

BANSHIGUIDAO SHEJI YU SHIGONG

板式轨道 设计与施工

王其昌 韩启孟 编译



西南交通大学出版社

板式轨道设计与施工

王其昌 韩启孟 编译

铁道部高速铁路办公室
西南交通大学列车与线路研究所

西南交通大学出版社
·成都·

内 容 简 介

本书较详细地介绍了日本铁路板式轨道 A 型轨道板的设计与制造以及施工方法、施工要领、施工技术、施工标准和所用材料的试验方法。内容详细具体,图文并茂,具有可操作性和实用性。

本书可供从事铁路轨道设计、生产、施工、养护等方面的工程技术人员、科学研究人员及大专院校师生学习参考用。

图书在版编目(CIP)数据

板式轨道设计与施工/王其昌,韩启孟编译. —成都:西南交通大学出版社,2002.12
ISBN 7-81057-683-6

I. 板... II. ①王... ②韩... III. ①板式轨道-设计-日本②板式轨道-铺轨-日本 IV. U213.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 070768 号

板式轨道设计与施工

王其昌 韩启孟 编译

*

出版人 宋绍南

责任编辑 刘莉东

封面设计 肖勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行科电话: 87600564)

http://press.swjtu.edu.cn

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 22.125

字数: 500 千字 印数: 1—5 000 册

2002 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-683-6/U · 057

定价: 48.00 元

序

轨道是铁道线路设备的基础和重要组成部分,它直接承受着列车荷载的作用并引导列车运行。列车作用于轨道上的力有垂直压力、横向水平力、纵向水平力,以及因温度变化所产生的温度附加力等。因此,要求轨道结构有足够的强度和稳定性,各组成部分的结构要合理,尺寸及材质要相互配合、等强配套、弹性连续,以保证列车规定的速度,安全、平稳和不间断地运行。

随着列车速度的提高,对轨道结构的技术要求越来越高。1964年建成通车的日本东海道新干线,开创了铁路高速行车的实用化历史。此后,高速铁路技术不断发展和创新。目前,日本、法国、德国等发达国家的高速列车运行最高时速已达300公里/小时以上。要确保列车在高速行车条件下,安全、平稳地不间断运行,发展新型轨道建筑和维修技术,已成为高速铁路技术研究的重点之一。

日本于20世纪70年代率先开发和使用板式轨道技术,至今,铺设的板式轨道已占日本新干线的60%以上。近年来,德国试验铺设了长枕埋入式无碴轨道,法国也开始着手无碴轨道的研究试验工作。其中,日本的板式轨道以结构简单及设有提高轨道弹性的水泥沥青砂浆垫层,而优于其他无碴轨道结构,被很多专家认为是一种应该在高速铁路广泛采用的轨道结构形式。

与有碴轨道相比,板式轨道具有更好的整体性、稳定性和耐久性,虽然技术较复杂,一次性投资要大于有碴轨道,但其使用寿命周期长,通常使用周期为30年,轨道板在使用周期内基本上免维修,运营过程中维修工作量可减少70%以上,能够有效缓解高速铁路运营与维修的矛盾,总的成本并不比有碴轨道高。板式轨道在高速铁路轨道上的推广应用,是增强轨道结构稳定性、耐久性,减少维修,实现轨道结构现代化的重要措施,也是当今世界高速铁路轨道的发展方向。

《板式轨道设计与施工》一书,是由铁道部高速铁路办公室和西南交通大学列车与线路研究所,在搜集整理日本20世纪80年代以后板式轨道设计与施工技术成果,并归纳中日双方相关专家技术交流资料的基础上编译而成的。该书对于推动我国铁路板式轨道技术研究,优化高速铁路轨道结构的设计、施工,以及改善既有铁路轨道结构,具有一定的指导作用和实用价值。

毕武洪

2002年9月2日

编译者的话

随着日本国民经济的迅猛增长,为适应新干线高速行车的需要,解决线路维修困难,同时考虑到新干线网规划中隧道和高架桥区间较多,自1965年起研制开发了各种类型的新型轨道结构方案。经过大量的试铺试验和技术经济比较,确定在新干线和既有线上采用板式轨道。

日本板式轨道在经历了由温暖地区向寒冷地区、普通轨道板向防振轨道板、坚实基础向土质路基上长达20多年的运营实践和不断完善,积累了大量的宝贵经验和技术资料。在此基础上,为使板式轨道的设计与施工标准化和规范化,于1981年和1983年先后编制了A型轨道板设计指南(草案)和板式轨道施工技术(修订草案)。迄今为止,它一直作为日本板式轨道设计与施工的规范在施行着。

目前,欧美各国铁路也在不断地发展各种结构形式的无碴轨道,国际铁路联盟(UIC)经过10多年的调查研究,认为板式轨道是未来高速铁路轨道结构的发展方向,并将从以少维修为目的向着高速化、减振降噪、降低成本、提高施工效率等提高其综合性能的方向发展。我国铁路为发展高速铁路和适应既有线提速,要求在有条件的高架桥、隧道和大型车站等地段,亦应铺设无碴轨道。因此,在世界范围内,新型无碴轨道必将成为未来高速铁路轨道的基本结构而得到广泛应用和发展。

本书的编译就是以此为契机,在搜集整理有关日本新干线板式轨道的研发、铺设、运用成果及中日双方相关专家技术交流资料的基础上编译而成的。

本书的编译共分5篇29章。主要内容有:第1篇作为导论介绍了板式轨道的结构;第2篇详述了A型轨道板的设计理论方法与设计计算例;第3篇介绍了轨道板的制造和管理;第4篇详述了板式轨道的施工方法、作业要领和施工技术;第5篇介绍了板式轨道材料的试验方法。内容翔实具体,图文并茂,具有可操作性和实用性。

为便于读者阅读,应编译者的要求,本书在出版结构上,凡是用仿宋体和方括号[1]~[24]并仿宋体排版的部分,均表示现行日本板式轨道的设计指南和施工要领的有关规定。

本书的编译出版,如果能对从事这方面研究、设计、生产、施工和养护的科技人员、从业人员及大专院校师生有所帮助和启示,并由此推动我国铁路无碴轨道的研究与发展,将是编译者的莫大欣慰。

本书的编译得到了日方有关专家的大力支持及铁道部高速铁路办公室领导的亲切关怀和指导,在此谨表谢意。

由于编译时间仓促和业务水平所限,编译中难免有不妥之处,恳请读者提出批评指正。万物皆可我用,他山之石可以攻玉。是为编译者的话。

王其昌 韩磊

2002年8月于四川·成都

工程单位与国际单位的换算

$$1 \text{ kgf} = 9.806\,65 \text{ N}$$

$$1 \text{ tf} = 9.806\,65 \times 10^3 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9.806\,65 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.806\,65 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kgf/m}^2 = 9.806\,65 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ P} = 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ kcal} = 4.186\,8 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ cc} = 1 \text{ mL}$$

$$1 \text{ hp} = 745.699\,9 \text{ W}$$

目 录

第 1 篇 板式轨道导论

1 板式轨道的研发经过	3
1.1 研发缘由	3
1.2 研究方法	3
1.3 结构方案	4
1.4 铺设成果	5
2 板式轨道的结构与类型	11
2.1 板式轨道的结构形式	11
2.1.1 A 型板式轨道	11
2.1.2 M 型板式轨道	12
2.1.3 L 型板式轨道	13
2.1.4 RA 型板式轨道	14
2.1.5 钢桥上直结轨道	14
2.2 板式轨道的类型	15
2.2.1 类型与符号	15
2.2.2 A—151, A—51 型	16
2.2.3 A—152, A—52 型	17
2.2.4 A—153, A—154, A—53, A—54 型	18
2.2.5 A—155, A—55 型	20
2.2.6 A—157 型	21
2.2.7 RA—116, RA—16 型	22
3 A 型、RA 型板式轨道的断面尺寸	24
3.1 A 型板式轨道的断面尺寸及距轨顶面(RL)的高度	24
3.1.1 既有线板式轨道的断面尺寸	24
3.1.2 新干线板式轨道的断面尺寸	26
3.2 钢桥上直结轨道轨面至钢梁上缘的高度	28
3.3 A 型板式轨道轨面至承轨槽面的高度	28
3.4 混凝土轨道板承轨槽的形状	29

3.4.1 1~4 型轨道板承轨槽的形状	29
3.4.2 7 型轨道板承轨槽的形状	30
3.5 混凝土轨道板扣件预埋螺栓套管配置图	30
3.5.1 直结 2 型扣件预埋螺栓套管配置图	30
3.5.2 直结 4 型扣件预埋螺栓套管配置图	31
3.5.3 直结 5 型扣件预埋螺栓套管配置图	32
3.5.4 直结 5 型和直结 8 型用预埋套管和锚板细部图	32

第 2 篇 轨道板的设计

4 总 则	37
4.1 目 的	37
4.2 适用范围	37
5 轨道板的种类和适用范围	41
6 设计荷载	44
6.1 设计荷载的种类	44
6.2 轮 重	44
6.3 横向力	45
6.4 其他荷载	46
7 材料容许应力	47
7.1 混凝土的容许应力	47
7.2 钢筋的容许应力	48
7.3 PC 圆钢的容许应力	51
8 轨道板的外力矩	52
8.1 新干线用轨道板的外力矩	52
8.2 既有线用轨道板的外力矩	53
9 轨道板的设计方法	57
9.1 列车荷载作用时的分析	57
9.1.1 RC 轨道板的设计方法	57
9.1.2 PRC 轨道板的设计方法	57
9.2 制造、输送、施工时的分析	60

9.2.1 使用插入物时	60
9.2.2 使用保持螺栓时	63
9.3 其他方面的分析	64
9.3.1 插入物周边的混凝土强度	64
9.3.2 保持螺栓用锚板的冲剪应力	66
9.3.3 横向力作用下预埋套管部分的混凝土剪应力	67
9.3.4 PC 圆钢锚固用承压板的承压应力	69
9.3.5 PC 圆钢的张拉力	70
10 短尺、斜边轨道板的设计方法	72
10.1 短尺轨道板	72
10.2 斜边轨道板	72
10.3 斜角部的外力矩	74
10.4 钢轨扣件的配置	75
11 结构细目	79
11.1 扣件间距	79
11.2 钢筋的配置	79
11.3 轨道板附属配件	79
12 PRC 防振轨道板[A—55CN]设计计算例	80
12.1 设计条件	80
12.1.1 设计荷载	80
12.1.2 材料的强度和容许应力	80
12.1.3 轨道板的形状尺寸	81
12.2 设计弯矩	82
12.2.1 外力矩	82
12.2.2 外力矩的计算假定	82
12.2.3 轨道板外力矩	83
12.2.4 使用吊环插入装置时的外力矩汇总表	85
12.3 所需圆钢及钢筋数量的计算	86
12.3.1 断面各元素	86
12.3.2 疲劳检算时的弯曲应力	86
12.3.3 PC 圆钢的计算	86
12.4 应力计算	90
12.4.1 轨道纵向应力计算	90

12.4.2 轨道横向应力计算	93
12.5 混凝土边缘应力的计算	96
12.5.1 轨道纵向混凝土边缘应力	96
12.5.2 轨道横向混凝土边缘应力	99
12.6 混凝土承压应力的计算	101
12.6.1 容许承压应力的计算	101
12.6.2 承压应力值的计算	102
12.7 横向力作用下的分析	102
12.7.1 断裂面的计算	102
12.7.2 剪切应力的计算	103
12.8 使用保持螺栓时的检算	103
12.8.1 轨道板自重	103
12.8.2 轨道纵向反力和弯矩的计算	104
12.8.3 轨道横向反力和弯矩的计算	104
12.8.4 使用保持螺栓时截面内力汇总表	105
12.8.5 截面应力的计算	106
12.8.6 轨道板保持螺栓用锚定板冲剪的检算	107
12.9 吊环周围混凝土承压应力的检算	107
12.9.1 脱模时混凝土所需的抗压强度	107
12.9.2 承压应力值	108
12.9.3 粘着应力值	108
12.9.4 剪应力值	108
12.10 张拉计算	109
12.10.1 计算前提	109
12.10.2 轨道横向(短边)的张拉	110
12.10.3 轨道纵向(长边)的张拉	110
12.10.4 张拉表	111
13 RC 轨道板[A—51CT]设计计算例	112
13.1 设计条件	112
13.1.1 设计荷载	112
13.1.2 材料的强度和容许应力值	112
13.1.3 轨道板的形状尺寸	113
13.2 设计弯矩	113
13.2.1 外力矩	113
13.2.2 设计计算中使用的外力矩	113

13.2.3	外力矩的计算假定	114
13.2.4	轨道板外力矩	115
13.2.5	使用吊环插入装置时的外力矩汇总表	117
13.3	所需钢筋量的计算	117
13.3.1	所需钢筋量	117
13.3.2	所需钢筋根数	118
13.3.3	钢筋配置间距	118
13.4	荷载作用时的应力计算	119
13.4.1	轨道板应力计算式	119
13.4.2	轨道板应力计算结果	120
13.4.3	边缘应力的计算	122
13.5	横向力作用下的检算	125
13.5.1	正常条件下的检算	126
13.5.2	疲劳条件下的检算	126
13.6	应力汇总表	126
13.6.1	按所需钢筋量配筋的应力表	126
13.6.2	按配筋图配筋的应力表	128
13.6.3	制造、运输、施工时的应力表	129
13.7	使用保持螺栓时的应力检算	129
13.7.1	轨道板自重	129
13.7.2	轨道纵向反力和弯矩的计算	130
13.7.3	轨道横向反力和弯矩的计算	131
13.7.4	轨道板有效宽度的计算	131
13.7.5	反力和弯矩的计算结果	131
13.7.6	截面应力的计算	131
13.8	吊环周围混凝土应力的检算	133
13.8.1	脱模时混凝土应有的抗压强度	133
13.8.2	承压应力	133
13.8.3	粘着应力	133
13.8.4	剪应力	134
13.9	轨道板保持螺栓用锚定板冲剪应力的检算	134

第3篇 轨道板的制造

14	轨道板制造工艺与设备	137
14.1	制造要求	137

14.2	制造工艺	137
14.3	制造设备	138
15	轨道板制造技术要领	140
15.1	模板及模板基础	140
15.2	钢筋、圆钢的加工和组装	141
15.3	混凝土的配合比及其拌和	143
15.3.1	有关材料的计量	144
15.3.2	混凝土的拌和	144
15.4	混凝土的浇注及其捣固	144
15.5	混凝土的养生	146
15.6	轨道板的脱模和湿润养生	147
15.7	预加应力	147
15.8	板下防振胶垫的粘贴	149
15.9	轨道板的储存和堆放	150
15.10	轨道板的最后整修加工和基准线的刻印	151
15.11	模板的定期检查	151
15.12	轨道板的搬运和处理	151
16	轨道板的试验和检查	152
16.1	试 验	152
16.2	检 查	152

第4篇 板式轨道的施工

17	板式轨道的施工方法	157
17.1	概 述	157
17.2	A型板式轨道的施工顺序和施工方法	157
17.2.1	施工顺序	157
17.2.2	施工方法	158
17.2.3	关于施工方法之一	159
17.2.4	关于施工方法之二	163
17.2.5	关于施工方法之三	163
17.2.6	关于施工方法之四	163
17.2.7	关于施工方法之五	164
17.2.8	关于施工速度	164
17.2.9	小结	165

17.3 RA 型板式轨道的施工顺序	167
18 A 型板式轨道的施工技术	169
18.1 土木工程的施工技术	169
[1] RL(轨顶面)至 FL(基床面)的高度	169
[2] 超高设置	170
[3] 挡台灌注允许误差	170
18.2 轨道工程的施工技术(轨道板铺设工程)	176
[4] 临时基准点的设置	176
[5] 标线	177
[6] 轨面标高	177
[7] 清扫轨道板铺设表面	177
[8] 轨道板的暂置作业	178
[9] 轨道板的调整作业	178
18.3 曲线地段轨道板的铺设	189
18.3.1 圆曲线上轨道板的铺设	189
18.3.2 缓和曲线上轨道板的铺设	195
18.4 轨道工程的施工技术(钢轨铺设工程)	201
[10] 长钢轨的搬运作业、伸缩接头(E. J)的位置	201
[11] 钢轨铺设作业	202
[12] 可调衬垫	214
[13] 轨道的再次调整	237
19 水泥沥青砂浆(CAM)的施工技术	238
19.1 采用 CAM 的主要目的	238
19.2 施工计划	238
[14] 注入对象	239
[15] 机械器具	239
[16] 成套设备	243
19.3 材料管理	247
[17] 材料	247
19.4 注入作业技术	251
[18] 模板的安置	251
[19] CAM 的配合比	253
[20] 搅拌	257
[21] 注入	260

[22] 洗涤水等的处理	262
19.5 模板拆卸和板上作业限制	262
[23] 模板等的拆卸时间	262
[24] 轨道板上作业限制	263
19.6 温暖地区用 CAM 配合比的设计计算	264
19.6.1 温暖地区用 CAM 配合比的算例	264
19.6.2 温暖地区用 CAM 的性能	265
19.6.3 数据资料集	266
19.7 寒冷地区用的 CAM	269
19.7.1 寒冷地区用 CAM 的标准配合比	269
19.7.2 搅拌方法	269
19.7.3 寒冷地区用 CAM 的质量标准	270
19.7.4 消泡剂 A. E 剂型 CAM 的特性	270
19.7.5 施工性	270
19.7.6 压送方法	270
19.7.7 CAM 的物理力学性能	271
19.7.8 寒冷地区用 CAM 配合比的设计计算	273
19.7.9 寒冷地区用 CAM 施工技术	274
19.8 CAM 的试验方法	275
19.8.1 流动时间	275
19.8.2 单位容重	275
19.8.3 空气量	276
19.8.4 材料温度	276
19.8.5 纤维板率(F. B 率)	276
19.8.6 膨胀率	276
19.8.7 泛浆率	276
19.8.8 抗压强度	276
19.8.9 材料离析度	277
19.8.10 密度变化(碳化、重量变化)	277
19.8.11 吸水率	277
19.8.12 理论密度的计算	277
19.8.13 抗弯强度	278
19.8.14 填充率的测定	278
19.8.15 现场剥离试验	279
19.8.16 容积计算时所用材料的密度	279
19.9 温暖地区用 CAM 质量管理一览表	279
19.10 寒冷地区用 CAM 质量管理一览表	280

20	树脂填充材料	281
20.1	树脂填充材料的使用条件	281
20.2	树脂填充材料的强度	282
20.3	轨道板下树脂填充施工规则	282
20.3.1	树脂注入施工顺序	282
20.3.2	基底的处理	283
20.3.3	轨道板的铺设与调整	283
20.3.4	填充厚度的量测	283
20.3.5	模板的组装	283
20.3.6	树脂的称量与掺和	285
20.3.7	树脂的注入	285
20.3.8	试件的采样	285
20.3.9	模板的拆卸	286
20.3.10	侧立切边	286
20.3.11	主要材料与机具	286
21	A型板式轨道的初期养护	287
21.1	复拧扣件螺栓	287
21.2	养护要点	287
21.3	过渡段的养护	287
21.4	扣件零件的准备	288
21.5	调整用铁垫片的准备	288
21.6	应急夹板的准备	288
21.7	螺栓扳手	288
22	寒冷地区板式轨道温暖型 CAM 的施工技术	289
22.1	主 旨	289
22.2	修改和补充的内容	289
22.2.1	适用范围	289
22.2.2	使用材料	289
22.2.3	配合比	290
22.2.4	搅拌	290
22.2.5	注入	291
22.2.6	CAM 的质量标准	291
22.2.7	CAM 质量试验的时间和项目	292
22.2.8	CAM 质量的试验方法	292
22.2.9	CAM 的初期养生	293
22.2.10	间隔板	293

第5篇 板式轨道材料试验方法

23 砂浆的试验方法	297
23.1 注入砂浆的稠度试验方法	297
23.1.1 试验方法(J漏斗法)	297
23.1.2 试验用具	297
23.1.3 试验步骤	298
23.1.4 表示方法	298
23.2 注入砂浆的泛浆率和膨胀率的试验方法	298
23.2.1 试验方法	298
23.2.2 试验用具	298
23.2.3 试验步骤	298
23.2.4 表示方法	299
24 细骨料的级配试验方法	300
24.1 细骨料的级配标准	300
24.1.1 级配	300
24.1.2 标准筛	300
24.2 筛分曲线	301
24.3 细度模数	302
25 细骨料的比重和吸水量的试验方法(JIS A1109)	303
25.1 适用范围	303
25.2 试验用具	303
25.3 试样	303
25.4 比重的试验方法	304
25.5 吸水量的试验方法	304
25.6 计算方法	304
25.7 精度	304
26 细骨料的含水率试验方法(JIS A1111)	305
26.1 适用范围	305
26.2 试验用具	305
26.3 试样	305
26.4 试验方法	305
26.4.1 重量法	305
26.4.2 容积法	306

26.5	细骨料含水率的计算	306
26.6	精度	306
26.7	算例——砂的表面含水率求法	306
27	空气量的现场测定方法	308
27.1	空气量计算列线图的制作方法	308
27.1.1	适用范围	308
27.1.2	空气量的计算	308
27.1.3	空气量计算列线图的制作方法	308
27.1.4	作图例	309
27.2	空气量台秤直读刻度盘的制作方法	312
27.2.1	适用范围	312
27.2.2	主要目的	312
27.2.3	偏于安全的设置方法	313
27.2.4	空气量台秤直读刻度盘的制作方法	313
27.2.5	现场实施例	314
28	CAM弹性模量的测定方法	316
28.1	CAM弹性模量的性质	316
28.2	CAM弹性模量的测定与计算例	316
29	板式轨道用零部件	318
29.1	板式轨道专用千斤顶	318
29.1.1	适用范围	318
29.1.2	材料	318
29.1.3	构造、形状、尺寸	318
29.1.4	喷漆	319
29.1.5	性能	319
29.1.6	试验和检查	319
29.1.7	标记	319
29.2	T型螺栓孔盖	319
29.3	插入定位螺钉	320
29.4	注入孔橡胶塞	321
29.5	保持螺栓孔橡胶塞	322
29.6	轨道板铺设水准尺	323
29.7	隔水油(直结5型扣件用)	323
29.7.1	适用范围	324