



道路设施工程学

(安全、控制、公害防止)



〔日〕市原薰、枝村俊郎 编
王惠普、林耀中 译、尹家骅 校

人民交通出版社



道路设施工程学

(安全、控制、公害防止)

(日)市原薰、枝村俊郎 编

王惠普 林耀中 译 尹家骅 校

人民交通出版社

道路设施工程学

(安全、控制、公害防止)

市原薰、枝村俊郎共编

道路施工学

森北出版株式会社 東京 1976

本书根据日本森北出版公司1976年东京版本译出

王惠普 林耀中译 尹家骅校

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

通县张家湾曙光印刷厂印

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.5 字数: 318千

1982年5月 第1版

1982年5月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,900册 定价: 2.55元

内 容 提 要

本书是日本关于道路工程设施的专著，其中对路面防滑、防护栅、交通控制、交通噪声及其防止措施、振动障碍及其防止措施等，都有详尽的介绍，并列举了各国的有关资料，对防止交通事故、保障人身安全及减少噪声等环境污染，当能起一定作用。

在我国，过去有关这方面的书籍和资料十分稀少，可以说，还没有一本专著。所以，可以相信，本书的翻译出版，对我国公路事业，会有所裨益。此外，本书还可供城市道路、交通警察部门和铁路部门的有关人员学习和参考。

序 言

道路工程学中，道路的几何构造设计，在日本已获得很大的进步，已建成的很多优良的道路就是它的成果。再者，近年来随着交通需要的增大，交通工程也得到了发展，现在与欧美相比，并无任何逊色。但是，无待赘言，公路仅仅在承受汽车行驶的强度方面和交通容量方面满足要求，显然是不够的，只有解决了安全性和舒适性以及交通运用和环境方面的问题，它才能够说是真正良好的公路。不过，对这些问题，从事道路建设的人员、研究人员或包括沿线居民在内的用路者广大阶层，各有各的意见，因此它们确实也是很难解决的。由于利用各种设施采取了一些技术措施，到今天，不论怎么说，当时的各种问题，算是大体在主观上解决了。但是实际上对于这些问题，准确掌握其现象，提出合理的对策，应该说还是必要的。很遗憾，过去在有关道路的书籍中，对于道路设施的问题不甚重视，可以说大都没有基本的解说。

很幸运，现在得到了机会，可以就我们认为最需要的安全、环境等道路设施中的主要问题，进行编写，成为本书。编写本书的目的并不单纯是罗列过去习惯的实际工作情况，而在于从各种设施需要的基本现象的说明开始，把技术建立在实验和理论的基础之上。只有这样才能正确地适应实际情况，并且将来可以进步和存在。有时，根据对其界限的明确认识，可以理解到有必要同时采用其它的措施。

本书编写时，建设省土木研究所和神户大学长年从事这些研究的人士，分别担任了各章的编写工作，他们对各该问题都曾身历其境，因而对其内容抱有信心。虽然如此，仍望将来得到读者

的指正，以便进一步加以修改。本书若能对于有关公路安全、运用、环境问题的技术措施及其进步稍有贡献，作者将感到十分荣幸。

各章的作者如下，在此分别记述，以明责任。

第一章	路面防滑	市原 薰
第二章	防护棚	枝村俊郎
第三章	交通控制	久井 守
第四章	交通噪声及其防止措施	金安公造
第五章	振动故障及其防止措施	北村泰寿

编 者

1976年1月27日

目 录

第一章 路面防滑	1
1.1 概论	1
(1)路面防滑的意义	1
(2)路面防滑的研究	2
1.2 路面的滑移摩擦机理	3
(1)路面滑移摩擦的定义	3
(2)橡胶的摩擦机理	6
(3)干燥、湿润以及速度与摩擦系数	8
(4)温度及其季节变化与滑移摩擦系数	11
(5)高速行驶时的水膜滑溜现象	18
(6)路面种类与滑移摩擦系数	21
(7)骨料及结合料	21
(8)路面的粗糙度	24
(9)路面的夹杂物等	24
(10)轮胎的条件与滑移摩擦系数	25
1.3 抗滑力与汽车的运动	27
(1)直线行驶与抗滑力	27
(2)曲线行驶与抗滑力	33
(3)驱动与抗滑力	37
(4)关于实际行驶问题	39
1.4 铺装路面的处理	40
(1)铺装路面的滑移摩擦的考虑	40
(2)防滑路面	40
(3)滑移摩擦系数的极限值	43

1.5 对冰雪路面的措施	48
(1) 冰雪路面的防滑	48
(2) 各种防冻措施的施工法	51
(3) 应用轮胎的防滑措施	54
1.6 防止事故的措施	55
(1) 由于滑动引起的事故	55
(2) 防滑措施的有效事例	56
1.7 抗滑力测定装置	57
(1) 抗滑力测定装置	57
(2) 降低速度法	57
(3) 制动停车距离法	58
(4) 滑移摩擦系数直接测定法	58
(5) 横向滑移测定法	61
(6) 轻便试验器	62
参考文献	62
第二章 防护栅	65
2.1 概论	65
2.2 机能评价的尺度	65
2.3 事前事故损害与事故率的预测	68
(1) 翻车事故损害 D_b 的预测	68
(2) 每单位长度事故率 N_b 的推算	81
2.4 汽车与防护栅的力学	84
(1) 汽车的运动力学	84
(2) 防护栅的力学	87
(3) 栏杆柱水平方向支持力	102
2.5 冲撞实验及其分析	106
(1) 实物实验	106
(2) 冲撞现象的解析	109
2.6 设计与决定规格的理论	114
(1) 由于冲撞时的减速产生的损害	114

(2) 最优规格与设置标准的决定	117
(3) 高速公路中央分隔带	135
2.7 结束语	139
参考文献	141
第三章 交通控制	145
3.1 概论	145
(1) 交通控制的内容	145
(2) 交通控制的手段	145
(3) 交通控制的目的	145
3.2 单独交叉口的控制	146
(1) 信号机设置标准	146
(2) 定时信号的周期时间和绿灯信号比	147
(3) 交通感应信号	160
(4) 过饱和和交叉口的控制	163
(5) 公共汽车优先通行信号	163
3.3 复数交叉口的控制	165
(1) 时差的定义	165
(2) 控制的种类	166
(3) 最佳控制的目标函数	169
(4) 交通流模型	170
(5) 最优化手法	172
(6) 以通过带宽度为标准的时差	172
(7) 以两个交叉口之间的最小延迟作为标准的时差	183
(8) 线路控制的最优化	193
(9) 包括闭合路线的道路网的最佳控制	201
(10) 关于转换控制参数的问题	209
(11) 时差的反馈(feedback)控制	218
(12) 交通混杂时的控制	220
(13) 区域控制的实施例子	222
3.4 在信号控制中模拟的应用	224

(1) 事故扫描法的应用 (时差决定法的比较和评价)	225
(2) 时间扫描法的应用 (联动控制与地点感应控制的比较)	230
3.5 高速公路的交通控制	234
(1) 稳定状态的驶入控制	236
(2) 非稳定状态的驶入控制	238
(3) 紧急时的控制	238
(4) 一整日的最佳驶入控制	239
(5) 高速公路的控制和一般街道的控制	241
3.6 交通限制	241
(1) 临时停车	242
(2) 按不同前进方向划分通行	242
(3) 除指定方向外禁止前进	243
(4) 单向通行	243
(5) 禁止停车	243
(6) 公共汽车路线	244
(7) 行人专用道路	244
3.7 提供情报	244
(1) 道路标志	245
(2) 道路情报牌	245
参考文献	246
第四章 交通噪声及其防止措施	253
4.1 交通噪声	253
(1) 噪声的定义	253
(2) 有关声音的基本事项	253
(3) 声音给人的影响	255
(4) 交通噪声的评价	258
4.2 道路交通噪声的测定	265
(1) 概论	265

(2) 计测仪器	266
(3) 使用仪器量测的方法	268
4.3 解析理论	271
(1) 噪声的衰减	271
(2) 道路交通噪声的推算	274
(3) 由于障碍壁而引起的声音衰减	283
4.4 汽车噪声	289
(1) 汽车声音的构成因素	289
(2) 功率等级	290
(3) 定向性	292
(4) 频率成分	293
4.5 道路交通噪声的防止措施	295
(1) 概论	295
(2) 声源	296
(3) 道路构造	297
参考文献	308
第五章 振动障碍及其防止措施	312
5.1 概论	312
5.2 波动理论	313
(1) 理论研究展望	313
(2) 波动的基本性质	314
(3) 由于地表面激振而传播的波动	316
5.3 评价与限制	320
(1) 人体感觉和容许标准	320
(2) 国际标准化组织2631号文件	328
(3) 对构造物的影响	330
(4) 规定值	332
5.4 振动测定	334
(1) 变位、振动速度、加速度	334
(2) 测定理论	336

(3) 测定用的量测仪器	338
(4) 测定法	342
5.5 振动的实际状态	346
(1) 概要	346
(2) 道路与沿路的振动	348
(3) 地基振动的特征	353
(4) 对人体及构造物的影响	360
5.6 防止措施	365
(1) 地基振动的预测	365
(2) 对振源的措施	370
(3) 对于传播经路的措施	376
(4) 对受振点的措施	381
参考文献	382

第一章 路面防滑

1.1 概 论

(1) 路面防滑的意义

考虑道路与汽车行驶的关系时，作用于它们之间的力就是路面与汽车轮胎之间的抗滑力。这种汽车行驶与抗滑力的关系可以考虑分为三种状态。

在第1种状态中，汽车开始行驶、加速，而为了克服行驶阻力以维持速度起见，将发动机发出来的动力传给车轮，以轮胎表面与路面之间抗滑力的反力作为驱动力。特别是开始行驶时需要的驱动力，所以轮胎与路面之间需要很大的抗滑力。在路面结冰又有积雪等情况下，抗滑力特别减小，因此在上坡行驶阻力大的时候，会发生不能驱动的情况。另外，即使是在普通路面上，打算很快加速时（如赛跑用汽车等），也还有因抗滑力不足引起滑溜以致不能充分加速的情况。可见，路面和轮胎之间的抗滑力，首先对于汽车行驶是必要的。

在第2种状态中，汽车行驶中多受到侧向外力，在曲线部分行驶时的离心力是最为典型的。此外有由于路面横坡引起的重力分力——侧向力，风引起的横向力等。还有，由于操纵方向盘以及轮胎方向与车辆方向和进行方向构成角度不同而引起的侧向力。这样，汽车为了维持其方向性，轮胎和路面之间就要有抵抗各种侧向力的横向抗滑力。

第3就是刹车所需要的抗滑力。除了行驶终了而刹车之外，有由于在行驶中交叉处信号等外部要求而停车的，又有因为碰到障碍物或由于不测事态等感到危险而必须紧急刹车的情况。这

些刹车适当与否，直接与危险联系，成为事故的原因，所以是特别重要的问题，近年来随着汽车行驶的数量与速度两方面的增长，汽车事故越来越增加了，而这些事故的大部分，不论是什么形式都直接或间接地包含了路面与轮胎间的滑动问题。试看英、美等国在过去30年中交通事故的分析结果，路面淋湿时的事故约占25%，冰雪路面上的事故约占50%，一般认为这些事故是直接由于路面易滑而发生的。

如上所述，路面的抗滑对于汽车行驶，就其起步、行驶、驾驶方向、刹车这一切情况来说，都是必要的，并且这些也是与交通事故最有关系的。

(2) 路面防滑的研究

对于轮胎与路面之间的抗滑力，过去也有很多人从各种角度出发作了调查研究。特别是从高分子化学的角度出发，多以轮胎橡胶性质为主作了研究。实测值按各国实际情况不同而有一范围。有关公路方面的防滑研究，开始于1920年美国衣阿华州立大学和法国公路桥梁研究所，接着在英国的公路研究所、德国的达姆休塔德工科大学以及斯图加特工科大学进行了研究。还有最近在德国的柏林工科大学、荷兰的道路研究所、美国的加利福尼亚大学以及宾夕法尼亚大学等处，积极地进行了研究。美国的公路研究委员会(HRB)进行着这些研究成果的汇总，并制定了路面抗滑系数的标准值¹⁾²⁾。另外于1958年在弗吉尼亚大学召开了第一次国际防滑措施会议³⁾，此后在国际道路会议(PIARC)中，设置了滑溜与平坦度技术委员会(Technical Committee on Slipperiness and Evenness)，在国际上进行了连络及研究成果的发表⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

以机场的跑道道面在淋湿时高速滑行为开端的滑溜问题，由美国宇宙航空局(NASA)为中心在各地进行了研究⁸⁾。

在日本有1937年内务省土木试验所的岛田八郎技师发表的研究成果⁹⁾，它与前述各国的研究具有同等水平的内容，足以自豪。此后对这个问题的研究虽然暂时停止了，但由于1957年建设省的

提倡，又开始了横向滑溜的试验。最近除了以建设省土木研究所为首¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾的各个技术事务所、日本道路公团试验所、北海道开发局土木试验所从事防滑调查研究以外，尚有北海道大学、日本汽车研究所以及汽车制造厂商、轮胎制造厂商也热心地从事于防滑问题的研究。

1.2 路面的滑移摩擦机理

(1) 路面滑移摩擦的定义

一般轮胎接触路面运动着的时候，车辆在轮胎的接触面上受到某种阻力。轮胎自由转动时的阻力为滚动阻力，轮胎在滑动状态中的阻力就是抗滑力，轮胎的抗滑力主要是轮胎与路面之间的抗滑力。此外，有轮胎花纹与路面凸凹的相互咬合引起的阻力、有路面的凸起物割裂轮胎那样的阻力等。同时，按照测定条件还加上由于轮胎前面散放着的物质（如尘埃、水分、冰雪等）引起的行驶阻力。而且，因为轮胎橡胶呈现半胶体状态，与所谓固体的滑移摩擦状态是不相同的。

但构成轮胎抗滑力的大部分是滑移摩阻力。将抗滑力分为荷载及阻力系数考虑时，则阻力系数与滑移摩擦系数几乎具有同样的性质。以下将轮胎与路面之间的滑移摩擦系数按抗滑力系数的意义处理。

(a) 滑移摩擦系数

轮胎在与行驶方向相同的方向转动时，若给该轮胎加以制动力，则在轮胎接触的地面上产生与行驶方向相反方向的摩擦力。制动力相当大的时候，车轮就被完全刹住，轮胎表面对于路面的滑移率达到 100%。这时的滑移摩阻力与轮胎荷载之比称为纵向滑移摩擦系数。实际上图 1.1 就是以常速行驶时，将试验轮胎完全刹住，测定了纵向抗滑力的。在该图上最初的(a)部分接近于静止摩擦状态，因为是瞬时的，所以一般还没有形成纵向滑移摩阻力，而在制动时间较长时，如图 1.2 所示，轮胎花纹已到了尽

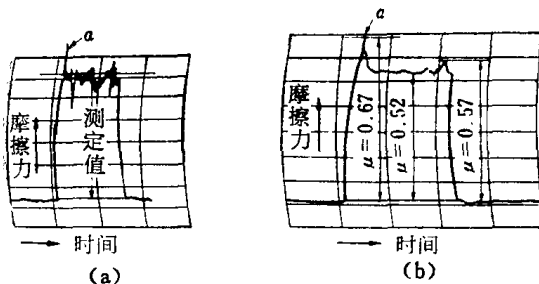


图1.1 纵向滑移摩擦力

(a)通常摩擦测定图；(b)低速时(5公里/小时)的摩擦系数

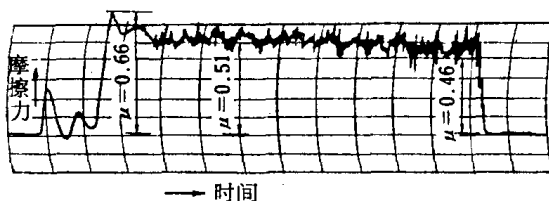


图1.2 连续制动与摩擦力的关系

头，纵向滑移摩阻力逐渐减小。一般地，路面上的摩擦系数是以行驶速度为常速，制动时间以1秒左右为标准，并以它们之间的摩阻力的平均值来表示。

(b)具有滑移率的纵向滑移摩擦系数

轮胎自由地在路上滚动时，滑移率为0；完全被刹住时为100%。在普通制动状态中，滑移率处于0到100%之间。一般地对路面的车速与轮胎转速有差别时，称为有滑移率的滑移摩擦状态，以下式表示滑移率，并称为对某一滑移率（以%计）的纵向滑移摩擦系数。

$$\text{滑移率} = \frac{\text{对路面的车速} - \text{轮胎的转速}}{\text{对路面的车速}}$$

摩擦系数随滑移率变化，而且在滑移率是15%左右时为最大。这种状态示于图1.3、1.4。

(c)横向滑移摩擦系数

车轮在与前进方向相同的方向自由转动时，作用着垂直于轮

胎面方向的外力，如假定让轮胎横向移动时，则在轮胎接触地面处作用着阻力。这种阻力称为横向摩擦，这种横向滑移摩阻力对车轮荷载之比称为横向滑移摩擦系数。

汽车在曲线部分行驶时，由离心力引起的横向力作用于车轮，并阻止它，因而轮胎与路面之间就作用着

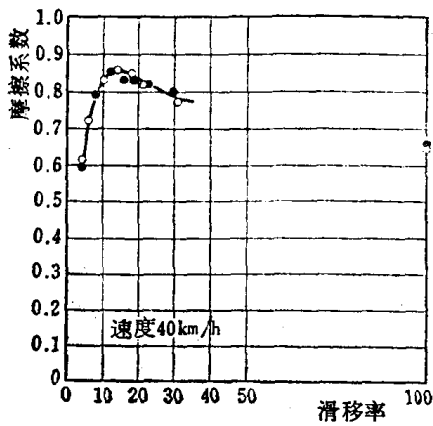


图1.3 滑移率与摩擦系数
(40公里/小时，肋纹轮胎，淋湿的沥青路面)

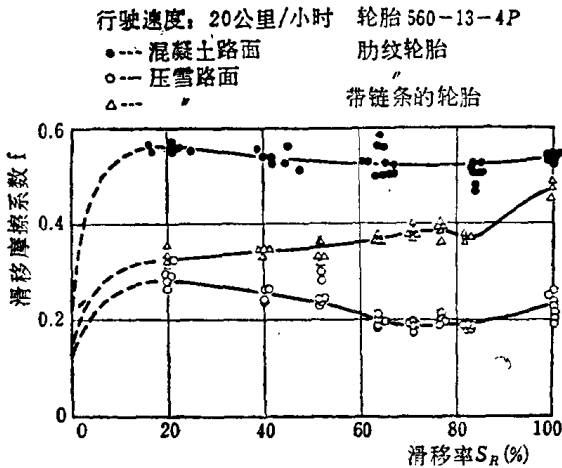


图1.4 滑移率与摩擦系数

横向抗滑力。一般车轮的转动方向与前进方向成为如图 1.5 所示的 θ° 角度时，在与车轮转动面成直角方向就作用着横向抗滑力。这时的阻力系数称为横向滑动角 θ° 时的横向滑移摩擦系数。横向滑移摩擦系数与横向滑移角的关系，如图 1.6 那样，在横向滑移角增大的同时，摩擦系数也增大，到某种角度以上就成为常数。这个横向滑移角与横向滑移摩擦系数之间的关系，不仅单纯取决于轮胎橡胶表面与路面的性质，宁可认为与轮胎本身刚度的关系