

文章编号:1671-8879(2005)03-0016-03

旧水泥混凝土路面黑色罩面反射裂缝的防治

张 鹏

(河南交通职业技术学院 公路系,河南 郑州 450005)

摘 要:通过对旧水泥混凝土路面黑色罩面反射裂缝形成机理和层间应力分析,研究了层间剪应力分布的一般规律,发现沥青混凝土黑色罩面层厚对层间剪应力的影响很大,而水泥混凝土层厚度对层间剪应力的影响很微弱。工程实践表明,单纯依靠增加铺层厚度而减小层间剪应力的方法可能会大幅度增加路面造价,并带来车辙等其他病害;而在旧水泥混凝土层与沥青加铺层间设置应力吸收层,则可以起到应力过渡作用和裂缝缓冲作用,从而减少黑色面层反射裂缝的出现。

关键词:道路工程;路面;反射裂缝;形成机理;应力分析;防治措施

中图分类号:U416.216

文献标识码:A

Defence methods for reflective cracks in existed cement concrete black pavement

ZHANG Peng

(Department of Highway, Henan Communication Vocational Technology College, Zhengzhou 450005, China)

Abstract: The causes of the reflective cracks in existed concrete black pavement were analyzed, and its stress analysis was carried out. The universal law of distribution for shearing stress among layers was presented. It was found that the thickness of asphalt concrete has a notable impact on shearing, while cement concrete has a weak impact. Project practices identified that the method that only relying on increasing thickness to reduce shearing stress will largely increase the cost of the project and bring other diseases, such as rut disease. When a stress absorbing layer was laid between existed cement concrete layer and added asphalt layer, the absorbing layer can play a transition function of the stress and crack buffer action, and reduce appearances of reflective cracks. 4 tabs, 1 fig, 6 refs.

Key words: road engineering; pavement; reflected cracks; cause; stress analysis; safeguard measure

0 引 言

采用沥青面层作为旧水泥混凝土路面的加铺层,这是一种典型的补强方法。这种形式的路面结构能吸收两种材料的优点,“刚柔相济”,即旧水泥混凝土提供了稳定、坚实的基层,沥青路面提供了 1 个抗滑系数较高、平整度好的面层,大大改善了路面的

使用性能。然而这种复合结构涉及刚性、柔性两种路面结构形式,不仅材料差异大,而且旧路面板上存在接缝和裂缝及错台、脱空等损坏现象,使得复合结构中奇异部位突出,这就会在罩面层对应于旧路面板接、裂缝的位置上出现反射裂缝。反射裂缝本身对罩面层的使用性能影响不大,但环境因素的负效应(雨水、氧化)常常使裂缝迅速扩散,从而缩短罩面

收稿日期:2004-02-20

作者简介:张 鹏(1962-),男,河南南阳人,河南交通职业技术学院高级讲师。

层的寿命^[1~4]。

本文分析了旧水泥混凝土路面黑色罩面反射裂缝形成机理和层间应力,得出了层间剪应力分布的一般规律,为反射裂缝的防治提供了理论指导。

1 反射裂缝形成的机理

如图 1 所示,沥青混凝土罩面层反射裂缝形成的主要原因是水泥混凝土板水平、竖向超限位移产生的拉应力超过沥青混凝土罩面层的抗拉强度时,罩面层便会在原路面板接缝及板中裂缝处出现反射裂缝。其中以水平位移为主。

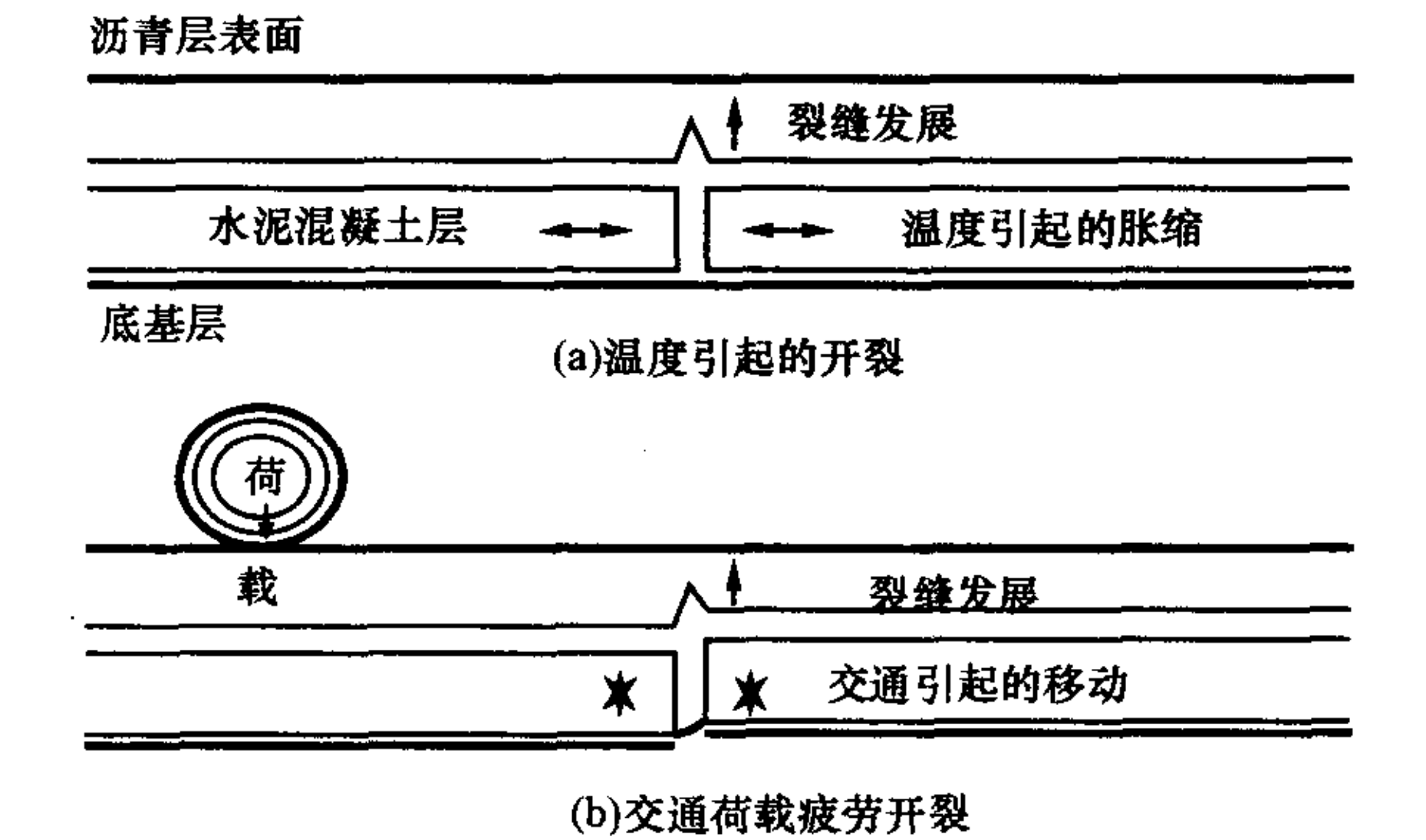


图 1 反射裂缝产生的机理

1.1 垂直位移

造成板缝两侧垂直位移的原因是交通荷载。

1.2 水平位移

水平位移由温度变化引起。一年四季的温度变化造成水泥板的收缩与膨胀。一昼夜的冷热变化造成板的翘曲。这些变化都造成水泥板接缝处的水平位移。位移的大小与温度变化大小、水泥混凝土的线膨胀系数、缝的间距、基层与水泥板及水泥板与沥青加铺层之间的摩擦力大小有关。

2 黑色罩面路面层间应力分析

黑色面层铺装在水泥混凝土路面上,由于水泥混凝土路面的强度高,刚度大,因此黑色铺装层的底面拉应力必然较小,不是控制厚度设计的控制指标。而黑色面层与水泥混凝土路面之间的界面则是复合路面的薄弱位置,其剪应力的最不利位置是 1 个比较复杂的问题,因为它随着沥青混凝土层厚度的变化有较大差异,而且与路面摩擦系数的大小有关。沥青混凝土层与水泥混凝土板之间的接触面是复合式路面结构抵抗水平剪切力的薄弱环节。为分析一般规律,现采用 3 层弹性连续体系在双圆均布垂直与水平荷载(复合荷载)综合作用下计算研究层间剪应力^[5,6]。

2.1 层间剪应力计算分析

2.1.1 计算参数

层向剪应力计算参数,如表 1 所示。

表 1 剪应力基本计算参数表

| δ/cm | q/MPa | h_a/δ | h_c/δ | E_c/E_a | E_s/E_c |
|--------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 10.65 | 0.7 | 4/10.65 | 30/10.65 | 30 000/1 200 | 150/30 000 |

注: δ 为汽车轮胎接触面当量圆半径; E_c 为水泥混凝土模量; E_s 为板下地基模量; E_a 为沥青混凝土模量; h_c 为混凝土板厚(cm); h_a 为沥青混凝土层厚(cm)。

2.1.2 层间最大剪应力计算点的确定

通过计算与分析发现,层间最大剪应力计算点随着 h_a 的变化而变化。当 $h_c = 16 \sim 32 \text{ cm}$, $E_c/E_a = 18 \sim 32$, $E_s/E_c = 150/30\ 000$, $f = 0.5$, h_a 在 $2 \sim 10 \text{ cm}$ 时,层间最大剪应力计算点大约在轮前 0.9δ 处。

2.1.3 h_a 对层间剪应力的影响

将计算结果列于表 2。表中 $\tau_{0.2}$ 和 $\tau_{0.5}$ 分别为 $f = 0.2$ 和 $f = 0.5$ 时的层间剪应力系数,计算层间剪应力的公式是 $\tau_{0.2}q$ 或 $\tau_{0.5}q$ 。结果表明,通过增加沥青混凝土层的厚度可以降低层间剪应力。沥青层厚从 2 cm 升至 10 cm ,相应的层间剪应力变化为: $\tau_{0.2}$ 的下降幅度为 21.2% , $\tau_{0.5}$ 的下降幅度为 27.7% 。可见,沥青混凝土层厚对层间剪应力的影响很大。

表 2 h_a 对 τ_f 的影响

| h_a/cm | $\tau_{0.2}$ | $\tau_{0.5}$ | h_a/cm | $\tau_{0.2}$ | $\tau_{0.5}$ |
|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| 2 | 0.378 4 | 0.527 0 | 7 | 0.344 7 | 0.456 2 |
| 3 | 0.375 6 | 0.528 1 | 8 | 0.330 7 | 0.432 1 |
| 4 | 0.372 2 | 0.512 7 | 9 | 0.315 0 | 0.406 7 |
| 5 | 0.364 5 | 0.497 1 | 10 | 0.298 1 | 0.380 8 |
| 6 | 0.356 3 | 0.478 0 | | | |

2.1.4 h_c 对层间剪应力的影响

计算表明,当 h_c 由 16 cm 增加到 32 cm 时, $\tau_{0.2}$ 和 $\tau_{0.5}$ 的变化均不足 1% 。

2.1.5 E_c/E_a 对层间剪应力的影响

计算结果列于表 3,由表可以看出, E_c/E_a 与 $\tau_{0.2}$, $\tau_{0.5}$ 之间近似正比关系,且变化很小。

表 3 E_c/E_a 对 τ_f 的影响

| E_c/E_a | $\tau_{0.2}$ | $\tau_{0.5}$ | E_c/E_a | $\tau_{0.2}$ | $\tau_{0.5}$ |
|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|
| 18 | 0.356 7 | 0.484 9 | 26 | 0.361 5 | 0.491 4 |
| 20 | 0.358 2 | 0.487 0 | 28 | 0.362 3 | 0.492 5 |
| 22 | 0.359 5 | 0.488 7 | 30 | 0.363 0 | 0.493 5 |
| 24 | 0.360 6 | 0.490 2 | 32 | 0.363 7 | 0.494 3 |

2.2 层间剪应力计算结果

以沥青混凝土层厚度为 4 cm、5 cm, 水泥混凝土层厚度为 26 cm、28 cm、30 cm 分别组合计算层间剪应力。计算结果见表 4。

表 4 应力吸收层剪应力变化表 /MPa

| 点 位 | 0.0δ | 0.5δ | 0.6δ | 0.7δ | 0.8δ | 0.9δ | 1.0δ |
|-------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $h_a=4\text{ cm}$ | $H_c=30\text{ cm}$ | 0.2850 | 0.2791 | 0.2774 | 0.2802 | 0.2903 | 0.3018 |
| | $H_c=28\text{ cm}$ | 0.2848 | 0.2792 | 0.2775 | 0.2804 | 0.2905 | 0.3021 |
| | $H_c=26\text{ cm}$ | 0.2845 | 0.2792 | 0.2776 | 0.2805 | 0.2906 | 0.3023 |
| $h_a=5\text{ cm}$ | $H_c=30\text{ cm}$ | 0.2527 | 0.2615 | 0.2664 | 0.2751 | 0.2870 | 0.2965 |
| | $H_c=28\text{ cm}$ | 0.2524 | 0.2616 | 0.2664 | 0.2752 | 0.2872 | 0.2967 |
| | $H_c=26\text{ cm}$ | 0.2521 | 0.2616 | 0.2665 | 0.2753 | 0.2874 | 0.2969 |

注: $f=0.5, q=0.7\text{ MPa}$

从表 4 可以看到, 沥青混凝土层厚对层间剪应力的影响很大, 而 PCC 层(水泥混凝土层)厚度对层间剪应力的影响很微弱; 层间剪应力最大值位于轮前 0.9δ 处。

2.3 计算结果分析

(1) 层间最大剪应力按不同沥青混凝土层厚出现在 0.7δ、0.8δ、0.9δ 处。

(2) 影响层间剪应力的最大因素是沥青混凝土层厚度, 层厚从 2 cm 升至 10 cm 时, 层间剪应力下降幅度在 20% 以上。

(3) 水泥混凝土层厚度 h_c 与模量 E_c 对层间剪应力的影响微弱。

3 设置应力吸收层

根据以上层间剪应力计算结果分析, 水泥混凝土层厚度与模量对层间剪应力的影响非常小, 而影响层间剪应力的最大因素是沥青混凝土层厚度, 且其厚度越大, 层间剪应力越小。但单纯依靠增加加铺层厚度而减小层间剪应力的方法, 一方面会受到路面标高的限制, 再就是大幅度增加路面造价; 而且在夏季高温情况下, 沥青混合料高温蠕变易产生车辙, 也没有了由于旧水泥混凝土板做基层所产生强基薄面的优势, 故而这一方法有很大的局限性。而在旧水泥混凝土与沥青加铺层间设置应力吸收层, 可以起到应力过渡作用和裂缝缓冲作用。

应力吸收层应该有良好的柔韧性、粘结性和防水效果(其主要性能指标本文不再详述), 其抗剪强度也应达到足够的要求, 且不同的罩面厚度有不同的抗剪强度要求(见上述路面层间应力分析)。而对于应力吸收层(粘结层)抗剪能力计算, 长安大学通

过实验计算分析, 综合考虑温度、垂直荷载、剪切速率等影响因素, 获得对应于路面实际行车荷载作用下层间抗剪强度公式为

$$\tau_{\max} = k_v C + \sigma_z \tan \varphi$$

式中: k_v 为剪切速率修正系数, 与实际设计车速有关; σ_z 为垂直荷载, 可近似取 0.7 MPa; C, φ 分别为 60 °C 时粘结材料的粘聚力和内摩擦角。

应力吸收层有以下一些材料组成: 沥青砂、AC-10、SMA-10、SMA-5、Superpave-10、稀浆封层、改性乳化沥青石屑等等。

在旧水泥混凝土路面与沥青加铺层之间设置中间夹层, 可以防治反射裂缝, 并能起到防水排水及承上启下的粘结作用。夹层的种类很多, 模量也相差较大, 常用的有沥青或改性沥青混合料、乳化沥青及改性沥青石屑、改性沥青防水油毡和土工材料夹层等。高模量的夹层(如土工织物、土工网格或格栅), 可以起到加筋稳定, 加强罩面层的作用, 这类材料要有较高的强度, 同时要有较好的耐高温性能。低模量的夹层用在旧水泥混凝土路面与沥青加铺层之间, 可以吸收或缓冲裂缝尖端的应力集中, 对于抑制反射裂缝的产生和扩散具有一定的效果。当在加铺层与开裂层之间设置了一层能与上下层粘结的高塑性形变缓冲层时, 由于夹层具有抗变形能力强, 劲度模量低的特点, 变形通过缓冲层传递至加铺层可以起到降低裂缝应力峰值的作用。

G107 线郑州境 686K+850~697K+045 段, 信阳境 950K~991K 段及 G310 线开封境 483K~498K 段, 共 66 km 旧混凝土路面, 其处治方法为: 将原混凝土路面严重破损板块破碎成 40×40 cm 小块, 取出, 并对原路面基层进行处治, 再将破碎后的小块摆在其上, 然后灌缝将混凝土块联接成 1 个整体。同时对全部裂缝唧泥(脱空)板块进行压浆稳定, 最后加铺 18 cm 的水泥稳定碎石基层加 7 cm 沥青面层, 道路使用状况良好。

4 结 语

(1) 彻底消除反射裂缝是不经济、不现实的, 加铺层采用防反射裂缝措施目的是控制开裂, 而不是消除开裂。所有的防反射裂缝措施只是尽量推迟产生早期裂缝的时间和一旦产生裂缝后, 如何减缓其向上面层发展的速度, 从而达到延长其使用寿命的目的。

(下转 44 页)

$$K = \frac{0.013}{1\ 168.020} = \frac{1}{89\ 000} < \frac{1}{70\ 000}$$

6 结 语

公路桥梁控制网布设成上述独立的测边四边形,0.5 d 可以完成外业观测,而内业计算可采用计算器计算或采用计算机编程,所以一般公路工程技术人员使用起来比较方便,同时平差后的各三角形内角值与 J_2 级光学经纬仪的观测值十分吻合。在布设公路桥梁平面控制网时,应尽可能采用独立测边四边形控制网,并用上述条件平差法进行严密平差。

参考文献:

References:

- [1] 张碧琴. 城市互通式立交平面控制测量[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2003, 23(2): 41-42.
ZHANG Bi-qing. Horizontal control surveying of interchange[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2003, 23(2): 41-42.
- [2] 聂 让. 全站仪与高等级公路测量[M]. 北京: 人民交

通出版社, 1997.

NIE Rang. Total station and the measurement of the superhighway[M]. Beijing: People's Communication Press, 1997.

- [3] 许娅娅, 雒 应. 测量学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
XU Ya-ya, LUO Ying. Surveying[M]. Beijing: People's Communication Press, 2003.
- [4] 李青岳, 陈永奇. 工程测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 1995.
LI Qing-yue, CHEN Yong-qi. Project surveying[M]. Beijing: Mapping Press, 1995.
- [5] 於宗俦, 鲁成林. 测量平差基础[M]. 北京: 测绘出版社, 1999.
YU Zong-chou, LU Cheng-lin. Measure and adjustment foundation[M]. Beijing: Mapping Press, 1999.
- [6] JTJ041-2000. 公路桥涵施工技术规范[S]. 2000.
JTJ041-2000. Technical specifications for construction of highway bridges and culverts[S]. 2000.
- [7] JTJ062-91. 公路桥涵勘测设计规范[S]. 1991.
JTJ062-91. Specifications for survey and design of highway bridge site[S]. 1991.

(上接 18 页)

(2) 路面改造过程中, 处治原混凝土路面很重要, 尤其在传荷能力较差的接缝处, 板下脱空能否有效地处理是关键。

(3) 所有的土工织物或网格防治水平位移比剪切位移更有效。

(4) 不论是加筋还是应变消散类措施, 当应用于传荷能力很差的路面时, 任何薄层沥青类罩面对防治反射裂缝都显得无能为力。为了有效地改造旧水泥混凝土路面, 改善路面使用品质, 应从提高面层、夹层性能, 处治好旧板块、基层等多方面综合考虑改造方案。

参考文献:

References:

- [1] JTJ 032-98. 公路改性沥青路面施工技术规范[S]. 1999.
JTJ 032-98. Construction technology specifications of modified asphalt highway surface[S]. 1999.
- [2] JTJ 037-96. 公路养护技术规范[S]. 1996.
JTJ 037-96. Technique regulation of highway maintenance management[S]. 1996.

- [3] 武健民, 伍石生. 用三维有限元方法评价带接缝的旧水泥混凝土路面罩面[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2002, 22(1): 10-13.
WU Jian-min, WU Shi-sheng. Evaluation of overlay on cement concrete slab with joints by 3D FEM[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2002, 22(1): 10-13.
- [4] 武贤慧, 张登良, 李德超. 沥青路面反射裂缝足尺试验[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2003, 23(6): 4-6.
WU Xian-hui, ZHANG Deng-liang, LI De-chao. Full-scale test of asphalt pavement reflection cracking[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2003, 23(6): 4-6.
- [5] 王金昌, 朱白荣. 软土地基上含反射裂缝沥青道路的动力响应分析[J]. 中国公路学报, 2004, 17(1): 1-6.
WANG Jin-chang, ZHU Xiang-rong. Dynamic analysis of asphalt pavement with reflective cracking on the soft day ground[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(1): 1-6.
- [6] 张 超. 废弃混凝土路面板在道路改中的再利用[J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(4): 5-9.
ZHANG Chao. Reuse of scrap concrete slab in highway reconstruction[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3(4): 5-9.