

文章编号:1673-9469(2009)03-0044-05

重载交通下水泥砼路面力学机理的影响分析

徐行军

(福建交通职业技术学院,福建福州 350007)

摘要:以水泥砼路面结构与重载交通特性为研究实体,结合南方省份高温的区域性特点,轴载偏重,轴载次数多,接地压强大,采用三维有限元程序对最不利荷载位置的水泥砼路面的动力特性进行了模拟,得到板厚、基层厚度与模量、地基刚度、接缝等重要参数对水泥砼路面结构力学行为的变化规律,为水泥混凝土路面结构设计、路面结构在重载作用下的力学响应提供了理论依据和参考。

关键词:水泥砼路面;重载交通;力学机理;影响分析;有限元

中图分类号: U416.216

文献标识码: A

Analysis on the influence of the cement concrete pavement mechanics mechanism under heavy transportation

XU Xing-jun

(Fujian Communication Technology College, Fujian Fuzhou 350007, China)

Abstract: In this paper, combined with the regional characteristic of south province high temperature including heavy axial load, axial load number of times, big gravity of freight train were represented as research bodies. The dynamic characteristic of the cement concrete pavement in the most disadvantageous load location was simulated by using three dimensional finite element methods. The variation of the cement concrete pavement structural mechanics behavior with the important parameter of board thickness, base thickness, base module, foundation stiffness and joints were obtained. The results provided the theory basis and the reference for the design of the cement concrete pavement and the mechanical response of pavement structure under the heavy transportation.

Key words: cement concrete pavement; heavy transportation; mechanics mechanism; influence analysis; finite element

国内外学者对重载交通水泥砼路面结构力学行为进行研究,并取得众多成果。但实际上水泥砼路面是个复杂的受力体,体现在:(1)一般由面板、基层、地基三部分组合而成,三者之间的力学行为互相影响;(2)日夜不停的受到各种不同轴载特性的交通荷载力的作用和疲劳作用;(3)受周期性变化的温度场显著影响;(4)存在纵横向接缝等薄弱部位等^[1,2]。

水泥砼路面板路受到多方因素的综合影响,要保证水泥砼路面的质量和寿命,必须系统地

从力学、材料、环境等方面综合考虑和研究。而且还要进一步细化研究,考虑各地区的区域性才能真正改善水泥路面结构的使用性能^[3,4]。在重载交通下,以水泥砼路面结构为研究实体,结合南方省份高温的区域性特点,采用三维有限元程序计算重载交通对路面的影响,并进而讨论各因素对路面结构受力的影响。计算时除特别说明考虑温度外,其它都只考虑荷载作用,除特别说明外,面板四边为自由边,板长×板宽=5m×4.5m。

收稿日期:2009-05-31

作者简介:徐行军(1976-),男,福建政和人,讲师,从事土木工程、交通工程的研究与教学。

1 最不利荷载位置

为了解不同轴型下水泥砼板的最不利荷载位置有无不同,分别采用轴重 100kN 的单轴双轮、双轴双轮和三轴双轮进行加载,各结构层参数如表 1,作用位置分别取纵缝边缘中部、板角、板中、横缝边缘中部,计算三种轴型在板块四个不同作用位置的板底最大拉应力。

表 1 各结构层参数

Tab.1 Each structural layer parameters

	厚度/mm	材料参数/MPa	泊松比
面板	$h_1 = 240$	$E_c = 3 \times 10^4$	$\mu_1 = 0.15$
基层	$h_2 = 150$	$E_1 = 3 \times 10^3$	$\mu_2 = 0.25$
土基	—	$E_2 = 30$	$\mu_0 = 0.3$

由图 1 可见板的最不利荷载位置和轴型有关,单轴、双轴最不利荷载位置为纵缝边缘中部,三轴最不利荷载位置为横缝边缘中部,虽然双轴不利荷载位置仍在纵缝边缘,但和单轴比起来不利荷载位置有向横缝边缘转移的趋势,即当货车多轴化后,不利荷载位置将发生转移。图 2 分别给出了单轴、双联轴、三联轴最不利荷载作用位置。

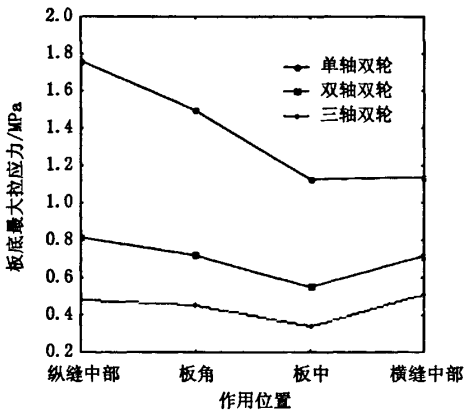


图1 不同轴型在四个作用位置产生板底最大拉应力
Fig.1 The slab maximum tensile stress for for board bottom in the four location under different axial types

以下涉及到轴型的计算,除特别说明外,均采用图 2 所示的最不利荷载位置进行加载。

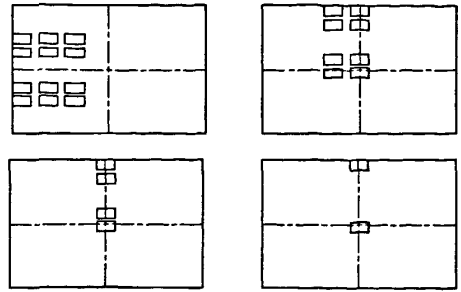


图2 各种轴型的最不利加载位置
Fig.2 The worst-case load location of each axial type

2 各参数对路面受力的影响

2.1 轴载对路面受力的影响

为了解轴重增加对板底受力的影响,分别对单轴单轮、单轴双轮、双轴双轮、三轴双联轴型作用下的板底最大拉应力和单轴双轮作用下的基层底部最大拉应力进行计算,计算时各结构层参数见表 1。

计算结果表明,基层底部最大拉应力与轴重几乎成线性增长关系,如图 3,同时可以发现轴载作用下,基层底部产生的拉应力很小,当轴载超载 100%时,基层底部最大拉应力也只有 0.3MPa。

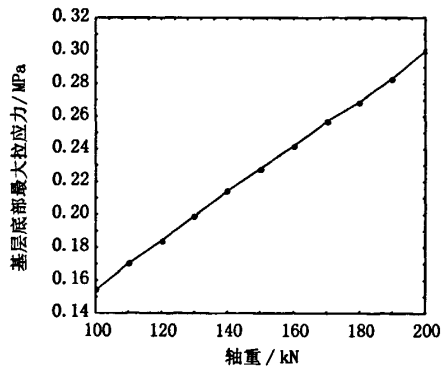


图3 基层底部最大拉应力与轴重关系
Fig.3 The relation of maximum tensile stress for base bottom and axial load

由图 4 可看出,四种轴型轮组下,面板板底最大拉应力都随着轴重的增大而增大,且四种轴型轮组的轴重与板底最大应力几乎成线性增长关系,其中单轴单轮增长速率最大,紧接着依次为单轴双轮、双轴双轮和三轴双轮。可见轴重对面板拉应力有显著的影响,且影响效果随着轴数或轮组数的增加而减弱。

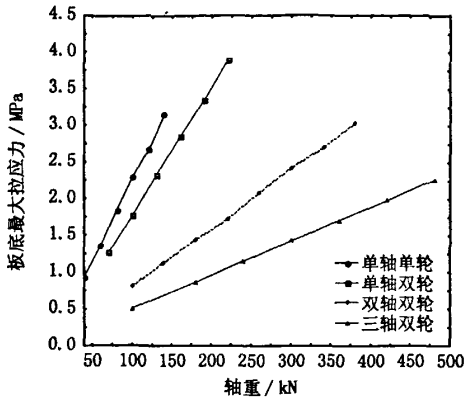


图4 各轴型轴载和板底最大拉应力关系

Fig.4 The relation of each axial type and maximum tensile stress for board bottom

2.2 面板厚度对路面受力的影响

分别对四种基层模量下的四种板厚的水泥砼路面板的最大拉应力进行计算,荷载为标准轴载。各结构层参数如表 2。

表 2 计算时各结构层所取参数

Tab.2 The each structural layer parameters on computation

厚度/mm	材料参数/MPa	泊松比
面板 $h_1 = 240, 260, 280, 300$	$E_c = 3 \times 10^4$	$\mu_1 = 0.15$
基层 $h_2 = 150$	$E_1 = 1\ 500, 2\ 000, 2\ 500, 3\ 000$	$\mu_2 = 0.25$
土基	$E_2 = 30$	$\mu_0 = 0.3$

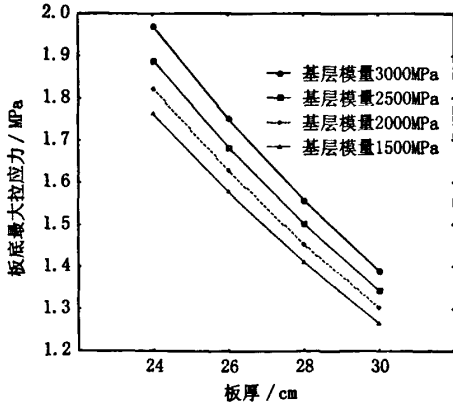


图5 板厚对板底最大拉应力的影响

Fig.5 The influence of slab thickness on the maximum tensile stress for board bottom

计算结果发现,随着板厚的增加,板底最大拉应力随之减小,当基层回弹模量为 1 500MPa 时,板厚由 24cm 增加到 30cm,板底最大拉应力减小了

29.5%,见图 5。同时可以看出,不同基层回弹模量下,板厚对板受力的影响程度相差不多。由此可见,板厚对板底的最大拉应力影响很显著,如果要减小板底最大拉应力,通过增加板的厚度,效果将很显著。

2.3 基层厚度与模量对水泥砼路面受力的影响

分别对不同板厚度下的基层厚度和模量对板底最大拉应力的影响进行计算,取四种板厚下的不同基层厚度和模量进行计算,分别按不考虑温度应力和考虑温度应力进行计算比较,结构层参数如表 3 所示。

表 3 计算时各结构层所取参数

Tab.3 The each structural layer parameters on computation

厚度/mm	材料参数/MPa	泊松比
面板 $h_1 = 240, 260, 280, 300$	$E_c = 3 \times 10^4$	$\mu_1 = 0.15$
基层 $h_2 = 100, 200, 300, 400$	$E_1 = 3\ 000$	$\mu_2 = 0.25$
土基	$E_2 = 30$	$\mu_0 = 0.3$

由图 6 可见,基层厚度变大,能减小车辆荷载产生的应力,且板厚越小时,减小的效果越明显,但是,当考虑温度和车辆荷载综合作用时,可以发现随着基层厚度的变大,综合应力随之变大,且板厚越大时,增大应力的效果越明显,见图 7。即虽然增加基层厚度,可以减小车辆荷载产生的应力,但是却增大了温度应力,且温度应力增大的幅度大于车辆荷载减小的幅度,最终使板底最大拉应力增大。由此可见,不能一味靠增大基层厚度来减小荷载应力。

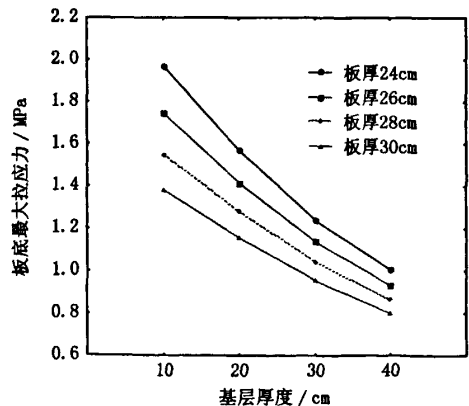


图6 不考虑温度时基层厚度对受力影响

Fig.6 The influence of base thickness on mechanic characteristic under disconsidering temperature

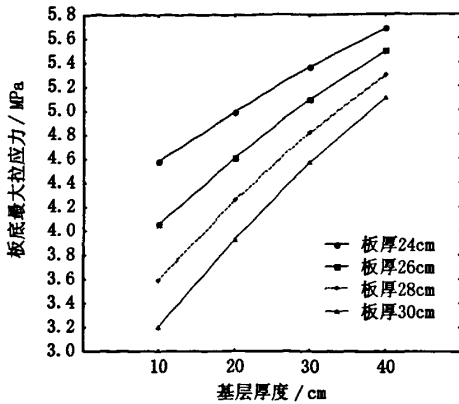


图7 考虑温度时基层厚度对受力影响

Fig.7 The influence of base thickness on mechanic characteristic under considering temperature

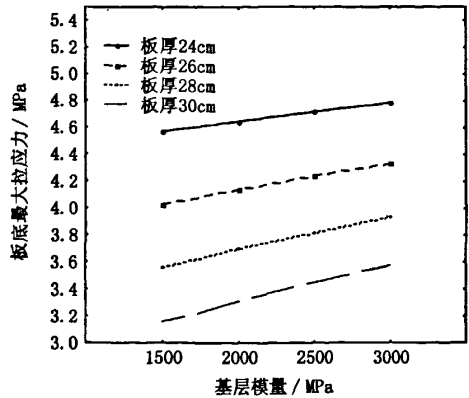


图9 基层模量对受力影响(考虑温度)

Fig.9 The influence of base module on mechanic characteristic under considering temperature

以下为关于基层模量对板受力影响的计算,分别按不考虑温度应力和考虑温度应力进行计算比较。各结构层参数如表 2 所示。

由图 8 可见,基层模量变大,能减小车辆荷载产生的应力,但是,当考虑温度和车辆荷载综合作用时,可以发现随着基层厚度的变大,综合应力也随着变大,见图 9。即虽然增加基层厚度,可以减小车辆荷载产生的应力,但是却增大了温度应力,且温度应力增大的幅度一定程度抵消车辆荷载减小的幅度,最终使板底最大拉应力增大。由此可见,不能一味靠增大基层模量来减小荷载应力。板厚不同时,基层模量对板底的影响程度相差不多。

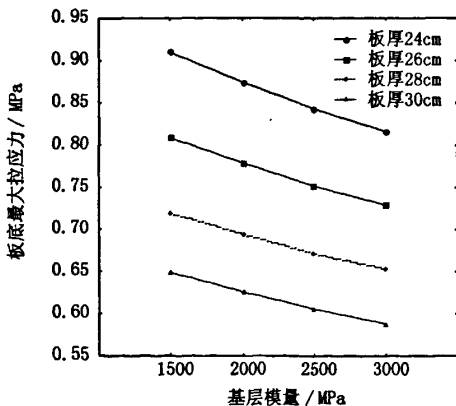


图8 基层模量对受力影响(不考虑温度)

Fig.8 The influence of base module on mechanic characteristic under disconsidering temperature

由以上的计算分析可以看出一味期望通过增加基层厚度和模量来减薄路面板厚度是不可行的。

2.4 地基刚度对路面受力的影响

在三维有限元程序中,地基参数采用下式进行计算,计算时各结构层参数如表 4 所示。

$$k = \frac{E_0}{h(1 - \nu_0^2)} \sqrt[3]{\frac{E_0}{E_c}} \quad (1)$$

式中 E_0 - 地基弹性模量; E_c - 混凝土弹性模量; h - 混凝土面板厚度; ν_0 - 地基泊松比。

表 4 计算时各结构层所取参数

Tab.4 The each structural layer parameters on computation

	厚度/mm	材料参数/MPa	泊松比
面板	$h_1 = 240$	$E_c = 3 \times 10^4$	$\mu_1 = 0.15$
基层	$h_2 = 150$	$E_1 = 1\ 500, 2\ 000, 2\ 500, 3\ 000$	$\mu_2 = 0.25$
土基	—	$E_2 = 30, 60, 90, 120, 150, 180$	$\mu_0 = 0.3$

从图 10 可以看出随着地基刚度的增加,板的应力随之减小,基层模量的大小对地基刚度影响很小。同时可以发现,当地基刚度越高时,板底最大拉应力的减小幅度越小,即当地基刚度达到一定值时,再通过提高地基刚度来减小板底最大拉应力的效果已经不那么显著。

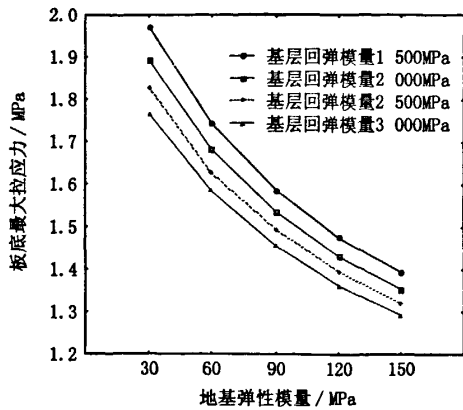


图10 地基刚度对板底最大拉应力的影响

Fig.10 The influence of foundation stiffness on the maximum tensile stress for board bottom

2.5 接缝对路面受力的影响

为了研究接缝处集料嵌锁作用及传力杆对水泥砼路面板应力的影响,取纵向排列两块面板进行计算,各结构层参数见表1,面板承受一标准轴载,作用在横缝边缘中部。

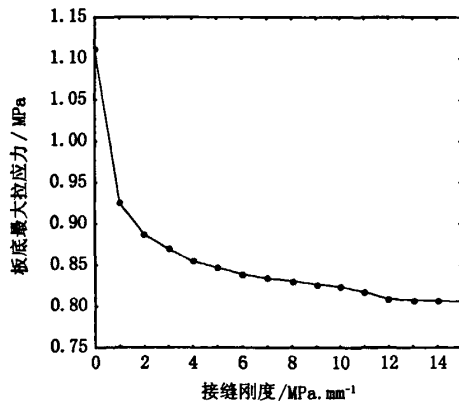


图11 接缝刚度对板底最大拉应力影响

Fig.11 The influence of joints stiffness on the maximum tensile stress for board bottom

随着接缝刚度的提高,受荷板块的最大拉应力随之减小,如图11所示。即接缝刚度越高,板块的传荷能力越好,接缝刚度在0MPa/mm~2MPa/mm之间的影响效果最显著,随后影响效果逐渐减小。

为研究传力杆直径对面板受力的影响,分别就不设置传力杆及设置不同直径传力杆下的面板应力进行计算,各结构层参数如表1所示,面板承受标准轴载,作用在横缝边缘中部。

计算结果发现接缝处设传力杆能明显改善面

板的受力情况如图12所示,同时发现增加传力杆直径改善程度不是太大,且传力杆直径达到一定值时反而会使板底应力有小幅增大趋势。

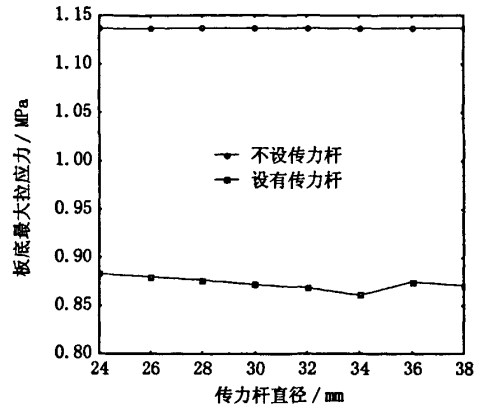


图12 传力杆直径对板底最大拉应力的影响

Fig.12 The influence of dowel bar diameter on the maximum tensile stress for board bottom

为研究传力杆松动对板受力影响,取B=125mm下不同松动值A进行计算,各结构层参数如表1所示,面板承受标准轴载,作用在横缝边缘中部。

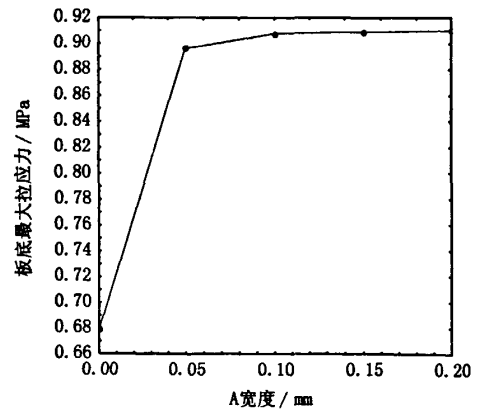


图13 传力杆松动对板底最大拉应力的影响

Fig.13 The influence of dowel bar loosening on the maximum tensile stress for board bottom

计算结果发现松动值A在0mm~0.05mm范围时对板受力影响很大,可见传力杆的安装质量对板受力影响大,稍微一松动就会大大降低它的传荷能力,如图13所示。

通过以上的计算可以看出,要使水泥砼路面能够适应重载交通和夏季高温气候的要求,就要全面提高水泥砼路面各结构层和(下转第53页)

中所采用的分析要素与前文建议的几个控制要素基本相一致,如在街道立面线的控制实质上是对沿街建筑贴线率的控制,连续拱廊的设置是对建筑底层处理的控制;塔楼设计的控制中对塔楼体积变化区与塔楼顶部的控制体现了对建筑体型、沿街建筑高度与建筑屋顶轮廓线的控制。这也印证了本文对选取的街道界面连续性控制要素及其建议的可行性。

6 结语

城市街道界面的连续性是构成街道空间整体性和统一性的条件。沿街建筑构成的街道侧界面的延续,给市民提供了一个连续的生活空间。街道空间的连续也实现了视觉上的连贯与统一,从而加强城市整体的识别性与形象性。

通过对沿街建筑高度、沿街建筑贴线率、建筑面宽比与建筑屋顶轮廓线等街道侧界面连续性指标的控制,可深化与完善城市街道空间的设计控制体系,为具体的建筑设计指引和城市规划实施

提供管理的依据,从而塑造出一个和谐有序、优美并充满活力的城市街道空间。

参考文献:

- [1] (日)芦原义信.街道的美学(含续街道的美学)[M].湖北:华中理工大学出版社,1988.
- [2] 诺伯格·舒尔茨.存在·空间·建筑[M].北京:中国建筑工业出版社,1985.
- [3] 金广君.城市街道墙探析[J].城市规划,1991(5):55-57.
- [4] 金广君.图解城市设计[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1999.
- [5] J 麦克卢斯基,张仲一.道路型式与城市景观[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [6] 梁雪,肖连望.城市空间设计[M].天津:天津大学出版社,2000.
- [7] 深圳市规划与国土资源局.深圳市中心区 22、23-1 街坊城市设计及建筑设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.

(责任编辑 刘存英)

(上接第 48 页)构造的要求,任一方面的疏忽都会降低水泥砼路面承载力。增大面板厚度、提高地基刚度、设置传力杆均能改善面板的受力,其中增大面板厚度的效果最明显,同时不能一味期望通过增加基层厚度和模量来减薄路面面板厚度。

3 结论

1)板的最不利荷载位置和轴型有关,单轴、双轴最不利荷载位置为纵缝边缘中部,三轴最不利荷载位置为横缝边缘中部。

2)重载交通对水泥砼路面造成的不利影响:增大面板和基层的受力;降低使用寿命;增加挠度;增加纵向裂缝产生的风险。南方省份的高温天气又增大了面板的受力。

3)增大面板厚度、提高地基刚度、设置传力

杆、面板基层间设置隔离层均能改善面板的受力,其中增大面板厚度的效果最明显。


4)增大基层厚度或模量,虽然减少了车辆荷载应力,却增大了温度应力,不能一味期望通过增加基层厚度和模量。

参考文献:

- [1] 胡昌斌.福建省重载交通水泥砼路面结构研究[R].福州:福州大学,2007,72-84.
- [2] RASMUSSEN R O, ROZYCKI D K. Characterization and modeling of axial slab - support restraint [R]. TR 1778, 2001: 10-18.
- [3] 邹雪英.福建省重载交通水泥混凝土路面结构研究[D].福州:福州大学,2007.
- [4] 曾胜.水泥混凝土板下脱空状况时接缝处弯沉的影响分析[J].铁道科学与工程学报,2005,2(6):31-36.

(责任编辑 刘存英)

重载交通下水泥砼路面力学机理的影响分析

作者: [徐行军, XU Xing-jun](#)
作者单位: [福建交通职业技术学院, 福建, 福州, 350007](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26 (3)

参考文献(4条)

1. [胡昌斌](#) 福建省重载交通水泥砼路面结构研究 2007
2. [RASMUSSAN R O;ROZYCKI D K](#) Characterization and modeling of axial slab-support restraint[TR 1778] 2001
3. [邹雪英](#) 福建省重载交通水泥混凝土路面结构研究 2007
4. [曾胜](#) 水泥混凝土板下脱空状况时接缝处弯沉的影响分析[期刊论文]-[铁道科学与工程学报](#) 2005 (06)

本文读者也读过(9条)

1. [邱仓虎](#), [刘建明](#), [刘建平](#) 在沿海炎热多雨多台风地区的多高层建筑中使用轻质砌块材料做围护结构时防渗漏初探[期刊论文]-[建筑科学](#)2002, 18 (4)
2. [林刚](#), [何川](#) 连拱公路隧道施工方法模型试验研究[期刊论文]-[现代隧道技术](#)2003, 40 (6)
3. [周本涛](#), [ZHOU Ben-tao](#) 公路路基变形破坏机理相似模型试验方法[期刊论文]-[湖南交通科技](#)2008, 34 (1)
4. [刘丹](#) 应重视同位素技术在隧道地下水环境研究中的应用[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2002 (4)
5. [贤有录](#), [陈强](#), [XIAN You-gong](#), [CHEN Qiang](#) 汽车超载对水泥混凝土路面的影响[期刊论文]-[西部交通科技](#)2006 (5)
6. [汪兴](#) 关于温州沿海城市混凝土路面结构强度计算的探讨[期刊论文]-[科技信息\(科学·教研\)](#) 2007 (7)
7. [施瑞欣](#) 超载情况下混凝土路面结构设计分析[期刊论文]-[公路交通技术](#)2003 (1)
8. [周涛](#), [ZHOU Tao](#) 水泥混凝土路面结构内部排水的设计与施工[期刊论文]-[工程建设与设计](#)2006 (10)
9. [王志强](#), [马金宝](#), [WANG Zhi-qiang](#), [MA Jin-bao](#) 重载交通对沥青路面结构的影响与分析[期刊论文]-[山西建筑](#) 2007, 33 (26)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200903012.aspx