

开放小区周边道路通行能力VISSIM仿真研究

张健¹ 王浴安²

1. 天津大学建筑设计研究院; 2. 天津大学建筑学院

摘要: 为了研究不同类型小区开放后对其周边道路通行能力的影响, 以此为依据进行小区的合理设计。本文运用了动力学的方法及跟驰理论, 假定刺激反应系数仅仅与车头间距有关, 建立非线性跟驰模型。综合考虑小区内人口、障碍物、道路汇入城市道路时的转弯半径等因素, 添加转弯半径、小区人数、小区内可视距离等因素对模型进行修正。本文模拟了两种小区: 开放后形成T字型道路的小区 and 开放后形成十字型道路的小区, 通过VISSIM所仿真输出的数据分析知: 对于形成T字型道路的小区, 周围道路车流密度提高了15.8%, 车辆的行驶速度提高了9.8%; 对于形成十字型道路的小区, 周围道路车流密度提高了7.1%, 车辆的行驶速度提高了3.6%。

关键词: 道路通行能力; 开放小区; VISSIM仿真模拟

一、道路车辆通行数学模型的建立

(一) 线性跟驰模型

跟驰理论中所定义参数之一就是在一定的行车速度下, 跟驰行驶的平均车头距离间距的大小, 而则可以估算单车道的道路通行能力。在研究速度-间距的关系时, 但车道的通行能力的计算基本上采取下式:

$$N_a = N_0 \cdot \gamma \cdot \eta \cdot C \cdot n' \quad (1-1)$$

但大量实验分析表明: 速度-间距的关系亦可以用下式表示:

$$S = l + Tv + \gamma v^2 \quad (1-2)$$

式(1-2)中的附加项 γv^2 保证了在紧急情况下后车不与前车发生碰撞的安全距离, 一般取 γ 近似为 $0.023s^2 / ft$, 在一般情况下呈线性变化, 但在车速保持不变且车头间距相等的交通流中, γ 可采用下式近似计算:

$$\gamma = 0.5(a_2^{-1} - a_1^{-1}) \quad (1-3)$$

单车道的跟驰理论说明, 车头间距在95~120米以内的车辆在行驶时存在相互间的影响。分析后车驾驶员的反应, 可归纳总结为三个部分: 感知阶段, 即驾驶员通过视觉搜集前车的加速度、相对速度、车间距离等相关信息; 决策阶段, 即驾驶员根据感知阶段的信息进行驾驶决策; 控制阶段, 即驾驶员根据自己的判断以及路况, 对车辆进行控制。

刺激指由于前车速度变化而引起的两车间的速度差或距离变化对驾驶员的刺激。反应指驾驶员受到刺激后而做出的反应。根据线性跟驰模型可以得到:

$$P_{k+1}''(t) = \lambda [P_k(t-T) - P_{k+1}''(t-T)], k = 1, 2, 3, \dots \quad (1-4)$$

其中 $\lambda = T^{-1}$ 。可以看出前者是对刺激与反应方程的近似表示; 前车与后车的相对速度的变化产生刺激, 而反应体现在后车的加速度。

(二) 开放小区周边道路非线性跟驰模型的建立

为了简化计算, 本文对线性跟驰模型进行修正, 认为后车的加速度(即反应)与车辆的间距无关, 仅与前后两车的相对速度的大小有关。本文假定刺激反应系数 λ 与车头间距成反比例关系, 推导出非线性跟驰模型。模拟开放小区对城市道路的影响, 令 $a = 1, b = 2$ 、以便合理的绘制出一般状态下的宏观的车速-密度曲线。若忽略反应时间可得:

$$P_{k+1}''(t) = \eta \frac{P_{k+1}(t)}{[P_k(t) - P_{k+1}(t)]^2} [P_k(t) - P_{k+1}(t)] \quad (1-5)$$

分离变量进行积分后, 假定车道上的每一辆车都以同样的车速、同样的车头距离进行行驶, 可得:

$$\ln v = -\lambda l_0 + C \quad (1-6)$$

初始边界条件为: 当 $\rho_k = 0$ 时, $v = V_{f1}$, 且当 $\rho_k = \rho_{\infty}$ 时,

$q = l v$ 最大。将初始的边界条件代入可得:

$$v = V_f e^{-\frac{\rho}{\rho_{\infty}}} \quad (1-7)$$

(三) 模型总结

根据以上分析可得出当密度逐渐增大但未达到最适密度 ρ_s 时, 流量逐渐增大, 行车速度则不断减小。当密度达到 ρ_s 时, 车流量达到最大, 行车速度适中。随着车流密度的继续增大, 影响到了行车速度, 因此尽管密度较大, 车流量依旧降低。因此, 封闭小区要在适当的场合进行开放, 使车流密度尽量接近 ρ_s , 这样就可以得到最佳的道路通行能力。

二、不同类型开放小区周边道路情况仿真

不同结构的小区开放后会对周边道路产生不同的影响, 小区的出入口数量, 与道路交叉口的形式, 有无信号灯系统等因素都能对道路的通行能力产生完全不同的影响。本文根据前文所建立的数学模型, 采用VISSIM进行仿真, 分别定量计算两种不同结构及周边道路情况的小区开放后对小区边界的一条城市主干道产生的影响。主要通过数学模型对其道路通行能力及刺激反应系数进行比较, 从而得出开放小区对周边道路的积极或消极得影响以及这种影响的程度, 为相关部门的决策提供依据。

(一) 小区封闭时周边道路通行能力

先分析小区初始(即处于封闭状态)时周边道路的通行情况, 使用VISSIM建立一个小区的模型, 分析其周边某一条城市主干道的交通通行情况, 本文中所有的仿真均在不允许超车的道路上进行, 仿真时间设定为5帧/秒, 其他初始化参数设定为: 道路宽度为3.5m, 交通量为1200veh/h, 每辆车的设计时速为60km/h, 以红绿灯的红灯信号作为第一辆引导车辆所受到的刺激, 设定仿真时间、车流密度、车辆行驶速度、行驶加速度和跟车距离作为VISSIM仿真输出的参数, 从输出结果中整理问题二中所建立的数学模型中的相关有效数据进行记录分析。并绘制各车辆曲线图以及个时间点车流密度图。

由于问题所建立的模型为非线性的跟驰模型, 因此不考虑车辆间距 $\Delta P_{k+1}(t)$ 对刺激反应系数的影响。仅认为其值与前后两车的相对速度有关。根据上表的数值, 将第k辆车及第k+1辆车的速度分布散点图绘制出来。再将输出数据中单位时间内单位长度的模拟道路区间上的车辆数的平均值, 根据结果绘出表格及时间-密度曲线。

(二) 小区一开放时周边道路(T字型道路)通行能力

本文假设小区在周边的道路上至多有一个出入口, 因此当小区开放时, 与周边道路会形成T字型和十字型两种形式的道路, 这里先对第一种情况进行仿真模拟。支路的出现会造成主路车辆的分流, 同时支路也会有车辆进入主路, 这样即会造成道路的交通能力的改变, 将2.1中的模型进行更改, 将封闭小区开放, 形成T字型道路, 在其他参数不变的情况下继续仿真模拟, 绘制出道路车辆速度分布图及时间-密度曲线。

(三) 小区二开放时周边道路(十字型道路)通行能力

在2.2的基础上, 将T字型道路继续变化为十字型道路, 保持原有参数不变进行VISSIM仿真模拟分析, 得出十字型道路的开放小区对周边道路交通的影响情况。为简化模型, 本文假定: 交叉路口依旧为无信号路口, 且主要、次要道路的车辆通行能力满足规范要求。绘制出道路车辆速度分布图及时间-密度曲线。

三、结论

将小区开放前后的三条时间-密度曲线绘制在同一坐标轴内, 如图1。可以直观的看出小区开放前后的车流量的变化情况:

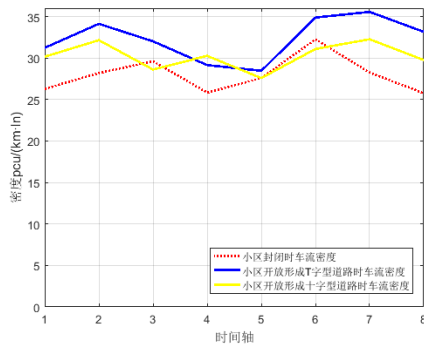


图1 小区开放前后车流密度曲线对比图

当小区开放后与周边道路形成了T字型交叉口时，车流密度显著提高，同时车流速度也有所增加，开放前后的车流密度都小于最佳车流密度，因此可以推断，能形成T字型交叉口道路的小区开放后有利于周边道路提升交通运行能力。根据结果可知，当小区开放后小区道路与城市主干道形成T字型道路时，车流密度提高了15.8%。车辆的行驶速度提高了9.8%。

当小区开放后与城市主干道形成十字型道路时，在大部分时间点由于车速及车流密度的小幅度增加，道路通行能力稍稍增

强，小部分时间点由于车流密超过最适车流密度造成车速下降导致道路通行能力反不如小区封闭时的通行能力。当小区开放后小区道路与城市主干道形成十字型道路时，车流密度提高了7.1%。车辆的行驶速度提高了3.6%。当小区开放后小区道路与城市主干道形成十字型道路时，由于十字路口自身的复杂性的特点，小区开放后对其交通能力的提升作用并不是十分明显，并且在某些道路环境下道路通行能力反而会降低。

由上述分析可知：小区开放后将会对周围的道路通行能力有一定的提升，但这种效果并不是绝对的。设计师在进行居住区规划时应考虑到小区内原有道路与城市道路属性的差异性，实现因地制宜的设计。这样能使小区开放后对城市道路通过情况的实际优化结果最大化地向在上文里提出的数学模型中的优化预期值靠拢，实现结果可控。

参考文献

[1] 王殿海. 交通流理论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
 [2] 郭小辉. 基于山区公路安全分析的非线性车辆跟驰模型研究[D]. 广州: 华南理工大学. 2012.
 [3] 李向朋. 城市交通拥堵对策——封闭小区交通开放研究[D]. 长沙: 长沙理工大学. 2014.
 [4] 朱毅华. 广州市老旧小区“三线”整治标准研究[J]. 城市住宅, 2019, 26(07):66-68.

(上接第196页)

4. 横向分配梁的搭设

在贝雷梁上放置的横向分配梁采用HW100×100×6×8型钢，纵向间距为30cm。分配梁放置要注意水平、稳定，不得出现扭曲现象，以保证其上满堂支架立杆的竖直度与稳定性。

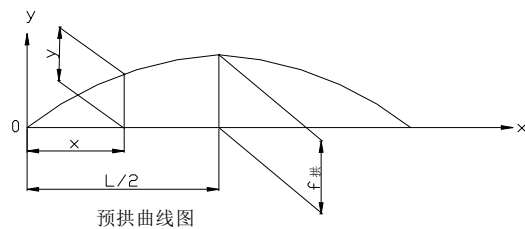
5. 满堂支架的搭设

满堂支架应采用力学性能好，装拆方便的碗扣式脚手架作为支撑体系，一般选用管径φ48mm，壁厚t3.5mm的碗扣式脚手架。综合考虑支架的总高度和施工方便可选择不同长度的立杆；根据承受的总荷载大小选择相宜的立杆间距。该实例在腹板下碗扣支架间距按0.3m×0.3m布置，底板下碗扣支架按照顶底板厚度不同布置两种间距，一种是0.3m×0.3m，另外一种为0.6m×0.6m。立杆上下两端设置可整高度的顶托和底托，高度均控制在30cm以内。为了保证支架系统的整体稳定性需设置水平、纵向及横向剪刀撑，水平剪刀撑竖向间距控制在2米左右，纵向及横向剪刀撑沿支架每4.5m左右设置一道。碗扣脚手架搭设要严格控制材料质量和施工质量。脚手架搭设完后调整顶托顶标高，先布置横向方木，再在铺设纵向方木，纵向方木间距为30cm，其上铺设竹胶板作为现浇梁底模。

(四) 支架预压及预拱度设置

支架预压的目的：一是检查支架的整体稳定性和检验支架强度，确保施工安全；二是消除地基与支架的非弹性变形和支架弹性变形的影响，有利于桥面线形控制。预压方式采用按箱梁恒载形式分布堆码装有碎石的纺织袋，预压总重量按结构总荷载的1.2倍进行。预压前在每跨的1/4L、1/2L及3/4L三个截面上标记以中心向两侧对称分布的监控量测点。在预压前、加载30%、加载70%时各量测一次各点的高程和坐标，并分析支架的沉降和位

移是否在正常范围，加载到120%后每天监测一次，当连续3日所测沉降量小于2mm时表明支架已沉降到位，此时可进行卸载。卸载后再次量测各点高程和坐标，以得出支架和地基的弹性变形量。根据弹性变形及梁的挠度计算最大预拱度，预拱度最高值设在梁的跨中，通过顶托调整底模标高，其他各点的预拱度，由跨中最高值向两端零值按两次抛物线进行过渡，二次抛物线方程式为： $y=4f拱x(L-x)/L2$ （符号意义如图）。



五、结束语

贝雷梁膺架具有装拆施工速度快、能施工跨度大、结构重量轻、结构刚度大的施工特点。根据综合施工技术分析，钢管立柱贝雷梁的施工技术应用可以有效地优化传统的满堂支架方案，对高墩现浇梁及跨越沟壑、河流、道路的现浇梁施工具有节约周转材料成本、加快施工进度及突破技术难题方面的优越性。随着贝雷梁施工技术的日益成熟及不断推广，贝雷梁施工技术必将成为现浇梁施工支架系统中的重要组成部分。

参考文献

[1] 余斌, 王强, 刘恒等. 高连续箱梁现浇段斜交高速公路贝雷支架组合稳定性分析[J]. 建筑安全, 2018(10):14-18.