

低水泥含量建筑材料配比应用与性能检测探讨

刘可壮

(潍坊工程职业学院建筑工程系, 山东 青州 262500)

摘要: 伴随着我国公路里程的发展, 优化公路基层材料性能, 提升其抗压力与耐久力是非常重要的内容。以CT扫描技术对低水泥含量级配碎石基层材料在不同温度影响下的抗压强度以及材料结构变化规律进行实验观察。结果显示: $-30 \sim -15$ °C对基石材料造成了不可忽视的影响, 裂缝生长明显; 另外, 基层材料的抗压强度受到温度的影响并不大。

关键词: 低水泥含量; CT扫描技术; 材料性能; 抗压强度

中图分类号: TU525

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2019)03-0051-05

Discussion on the Application of Low Cement Content Building Material Ratio and Performance Testing

LIU Ke-zhuang

(Weifang Engineering Vocational College, Qingzhou 262500, China)

Abstract: With the development of highway mileage in China, it is very important to optimize the performance of road base material and improve its pressure resistance and durability. CT scanning technology was used to conduct experimental observation on compressive strength and material structure change rule of low cement content gradated gravel base material under different temperature influence. CT image scanning results showed that its influence on cornerstone material within the temperature threshold range of -15 °C to -30 °C can not be ignored, and the crack growth is obvious. In addition, the compressive strength of the base material is not greatly affected by temperature.

Key words: low cement content; CT scanning technology; material properties; compressive strength

道路交通运输是国民经济的重要组成部分, 当前加强公路等交通运输基础设施建设已成为重要“命题”。近年来我国路网规模不断扩大, 据最新统计数据显示 2018 年末我国公路总里程达到 484.65 万公里, 路网密度为 50.48 公里·百平方公里⁻¹, 较 2000 年有质的飞跃, 我国路网日趋完善。当前公路建设普遍采用了水泥稳定碎石半刚性基层沥青路面, 但是在恶劣天气等诸多影响下非常容易产生破损、裂缝等多种病害^[1], 致使养护成本过高, 严重影响了公路建设与维护, 因此加强基层材料的优化研究是我国道路建设的重要内容。

近年来低水泥含量级配碎石作为一种路面基层材料被越来越多的人所熟知, 在道路建设中取得了一定的应用成效, 如李喆等(2016)对不同水泥掺量的含量级配碎石材料的承载比、抗压回弹模量等性能参数进行实验测试, 得到 3% 为最佳掺量^[2]; 延西利等(2016)对几种低水泥掺量基石材料进行实验发现其承载

收稿日期: 2019-05-12

作者简介: 刘可壮(1990—), 男, 山东青州人, 助教, 硕士, 主要从事建筑施工技术、建筑材料方面的研究。

比 CBR 性能是随着水泥掺量的增加而增强的^[3]。纵观目前研究现状不难发现,对于低水泥含量级配碎石基层材料的性能研究并不丰富,尤其从微观层面来解释分析影响路用性能的影响因素的研究较为少见,基于此利用医学领域常用的 CT 扫描技术来定量分析温度等因素对低水泥含量级配碎石基层材料的路用性能产生的影响,具有很强的实践与理论研究价值。

1 CT 技术原理

CT 技术是 X 射线计算机断层扫描技术的简称,是获得材料横断面数字图像的一种无损检测方法,最初应用于医学领域,后应用范围逐步扩大,在地质、建筑领域都可见其身影。通过对获得的 CT 图像进行观察与分析以此来了解检测对象内部结构及损伤等情况。

CT 技术是利用不同物质吸收不同 X 射线能量原理,通过吸收系数投影重建得到被检测对象的横断面数字图像^[4]。试件对象的某一部位经过 X 射线穿透下,探测器通过接收穿透衰减后的 X 射线并将其转化为光信号,随后光电转换器将其转化成电信号,然后通过模拟/数字转换器将电信号转化为数字信号并输入到计算机中进行投影重建处理,得到最终的 CT 图像。

X 射线穿透物体后的能量衰减是与物体的密度和厚度紧密相关的,衰减规律可以用如下方程表示,下式中 I 、 I_0 分别表示 X 射线穿透物体前后的光强, μ_m 是吸收系数, ρ 、 x 分别代表了被测物体的密度与厚度^[5]。从下式中不难发现射线的衰减度与组织的厚度成正相关。

$$I = I_0 \exp(-\mu_m \rho x) \quad (1)$$

2 试验设计

2.1 试验设备

根据射线种类不同,CT 扫描仪可分为医用 CT(X 射线)和工业 CT(γ 射线)两种^[6],本次实验采用的是日本东芝生产的大型医用 CT 扫描仪,共由扫描系统、计算机系统与操作系统三部分组成,如图 1、图 2 所示,其中扫描电压为 140 kV,扫描分辨率为 0.5 mm×0.5 mm。



图 1 医用 CT 扫描仪



图 2 CT 扫描仪操作系统

2.2 实验步骤

本次实验主要观察低水泥含量级配碎石在温度变化的影响下内部结构变化情况,以及抗压强度变化。对此依据《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)^[7]以及地区温差,设定实验温度为-30~30℃,每隔 15℃为一个实验温度点。分别采用 3%和 4%两种水泥掺量的含量级配碎石基层材料进行实验测试。具体的实验步骤如下所示:

1)将制作好的两种材料试件进行标号,分别放置于冰柜和恒温箱,在-30℃、-15℃、0℃、15℃和 30℃五种温度下放置 24 h,然后迅速取出放于保温箱中;

2)将保温箱送入医院,利用 CT 扫描仪对试件进行 CT 扫描,扫描厚度与间隔均采用 5 mm;

3)将试件放于压力机上,调整试件处于压力机中心位置,确保受力均匀,另外设置 0.2 MPa·s⁻¹的加荷速度并启动压力机。然后持续均匀加压直至试件破坏,如图 3 所示,此时对荷载与抗压强度数据进行记录;

4)再次将受压破坏的试件放于保温箱内,然后送往医院进行 CT 扫描,如图 4 所示,扫描参数与步骤(2)相同。



图 3 试件受压破坏图

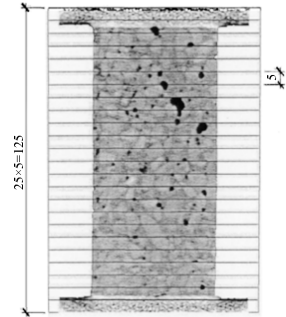


图 4 CT 扫描空间定位(单位:mm)

3 试验结果与分析

3.1 抗压强度试验

对水泥掺量分别为 3%含量级配碎石、4%含量稳定级配碎石经过不同温度浸染下进行压力实验,得到的抗压强度实验数据如表 1 所示。为进一步分析试件在不同温度影响下抗压强度的变化,将表格数据制成折线图,如图 5 所示。从图 5 可以明显看到,两种材料的抗压强度受到温度的影响并非是一成不变的^[8],0℃为两种试件材料抗压强度的分界线。在 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 时两种材料的抗压强度变化趋势一致,均是先下降后上升,但是抗压强度波动幅度并不大,3%水泥含量级碎石抗压强度增幅略大于 4%水泥稳定级配碎石。

表 1 不同温度下 3%、4%两种水泥含量级配碎石抗压强度的试验数据

温度/ $^{\circ}\text{C}$	3%水泥掺量的强度/ MPa	4%水泥掺量的强度/ MPa
-30	3.35	2.96
-15	3.49	3.92
0	3.72	3.71
15	3.68	3.64
30	3.76	3.69

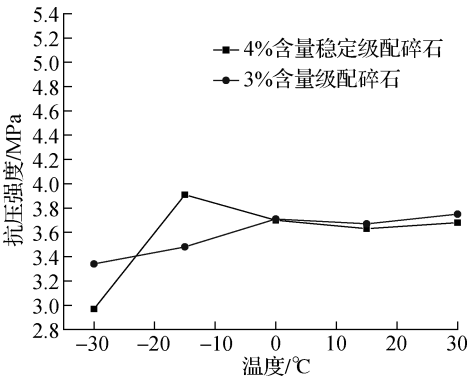


图 5 两种材料随着温度变化的抗压强度对比图

在 -15°C 温度下,3%含量级与 4%稳定级配碎石两种基石材料的抗压强度差值达到最大,为 0.43 MPa。在 $-20\sim-15^{\circ}\text{C}$ 时,4%稳定级配碎石的抗压强度变化幅度远大于 3%含量级,在 -30°C 时 4%稳定级配碎石的抗压强度为最低值(2.96 MPa)。造成这一现象的原因在于刚性强度较大的 4%水泥稳定碎石在严寒低温环境下易收缩,出现剪切变形,从而导致了材料内部结构变形致使抗压强度大幅度下降^[9]。根据

3%含量级基石材料抗压强度随温度变化的曲线,可进行拟合,得到的拟合公式为式(2),其中 x 、 y 分别为温度和基石材料的抗压强度,拟合度高达 0.99。

$$y = 3.28 + 0.019x - 0.000177x^2 \quad R^2 = 0.99078 \quad (2)$$

3.2 CT 扫描图像

对每个试件进行 CT 扫描,并将每个试件划平均分为 25 层进行投影重建,然而试件的上下端面附近成像效果并不理想,因此对试件的部分成像图像进行增强处理,并通过对比选择试件的第 3、7、13、18、23 层来进行观察分析。其中各温度下 3%含量级配碎石的试件成像结果分别用 JT-30、JT-15、JT0、JT15、JT30 进行标识,各温度下 4%含量稳定级配碎石试件则用 PT-30、PT-15、PT0、PT15 与 PT30 标识,两者材料 CT 成像如图 6 与图 7 所示。

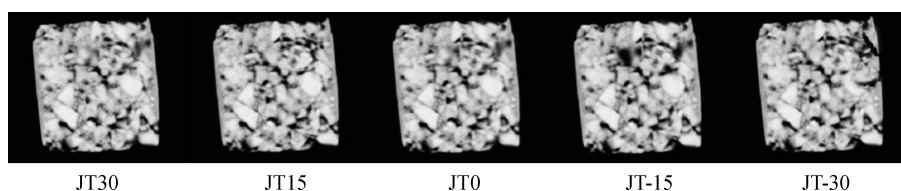


图 6 不同温度下 3%含量级配碎石材料内部结构正交切片 CT 图

从图 6 可以看出,在温度变化下 3%低水泥含量级配碎石内部结构变化规律是相似的,裂缝出现主要集中于两相界面区。在 0℃处,孔径随着温度的降低而逐渐增大,伴随着温度的持续下降部分孔径已经连通形成裂缝, JT-30 图像的右上方有一条明显的细缝,可见在 -30℃条件下裂缝生长明显。

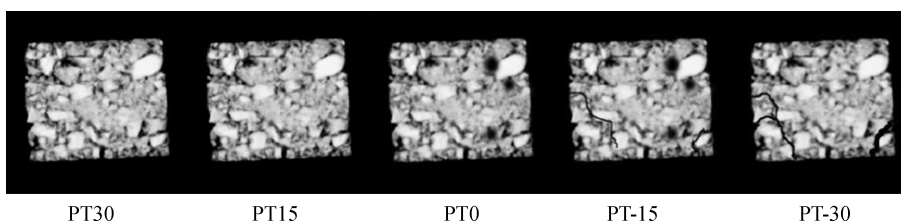


图 7 不同温度下 4%含量稳定级配碎石材料内部结构正交切片 CT 图

从图 7 可以得到 4%普通水泥稳定级配碎石在不同温度下内部结构变化规律并不完全相同的结论,裂缝也同样在两相界面区出现。在 15~30℃时内部结构并无明显变化,但是从 0℃时,随着温度的变化孔径也随之增大,在 -15℃时就产生了细小裂缝,到 -30℃条件下时裂缝连通,4%普通水泥稳定级配碎石材料试件出现了损伤。

4 结 语

1)通过试验发现在 -30~-15℃时,4%稳定级配碎石的抗压强度变化幅度远大于 3%含量级;而温度对 3%低水泥含量级配碎石的抗压强度的影响相对较小,3%低水泥含量级配碎石的抗压强度与温度的变化数据呈均匀点状分布,因此二者关系可拟合为公式 $y = 3.28 + 0.019x - 0.000177x^2$,拟合度高达 0.99。

2)从试件的 CT 扫描图像的正交切面发现,3%低水泥含量级配碎石材料和 4%普通水泥稳定碎石材料二者受压破坏后裂缝都集中在两相界面区。

3)在以 -30℃、-15℃、0℃、15℃和 30℃五种温度为前提进行的试验中,试件的 CT 扫描图像显示,3%低水泥含量级配碎石材料和 4%普通水泥稳定碎石材料二者的受压破坏程度与温度有一定的相关性,其中,受温度影响最大的温度为 -30~-15℃。

通过对 3%低水泥含量级与 4%普通水泥稳定级配碎石试件进行不同温度下的抗压强度实验结果显示,3%低水泥含量级相较于 4%普通水泥稳定级配碎石受到温度的影响较小,3%低水泥含量级配碎石抗压强度整体上是随着温度上升而增大的,抗压强度的稳定性较好。同时通过对不同温度下这两种材料试

件进行 CT 扫描得到,裂缝集中出现于两相界面区,在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 两种材料裂缝生长明显,甚至 4% 含量水泥稳定级配碎石试件出现损伤。根据 CT 图可得到温度为 $-30\sim-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

参考文献:

- [1] 周国海,范志多.低水泥剂量稳定级配碎石基层在沥青路面大修工程中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2017(5):114-116
- [2] 李喆,张志清.免振压水泥稳定碎石基层配合比设计与施工方法[J].公路,2018(1):47-50
- [3] 延西利,梁春雨,许金华,等.水泥稳定碎石基层的弹塑性特性[J].中国公路学报,2019,32(1):33-40
- [4] 朱亚婷,赵曜,赵尘.水泥稳定炉渣碎石基层环境安全性的试验研究[J].硅酸盐通报,2018,37(10):265-271
- [5] 李娜,魏连雨,马士宾.基于内聚力模型的水泥稳定碎石早期微裂干缩性能研究[J].硅酸盐通报,2018(2):462-468
- [6] 孙启亮,闫翔鹏.冻融环境对水泥稳定碎石性能的影响[J].公路交通科技(应用技术版),2018,14(10):41-42
- [7] 黄永军.基于应力计算的水泥稳定碎石基层裂缝成因分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(1):112-114
- [8] 程承,刘永鹏,朱德滨.水泥基木质碎料复合材料热物理特性试验研究[J].林产工业,2018(2):35-38
- [9] 马志强,左艳丽,卢春华.计算机断层扫描(CT)技术在矿物岩石细观结构观测中的应用[J].化工矿物与加工,2019,48(3):7-11

(责任编辑:谭彩霞)

声 明

1. 本刊已许可相关合作单位以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文,相关著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。
 2. 本刊已加入“中国知网”学术期刊优先数字出版平台。
- 作者向本刊提交文章发表的行为视为同意我刊上述声明。

本刊编辑部