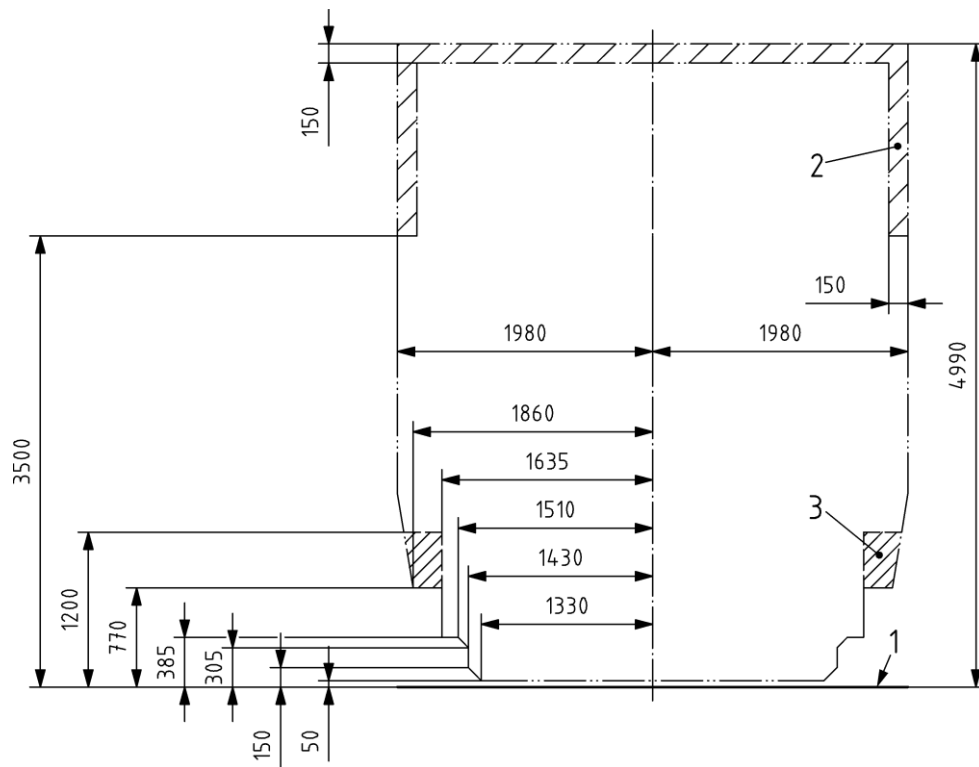


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.20 เส้นแนวอ้างอิงเชิงพลวัต SEa

คำสำคัญ

- 1 ผิวทางวิ่ง
- 2 บริเวณที่อนุญาตสำหรับอุปกรณ์ที่มีฉนวนเท่านั้น
- 3 บริเวณสำหรับขบวนขบวนถ่าย

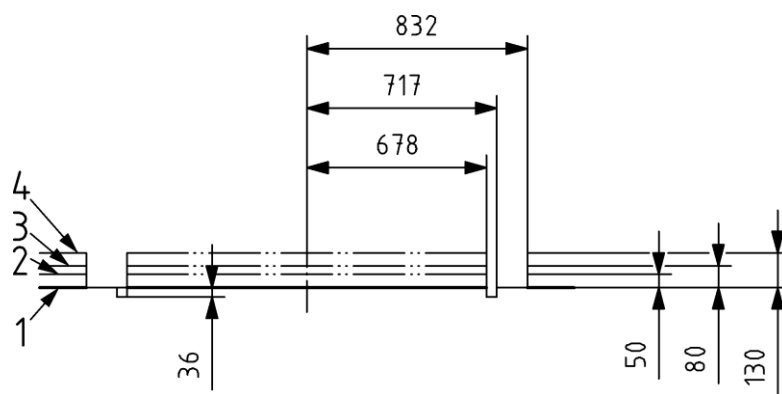


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.21 เส้นแนวอ้างอิงเชิงพลวัต SEC

คำสำคัญ

- 1 ผิวทางวิ่ง
- 2 บริเวณที่อนุญาตสำหรับอุปกรณ์ที่มีฉนวนเท่านั้น
- 3 บริเวณสำหรับพานพาเลนถ่าย



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.22 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับส่วนล่างสำหรับ SEa และ SEc

คำสำคัญ

- 1 ผิวทางวิ่ง
- 2 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับรถที่ไม่ได้รับอนุญาตให้ข้ามรางเบรค
- 3 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับรถที่อนุญาตให้ข้ามรางเบรคใน non activated position
- 4 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับรถที่อนุญาตให้ข้ามรางเบรคใน activated position



ตารางที่ ง.19 สมการการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมของส่วนล่างสำหรับ SEa และ SEc (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	รัศมี R	S_i (ด้านในโค้ง)	S_a (ด้านนอกโค้ง)
การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม $S_{i/a}$	ทั้งหมด	$\frac{41}{R} + \frac{I_{max} - 1.435}{2}$	$\frac{31}{R} + \frac{I_{max} - 1.435}{2}$

ง.4.6 พิกัดโครงสร้างเยอรมัน DE1

ง.4.6.1 ทั่วไป

- พิกัดโครงสร้างนี้ถูกกำหนดโดยใช้พื้นฐานมาจากพิกัดโครงสร้าง G1 (หรือ G2) โดยแตกต่างในเรื่องของส่วนข้างที่มีรัศมี < 500 เมตรเท่านั้น ซึ่งสามารถใช้ได้ทั่วทั้งเส้นแนวที่ถูกขยายความกว้าง และนำมาพิจารณาเมื่อมีค่าเกินพิกัดโครงสร้าง G1 (หรือ G2) เท่านั้น ข้อมูลเพิ่มเติมถูกระบุไว้ใน EN 15273-1
- พิกัดโครงสร้างนี้ถูกใช้สำหรับการทำงานของ ICE รถไฟความเร็วสูงในหลายประเทศในยุโรป (เยอรมัน, ออสเตรีย, สวิตเซอร์แลนด์)

ง.4.6.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร;}$$

$$s_0 = 0.28 \text{ เมตร;}$$

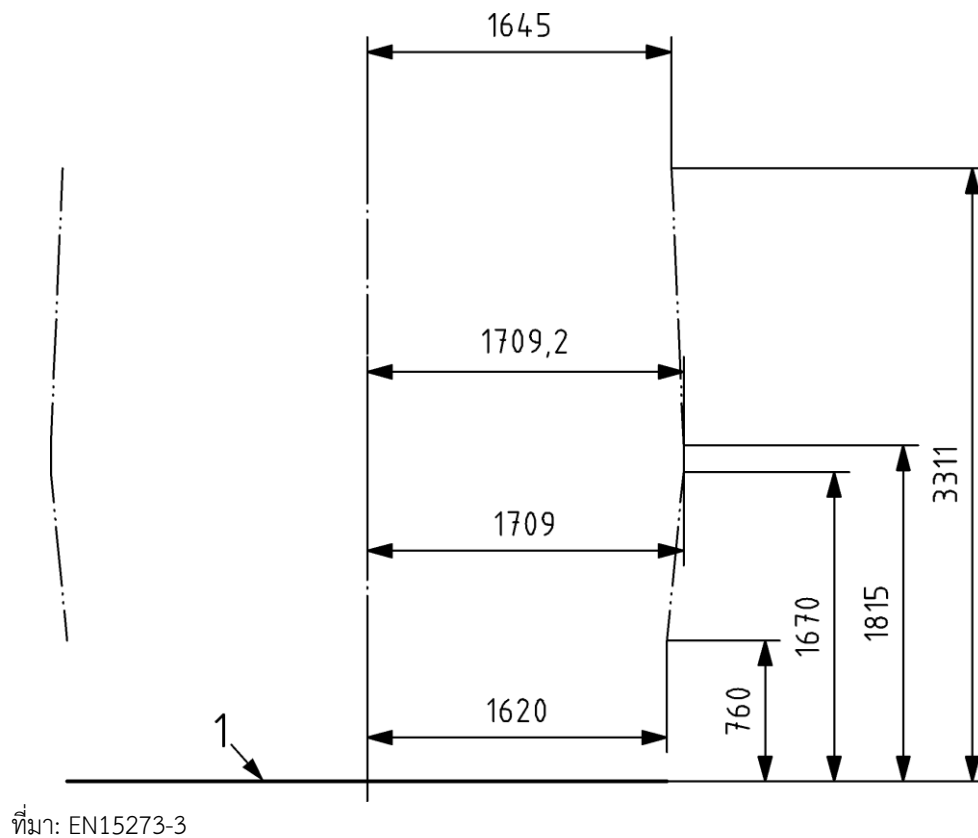
$$h_{c0} = 0.7 \text{ เมตร;}$$

$$l_0 = 0.05$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร;}$$

ง.4.6.3 การกำหนดพิกัดโครงสร้าง

เส้นแนวอ้างอิงใช้ในการจำกัดความของส่วนเสริมที่อยู่ด้านในโค้ง ส่วนนี้จะไม่ถูกพิจารณาเมื่อส่วนเสริมนี้มีค่าเกินกว่าส่วนข้างของพิกัดโครงสร้าง G1



รูปที่ ง.23 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้าง DE1

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

ตารางที่ ง.20 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้าง DE1 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	รัศมี R	S_l (ด้านในโค้ง)	S_u (ด้านนอกโค้ง)
การเอียง ออกจาก แนวเดิม เพิ่มเติม S	$500 \geq R \geq 250$	$\frac{35.906}{R} - 0.1283 + \frac{l - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{45.906}{R} - 0.1684 + \frac{l - 1.435}{2}$	
qs	$500 \geq R \geq 150$	$\frac{0.28}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.7]_{>0}$	$\frac{0.28}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.7]_{>0}$

ง.4.7 พิกัดโครงสร้างเยอรมัน DE2

ง.4.7.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้างนี้ถูกกำหนดโดยใช้พื้นฐานมาจากพิกัดโครงสร้าง G2 ซึ่งมีความสูงระหว่าง 3.765 เมตร ถึง 4.335 เมตร เพื่อให้ตู้โดยสารสองชั้นสามารถวิ่งผ่านได้

ง.4.7.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{\text{nom}} = 1.435 \text{ เมตร}$$

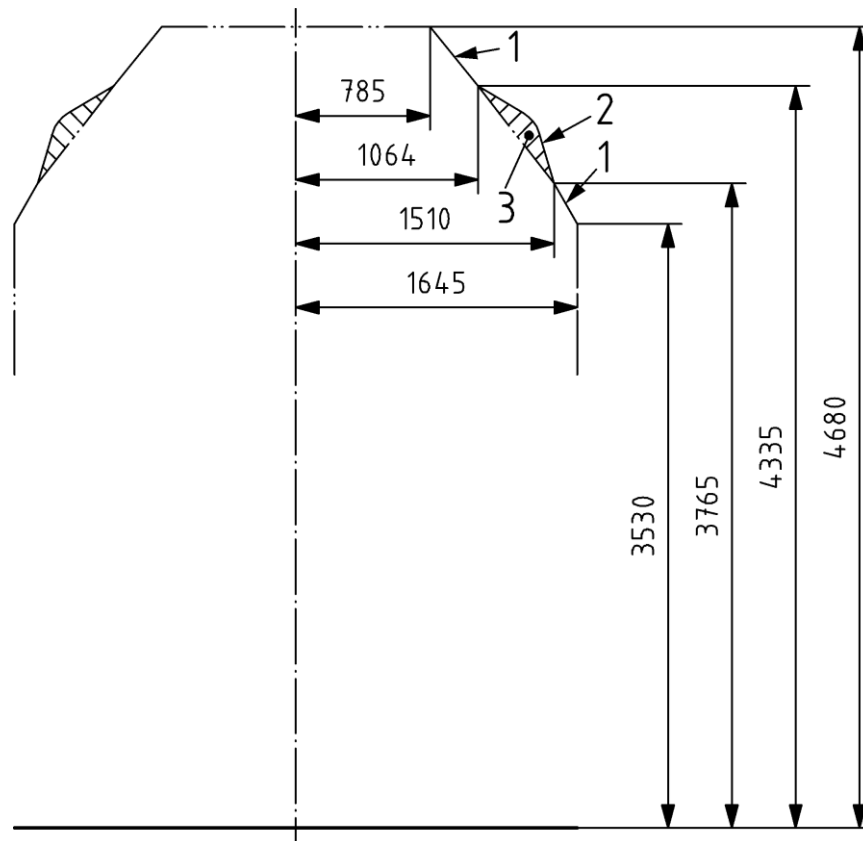
$$s_0 = 0.4 \text{ เมตร}$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = 0.05$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

ง.4.7.3 การกำหนดพิกัดโครงสร้าง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.24 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้าง DE2

คำสำคัญ

- 1 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของ G2
- 2 เส้นแนวอ้างอิงเชิงจลน์ของ DE2
- 3 ส่วนเสริมที่เกี่ยวข้องกับพิกัดโครงสร้าง G2



การเพิ่มขึ้นของขนาดเมื่อเทียบกับพิกัดโครงสร้าง G2 ได้แสดงไว้ในตารางข้างล่าง
 ตารางที่ ง.21 รายละเอียดของเส้นแนวอ้างอิง DE2 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

h_{RP} เมตร	b_{RP} เมตร	h_{RP} เมตร	b_{RP} เมตร	h_{RP} เมตร	b_{RP} เมตร	h_{RP} เมตร	b_{RP} เมตร
3.53	1.645	3.905	1.454	4.055	1.388	4.205	1.249
3.765	1.51	3.915	1.45	4.065	1.383	4.215	1.234
3.775	1.506	3.925	1.445	4.075	1.378	4.225	1.223
3.785	1.502	3.935	1.441	4.085	1.372	4.235	1.208
3.795	1.498	3.945	1.437	4.095	1.366	4.245	1.194
3.805	1.494	3.955	1.432	4.105	1.359	4.255	1.18
3.815	1.49	3.965	1.428	4.115	1.352	4.265	1.166
3.825	1.486	3.975	1.423	4.125	1.343	4.275	1.154
3.835	1.483	3.985	1.419	4.135	1.333	4.285	1.137
3.845	1.478	3.995	1.415	4.145	1.323	4.295	1.124
3.855	1.474	4.005	1.411	4.155	1.311	4.305	1.108
3.865	1.47	4.015	1.406	4.165	1.298	4.315	1.093
3.875	1.466	4.025	1.401	4.175	1.286	4.325	1.079
3.885	1.462	4.035	1.396	4.185	1.273	4.335	1.064
3.895	1.458	4.045	1.391	4.195	1.262	4.68	0.785

ตารางที่ ง.22 สมการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมสำหรับพิกัดโครงสร้าง DE2 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	ความสูง h	รัศมี R	S_i (ด้านในโค้ง)	S_o (ด้านนอกโค้ง)
การเอียง ออกจาก แนวเดิม เพิ่มเติม S	ทุกความสูง	$500 \geq R \geq 250$	ดูพิกัดโครงสร้าง G2	
		$250 > R \geq 150$		
qs	$h \geq 4.335$	ทุกรัศมี	ดูพิกัดโครงสร้าง G2	
	$3.765 < h < 4.335$		$\frac{0.19}{1.5} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.695]_{>0}$	$\frac{0.19}{1.5} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.695]_{>0}$
	$h \leq 3.765$		ดูพิกัดโครงสร้าง G2	

ง.4.8 พิกัดโครงสร้างเยอรมัน DE3

ง.4.8.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้างนี้ถูกกำหนดโดยใช้พื้นฐานมาจากพิกัดโครงสร้าง G2 และ GB พิกัด
 โครงสร้างนี้เป็นการรวมระหว่างพิกัดโครงสร้าง G2 และ GB โดยใช้ค่าที่มากที่สุดระหว่างเส้นแนวอ้างอิง
 ทั้งสองนี้ และพิกัดโครงสร้างนี้ยังใช้ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องของ G2 (หรือ G1)



ง.4.8.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.500 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

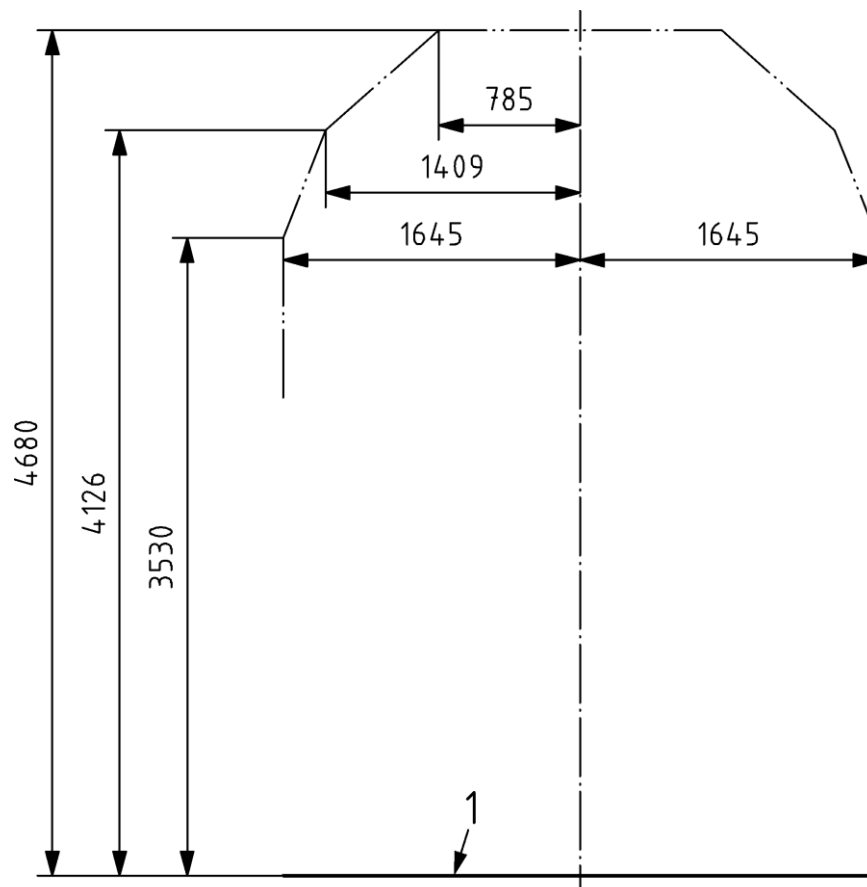
$$s_0 = 0.4 \text{ เมตร}$$

$$h_{co} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$I_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

ง.4.8.3 คำจำกัดความของพิกัด



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.25 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง DE3

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ตาราง ง.23 เส้นแนวอ้างอิงของพิกัดโครงสร้าง DE3 (ขนาดและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

	รัศมี R	ด้านในโค้ง	ด้านนอกโค้ง
การเอียงออก จากแนวเดิม เพิ่มเติม S [เมตร]	$\infty \geq R \geq 250$	$\frac{3.75}{R} + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	
	$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$	$\frac{60}{R} - 0.225 + \frac{\lambda - 1.435}{2}$
qs	ทั้งหมด	$\frac{0.4}{1.5}[D - 0.05]_{>0}[h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.5}[I - 0.05]_{>0}[h - 0.5]_{>0}$

ง.4.9 พิกัดโครงสร้างเชิง Z-GCD

ง.4.9.1 ทัวไป

- พิกัดโครงสร้าง Z-GCD เป็นค่า uniform gauge ที่กำหนดไว้ในสาธารณรัฐเช็ก
- พิกัดโครงสร้างนี้ใช้ได้สำหรับรัศมีความโค้ง ≥ 250 เมตร ค่ายกโค้งหรือการยกโค้งขาดที่ไม่เกิน 160 มิลลิเมตร และช่วงเข้าโค้งแนวตั้งที่มีรัศมี $R_v \geq 2,500$ เมตรเท่านั้น
- พิกัดโครงสร้างนี้ประกอบไปด้วยค่าที่ยอมให้ M_1 และ M_2 ที่จำเป็นสำหรับการซ่อมบำรุงทาง (ชนิดที่รองรับด้วยหินโรยทาง) และค่าที่ยอมให้เพิ่มเติม M_3 สำหรับพิกัดโครงสร้างเปิดประตูและความปลอดภัยของผู้โดยสาร

พิกัดโครงสร้างเชิง Z-GCD จำเป็นต้องทำการซ่อมบำรุงให้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นไปตามที่แนะนำไว้ในตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข เพื่อให้แน่ใจว่าพิกัดโครงสร้างรองรับกับตัวรถไฟ โดยค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับทางรถไฟที่มี $V < 80$ กิโลเมตร/ชั่วโมง ถือว่าเพียงพอ

ง.4.9.2 พารามิเตอร์หลัก

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

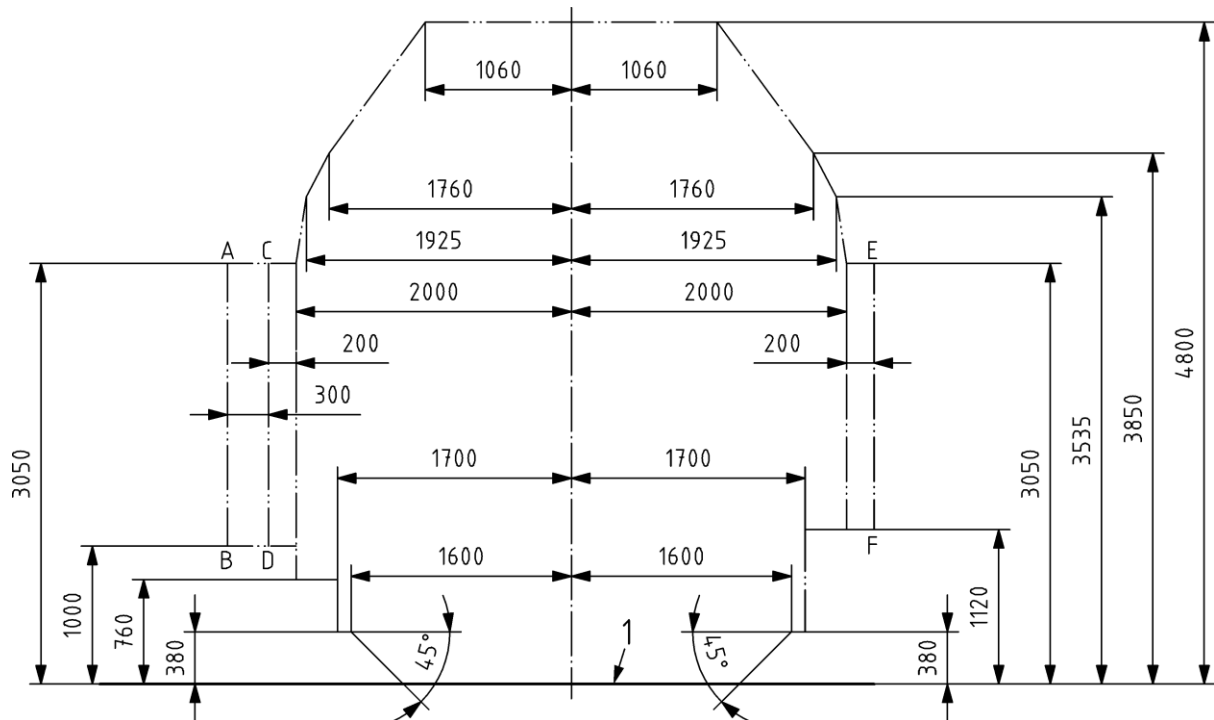
$$L = 1.505 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$l_{max} = 1.470 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0$$

ง.4.9.3 การกำหนดพิกัดโครงสร้าง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.26 พิกัดโครงสร้าง Z-GCD

คำสำคัญ

ด้านซ้ายมือ

- สำหรับเส้นทางหลัก (รวมสถานี)
- สำหรับเส้นทางหลักที่สถานีและจุดตัด
- สำหรับเส้นทางหลักสำหรับรถโดยสาร

A - B

สำหรับโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ที่อยู่นอกทางรถไฟชนิดหินโรยทาง

C - D

สำหรับอุปกรณ์ในพื้นที่ว่างระหว่างทางรถไฟ

ด้านขวามือ

สำหรับเส้นทางอื่น ๆ ที่สถานีและจุดตัด

E - F

สำหรับโครงสร้างและอุปกรณ์ทั้งหมด

1

ผิวทางวิ่ง



ง.4.10 พิกัดโครงสร้างสเปน GHE16, GEA16, GEB16, GEC16, GEC14, GEE10 และ GED10

ง.4.10.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้างนี้ใช้ในสเปนบนเครือข่ายรถไฟทัวไป (REFIG) ที่บริหารโดย ADIF สำหรับทางรถไฟขนาด 1.668, 1.435 และ 1.000 เมตร ที่บริหารโดย FEVE ตามลำดับ ดังตารางที่ ง.24 ตารางที่ ง.24 ขนาดทางรถไฟและพิกัดโครงสร้างที่พิจารณา

ขนาดทางรถไฟ	พิกัดโครงสร้าง
1.668 เมตร	GEA16
	GEB16
	GEC16
1.435 เมตร	GA
	GB
	GC
1.000 เมตร	GEE10
	GED10

ตารางที่ ง.25 แสดงพิกัดโครงสร้างที่มีอยู่เดิมบนทางรถไฟสายปัจจุบัน ซึ่งพิกัดโครงสร้างเหล่านี้จะไม่สามารถใช้สำหรับการก่อสร้างทางรถไฟสายใหม่ได้

ตารางที่ ง.25 พิกัดโครงสร้างที่มีอยู่เดิมบนทางรถไฟสายปัจจุบัน

ขนาดทางรถไฟ	พิกัดโครงสร้าง
1.668 เมตร	GHE16
1.435 เมตร	GEC14

การกำหนดพิกัดโครงสร้างในสเปนจะใช้อักษรย่อต่อไปนี้:

สำหรับทางรถไฟที่มีพิกัดโครงสร้างปกติและทางรถไฟในเขตโอบีเรีย

- G: พิกัดโครงสร้าง
- H: ทางรถไฟสายปัจจุบัน
- E: สเปน
- A: พิกัดโครงสร้างที่ครอบคลุมพิกัดโครงสร้าง GA
- B: พิกัดโครงสร้างที่ครอบคลุมพิกัดโครงสร้าง GB
- C: พิกัดโครงสร้างที่ครอบคลุมพิกัดโครงสร้าง GC
- เลขสองหลักหมายถึงมาตรระยะทางของทางรถไฟ ซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

สำหรับทางรถไฟที่มีพิกัดโครงสร้างเมตริก



- G: พิกัดโครงสร้าง
- E: สเปน
- E: ไฟฟ้า
- D: ดีเซล
- เลขสองหลักหมายถึงมาตรระยะทางของทางรถไฟ ซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

พิกัดโครงสร้างจะได้มาจากเส้นแนวอ้างอิงจลนศาสตร์และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง และวิธีการคำนวณจะต้องเป็นวิธีการทางจลนศาสตร์ที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 7 ของมาตรฐานยุโรปนี้

ง.4.10.2 พารามิเตอร์หลัก

- พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GHE16, GEA16, GEB16 และ GEC16

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.733 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.668 \text{ เมตร}$$

$s_0 = 0.4$ สำหรับพิกัดโครงสร้าง GHE16 และ GEC16 ส่วนพิกัดโครงสร้าง GEA16 และ GEB16 ค่านี้จะขึ้นอยู่กับความสูงแสดงดังตารางที่ ง.26

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$l'_0 = D'_0 = 0.066 \text{ เมตร}$$

$$h'_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$s'_0 = 0.225$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนบน } h'_o = 6.5 \text{ เมตร}$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนล่าง } h'_u = 5 \text{ เมตร}$$

$$e_{p0} = 0.170 \text{ เมตร}$$

$$e_{pu} = 0.110 \text{ เมตร}$$



- พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GEC14

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.5 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.435 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.4$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = D_0 = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$l'_0 = D'_0 = 0.066 \text{ เมตร}$$

$$h'_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$s'_0 = 0.225$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนบน } h'_0 = 6.5 \text{ เมตร}$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนล่าง } h'_u = 5 \text{ เมตร}$$

$$e_{p0} = 0.170 \text{ เมตร}$$

$$e_{pu} = 0.110 \text{ เมตร}$$

- พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GEE10 และ GED10

ในการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มนี้ให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงด้านล่าง

$$L = 1.055 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.000 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.4$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = D_0 = 0.07 \text{ เมตร}$$

$$l'_0 = D'_0 = 0.07 \text{ เมตร}$$

$$h'_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$s'_0 = 0.225$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนบน } h'_0 = 5.5 \text{ เมตร}$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนล่าง } h'_u = 4.3 \text{ เมตร}$$

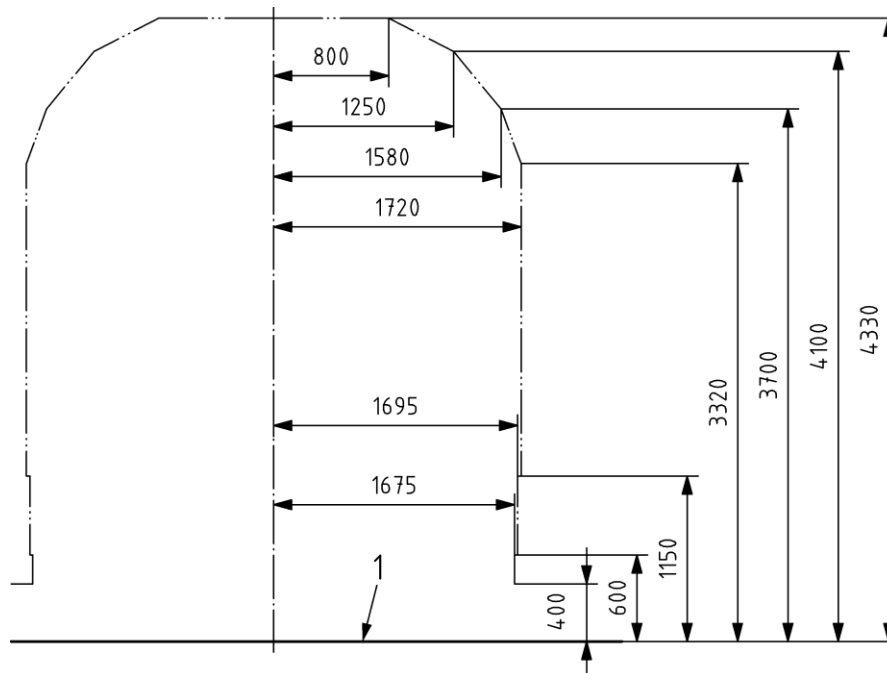
$$e_{p0} = 0.150 \text{ เมตร}$$

$$e_{pu} = 0.082 \text{ เมตร}$$

ง.4.10.3 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์

- **พิกัดโครงสร้างจุลนาสตร์ GHE16**

- พิกัดโครงสร้างจุลนาศาสตร์สำหรับด้านข้างและส่วนบน



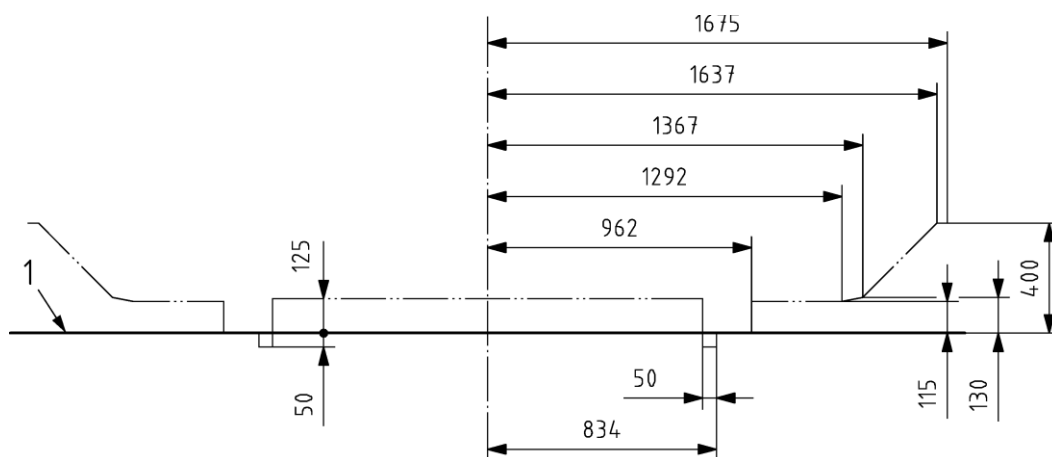
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.27 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ GHE16

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

- พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์สำหรับส่วนล่าง



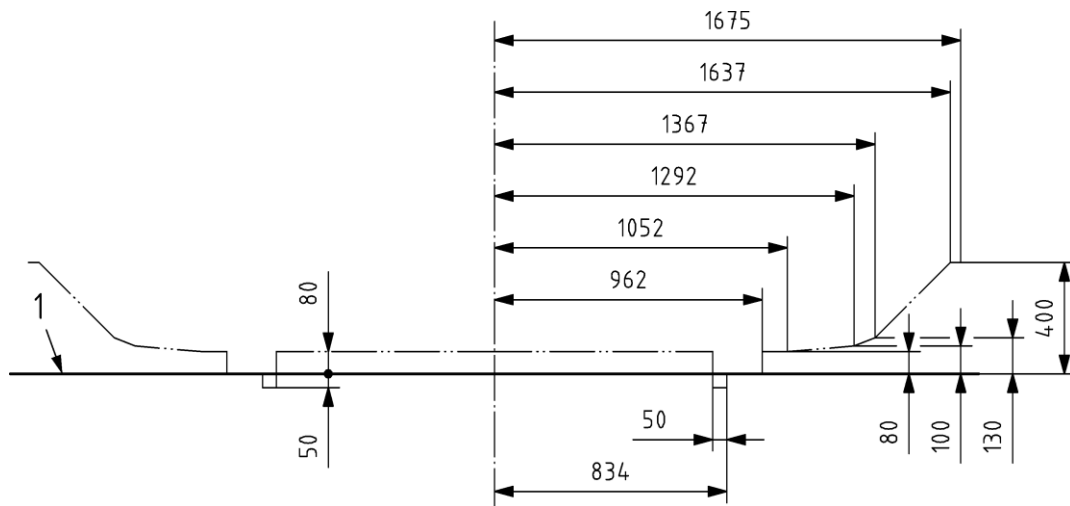
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.28 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงกลศาสตร์ GHE16

ที่ยานพาหนะสามารถผ่านรางเบรคที่อยู่ในตำแหน่งทำงานได้

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ที่มา: EN15273-3

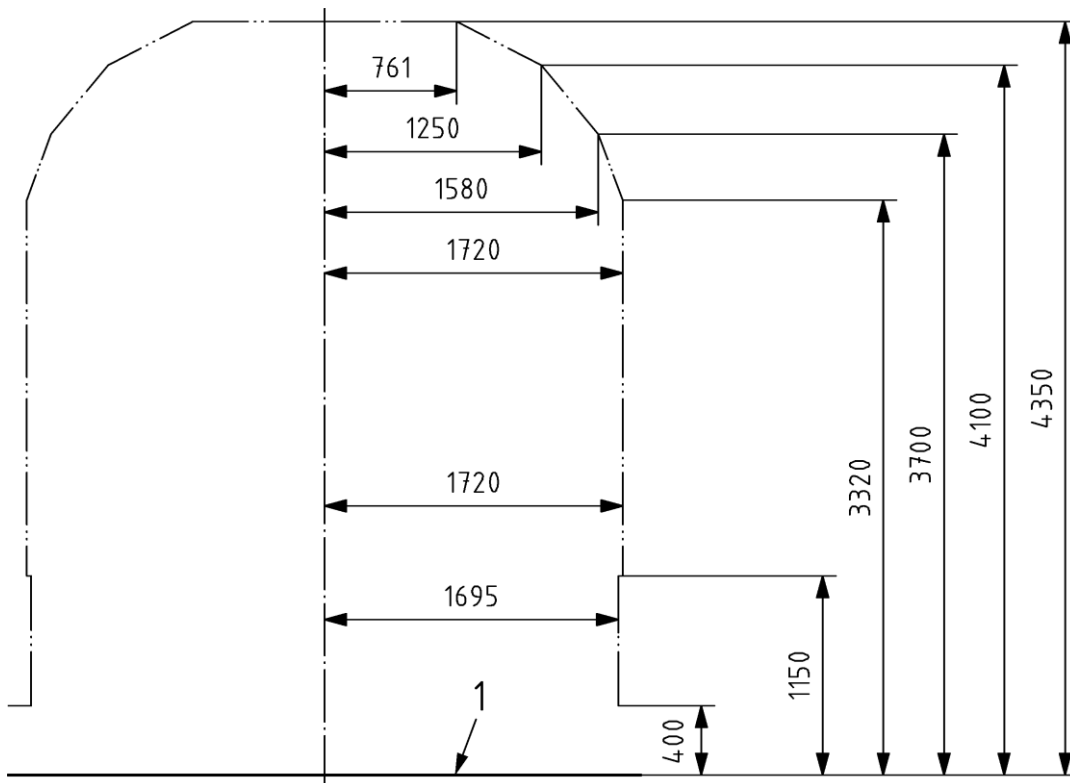
รูปที่ ง.29 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ GHE16

ที่ยานพาหนะสามารถผ่านรางเบรคที่ไม่อยู่ในตำแหน่งทำงานได้

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

● พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GEA16



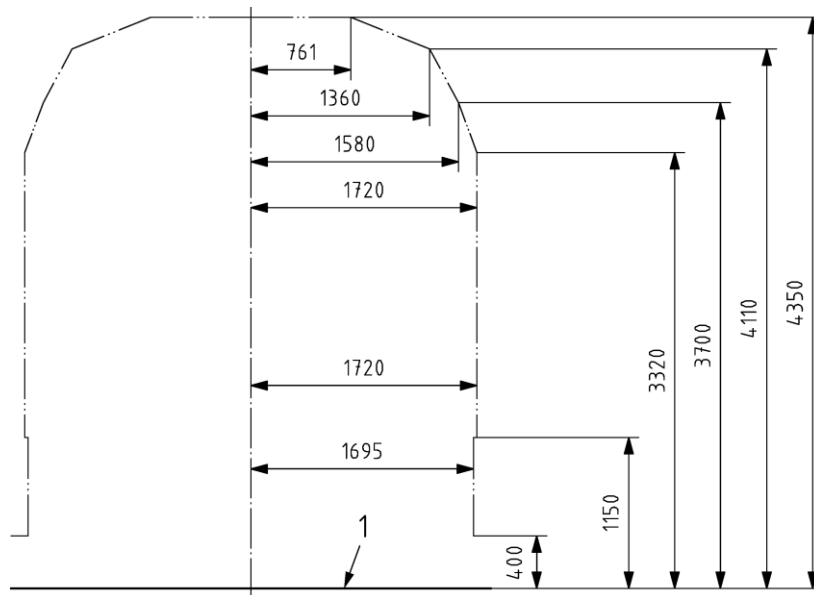
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.30 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ส่วนล่าง GEA16

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

● พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GEB16



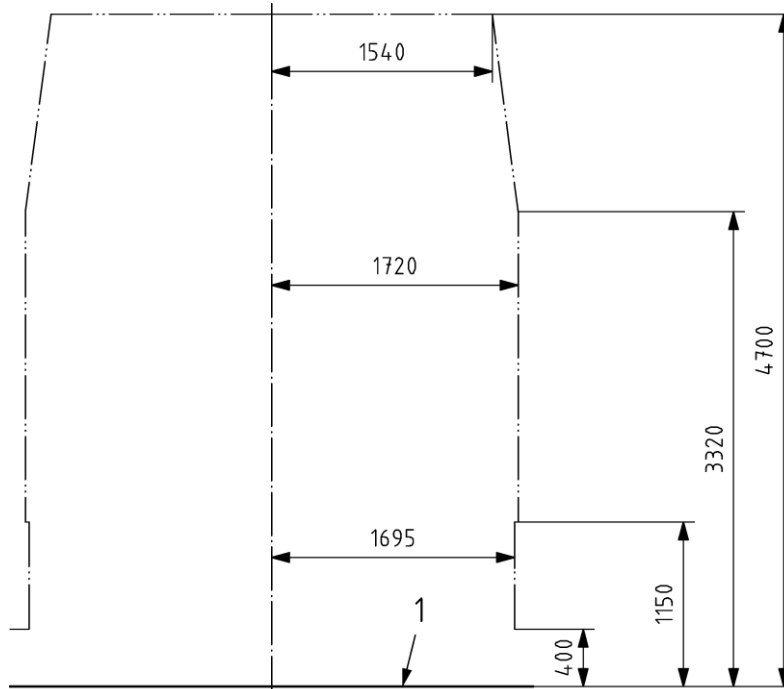
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.31 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ส่วนบน GEB16

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

● พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GEC16



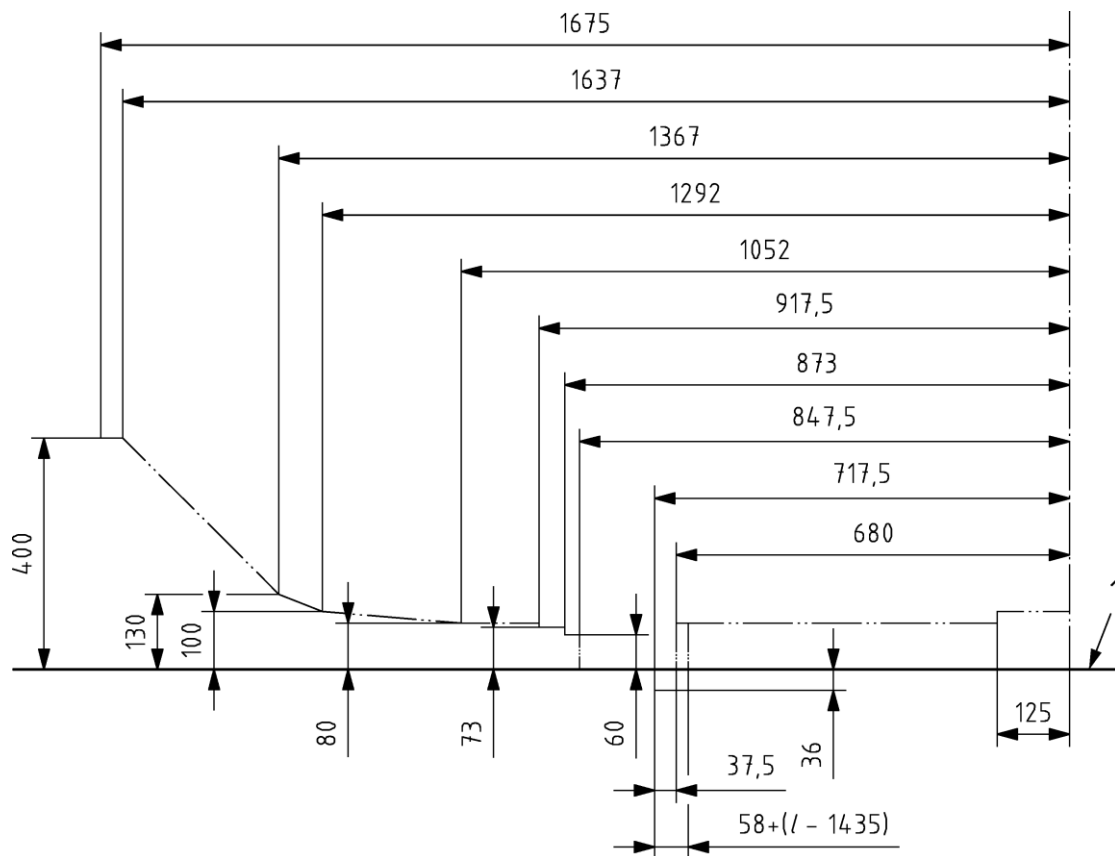
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.32 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ส่วนบน GEC16

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

● พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GEC14

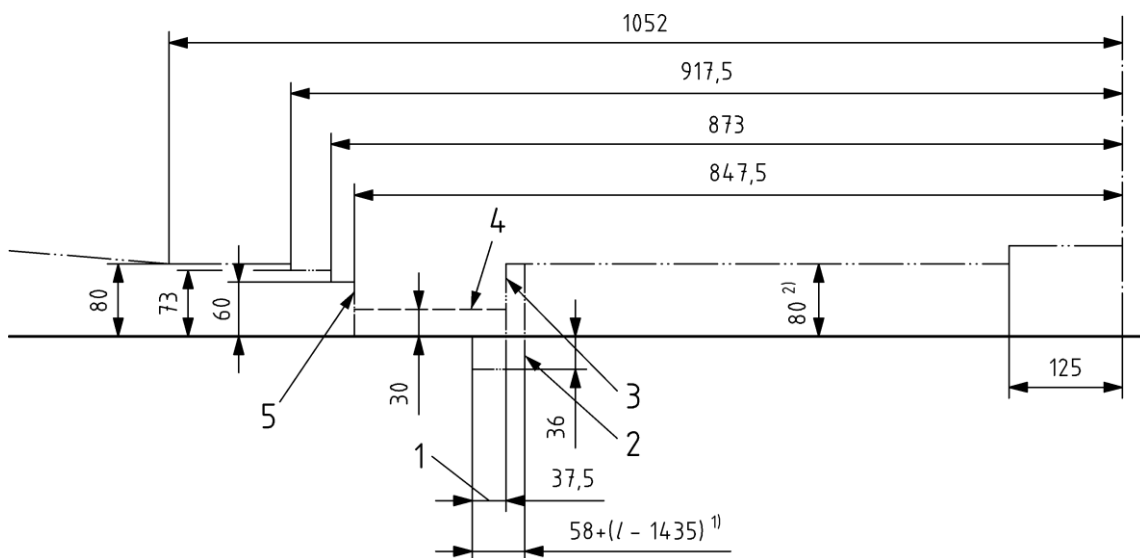


ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.33 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ส่วนล่าง GEC14

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.34 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ GEC14

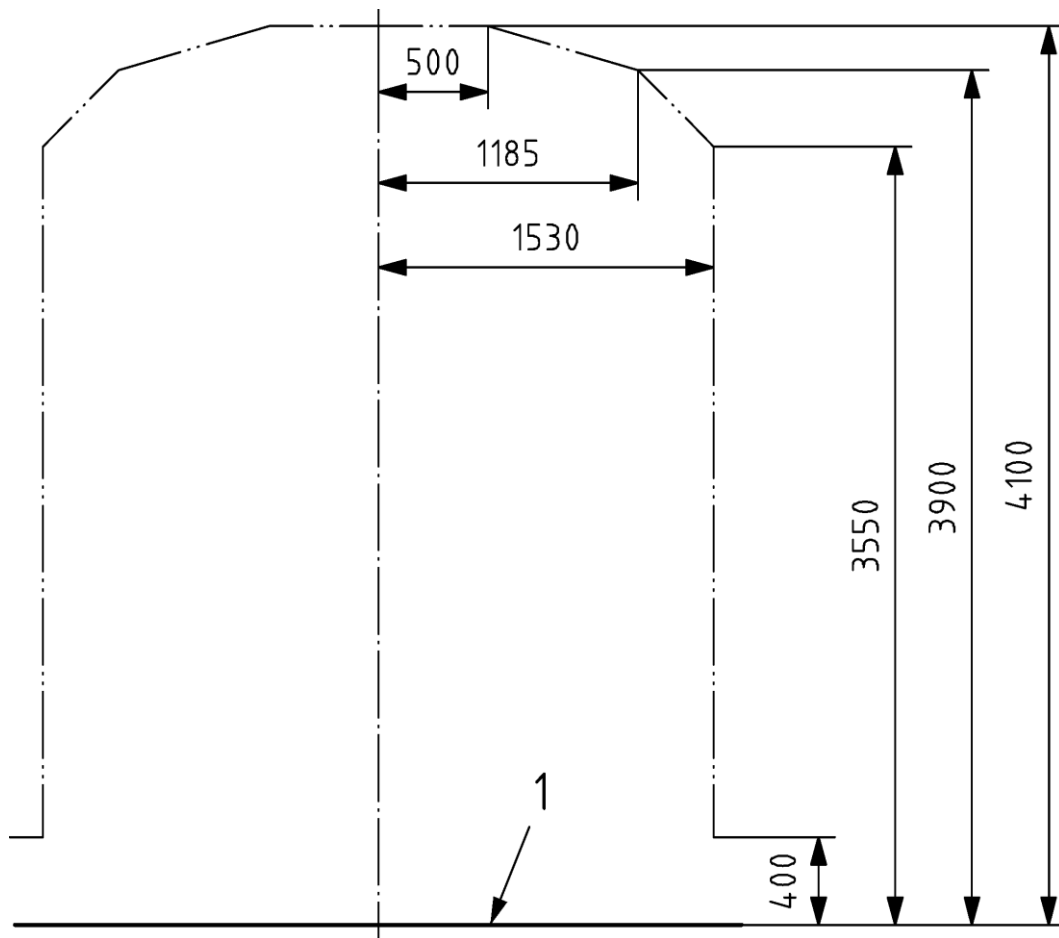
บริเวณส่วนล่างของรางและพื้นที่ระหว่างราง

คำสำคัญ

- 1 ความกว้างสูงสุดในทางทฤษฎีของเส้นแนวอ้างอิง ซึ่งพิจารณามุมที่สามารถเป็นไปได้ของล้อรถไฟบนราง
- 2 ตำแหน่งมากที่สุดของพื้นผิวด้านในของล้อเมื่อขอบล้อฝั่งตรงข้ามสัมผัสกับราง
- 3 ตำแหน่งสูงสุดของรางกัน
- 4 ตำแหน่งที่ต่ำที่สุดของส่วนที่ติดกับยานพาหนะ ยกเว้นล้อ
- 5 ตำแหน่งจำกัดของส่วนภายนอกของพื้นผิวล้อ

● พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GEE10

- พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์สำหรับด้านข้างและส่วนบน



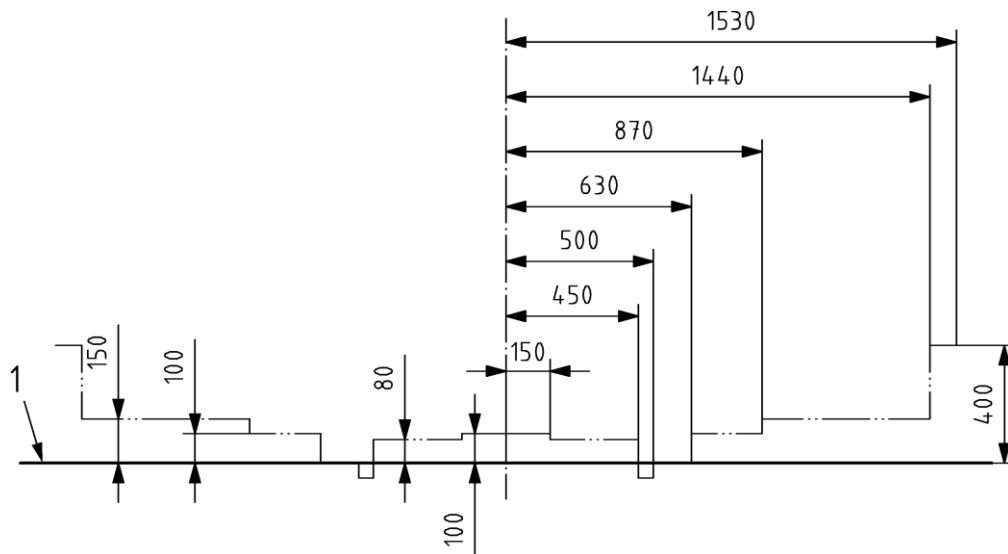
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.35 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ GEE10

คำสำคัญ

- 1 ผิวทางวิ่ง

■ พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์สำหรับส่วนล่าง



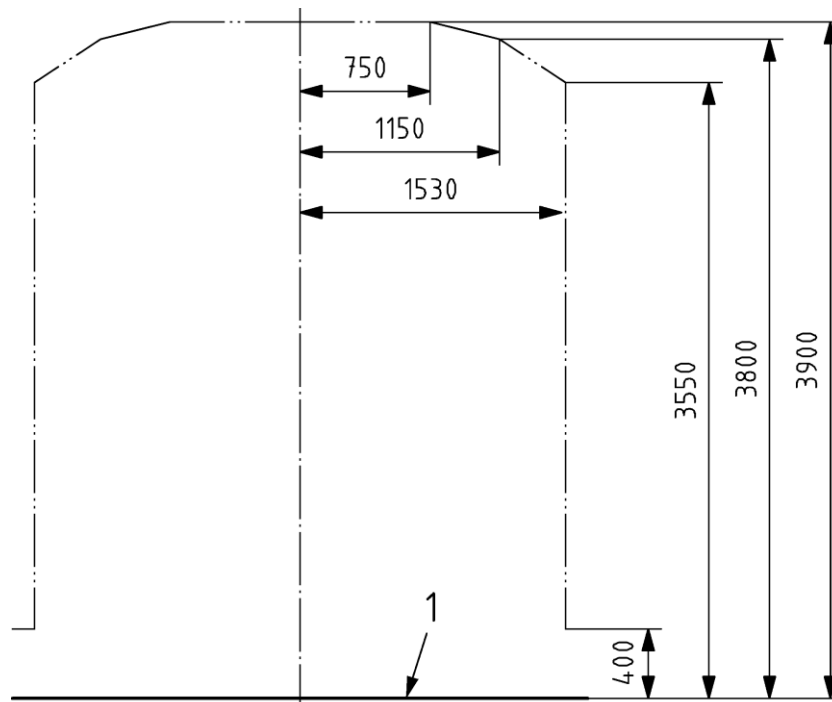
ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.36 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ส่วนล่าง GEE10

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง

● พิกัดโครงสร้างจลนศาสตร์ GED10



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ง.37 เส้นแนวอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ส่วนบน GED10

คำสำคัญ

1 ผิวทางวิ่ง



ง.4.10.4 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ ง.26 ข้อกำหนดสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S สำหรับพิกัดโครงสร้าง GHE16, GEC16, GEC14, GEE10 และ GED10

การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมสำหรับทางรถไฟที่มีความกว้าง “l” และความสูง “h” เทียบกับผิวทางวิ่ง					
พิกัด โครงสร้าง	รัศมี R	h ≤ 0.4 เมตร	h ≥ 0.4 เมตร		บริเวณแนบรับไฟ
			0.4 < h ≤ 3.32	h > 3.32	
GHE16	250 ≤ R < ∞	$S_i = S_a = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$	$S_i = S_a = \frac{3.75}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$		$S_i = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$ $S_a = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$
และ GEC16	150 ≤ R < 250	$S_i = \frac{50}{R} - 0.19 + \frac{l - 1.668}{2}$ $S_a = \frac{60}{R} - 0.23 + \frac{l - 1.668}{2}$	$S_i = \frac{50}{R} - 0.185 + \frac{l - 1.668}{2}$ $S_a = \frac{60}{R} - 0.225 + \frac{l - 1.668}{2}$		
GEC14	250 ≤ R < ∞	$S_i = S_a = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.435}{2}$	$S_i = S_a = \frac{3.75}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$		$S_i = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.435}{2}$ $S_a = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.435}{2}$
	150 ≤ R < 250	$S_i = \frac{50}{R} - 0.19 + \frac{l - 1.435}{2}$ $S_a = \frac{60}{R} - 0.23 + \frac{l - 1.435}{2}$	$S_i = \frac{50}{R} - 0.185 + \frac{l - 1.435}{2}$ $S_a = \frac{60}{R} - 0.225 + \frac{l - 1.435}{2}$		
GEE10	100 ≤ R < ∞	$S_i = S_a = \frac{1}{R} + \frac{l - 1}{2}$	$S_i = S_a = \frac{1.5}{R} + \frac{l - 1}{2}$		$S_i = \frac{1}{R} + \frac{l - 1}{2}$ $S_a = \frac{1}{R} + \frac{l - 1}{2}$
และ GED10	80 ≤ R < 100	$S_i = \frac{20}{R} - 0.19 + \frac{l - 1}{2}$ $S_a = \frac{24}{R} - 0.23 + \frac{l - 1}{2}$	$S_i = \frac{20}{R} - 0.185 + \frac{l - 1}{2}$ $S_a = \frac{24}{R} - 0.225 + \frac{l - 1}{2}$		

ตารางที่ ง.27a ข้อกำหนดสำหรับการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม S สำหรับพิกัดโครงสร้าง GEA16 และ GEB16

การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมสำหรับทางรถไฟที่มีความกว้าง “l” และความสูง “h” เทียบกับผิวทางวิ่ง					
รัศมี R	$h \leq 0.4$	$0.4 < h \leq 3.32$	$0.4 < h \leq 3.70$ (GEA16) $0.4 < h \leq 4.11$ (GEB16)	$h > 3.70$ (GEA16) $h > 4.11$ (GEB16)	บริเวณแนบรับไฟ
$250 \leq R < \infty$	$S_i = S_a = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$	$S_i = S_a = \frac{3.75}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$	จุดที่ $h = 3.320$ เมตร และจุดที่ $h =$ 3.70 หรือ 4.11 เมตร พิกัดโครงสร้าง ขอบเขตจะเชื่อมกัน โดยเส้นตรง	$S_i = S_a = \frac{20}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$	$S_i = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$ $S_a = \frac{2.5}{R} + \frac{l - 1.668}{2}$
$150 \leq R < 250$	$S_i = \frac{50}{R} - 0.19 + \frac{l - 1.668}{2}$ $S_a = \frac{60}{R} - 0.23 + \frac{l - 1.668}{2}$	$S_i = \frac{50}{R} - 0.185 + \frac{l - 1.668}{2}$ $S_a = \frac{60}{R} - 0.225 + \frac{l - 1.668}{2}$		$S_i = S_a = \frac{50}{R} - 0.120 + \frac{l - 1.668}{2}$	

ตารางที่ ง.27b ค่าสำหรับการคำนวณ

พิกัดโครงสร้าง	ความสูง (เมตร)	S_0
GHE16, GEC16, GEC14, GEE10 และ GED10	ทุกความสูง	0.4
GEA16	$h \leq 3.32$	0.4
	$3.32 < h < 3.70$	$\frac{4.84 - h}{3.8}$
	$h > 3.70$	0.3
GEB16	$h \leq 3.32$	0.4
	$3.32 < h < 4.11$	$\frac{6.84 - h}{7.9}$
	$h > 4.11$	0.3



ตารางที่ ง.28 ผลกระทบกึ่งสถิติสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ GHE16, GEC16 และ GEC14

q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
$\frac{0.4}{1.733} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.733} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ตารางที่ ง.29 ผลกระทบกึ่งสถิติสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ GEA16 และ GEB16

ความสูง h (เมตร)	q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
$h \leq 3.32$	$\frac{0.4}{1.733} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.733} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$
$3.32 < h < 3.70$ (GEA16) $3.32 < h < 4.11$ (GEB16)	ควรคำนวณค่าจากการประมาณเชิงเส้นของจุดที่ $h = 3.32$ และ $h = 3.7$ เมตร สำหรับ GEA16 และ $h = 4.11$ เมตร สำหรับ GEB16	
$h > 3.70$ (GEA16) $h > 4.11$ (GEB16)	$\frac{0.3}{1.733} [D - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.3}{1.733} [I - 0.05]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ตารางที่ ง.30 ผลกระทบกึ่งสถิติสำหรับพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ GEE10 และ GED10

q_{si} (ด้านในโค้ง)	q_{sa} (ด้านนอกโค้ง)
$\frac{0.4}{1.055} [D - 0.07]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$	$\frac{0.4}{1.055} [I - 0.07]_{>0} [h - 0.5]_{>0}$

ง.4.10.5 การยกกระดับและลดระดับในแนวตั้ง

โดยค่าการยกกระดับของส่วนบนของพิกัดโครงสร้างสามารถคำนวณได้จากสมการ $\frac{50}{R_v}$ เมตร และค่าการลดระดับของส่วนล่างของพิกัดโครงสร้างสามารถคำนวณได้จากสมการเดียวกัน

ค่ารัศมี R_v ในสมการข้างต้นต้องมีค่าไม่เกิน 500 เมตร ขนาดและระยะที่เล็กกว่า 80 มิลลิเมตร ภายในเส้นรัศมีความโค้ง 500 เมตร ถึง 625 เมตร ให้ถือว่ามีความเป็นศูนย์



ง.5 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้พิกัดโครงสร้างสากล GEE10

หัวข้อนี้จะคำนวณพิกัดโครงสร้างเชิงจลนศาสตร์ สำหรับทางรถไฟขนาด 1.000 เมตร โดยอ้างอิงพิกัดโครงสร้าง GEE10 เป็นหลัก

ง.5.1 พารามิเตอร์หลัก

กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับการคำนวณพิกัดโครงสร้าง ดังนี้

$$L = 1.055 \text{ เมตร}$$

$$l_{nom} = 1.000 \text{ เมตร}$$

$$l = 1.050 \text{ เมตร}$$

$$b_{CR} = 1.530 \text{ เมตร}$$

$$h_{CR} = 4.100 \text{ เมตร}$$

$$s_0 = 0.4$$

$$R = 300 \text{ เมตร}$$

$$h = 0.8 \text{ เมตร}$$

$$h_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$l = D = 0.08 \text{ เมตร}$$

$$l_0 = D_0 = 0.07 \text{ เมตร}$$

$$l'_0 = D'_0 = 0.07 \text{ เมตร}$$

$$h'_{c0} = 0.5 \text{ เมตร}$$

$$s'_0 = 0.225$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนบน } h'_o = 5.5 \text{ เมตร}$$

$$\text{ความสูงทวนสอบส่วนล่าง } h'_u = 4.3 \text{ เมตร}$$

$$e_{p0} = 0.150 \text{ เมตร}$$

$$e_{pu} = 0.082 \text{ เมตร}$$

ง.5.2 ตัวอย่างการคำนวณระยะขยายพิกัดตามขวาง

ง.5.2.1 การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม $S_{i/a}$

การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมคำนวณได้จาก

$$S_i = S_a = \frac{1.5}{R} + \frac{l - 1}{2} \quad (\text{ง.7})$$

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$S_i = S_a = \frac{1.5}{300} + \frac{1.05 - 1}{2} = 0.0283$$



ง.5.2.2 ผลกระทบกึ่งสถิติ $qs_{i/a}$

ผลกระทบกึ่งสถิติด้านในโค้งคำนวณได้จาก

$$qs_i = \frac{0.4}{1.055} [D - 0.07]_{>0} [h - 0.5]_{>0} \quad (ง.8)$$

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$qs_i = \frac{0.4}{1.055} [0.08 - 0.07]_{>0} [0.8 - 0.5]_{>0}$$

$$qs_i = 0.00114$$

และผลกระทบกึ่งสถิติด้านนอกโค้ง

$$qs_a = \frac{0.4}{1.055} [I - 0.07]_{>0} [h - 0.5]_{>0} \quad (ง.9)$$

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$qs_a = \frac{0.4}{1.055} [0.08 - 0.07]_{>0} [0.8 - 0.5]_{>0}$$

$$qs_a = 0.00114$$

ง.5.2.3 ค่าที่ยอมให้ตามขวาง Σ_j

การกำหนดค่าที่ยอมให้เป็นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน โดยอาจใช้ค่าคงที่ หรือการคำนวณจากสมการ ซึ่งในตัวอย่างการคำนวณนี้จะพิจารณาค่าที่ยอมให้ ได้แก่

- การสั่นของตัวรถที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของทาง T_{OSC}
คำนวณได้จากสมการ

$$\Delta b = \frac{S_0}{L} T_{OSC} (h - h_{co})_{>0} \quad (ง.10)$$

โดยกำหนดให้ $T_{OSC} = 0.05$ เมตร และเมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$\Delta b = \frac{0.4}{1.055} \times 0.05 \times (0.8 - 0.5)_{>0} = 0.0057$$

- ความคลาดเคลื่อนของระดับการยกโค้ง T_D
คำนวณได้จากสมการ

$$\Delta b = \left(\frac{T_D}{L} h \right) + \left(\frac{S_0}{L} T_D (h - h_{co})_{>0} \right) \quad (\text{ง.11})$$

โดยกำหนดให้ $T_D = 0.05$ เมตร และเมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$\Delta b = \left(\frac{0.05}{1.055} \times 0.8 \right) + \left(\frac{0.4}{1.055} \times 0.05 \times (0.8 - 0.5)_{>0} \right) = 0.0436$$

- ความไม่สมมาตร η_0
คำนวณได้จากสมการ

$$\eta_0 = T_{charge} + T_{susp} \quad (\text{ง.12})$$

โดยกำหนดให้ระยะที่รถไฟเอียงเนื่องจากการปรับจูนรองรับไม่ดี $T_{susp} = 0.05$ เมตร และความไม่สมมาตรของน้ำหนักที่รถไฟบรรทุก $T_{charge} = 0.05$ เมตร และเมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$\eta_0 = 0.05 + 0.05 = 0.1$$

- การรวมค่าที่ยอมให้ตามขวาง
คำนวณได้จากสมการ

$$\Sigma_j = k \sqrt{(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta b_{T2})^2 + \dots (\Delta b_{Tj})^2} \quad (\text{ง.13})$$

โดยกำหนดให้ $k = 1.5$ และเมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$\Sigma_j = 1.5 \sqrt{(0.0057)^2 + (0.0436)^2 + (0.1)^2} = 0.1639$$

ง.5.2.4 ระยะขยายพิกัดตามขวาง

จากตัวแปรข้างต้นสามารถคำนวณระยะขยายพิกัดตามขวางได้ดังนี้

$$b_{obstacle} \geq b_{CR} + S_{i/a} + qS_{i/a} + \Sigma_j \quad (\text{ง.14})$$

$$b_{obstacle} \geq 1.53 + 0.0283 + 0.00114 + 0.1639$$

$$b_{obstacle} \geq 1.7290 \text{ เมตร}$$

ง.5.3 ตัวอย่างการคำนวณระยะขยายพิกัดในแนวดิ่ง

ง.5.3.1 การยกระดับและลดระดับในแนวดิ่ง Δh_{Rv}

ในการคำนวณนี้กำหนดให้ไม่มีการยกระดับและลดระดับในแนวดิ่ง ดังนั้น

$$\Delta h_{Rv} = 0$$

ง.5.3.2 ผลกระทบในแนวดิ่งจากการเอียง Δh_{PT}

ในปัจจุบันค่า Δh_{PT} ใช้สำหรับคำนวณพิกัดโครงสร้าง GC เท่านั้น ดังนั้น

$$\Delta h_{PT} = 0$$

ง.5.3.3 ค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่ง Σ_V

การกำหนดค่าที่ยอมให้เป็นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านงานโครงสร้างพื้นฐาน โดยอาจใช้ค่าคงที่ หรือการคำนวณจากสมการ ซึ่งในตัวอย่างการคำนวณนี้จะพิจารณาค่าที่ยอมให้ ได้แก่

- การลดระดับของทางเนื่องจากการทรุดตัวของหินโรยทาง
กำหนดให้ระยะการลดระดับของทางเนื่องจากการทรุดตัวของหินโรยทาง = 0.01
- การยกตัวของทางในขณะที่ดำเนินการซ่อมบำรุง
กำหนดให้การยกตัวของทางในขณะที่ดำเนินการซ่อมบำรุง = 0.01
- การรวมค่าที่ยอมให้ในแนวดิ่ง
คำนวณได้จากสมการ

$$\Sigma_V = k\sqrt{(\Delta h_{T1})^2 + (\Delta h_{T2})^2 + \dots (\Delta h_{Ta})^2} \quad (\text{ง.15})$$

โดยกำหนดให้ $k = 1.5$ และเมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$\Sigma_V = 1.5\sqrt{(0.01)^2 + (0.01)^2} = 0.0212$$

ง.5.3.4 ระยะขยายพิกัดในแนวดิ่ง

จากตัวแปรข้างต้นสามารถคำนวณระยะขยายพิกัดในแนวดิ่งส่วนบนได้ดังนี้

$$h_{obstacle} \geq h_{CR} + \Delta h_{Rv} + \Delta h_{PT} + \Sigma_V \quad (\text{ง.16a})$$

$$h_{obstacle} \geq 4.1 + 0 + 0 + 0.0212$$

$$h_{obstacle} \geq 4.1212 \text{ เมตร}$$



และสามารถคำนวณระยะขยายพิกัดในแนวดิ่งส่วนล่างได้ดังนี้

$$h_{obstacle} \leq h_{CR} + \Delta h_{Rv} - \Sigma_V \quad (\text{ง.16b})$$

$$h_{obstacle} \leq 0.08 + 0 - 0.0212$$

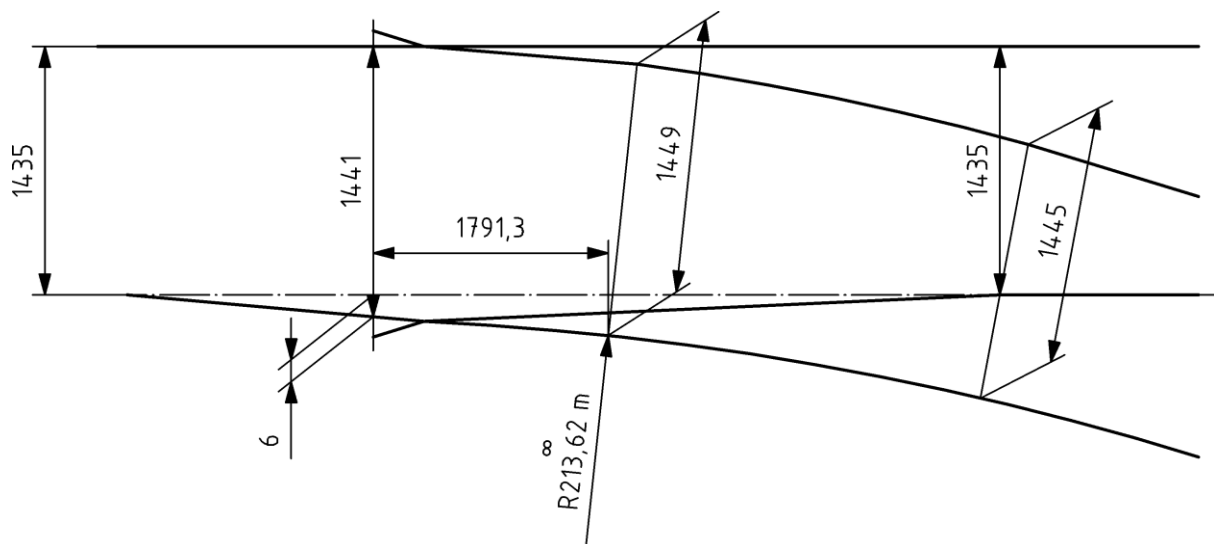
$$h_{obstacle} \leq 0.0588 \text{ เมตร}$$

ภาคผนวก จ ตัวอย่างการคำนวณหาพิกัดโครงสร้างบริเวณประแจสับหลัก

จ.1 ทัวไป

ในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างการคำนวณโดยอาศัยรูปภาพประกอบ และสำหรับกรณีอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากตัวอย่างนี้ให้ผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐานดำเนินการ โดยประแจสับหลักที่นำมาเป็นตัวอย่างเป็นประเภทวิกฤต เนื่องจากปัจจัยดังนี้

- มีมุมเข้าของสวิตช์สูง (1 องศา)
- รัศมีความโค้งในเส้นทางประแจสับหลักมีค่าต่ำ (215 เมตร)
- มีการขยายความกว้างราง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ จ.1 แผนผังประแจสับหลัก

แผนผังประแจสับหลักที่แสดงในตัวอย่างนี้กำหนดที่ระดับราง ส่วนการขยายความกว้างหมายถึงฝั่งที่มีความแตกต่างของรัศมีของรางใหญ่เทียบกับรัศมีของรางเล็กน้อย

สำหรับพิกัดโครงสร้าง G1 ที่แสดงไว้ใน ภาคผนวก ค ประแจสับหลักที่วางอยู่บนรางตรง (ไม่คดเคี้ยวหรือคดโค้งเข้ามา) และถ้าไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่น มิติในรูปทั้งหมดที่อยู่ในภาคผนวกนี้ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร



จ.2 ระเบียบวิธี

หลักการคำนวณได้แสดงไว้ในเนื้อหาหลักของมาตรฐานนี้ ส่วนลักษณะของรถไฟอ้างอิงที่ใช้ในการพิจารณาพิกัดโครงสร้างได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ และสำหรับรถไฟที่นำมาพิจารณานี้ไม่จำเป็นที่ระยะฐานล้อต่ำสุดและสูงสุดจะเป็นตัวแทนของกรณีที่รุนแรงที่สุดเสมอไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำช่วงทั้งหมดที่เป็นไปได้ของรถไฟมาตรวจสอบความสอดคล้องกับรถไฟอ้างอิง

ตารางที่ จ.1 แสดงลักษณะของรถไฟอ้างอิง G1

รถไฟอ้างอิง n^o	$A_{i/a}$	$B_{i/a}$	B_V	a	n_a (a = 5 เมตร)	n_a (a = 20 เมตร)
1i	3.75	0	1.645	5.477	-	-
2a	3.75	0	1.645	-	1.208	0.368
3i	50	0.185	1.460	20	-	-
4a	60	0.225	1.420	-	8.736	4.832
หมายเหตุ รถไฟ 1 และ 3 ใช้หาการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมของด้านในโค้ง ขณะที่รถไฟ 2 และ 4 ใช้หาการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมของด้านนอกโค้ง และค่าคงที่ที่ได้จากทางทฤษฎีบางค่าอาจไม่ได้นำมาใช้จริง						

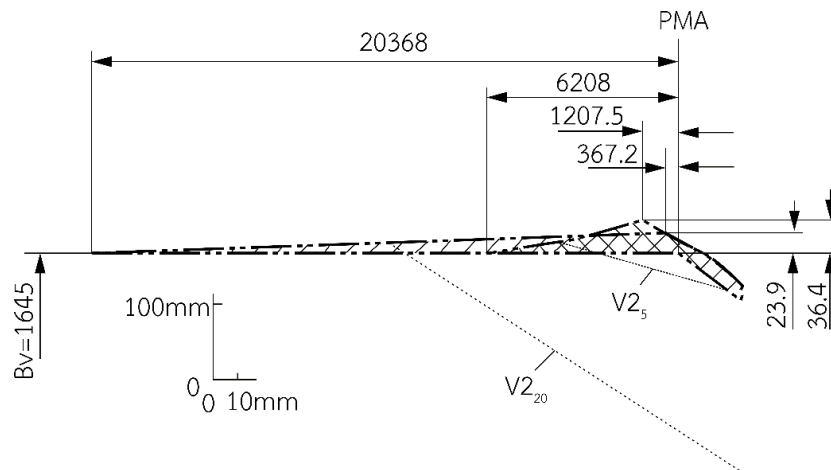
หัวข้อย่อยต่อไปนี้จะหาความกว้างที่เพิ่มขึ้นของส่วนโค้ง เมื่อรถไฟอยู่ในเส้นทางของประแจสับหลักตัวรถไฟจะล้าเข้าไปในพิกัดโครงสร้างของทางหลัก โดยอันดับแรกจะต้องหาความกว้างที่เพิ่มขึ้นของพิกัดโครงสร้างทางหลักก่อน จากนั้นหาความกว้างที่เพิ่มขึ้นของเส้นทางประแจสับหลัก

จ.3 ความกว้างที่เพิ่มขึ้นของส่วนโค้ง

จ.3.1 ความกว้างที่เพิ่มขึ้นของเส้นทางหลัก

ความกว้างที่เพิ่มขึ้นนี้หาได้จากรถไฟอ้างอิงเบอร์ 2 และเบอร์ 4 ที่อยู่ในตารางที่ จ. 1 โดยในการคำนวณให้คิดรถไฟอ้างอิงดังกล่าวแยกกัน

สำหรับรถไฟแต่ละเบอร์ ฐานล้อจะมีความแตกต่างกันที่ค่าสุดโต่งที่ยอมให้ในโครงข่าย โดยรถไฟที่มีขนาดฐานล้อที่น้อยที่สุด (มีปลายยื่นออกไปมากที่สุด) เป็นกรณีที่รุนแรงที่สุด เนื่องจากความซับซ้อนของฝั่งประแจสับหลัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบช่วงที่เป็นไปได้ของตัวรถไฟทั้งหมด ซึ่งรูปที่ จ.2 ได้แสดงค่าสูงสุดที่ครอบคลุม (Envelop) ที่กำหนดไว้สำหรับรถไฟอ้างอิงเบอร์ 2 ที่พิจารณาจากฐานล้อต่าง ๆ



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ จ.2 การขยายความกว้างสำหรับรถไฟเบอร์ 2

คำสำคัญ

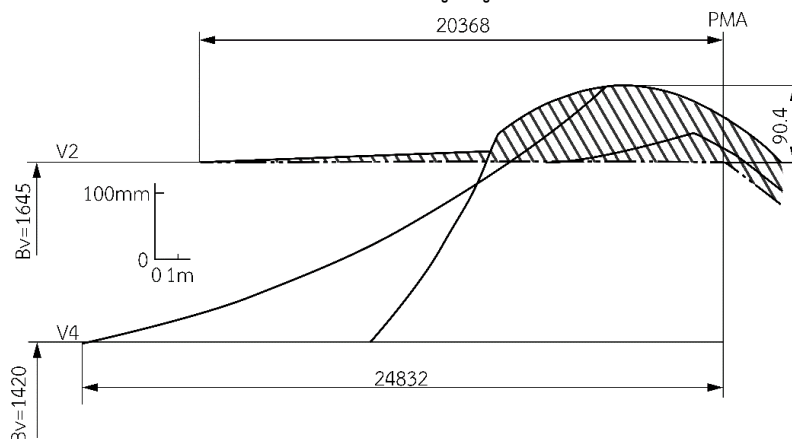
PMA Mathematical Switch Toe

V2₅ รถไฟอั่งอิง V2 ที่มีฐานล้อ 5 เมตร

V_{20} รถไฟฟ้าวิ่ง V_2 ที่มีฐานล้อ 20 เมตร

Bv ความกว้างกิ่งหนึ่งของรถไฟ

สามารถนำขั้นตอนดังกล่าวมาหาความกว้างที่เพิ่มขึ้นของรฟไฟเบอร์ 4 ได้ และในขั้นตอนสุดท้ายให้นำค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากรฟทั้งสองเบอร์มาเปรียบเทียบกัน โดยให้ใช้ค่าที่มากที่สุดในการกำหนดพิกัดโครงสร้างบริเวณประแจสับหลัก ซึ่งผลลัพธ์ได้แสดงอยู่ในรูปที่ จ.3



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ จ.3 ผลลัพธ์การกำหนดพิกัดประจําหลัก

คำสำคัญ

PMA Mathematical Switch Toe

V2 รถไฟฟ้าอ้างอิง V2

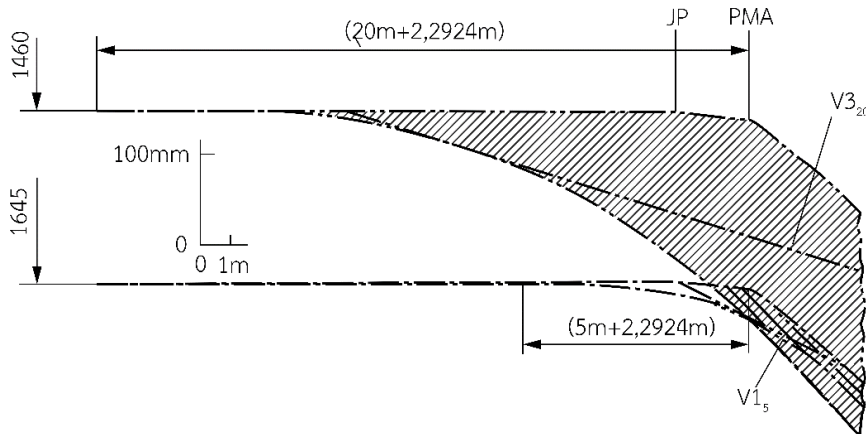
V4 รถไฟฟ้าอ้างอิง V4

Bv ความกว้างกิ่งหนึ่งของรถไฟ

จ.3.2 ความกว้างที่เพิ่มขึ้นของเส้นทางประจักษ์หลัก

ความกว้างที่เพิ่มขึ้นของของพิกัดโครงสร้างในเส้นทางประจักษ์หลักหาได้จากรถไฟอ้างอิงเบอร์ 1 และเบอร์ 3 ซึ่งโดยปกติแล้วรถไฟที่มีฐานล้อสูงที่สุดจะใช้พื้นที่มากที่สุด

พื้นที่ที่ครอบคลุมรถไฟอ้างอิงสองขบวนนี้หาได้จากความกว้างที่ต่างกันของรถไฟทั้งสองแสดงดังรูปที่ จ.4



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ จ.4 ความกว้างที่เพิ่มขึ้นของเส้นทางประจักษ์หลัก

คำสำคัญ

PMA Mathematical Switch Toe

JP stock rail front point

V3₂₀ รถไฟอ้างอิง V3 ที่มีฐานล้อ 20 เมตร

V1₅ รถไฟอ้างอิง V1 ที่มีฐานล้อ 5 เมตร

จ.4 ผลกระทบกึ่งสถิต

ค่าการยกโค้งขาด้านนอกโค้งหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$I = 11.85 \frac{V^2}{R} = 11.85 \frac{40^2}{215} = 88.2 \text{ มิลลิเมตร} \quad (\text{จ.1})$$

ควรสังเกตว่าขณะรถไฟวิ่งเข้าเส้นทางประจักษ์หลักจะมีแรงกระแทกกระทำกับตัวรถไฟ ซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งเล็กน้อย โดยเหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นมากจนรถไฟยังไม่ทันได้เอียงตัว ดังนั้นการเอียงตัวที่อาจเกิดขึ้นนี้จึงไม่ได้นำมาอยู่ในค่าที่ยอมให้ $M_1 (T_{osc})$

ในกรณีที่โค้งมีรัศมีต่างกัน รัศมีประสิทธิผลจะหาได้จากข้อกำหนดใน EN 13232-3 และสามารถสังเกตได้ว่าเส้นทางประจักษ์หลักต่าง ๆ นั้นถูกออกแบบโดยใช้ค่าการขาดทุกขณะ (constant deficiency) เท่ากับ 90 มิลลิเมตร ดังนั้นผลกระทบกึ่งสถิตหาได้จาก

$$qs_i = \frac{0.4}{1.5} [0.09 - 0.05]_0 [h - 0.5]_0 = \frac{[h - 0.5]_0}{93.75} \quad (\text{จ.2})$$

มีการจำกัดค่าด้านในโค้ง D อยู่เสมอ (ดู EN 13803-2 เพิ่มเติม) และ qs_i ส่วนใหญ่มีค่าเป็นศูนย์

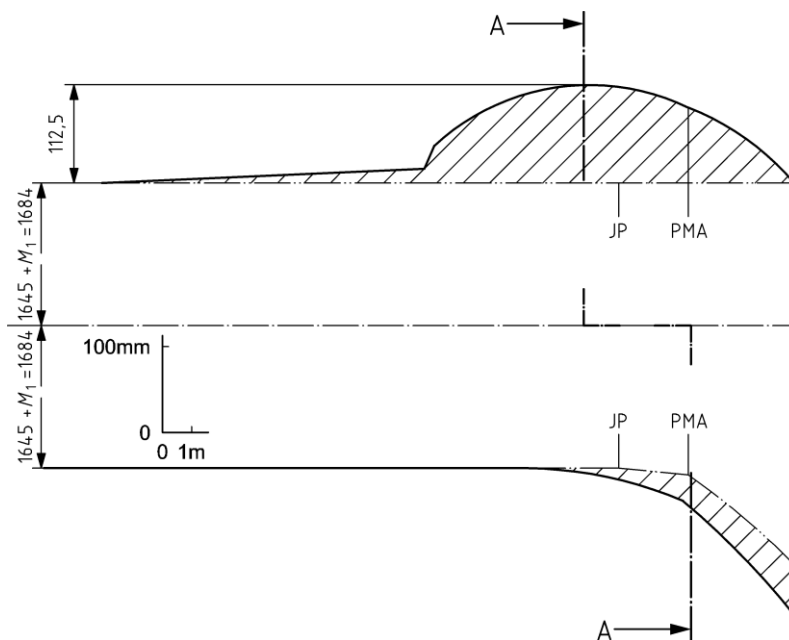
จ.5 ความกว้างของพิกัดโครงสร้างของเส้นทางประแจสับหลัก

ความกว้างของพิกัดโครงสร้างประแจสับหลักที่ใช้ G1 สำหรับหาจุด P (1,645 3,250) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดระยะทางระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟและความกว้างของพิกัดโครงสร้างสูงสุด

ตัวอย่างนี้ได้กำหนดพิกัดโครงสร้างขอบเขตที่นำมาใช้ ดังนี้

- การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (การขยายความกว้างในโค้งและทางเฉพาะ) (แสดงดังรูปที่ จ.4)
- ผลกระทบกึ่งสถิติ (สำหรับจุด P: qs_d แปรผันจาก 0 ถึง 28 มิลลิเมตร และ $qs_i = 0$ มิลลิเมตร)
- ค่าที่ยอมให้ $\sum_1$ ($\sum_{1a} = 47$ มิลลิเมตร และ $\sum_{1a} = 58$ มิลลิเมตร)

ผลรวมของสองเหตุการณ์สำหรับหาจุด P (1,645 3,250) แสดงดังรูปที่ จ.5 โดยรูปนี้ทำให้ดูง่ายเพื่อที่จะแสดงลักษณะของพิกัดโครงสร้างทางตรงและทางโค้ง



ที่มา: EN15273-3

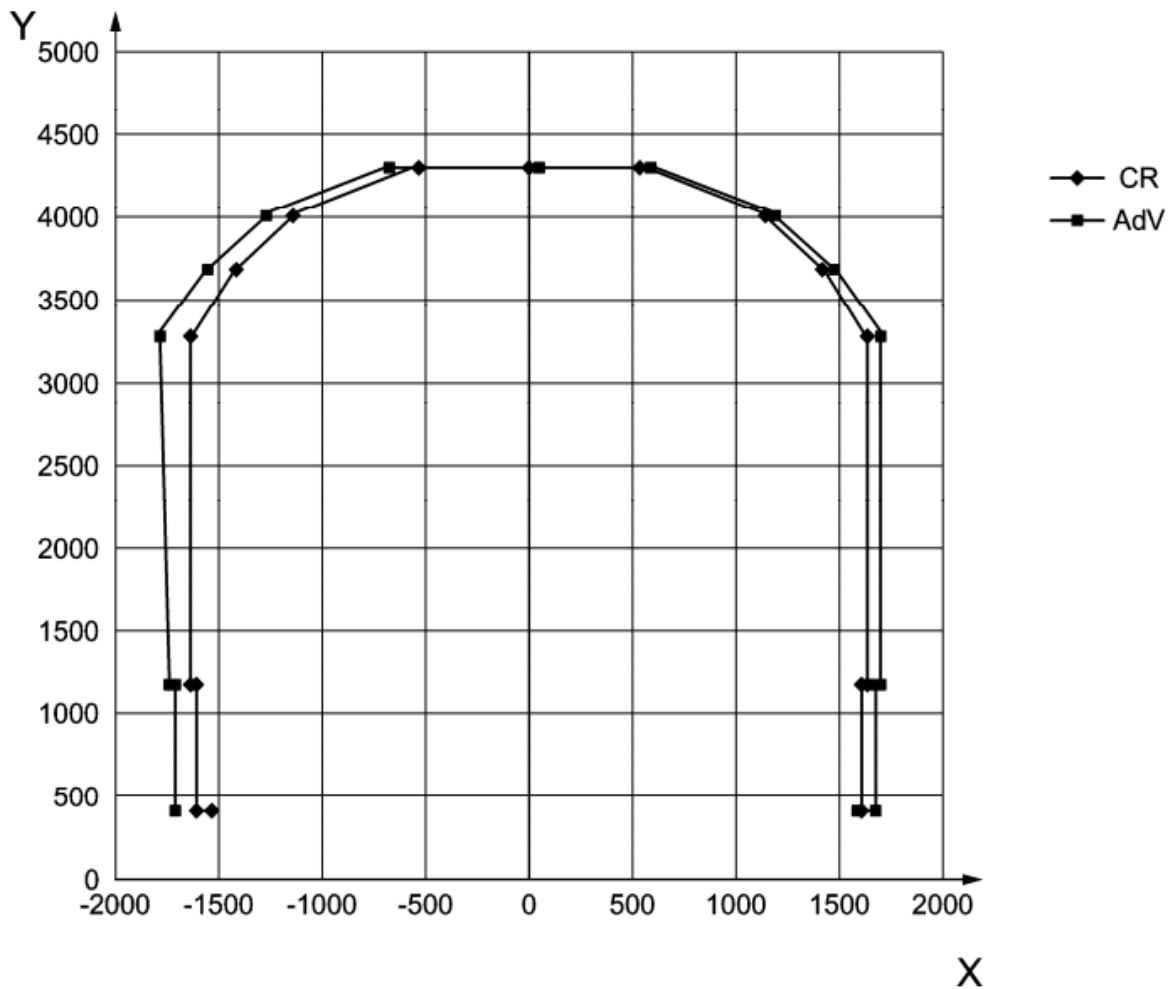
รูปที่ จ.5 ความกว้างของพิกัดโครงสร้าง

คำสำคัญ

PMA Mathematical Switch Toe

JP stock rail front point

ความกว้างของพิกัดโครงสร้างแปรผันตลอดความสูง และความกว้างที่หน้าตัด A-A ของรูปที่ จ.5 แสดงดังรูปที่ จ.6 โดยค่าที่เพิ่มเข้าไปในพิกัดโครงสร้างบนทางตรงขึ้นอยู่กับความสูง โดยแสดงดังตารางที่ จ.2



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ จ.6 หน้าตัด A-A (หน่วยมิลลิเมตร)

คำสำคัญ

CP เส้นแนวอ้างอิง

AdV พิกัดที่เส้นทางประจักษ์หลัก



ตารางที่ จ.2 ค่าที่เพิ่มเข้าไปในพิกัดโครงสร้างบนทางตรง (หน่วยมิลลิเมตร)

b_{RP}	h_{RP}	Supplement With turnout
-1,620	400	90
-1,620	1,170	97
-1,645	1,170	111
-1,645	3,250	132
-1,425	3,700	181
-1,120	4,010	193
-525	4,310	203
0	4,310	90
525	4,310	90
1,120	4,010	90
1,425	3,700	85
1,645	3,250	79
1,645	1,170	72
1,620	1,170	36
1,620	400	36
1,520	400	25

มีสองกรณีที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษเมื่อมีประแจสับหลักเข้ามาเกี่ยวข้อง คือ

1) การใช้ประแจสับหลักที่ต้องเพิ่มระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่จำกัดอีก 138 มิลลิเมตร จากค่าในทางตรง และไม่มีประแจสับหลัก

2) เส้นทางประแจสับหลักตามแนวขนานขาลาดต้องการระยะช่องว่างเพิ่มเติมอีก 90 มิลลิเมตร (กรณีขนานขาลาดสูง 760 มิลลิเมตร)

ภาคผนวก ฉ การหาคุณลักษณะของรถไฟอ้างอิง

ฉ.1 ทัวไป

คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงที่ใช้กำหนดพิกัดโครงสร้างเป็นสิ่งจำเป็นในการคำนวณพิกัดโครงสร้างในเส้นทางประจักษ์หลักและบริเวณเข้าโค้ง โดยต้องไม่นำคุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงไปรวมกับคุณลักษณะของรถไฟที่ใช้ในการก่อสร้าง ดังนั้นรถไฟอ้างอิงจะหาได้จากสมการการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (หมายเหตุ: รถไฟอ้างอิงเป็นรถไฟสมมุติ ไม่ใช่รถไฟที่มีอยู่จริง)

ฉ.2 ระเบียบวิธี

คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงหาได้จากสมการต่อไปนี้

- สำหรับรถไฟอ้างอิงที่ใช้หาพิกัดโครงสร้างด้านนอกโค้ง ด้วยสัมประสิทธิ์ A_a และ B_a ซึ่งขึ้นอยู่กับรถไฟอ้างอิง

$$S_a = \frac{A_a}{R} - B_a = b_{veh} + \frac{n_a(n_a+a)}{2R} - b_{CR} \quad (ฉ.1)$$

- สำหรับรถไฟอ้างอิงที่ใช้หาพิกัดโครงสร้างด้านในโค้ง ด้วยสัมประสิทธิ์ A_i และ B_i ซึ่งขึ้นอยู่กับรถไฟอ้างอิง

$$S_i = \frac{A_i}{R} - B_i = b_{veh} + \frac{a^2}{8R} - b_{CR} \quad (ฉ.2)$$

ระหว่างการคำนวณพิกัดโครงสร้างด้านในและนอกโค้งอาจมีรถไฟอ้างอิงที่เกี่ยวข้องหลายตัว ซึ่งสำหรับด้านในโค้งจะมีคำตอบของคุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงคำตอบเดียว ส่วนสำหรับด้านนอกโค้งจะไม่สามารถคำนวณได้หากไม่ทราบค่าฐานล้อ a ดังนั้นจึงต้องคำนวณความกว้างของฐานล้อทั้งหมดที่อยู่ในโครงข่าย

หมายเหตุ: การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมจะไม่เกิดขึ้นถ้าใช้ unified gauge ในกรณีนี้คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงสามารถหาได้จากรถไฟที่วิ่งจริง บนโครงข่าย

สมการทั้งสองข้างต้นนำไปสู่สมการต่อไปนี้ ซึ่งสามารถหา a และ n_a ได้โดยตรง
สำหรับด้านในโค้ง

$$b_{veh} = b_{CR} + B_i \quad (ฉ.3)$$

และ

$$n_a = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 8A_a}}{2} \quad (ฉ.4)$$



สำหรับด้านนอกโค้ง

$$b_{veh} = b_{CR} + B_a \quad (ฉ.5)$$

$$n_a = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 8A_a}}{2} \quad (ฉ.6)$$

โดยที่ a แปรผันตลอดช่วงฐานของล้อที่อยู่บนราง

วิธีการข้างบนนี้อาจนำมาใช้เป็นเกณฑ์หาพิกัดโครงสร้างที่ใช้รถไฟอ้างอิงต่าง ๆ

ฉ.3 ตัวอย่างการคำนวณ

ฉ.3.1 ทัวไป

ตัวอย่างนี้แสดงวิธีการหาคุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงสำหรับพิกัดโครงสร้าง G1 ตามภาคผนวก ค สำหรับส่วนบน ความกว้างตัวรถเท่ากับ 1.645 เมตร และการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมหาได้จาก

$$\infty \geq R \geq 250 \text{ m} \Rightarrow s_i \text{ or } s_a = \frac{3.75}{R} \text{ เมตร} \quad (ฉ.7)$$

$$250 \geq R \geq 150 \text{ m} \Rightarrow s_i = \frac{50}{R} - 0.185 \text{ เมตร} \quad (ฉ.8)$$

$$S_a = \frac{60}{R} - 0.225 \text{ เมตร} \quad (ฉ.9)$$

ดังนั้น คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิงหาได้ดังนี้

ฉ.3.2 รถไฟเบอร์ 1 (ด้านในโค้ง)

$$b_{veh1} = 1.645 \text{ เมตร}$$

ค่าของ a หาได้จากสมการ

$$a = \sqrt{8A_i} \quad (ฉ.10)$$

โดยที่ $A_i = 3.75$ ให้ค่า $a_{veh1} = 5.477$ เมตร



ฉ.3.3 รถไฟเบอร์ 2 (ด้านนอกโค้ง)

$$b_{veh2} = 1.645 \text{ เมตร}$$

ค่าของ a และ n_a หาได้จากสมการนี้

$$n_a = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 8A_a}}{2} \quad (\text{ฉ.11})$$

โดยที่ $A_a = 3.75$

สมการข้างต้นเป็นสมการสำหรับคำนวณหาค่า n_a เมื่อรู้ค่า a เท่านั้น โดยสมมติให้ค่าฐานล้อที่แปรผันตั้งแต่ 5 เมตร ถึง 20 เมตร และทำให้คำนวณค่า n_a ได้ ซึ่งแปรผันตั้งแต่ 1.208 เมตร (สำหรับ $a = 5$ เมตร) ถึง 0.368 (สำหรับ $a = 20$ เมตร)

ฉ.3.4 รถไฟเบอร์ 3 (ด้านในโค้ง)

$$b_{V3} = 1.645 - 0.185 = 1.460 \text{ เมตร}$$

คุณลักษณะของ a และ n_a หาได้จากสมการข้างต้นโดยที่ $A_i = 50$ จะได้

$$\frac{50}{R_v} = \frac{a^2}{8R} \quad (\text{ฉ.12})$$

ให้ค่า $a_{veh3} = 20$ เมตร

ฉ.3.5 รถไฟเบอร์ 4 (ด้านนอกโค้ง)

$$b_{V2} = 1.645 - 0.225 = 1.420 \text{ เมตร}$$

คุณลักษณะของ a และ n_a หาได้จากสมการข้างบนโดยที่ $A_i = 50$ จะได้

$$\frac{60}{R_v} = \frac{n_a(a + n_a)}{2R} \quad (\text{ฉ.13})$$

สมการข้างต้นเป็นสมการสำหรับคำนวณหาค่า n_a เมื่อรู้ค่า a เท่านั้น โดยสมมติให้ค่าฐานล้อที่แปรผันตั้งแต่ 5 เมตร ถึง 20 เมตร ทำให้คำนวณค่า n_a ได้ ซึ่งแปรผันตั้งแต่ 8.736 เมตร (สำหรับ $a = 5$ เมตร) ถึง 4.832 (สำหรับ $a = 20$ เมตร)



ฉ.3.6 สรุป

ตารางที่ ฉ.1 สรุปผล

รถไฟอ้างอิง n°	$A_{i/a}$	$B_{i/a}$	B_v	a	n_a ($a = 5$ เมตร)	n_a ($a = 20$ เมตร)
1	3.75	0	1.648	5.477	-	-
2	3.75	0	1.645	-	1.208	0.368
3	50	0.185	1.460	20	-	-
4	60	0.225	1.420	-	8.736	4.832
รถไฟ 1 และ 3 ใช้การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติมของด้านในโค้ง ขณะที่รถไฟ 2 และ 4 ใช้สำหรับด้านนอกโค้ง ค่าคงที่ที่ได้จากทฤษฎีอาจไม่นำมาใช้จริง						

ฉ.3.7 พิกัดโครงสร้างรถไฟอ้างอิงสากล

ตารางข้างล่างนี้กำหนดค่าอ้างอิงของพิกัดโครงสร้างสากลที่แสดงอยู่ในภาคผนวก ข และ ค
ของมาตรฐานนี้

ตารางที่ ฉ.2 คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิง

พิกัด โครงสร้าง	h_{min} มิลลิเมตร	h_{max} มิลลิเมตร	b_{CR} มิลลิเมตร	A_i เมตร	A_a เมตร	b มิลลิเมตร	b_{veh} มิลลิเมตร	a เมตร	n_a (5 เมตร)	n_a (20 เมตร)
G1/G2/GC	400	Max.	1,645	3.75			1,645	5.477		
G1/G2/GC	400	Max.	1,645		3.75		1,645		1.208	0.368
G1/G2/GC	400	Max.	1,645	50		185	1,460	20.000		
G1/G2/GC	400	Max.	1,645		60	225	1,420		8.736	4.832
GA/GB/ GB1/GB2	400	3,250	1,645	3.75			1,645	5.477		
GA/GB/ GB1/GB2	400	3,250	1,645		3.75		1,645		1.208	0.368
GA/GB/ GB1/GB2	400	3,250	1,645	50		185	1,460	20.000		
GA/GB/ GB1/GB2	400	3,250	1,645		60	225	1,420		8.736	4.832
GA/GB/ GB1/GB2	3,880/4,110/ 4,210/4,210	Max,	1,645	20			1,645	12.649		
GA/GB/ GB1/GB2	3,880/4,110/ 4,210/4,210	Max,	1,645		20		1,645		4.301	1.832
GA/GB/ GB1/GB2	3,880/4,110/ 4,210/4,210	Max,	1,645	50		185	1,525	20.000		
GA/GB/ GB1/GB2	3,880/4,110/ 4,210/4,210	Max,	1,645		50	225	1,525		7.808	4.142



ตารางที่ ฉ.2 คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิง (ต่อ)

พิกัด โครงสร้าง	h_{min} มิลลิเมตร	h_{max} มิลลิเมตร	b_{CR} มิลลิเมตร	A_i เมตร	A_a เมตร	b มิลลิเมตร	b_{veh} มิลลิเมตร	a เมตร	n_a (5 เมตร)	n_a (20 เมตร)
FR-3,3	400	3,250	1,645	3.75			1,645	5.477		
FR-3,3	400	3,250	1,645		3.75		1,645		1.208	0.368
FR-3,3	400	3,250	1,645	50		185	1,460	20.000		
FR-3,3	400	3,250	1,645		60	225	1,420		8.736	4.832
FR-3,3	3,500	Max,	1,645	37.5			1,645	17.321		
FR-3,3	3,500	Max,	1,645		37.5		1,645		6.514	3.229
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645	6			1,645	6.928		
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645		6		1,645		1.772	0.583
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645	28		55	1,590	14.967		
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645		28	55	1,590		5.390	2.490
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645	40.5		105	1,540	18.000		
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645		40.5	105	1,540		6.841	3.454
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645	60		225	1,420	21.909		
BE1 à BE3	1,170	Max,	1,645		60	225	1,420		8.736	4.832
BE1 à BE3	100	Max,	1,645	5			1,645	6.325		
BE1 à BE3	100	Max,	1,645		5		1,645		1.531	0.488
BE1 à BE3	100	Max,	1,645	26.47		21.5	1,623.5	14.552		
BE1 à BE3	100	Max,	1,645		26.47	21.5	1,623.5		5.194	2.367
BE1 à BE3	100	Max,	1,645	40.5		105	1,540	18.000		
BE1 à BE3	100	Max,	1,645		40.5	105	1,540		6.841	3.454
BE1 à BE3	100	Max,	1,645	60		225	1,420	21.909		
BE1 à BE3	100	Max,	1,645		60	225	1,420		8.736	4.832
CPb/CPb+/ CPc	0	400	1,720	3.75			1,720	5.477		
CPb/CPb+/ CPc	0	400	1,720		3.75		1,720		1.208	0.368
CPb/CPb+/ CPc	0	400	1,720	50		185	1,535	20.000		
CPb/CPb+/ CPc	0	400	1,720		50	225	1,495		8.736	4.832
CPb/CPb+/ CPc	400	700	1,720	3.75			1,720	5.477		
CPb/CPb+/ CPc	400	700	1,720		3.75		1,720		1.208	0.368
CPb/CPb+/ CPc	400	700	1,720	50		185	1,535	20.000		
CPb/CPb+/ CPc	400	700	1,720		50	225	1,495		8.736	4.832



ตารางที่ ฉ.2 คุณลักษณะของรถไฟอ้างอิง (ต่อ)

พิกัด โครงสร้าง	h_{min} มิลลิเมตร	h_{max} มิลลิเมตร	b_{CR} มิลลิเมตร	A_i เมตร	A_a เมตร	b มิลลิเมตร	b_{veh} มิลลิเมตร	a เมตร	n_a (5 เมตร)	n_a (20 เมตร)
CPb/CPb+/ CPc	700	1,170	1,720	20			1,720	12.649		
CPb/CPb+/ CPc	700	1,170	1,720		20		1,720		4.301	1.832
CPb/CPb+/ CPc	700	1,170	1,720	50		120	1,600	20.000		
CPb/CPb+/ CPc	700	1,170	1,720		50	120	1,600		7.808	4.142
CPb/CPb+/ CPc	1,170	3,550	1,720	3.75			1,720	5.477		
CPb/CPb+/ CPc	1,170	3,550	1,720		3.75		1,720		1.208	0.368
CPb/CPb+/ CPc	1,170	3,550	1,720	50		185	1,535	20.000		
CPb/CPb+/ CPc	1,170	3,550	1,720		50	225	1,495		8.736	4.832
CPb/CPb+/ CPc	4,110/4,210	Max,	1,720	37.5			1,720	17.321		
CPb/CPb+/ CPc	4,110/4,210	Max,	1,720		37.5		1,720		6.514	3.229
CPb/CPb+/ CPc	4,110/4,210	Max,	1,720	6			1,720	6.928		
CPb/CPb+/ CPc	4,110/4,210	Max,	1,720		6		1,720		1.772	0.583



ภาคผนวก ข Uniform gauge

ข.1 ทัวไป

Uniform structure gauges มีใช้กันอยู่แล้วในทวีปยุโรป โดยพิกัดโครงสร้างที่ใช้เหล่านี้ใช้หลักการเหมือนกับที่ระบุในมาตรฐานนี้

ข.2 GU1

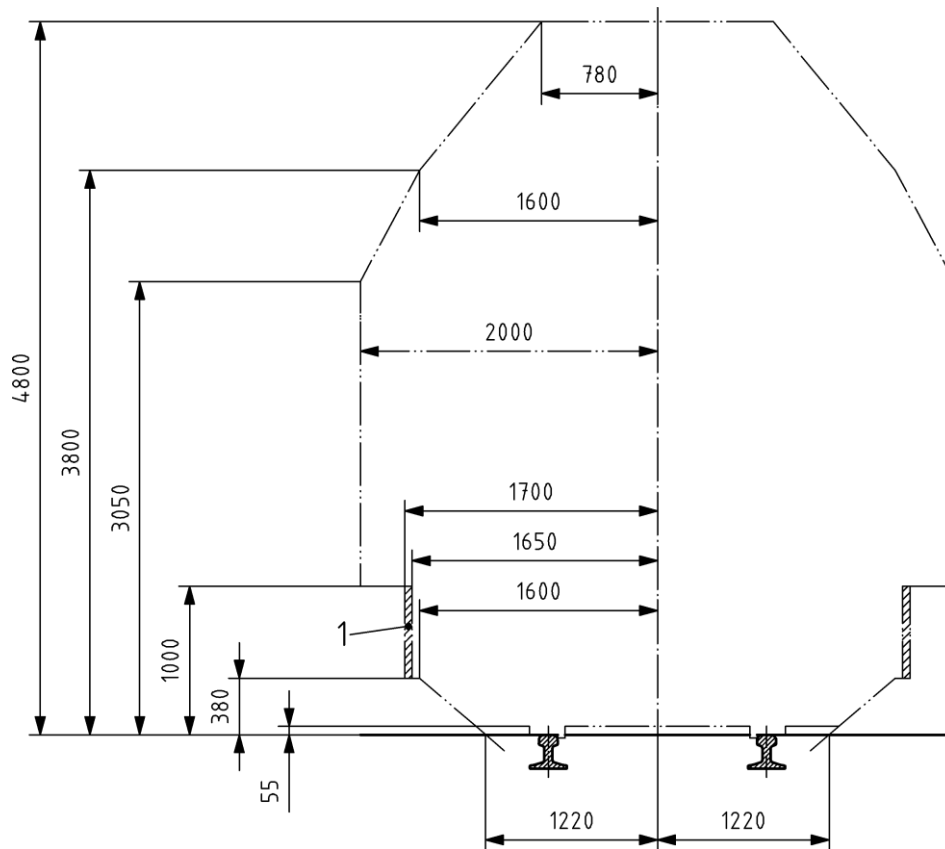
ข.2.1 ทัวไป

พิกัดโครงสร้าง GU1 เป็นพิกัดโครงสร้างที่สม่ำเสมอและคงที่ที่นิยมใช้ในประเทศต่าง ๆ ในยุโรป เส้นแนวมีลักษณะเหมือนกับเส้นแนวของ GU2 (บนทางตรง) แต่แตกต่างกันข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกัน โดยรูปทรงจะคล้ายกับเส้นแนวอ้างอิง (เชิงสถิติหรือเชิงจลน์) G2 แต่แตกต่างตรงที่พิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ของทางรถไฟทางตรงต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดดังนี้

- ใช้สำหรับรัศมีเส้นโค้งน้อยกว่า 250 เมตร ค่ายกโค้งไม่เกิน 160 มิลลิเมตร และช่วงเข้าโค้งแนวตั้งที่รัศมี R_v มากกว่า 2,500 เมตร
- ประกอบไปด้วยค่าที่ยอมให้ M_1 กับ M_2 สำหรับการบำรุงรักษาทางรถไฟ (ทางรถไฟที่ใช้หินโรยทาง) และค่าที่ยอมให้ M_3 สำหรับเปิดประตูรถไฟและความปลอดภัยของผู้โดยสาร
- เพื่อให้สอดคล้องกับพิกัดโครงสร้างตัวรถไฟ จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงทางเพื่อให้ได้ค่าลาดเคลื่อนที่แนะนำตามที่ระบุในตาราง ข.1 ในภาคผนวก ข ,,
- การติดตั้งขานชาลาและนิยามของพื้นที่ล้อได้ถูกกำหนดตามพิกัดโครงสร้าง G1 และคุณลักษณะรถไฟอ้างอิงได้ถูกกำหนดไว้ในภาคผนวก ฉ

ช.2.2 การหาพิกัดโครงสร้าง

เส้นแนวหาได้จากเส้นแนวคงที่



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ข.1 พิกัดโครงสร้าง GU1

คำสำคัญ

1 บริเวณการติดตั้งขานชาลามีระยะ 550 มิลลิเมตร ถึง 1,000 มิลลิเมตร

สมการต่อไปนี้อาจใช้เพื่อหาพิกัดโครงสร้างสำหรับทางที่มีรัศมีน้อยกว่า 250 เมตร

ตารางที่ ข.1 การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (หน่วยเมตร)

รัศมี R	s_i (ด้านในโค้ง)	s_o (ด้านนอกโค้ง)
$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185$	$\frac{60}{R} - 0.225$

ช.2.3 พิกัดโครงสร้างเชิงจลน์เทียบเท่า

เนื่องจากพิกัดโครงสร้างนี้ไม่ได้ถูกกำหนดบนพื้นฐานของพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ที่มีอยู่แล้ว
จึงจำเป็นต้องพิจารณาพิกัดโครงสร้างเชิงจลน์เทียบเท่า

ข้อบังคับในมาตรฐานของยุโรป และข้อกำหนดในภาคผนวก ก ได้กำหนดให้พิกัดโครงสร้างเชิงจลน์ต้องครอบคลุมพิกัดโครงสร้างทั้งหมด โดยใช้ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องของพิกัดโครงสร้าง G1 และค่าที่แนะนำในภาคผนวก ข จะสามารถยกเว้นค่าจากการเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม ผลกระทบถึงสถิติ และค่าที่ยอมให้ M_1 และ M_2 เพื่อให้ได้เส้นแนวอ้างอิงที่สูงที่สุด

และเนื่องจากพิกัดโครงสร้างนี้จะกว้างเป็นพิเศษเพื่อไว้สำหรับเปิดประตูรถไฟ จึงต้องมีค่าที่ยอมให้ M_3 อยู่ด้านข้างกำแพง

ข.3 GU2

ข.3.1 ทัวไป

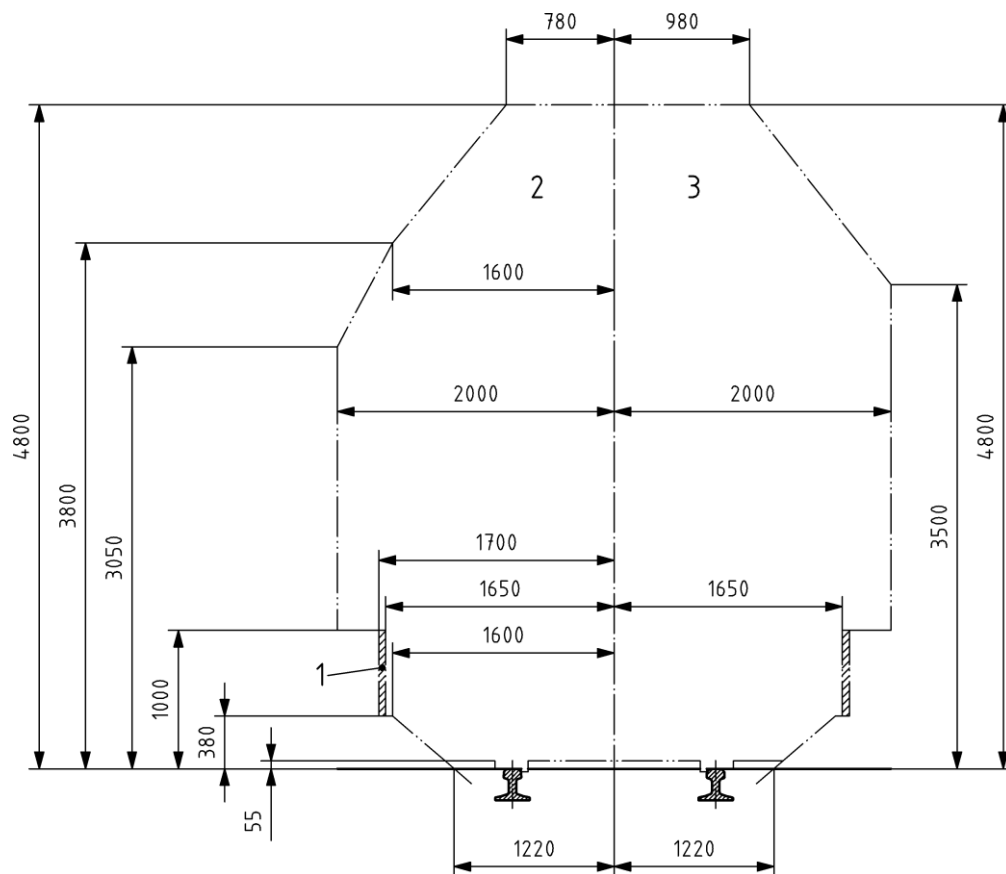
พิกัดโครงสร้าง GU2 เป็นพิกัดโครงสร้างที่สม่ำเสมอและคงที่ที่นิยมใช้ในยุโรป โดยพิกัดโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับเส้นแนวอ้างอิงในสองสถานการณ์คือ

- บนทางตรง
- บนทางโค้งที่มีรัศมี 250 เมตร ที่มีค้ายกโค้งสูงสุด 150 มิลลิเมตร และการยกโค้งขาดไม่เกิน 130 มิลลิเมตร

โดยพิกัดโครงสร้าง GU2 มีข้อกำหนดดังนี้

- ใช้สำหรับโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 250 เมตร และการเปลี่ยนโค้งช่วงแนวโค้งที่มีรัศมี $R_v > 2,500$ เมตร
- เส้นแนวในทางรถไฟทางตรงจะเหมือนกับ GU1 แต่แตกต่างในขอบเขต ซึ่งใช้ตามวิธีการคำนวณที่กำหนดในภาคผนวก ก พร้อมด้วยค่าที่ได้แนะนำในภาคผนวก ข จะได้พิกัดโครงสร้างที่มีระยะช่องว่างเพียงพอของพิกัดโครงสร้าง G2 (เชิงสถิติและเชิงจลน์)
- พิกัดโครงสร้างประกอบไปด้วยค่าที่ยอมให้ M_1 กับ M_2 สำหรับการบำรุงรักษาทางรถไฟ (ทางรถไฟที่ใช้หินโรยทาง) และค่าที่ยอมให้ M_3 สำหรับเปิดประตูและความปลอดภัยของผู้โดยสาร
- เพื่อให้สอดคล้องกับพิกัดโครงสร้างตัวรถไฟ จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงทางเพื่อให้สอดคล้องกับค่าคลาดเคลื่อนที่แนะนำตามที่ระบุในตาราง ข,1 ในภาคผนวก ข
- การติดตั้งขานชาลาและนิยามของพื้นที่ล้อได้ถูกกำหนดตามพิกัดโครงสร้าง G1 และคุณลักษณะรถไฟอ้างอิงมีลักษณะเหมือนกับที่ใช้ในพิกัดโครงสร้าง G2 ที่ถูกกำหนดไว้ในภาคผนวก ฉ

ข.3.2 การหาพิกัดโครงสร้าง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ข.2 พิกัดโครงสร้าง GU2

คำสำคัญ

- 1 บริเวณการติดตั้งขานชาลา มีระยะ 550 มิลลิเมตร ถึง 1,000 มิลลิเมตร
- 2 บนทางรถไฟทางตรง
- 3 บนทางโค้ง

สมการต่อไปนี้อาจใช้กับเส้นแนว GU2 ที่อยู่ในโค้งเพื่อหาพิกัดโครงสร้างสำหรับโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 250 เมตร

ตารางที่ ข.2 การเอียงออกจากแนวเดิมเพิ่มเติม (หน่วยเมตร)

รัศมี R	S_i (ด้านในโค้ง)	S_o (ด้านนอกโค้ง)
$250 > R \geq 150$	$\frac{50}{R} - 0.185$	$\frac{60}{R} - 0.225$

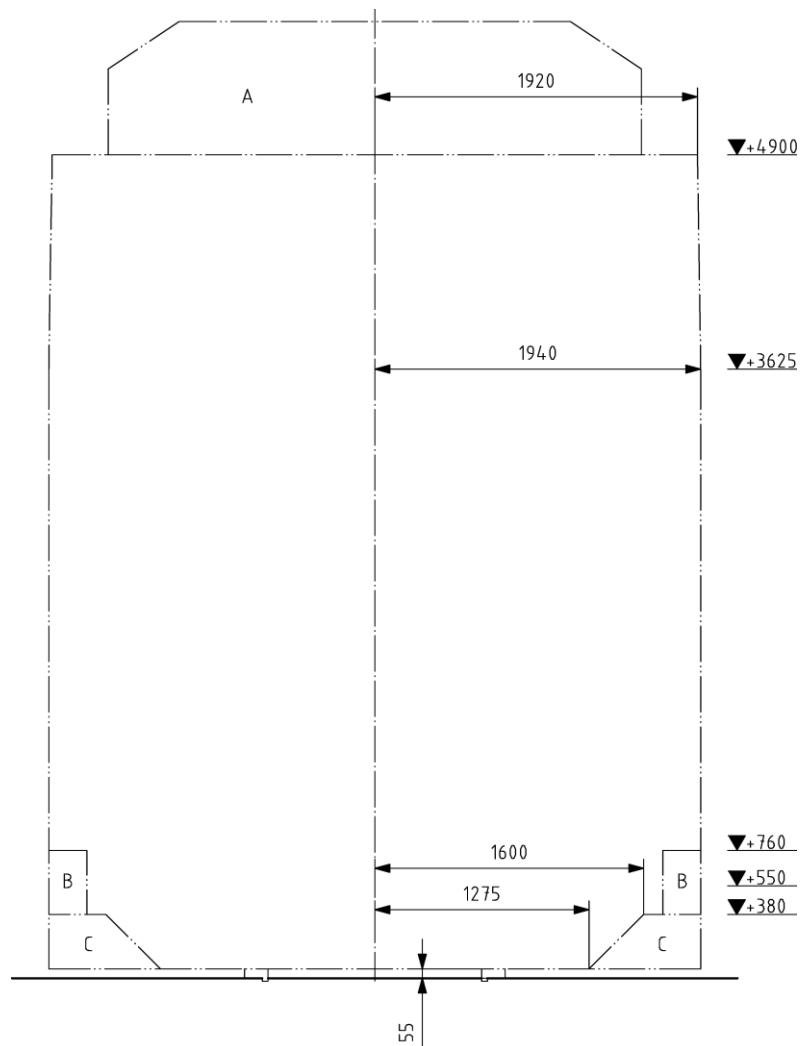
ข.4 GUC

ข.4.1 ทั่วไป

พิกัดโครงสร้าง GUC เป็นพิกัดโครงสร้างที่มีความสม่ำเสมอที่ถูกกำหนดขึ้นโดยอ้างอิงตามโครงข่าย GC ซึ่งถูกใช้ในประเทศต่าง ๆ ในยุโรป โดยเฉพาะเส้นทางที่ใช้ความเร็วสูง โดยสามารถหาพิกัดโครงสร้างนี้ได้จากเส้นแนวคังที่ และพิกัดโครงสร้าง GUC มีข้อกำหนดดังนี้

- ใช้สำหรับทางโค้งที่มีรัศมีมากกว่าหรือเท่ากับ 250 เมตร มีค้ายกโค้งและการยกโค้งขาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 มิลลิเมตร เส้นโค้งเปลี่ยนถ่ายในแนวโค้งมากกว่าหรือเท่ากับ 2,000 เมตร
- สำหรับกรณีอื่น ๆ กำหนดให้อ้างอิงตามพิกัดโครงสร้างจลศาสตร์ GC
- พิจารณาค่าที่ยอมให้เพิ่มเติมในแนวโค้ง 50 มิลลิเมตร
- พิกัดโครงสร้างประกอบไปด้วยค่าที่ยอมให้ทั้งหมดของ M_1 กับ M_2 สำหรับการบำรุงรักษาทางรถไฟ (ทางรถไฟที่ใช้หินโรยทาง) และ ค่าที่ยอมให้ M_3
- เพื่อให้สอดคล้องกับพิกัดโครงสร้างตัวรถไฟ จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงทางเพื่อให้สอดคล้องกับค่าคลาดเคลื่อนที่แนะนำตามที่ระบุในตาราง ข.1 ในภาคผนวก ข
- พิกัดโครงสร้างในส่วนล่างมีข้อกำหนดคือ ในการติดตั้งขานชาลาขนาด 550 มิลลิเมตร และ 760 มิลลิเมตร ให้ปฏิบัติตามข้อบังคับของพิกัดโครงสร้าง G1
- พิกัดโครงสร้างในส่วนบนจะมีการระบุบริเวณสำหรับทางเดินอิสระของแขนรับไฟที่ใช้สำหรับความสูงของสายสัมผัสที่มีความสูง 5.08 เมตร และแรงดันไฟฟ้า 25 kV AC
- คุณลักษณะรถไฟอ้างอิงมีลักษณะเหมือนกับที่ใช้ในพิกัดโครงสร้าง GC ที่กำหนดไว้ในภาคผนวก ฉ

ข.4.2 การหาพิกัดโครงสร้าง



ที่มา: EN15273-3

รูปที่ ข.3 พิกัดโครงสร้าง GUC

คำสำคัญ

A บริเวณสำรองไว้สำหรับทางเดินอิสระของแขนรับไฟ

B บริเวณสำหรับติดตั้งขานชาลาสูง 550 มิลลิเมตร และ 760 มิลลิเมตร

C บริเวณสำหรับติดตั้งโครงสร้างที่อยู่ต่ำ

ภาคผนวก ข แนวทางการซ่อมบำรุงรักษาพิกัดโครงสร้าง

ข.1 ทั่วไป

การประยุกต์ใช้งานข้อบังคับของพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ จัดเป็นงานเฉพาะทางที่ต้องอาศัย ความความชำนาญการพิเศษ โดยผู้รับผิดชอบงานด้านทางรถไฟและผู้รับผิดชอบงานด้านพิกัดโครงสร้าง จะต้องร่วมกันกำหนดมาตรการต่าง ๆ ขึ้นสำหรับการรักษาระยะพิกัดโครงสร้างที่เอื้ออำนวยต่อการบำรุงรักษา ทางตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งภาคผนวกนี้อธิบายถึงแนวทางพื้นฐานในการบำรุงรักษาทาง เพื่อเป็นแนวทาง ให้กับผู้รับผิดชอบด้านงานซ่อมบำรุง

ข.2 การเลือกใช้พิกัดโครงสร้าง

การเลือกพิกัดโครงสร้างประเภทต่าง ๆ มาใช้งานเป็นหน้าที่ของผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐาน เนื่องด้วยการกำหนดค่าที่ยอมให้ (M) จะต้องคำนึงถึงสภาพจริงของระบบทางรถไฟตลอดเส้นทาง ผู้รับผิดชอบ งานด้านโครงสร้างพื้นฐานอาจกำหนดพิกัดโครงสร้างขึ้นหลาย ๆ ตัว เพื่อใช้กับทางรถไฟในช่วงต่าง ๆ

เนื่องจากการตรวจสอบพิกัดโครงสร้างขอบเขตกระทำได้ยากในทางปฏิบัติและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกำหนดพิกัดโครงสร้างระบุหรือ uniform gauge ที่ง่ายต่อการใช้งานในทางปฏิบัติ และไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ พิกัดโครงสร้างเหล่านี้จะทำให้บุคลากรสามารถแก้ไขปัญหาที่หน้างาน ได้ง่ายและไม่ต้องอาศัยการคำนวณอย่างละเอียดแต่อย่างใด

ข.3 ข้อบังคับสำหรับการติดตั้ง

ข.3.1 แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์ตามแนวราง

โดยทั่วไปแล้วการกำหนดพิกัดโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ไม่ได้คำนึงถึงการกีดขวางจากอุปกรณ์ ตามแนวราง เช่น ป้ายสัญญาณ, เสไฟฟ้า ฯลฯ

อุปกรณ์เหล่านี้มักถูกติดตั้งให้อยู่ใกล้กับทางรถไฟมากที่สุดแต่ยังมีระยะห่างที่เผื่อไว้สำหรับ เหตุผลต่าง ๆ เช่น การปรับผังรางในอนาคต ระยะห่างที่เผื่อไว้ดังกล่าวยังเอื้ออำนวยให้การบำรุงรักษา พิกัดโครงสร้างทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากสามารถลดความถี่ของการตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ตามแนวรางลงได้

เนื่องจากเหตุผลข้างต้นจึงแนะนำให้จัดทำรูปตัดขวางมาตรฐานที่แสดงระยะห่างระหว่างทางรถไฟ และอุปกรณ์ตามแนวรางชนิดต่าง ๆ ซึ่งแนวความคิดข้างต้นสามารถนำไปใช้ได้กับโครงสร้างหรืออุปกรณ์ แบบติดตั้งถาวรอื่น ๆ ได้เช่นกัน

ช.3.2 แนวทางการติดตั้งรางขนานกับโครงสร้าง

ในกรณีของการติดตั้งรางและทางรถไฟตามแนวขนานกับโครงสร้างต่าง ๆ เช่น ชานชาลา ข้อควรพิจารณาต่าง ๆ จะแตกต่างจากการติดตั้งรางและทางรถไฟปกติทั่วไป โดยการศึกษาความคุ้มค่าทางด้านการเงิน (financial study) จะช่วยให้สามารถกำหนดการติดตั้งรางที่เหมาะสมที่สุดเมื่อพิจารณาถึงราคาก่อสร้าง ค่าบริหารจัดการ และข้อจำกัดในการใช้ทางรถไฟ

ช.3.3 แนวทางการติดตั้งโครงสร้างชั่วคราว

ในบางกรณีมีความจำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างชั่วคราวในการบำรุงรักษาโครงสร้างหลัก (สะพาน อุโมงค์ ฯลฯ) โดยการติดตั้งโครงสร้างชั่วคราวลงในระบบทางรถไฟจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่าง ๆ ซึ่งไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ข้อบังคับในมาตรฐานฉบับนี้ถูกนำไปใช้อย่างเข้มงวด โครงสร้างชั่วคราวจะไม่ส่งผลกระทบต่อการเดินทางในสภาวะปกติแต่อย่างใด แต่อาจส่งผลกระทบต่อการเดินทางชนิดพิเศษ

ช.4 การบริหารจัดการและตรวจสอบโครงสร้าง

ช.4.1 หลักการในการบริหารจัดการ

ถ้าผู้รับผิดชอบงานด้านโครงสร้างพื้นฐานรับรองการมีอยู่ของโครงสร้างที่ตั้งอยู่ใกล้กับ พิกัดโครงสร้าง หรือโครงสร้างที่ล้ำเข้ามาในพิกัดโครงสร้างระบุ ซึ่งผู้รับผิดชอบด้านการซ่อมบำรุงจัดจะต้องจัดให้มีระบบบริหารจัดการขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังนี้

- กำหนดระยะห่างของการติดตั้งโครงสร้าง/อุปกรณ์ สำหรับการตรวจสอบพิกัดโครงสร้าง
- ประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงผังทางเดินรถ
- ประเมินความเป็นไปได้ของการขนส่งชนิดพิเศษต่าง ๆ
- ประเมินความเป็นไปได้ของการปรับปรุงพิกัดโครงสร้าง

สำหรับโครงสร้างแต่ละตัว แนะนำให้กำหนด

- ตำแหน่งสัมพัทธ์ของโครงสร้างเทียบกับตำแหน่งของราง (รูปตัด)
- ข้อมูลที่เกี่ยวข้องของกับผัง (รัศมีความโค้ง ค่ายกโค้ง ในโค้ง/นอกโค้ง)
- ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเดินรถ (ความเร็วรถ พิกัดโครงสร้างที่ใช้ ฯลฯ)

ข.4.2 การบริหารจัดการกรณีวิกฤต

จำเป็นต้องกำหนดมาตรการพิเศษต่าง ๆ เพื่อจัดการกับกรณีโครงสร้างเกิดวิกฤติ (โครงสร้างที่มีความเสี่ยงจะรูล้ำเข้าไปในพิกัดโครงสร้าง) เช่น

- เพิ่มความถี่ของการควบคุม
- มีอุปกรณ์ยึดรั้งตำแหน่งของราง
- ลดความเร็วในการเดินรถ ถ้าความเร็วมีผลกระทบต่อการคำนวณพิกัดโครงสร้าง
- slewing track หรือเปลี่ยนค้ายกโค้ง
- มาตรการอื่น ๆ ที่สามารถป้องกันไม่ให้อาคารถล่ม

สำหรับกรณีหลัง อาจทำการติดตั้งหมุดตำแหน่งตามแนวรางเพื่อให้การดำเนินการดังต่อไปนี้สามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว 1) การตรวจสอบตำแหน่งของราง 2) การประเมินผลกระทบจากการซ่อมบำรุง การติดตั้งหมุดตำแหน่งสามารถใช้ได้กับการแก้ปัญหาพิกัดโครงสร้างแนวตั้งและราบ

ข.4.3 การตรวจวัดขนาดของโครงสร้างในเชิงปฏิบัติ

ในระหว่างดำเนินการตรวจวัดขนาดของโครงสร้าง แนะนำให้จัดทำผังแสดงระยะห่างสัมพัทธ์ระหว่างโครงสร้างที่กำลังตรวจวัดกับทางรถไฟ ซึ่งระยะห่างสัมพัทธ์ดังกล่าวขึ้นอยู่กับระยะในแนวตั้ง ระยะในแนวราบ และค้ายกโค้ง สำหรับความถี่ของการตรวจสอบจะขึ้นอยู่กับสภาพการเดินขบวนรถ รอบเวลาการซ่อมบำรุง เสถียรภาพของโครงสร้าง และค่าที่ยอมให้ของระยะระหว่างโครงสร้างกับราง โดยความถี่ของการตรวจสอบจะถูกกำหนดโดยประสบการณ์ของผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐาน โดยต้องกำหนดให้มีความสอดคล้องกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการคำนวณ M_2

ในการแปลผลของการวัดทดสอบให้คำนึงถึงผลกระทบจากความละเอียดของระบบการวัดด้วยดังนี้

- ความละเอียดของการตรวจวัด (จำนวนจุดต่อพื้นที่) ค่านี้มีความจำเป็นต่อการนำไปประเมินความขรุขระของผิวโครงสร้าง (วัสดุก่อ กำแพงหิน ฯลฯ)
- ความละเอียดของการตรวจวัด (ค่าเบี่ยงมาตรฐานของความผิดพลาดจากการตรวจวัด)

ผู้รับผิดชอบด้านโครงสร้างพื้นฐานสามารถรวมผลความคลาดเคลื่อนทั้งสองค่าข้างต้นเข้าไว้ด้วยกันแล้วนำค่าดังกล่าวไปใช้กับสมการที่ให้ไว้ในภาคผนวก ก เนื่องจากค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดเหล่านี้ถูกจัดว่าเป็นเหตุการณ์แบบสุ่ม



ซ.5 ผลกระทบจากการบำรุงรักษาราง

ระหว่างการดำเนินการบำรุงรักษาราง โครงสร้างทุกชนิดที่อยู่ใกล้กับพิกัดโครงสร้างจะต้องถูกตรวจสอบ เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบจากการบำรุงรักษารางต่อพิกัดโครงสร้าง โดยการยกราง หรือการเปลี่ยนค่ายกโค้ง จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบอย่างรุนแรงต่อค่าระยะที่ย่อมให้และการบำรุงรักษาพิกัดโครงสร้าง

ซ.6 การอบรมบุคลากร

เนื่องจากเรื่องที่เกี่ยวข้องกับพิกัดโครงสร้างเป็นเรื่องที่ซับซ้อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดให้มีการอบรมให้กับบุคลากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องแบ่งหัวข้อการอบรมออกเป็นส่วน ๆ ให้เหมาะสมกับบุคลากรในภาคส่วนต่าง ๆ