

文章编号: 0451-0712(2006)11-0023-04

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

多年冻土地区路基变形特征及影响因素

刘 戈^{1,2}, 章金钊^{1,2}, 吴青柏²

(1. 中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710068;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 兰州市 730000)

摘 要: 青藏公路沥青混凝土路面修建后, 增大了路基下多年冻土的吸热量, 导致了多年冻土融化。多年冻土融沉变形在冻土路基变形中占主导地位, 其发生、发展与冻土温度及工程地质特性等有关。通过青藏公路唐南地区路基变形监测数据, 分析了路基变形的特征及多年冻土融沉变形的影响因素。

关键词: 青藏公路; 多年冻土; 变形特征; 影响因素

高原多年冻土是青藏公路重要的工程特征之一, 也是可能引起路基沉降变形等病害的主要根源。由于青藏公路沥青混凝土路面修建后, 增大了路基下多年冻土的吸热量, 导致路基下多年冻土上限处的地下冰融化, 引起路基发生不均匀的下沉变形。特别是在高温多年冻土地区, 路基热融下沉问题至今还是未彻底解决的一大难题。

自 1997 年年底起, 在青藏公路唐南地区设置了 3 个观测场地, 通过 5 年的观测数据来分析路基下伏多年冻土的沉降变形特征及其影响因素。这对于在高原地区开展进一步的科研或设计工作均具有重要的意义。

1 路基变形特征

在设立地温观测场地的同时, 按照统一的纵、横方向及测点间距, 共布设了路基变形监测场地 3 处, 桩号分别为 K3363+810、K3393+950 和 K3411+810, 依次编为 1 号、2 号和 3 号监测场地。每个监测场地共有 4 个横向剖面, 每个横向剖面布置了 5 个监测点。这样, 每个路基变形观测场地共有变形监测控制点 20 个 (如图 1 所示)。另外, 为了用水准仪准确获取路基变形过程资料, 每个路段专门设有 16 m 深的水准点一个。

图 2~图 4 给出了路基变形 3 个监测场地路面表面变形的结果。从路面表面变形的总体特征来看, 这种不均匀沉降变形显得特别突出, 3 个监测场地变形特点各异, 表现出极大的差异性。图 2 表明, 沿拉

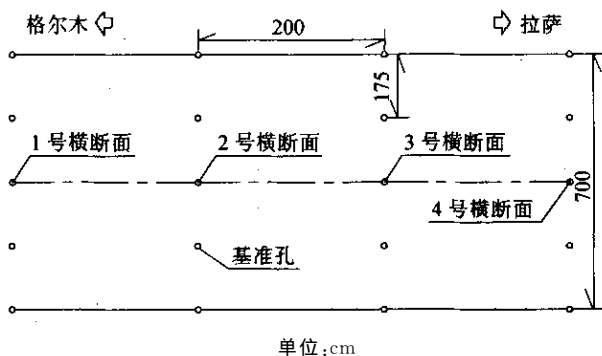


图 1 各路基变形监测场布置示意

萨前进方向, 监测场地的中部变形明显小于监测场两侧; 沿路基横断方向, 右侧路肩变形大于左侧路肩变形。图 3 表明, 沿拉萨前进方向, 监测场地的中部变形明显大于两侧; 沿路基横断方向, 左右侧路肩变形基本一致, 横向差异较小, 主要表现为纵向变形差异。图 4 表明, 3 号监测场地整体呈强烈的不均匀沉降变形, 其不均匀变形特点非常明显, 变形量远大于 1 号监测场地和 2 号监测场地。沿拉萨前进方向, 3 号监测场地的中间变形较大, 两侧变形较小; 沿横断方向, 右侧路肩变形明显要大于左侧路肩, 且在右侧路肩沉降变形的影响范围明显要大于左侧路肩。从几个监测场地的变形特点来看, 多年冻土区路基沉降变形外观所表现出来的特征并不是完全一致, 这也反映了路基变形的复杂性。尽管从外观来看, 变形特点不一致, 但实质上都表现出强烈的融化下沉变形的共同特点。

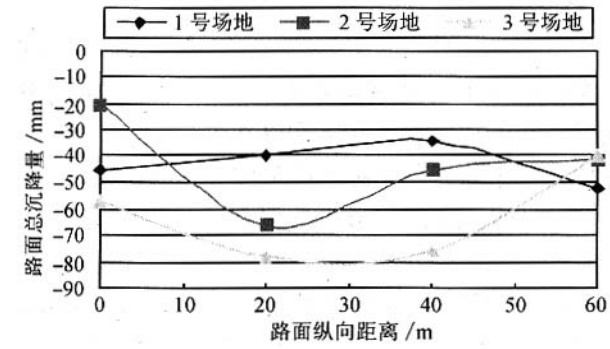


图 6 3 个监测场地路基中心各监测点总沉降量对比

基中心变形,在 1 年中基本表现为融化下沉变形,冻胀不明显。这个可能表明路肩处的水分超过路基中心部分,导致了路肩产生了较为明显的冻胀变形。路基中心由于没有外部水分的渗入,因而土体冻胀量极小。

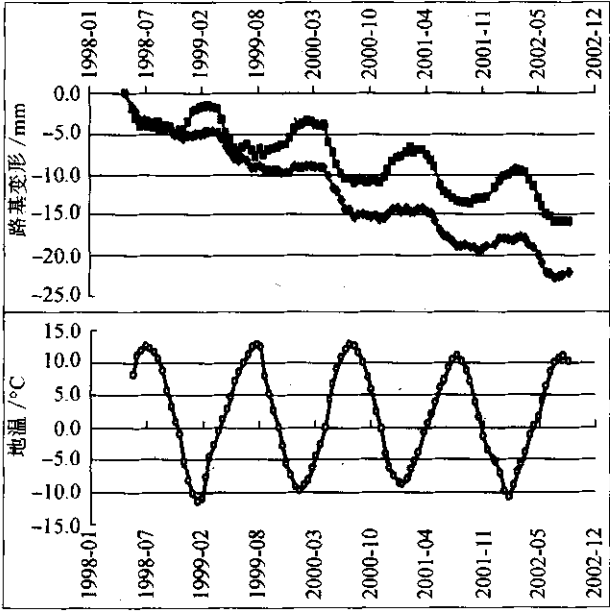


图 7 3 号场地右路肩冻土路基变形与地温波动变化关系

从冻土路基变形与地温波动变化关系(图 7)中的监测点的变形过程可以看出,冻土路基进入剧烈冻胀变形时间在 12 月份到第 2 年 1 月份之间,剧烈沉降变形发生在 4 月到 7 月底之间。其他时间,路基的变形处于融沉或者冻胀变形的缓慢过渡阶段。

2.3 多年冻土上限的影响

为了分析路基变形与多年冻土上限及多年冻土上限处温度变化之间的关系,对唐南 1 号和 2 号两个监测场地路基年总变形量与多年冻土上限年变化深度之间关系进行了分析,结果如图 9 和图 10 所示。

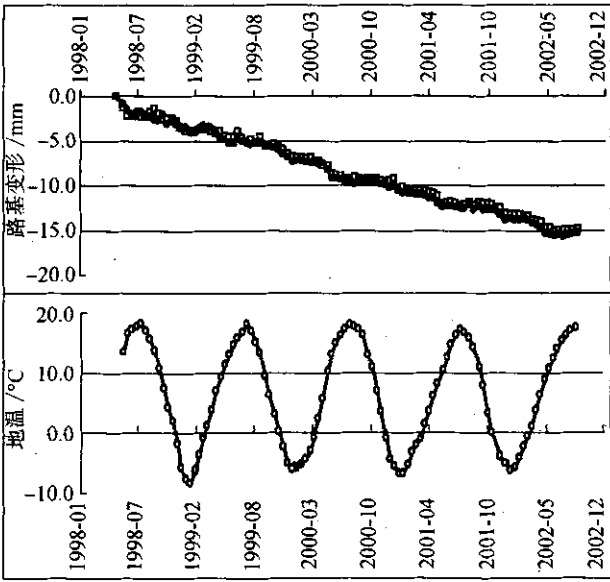


图 8 3 号场地路基中心冻土路基变形与地温波动变化关系

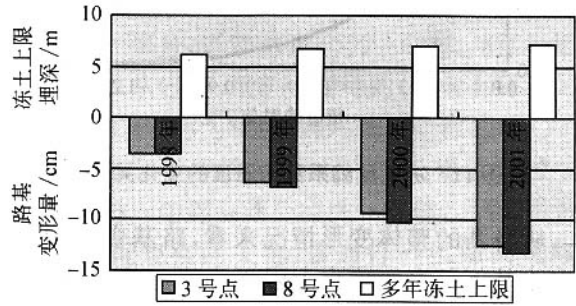


图 9 1 号场地路基中心多年冻土上限变化与路基中心变形量变化对比

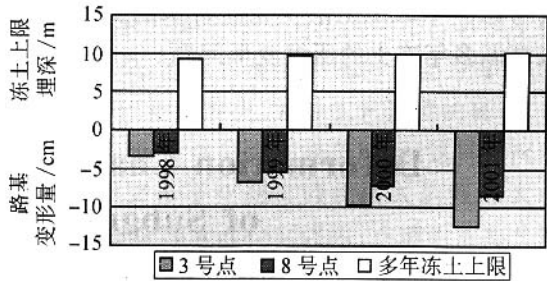


图 10 2 号场地路基中心多年冻土上限变化与路基中心变形量变化对比

图 9 和图 10 表明路基下部多年冻土年变化与路基中心监测点的年变形量有一定的必然联系。随着多年冻土上限下降,路基中心变形量有所增加。由于引起路基变形的因素较多,多年冻土上限下降的幅度与路基变形的增加幅度并不一致。

两个变形监测场地的路基中心下多年冻土上限是呈缓慢下降的趋势,但路基中心变形监测点的变

形量呈快速增加的趋势,也就说明路基变形不仅仅是路基下部多年冻土上限变化引起的,而且还受其他因素的影响,如高温多年冻土的压缩变形。两个监测场地中多年冻土上限附近温度升温幅度较大,且温度高于 -0.5°C 。对于极高温多年冻土来说,其压缩变形量非常大,如图 11 所示。高于 -0.3°C 的极高温多年冻土压缩系数可达 $0.4\sim 1.2\text{ MPa}^{-1}$,特别是多年冻土上限附近温度升温幅度较大,且基本维持在较高的温度状态下,因而将产生较大的压缩变形。

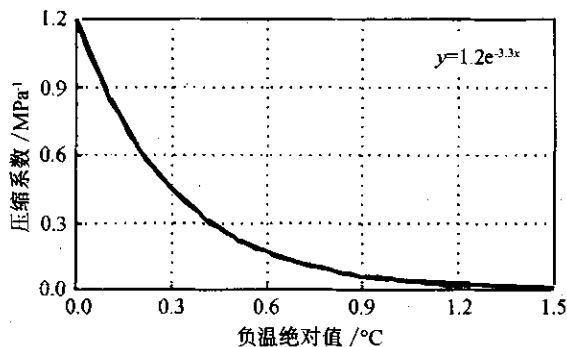


图 11 冻土压缩系数随温度的变化关系

从路基的整体变形情况来看,路基变形不仅是由路基下部多年冻土上限下降引起的,也存在极高温多年冻土的压缩变形,这种压缩变形到底能在路基变形中占多少,目前还无法回答这个问题。因为路基变形过程还是相当复杂的,在未来工程设计中既要考虑多年冻土上限变化所带来的变形,也要考虑极高温多年冻土的压缩变形问题。

3 结论

(1) 由于多年冻土融化而引起的路基变形,无论是纵向变形还是横向变形,都表现出较大的不均匀性。最大变形位置并不在路基中心,而是在路肩,主要是由于路基中心融深向阳坡偏移的结果。

(2) 冻土路基变形由冻胀和融沉两部分组成,冻土路基进入剧烈冻胀变形时间在 12 月份到次年 1 月份之间,且冻胀过程可能伴随缓慢的融化下沉过程。剧烈沉降变形发生时间在 4 月到 7 月底之间。其他时间,路基的变形处于融沉或者冻胀变形的缓慢过渡阶段。

(3) 冻土路基变形主要与土体年平均地温和冻土工程条件有关,年平均地温高于 -1.5°C 时,路基变形随年平均地温升高而剧烈变化;冻土路基变形主要发生于高含冰量路段,且含冰量越大,融化下沉变形量也越大。

(4) 路基变形不仅是由于多年冻土上限变化引起的,且与多年冻土上限附近温度变化有关,特别是极高温多年冻土,其压缩变形占有相当的比重。在路基工程设计中,不仅要考虑多年冻土上限的稳定性,且要考虑多年冻土的热稳定性。

参考文献:

- [1] 李祝龙,章金钊. 青藏公路冻土路基沉降的模糊综合评判[J]. 公路,2002,(2).
- [2] 中交第一公路勘察设计院. 多年冻土地区路基稳定性技术研究[R]. 2006.
- [3] 李忠,唐义彬. 青藏高原清水河多年冻土区铁路路基沉降变形特征研究[J]. 铁道标准设计,2005,(10).

Deformation Characteristics and Influential Factors of Subgrade in Permafrost Region

LIU Ge^{1, 2}, ZHANG Jin-zhao^{1, 2} WU Qing-Bo²

(1. The First Highway & Design Institute of China, Xi'an 710075, China; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: After the asphalt concrete pavement are constructed in the Qinghai-Tibet Highway, the heat absorption of the permafrost is increased and the thaw of the permafrost caused. The thaw settlement of the permafrost is in the lead in the subgrade deformations, its processes and development are associated with the permafrost temperature and the geological features of permafrost engineering. In this paper, on the basis of the monitoring data of subgrade deformations in Tiangnan region of the Qinghai-Tibet Highway, the characteristics of subgrade deformations and its influential factors are analyzed.

Key words: Qinghai-Tibet Highway; permafrost; deformation characteristics; influential factors