

高速公路路基沉降计算方法的讨论

李志, 莫顶勋

(广东省长大公路工程有限公司 第三分公司, 广东 番禺 511431)

摘要: 目前关于高速公路路基沉降和固结计算的公式、方法较多, 对参数的选定也有众多的说法。文中根据河龙(河源—龙川)高速公路试验段的特点, 确定了一些计算原则和计算方法。由计算结果与实测值比较可知, 计算结果合理, 方法可取。

关键词: 公路; 路基沉降; 计算方法

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

文章编号: 1671-2668(2005)03-0068-03

在软基上修筑路堤, 尤其是高填方的情况下, 人们不仅关心路基的稳定问题, 而且更关心地基的沉降、变形问题。在路面筑好以后, 如发生过大的工后沉降, 特别是不均匀沉降, 将导致路面不平整, 桥台与相邻路堤出现错位, 严重影响公路的正常运行。根据规范, 对于一般路堤, 容许工后沉降量小于 30 cm; 对于桥台与路堤相邻处, 容许工后沉降 10 cm。因此, 提高沉降计算的可靠性十分重要。

沉降、变形计算包括两项内容: 设计荷载作用下的总沉降量和沉降过程(即达到最终沉降量之前不同时刻的固结度)。固结度的确定, 有助于了解地基固结状态及判定地基稳定程度。

本文结合河龙(河源—龙川)高速公路试验段的研究工作[包括主固结沉降计算及瞬时沉降计算, 对固结计算推荐改进的高介俊木修正法; 对于深层排水(塑料排水板)法, 主要考虑水平向排水固结和竖向排水固结]。根据 13 个试验段的情况将试验方案的沉降计算和实测值进行对比, 论证了计算方法的

正确性(由于本文结合了多个试验段来综述, 故略去具体的土质情况)。

1 沉降量计算

1.1 总沉降量 S

地基固结总沉降量 S 包括三部分:

$$S = S_c + S_d + S_s$$

式中: S_c 为主固结沉降, 是加荷后土体内孔隙水压力逐步消散而产生的体积压缩变形; S_d 为瞬时沉降, 是由于剪切变形而产生的附加沉降, 不是土体体积压缩产生的沉降; S_s 为次固结沉降, 是指主固结沉降发生以后继续发生的沉降。

实际工作中要想将三者截然分开是困难的。例如, 次固结并非是在主固结完成之后才发生的, 而是与主固结同时发生的。此外, 由于 S_d 尚无成熟的计算方法, 大多采用半理论半经验的方法, 所以, 往往用主固结沉降量推求总沉降量, 即用分层总和法求出路基的主固结沉降之后再用沉降修正系数 M ,

灰矿较多, 有石灰矿渣可以处理利用。石灰矿渣具有易板结、透水性强、承载力较高等特点, 且气候影响小、经济方便。在路床部位采用矿渣填筑, 路基每填筑 50 cm 过湿土后填筑一层矿渣, 以利于排水。

3 结 语

本工程考虑实际情况, 按照特殊设计、处处设防的原则, 采用以上多种方法综合治理。考虑到本地区雨量较大, 雨季不利于施工, 影响处理效果, 因此, 施工期安排在 6 月以后及 11 月以前。经处理, 路基

压实度达到了规范的要求, 路基范围内地下水水位明显降低, 取得了预期效果。本工程于 2003 年 12 月完工通车后, 经观察, 虽然通过此路段的重型车辆较多, 但经过 2 年时间的检验, 至今路基未发现有损坏的迹象。

参考文献:

[1] JTJ 033-95, 公路路基施工技术规范[S].

收稿日期: 2005-04-23

加以修正,求出总沉降量。本文通过实测值和计算值的比较,验证了沉降修正系数的正确性和规律性。于是,总沉降量可简化为:

$$S = M_s \cdot S_c$$

式中: M_s 为综合经验修正系数,其值除与土层的软硬程度有关外,还与计算 S_c 的方法、加荷速率的大小和路堤的高低有关, M_s 的物理意义是复杂的,它综合反映土的特性及施工条件等因素。

1.2 主固结沉降 S_c

由于对压缩试验资料的整理方法不同,每一土层的单向压缩量 S_{ci} 的计算方法表达式也就不同。常用的方法有 $e-P$ 曲线和 $e-\lg P$ 曲线等。由于后者能反映土层的受力历史对土体压缩的影响,故本文介绍用 $e-\lg P$ 曲线计算 S_c 的方法(见图 1)。

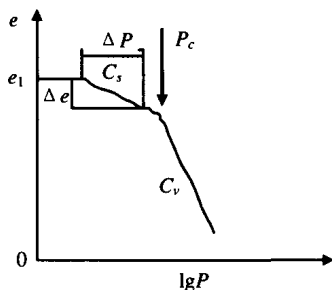


图 1 $e-\lg P$ 曲线

由土的 $e-\lg P$ 曲线可以看出,土的压缩特性与应力水平有关。在压力低于先期固结压力 P_c 时,变形指标 C_c 较低,在压力超过 P_c 时,变形很大且接近直线,其斜率为 C_v ,在此压力范围内呈均匀变形,因此,可按实际的应力水平选用不同的设计参数。

关于主固结沉降的具体计算步骤可参照参考文献[1],在此不详述。

1.3 瞬时沉降 S_d

准确计算瞬时沉降的方法尚未见到,一般是用弹性理论的竖向位移公式来进行计算,在日本也用经验公式来计算瞬时沉降,但这些公式都有较大的局限性。因此,根据本段公路的试验特点及侧向位移资料,推导出了沉降计算经验公式。

当填土高度低于临界高度时:

$$S_d = 0.85 \sum_{i=1}^n \Delta P_i \Delta h_i / E_i$$

当填土高度高于临界高度时:

$$S_d = 1.15 \sum_{i=1}^n \Delta P_i \Delta h_i / E_i$$

式中: ΔP_i 为各土层所受的附加应力; Δh_i 为各计算

土层的厚度; E_i 为各土层的初始弹性模量。

1.4 次固结沉降 S_s

在某级荷载作用下,主固结完成后,在时间半对数坐标中次固结与时间的关系曲线接近一直线(如图 2 所示)。

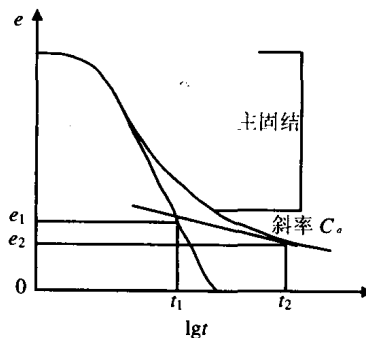


图 2 某级荷载下的压缩曲线

直线斜率用 C_a 表示,次固结系数对 1#、3#、4#、5#、6# 断面(填土高度低于 5.6 m)来说, $C_a = 0.005$;对 2#、7#、8#、9#、10# 断面(填土高度高于 5.6 m)而言, $C_a = 0.007$ 。次固结沉降计算公式:

$$S_s = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_i} C_a \lg \frac{t_2}{t_1}$$

式中: h_i 为软土层厚度; e_i 为土层试样在主固结结束后产生次固结沉降前的孔隙比; t_2 为需计算次固结沉降的时间, $t = 50$ 年; t_1 为固结度达到 100% 的时间,这里取对应固结度为 95% 的时间。

计算得出各断面次固结沉降量(见表 1)。由表 1 可见,从固结度为 95% 时起算到使用 50 年止,次固结沉降量占主固结沉降很小的一部分。若从固结度为 100% 算起, S_s 将更小,故 S_s 可忽略不计。

表 1 次固结沉降量

断面	S_s	$S_s/S_c/\%$	断面	S_s	$S_s/S_c/\%$
1#	2.1	5.7	6#	3.3	11.4
2#	1.9	2.0	7#	4.5	4.6
3#	2.4	7.8	8#	3.5	3.9
4#	3.0	9.4	9#	12.5	8.6
5#	2.5	4.8	10#	4.5	5.6

由于当前对土的次固结性状了解不多,对它的定义、机理、变化规律、影响因素、试验测定等一系列问题的争议很大,甚至对计算 S_s 是否按直线变化都有争论。对 t_1 的确定,一般认为,次固结是固相骨架的蠕变,并非是在固结度为 100% 才开始,而是在 100% 之前。目前公路部门很少有人做次固结土工试验,试验规程上也未列入,所以,以上有关次固结

计算只能是大致的估算。

1.5 沉降计算结果及讨论

由表2可以看出,除1#断面(加荷速率过快)、3#断面(实际荷载边界条件与计算条件有较大差异)、6#断面(有土工布作用)计算结果有较大差别外,其余各断面路堤中心的计算量和实测最终沉降量比较接近,偏差不是很大,说明 S_d 、 S_c 的计算方法是正确的。此外,由计算最终沉降量与计算主固结沉降计算值之比 M_{s1} 可以看出,沉降修正系数与以往经验值比较吻合。实测的最终沉降量与主固结计算值之比 M_{s2} 有如下规律:①当填土高度低于5.6 m(1#、3#、4#、5#、6#断面)时, M_{s2} 介于0.67~1.10,平均为0.84。②当填土高度高于5.6 m(2#、7#、8#、9#、10#断面)时, M_{s2} 介于1.16~1.42,平均为1.28。③排水板方案(7#~10#断面), M_{s2} 平均为1.31。

表2 路中心沉降计算结果

断面	$S_{c,计}$	$S_{d,计}$	$S_{\infty,计}$	$S_{\infty,实}$	$S_{d,计}/S_{c,计}/\%$	M_{s1}	M_{s2}
1#	36.8	6.78	43.5	36.0	18	1.18	0.98
2#	92.7	15.6	108.3	107.6	17	1.17	1.16
3#	30.6	4.31	34.91	23.4	14	1.14	0.76
4#	31.8	4.73	36.53	26.6	15	1.15	0.84
5#	51.6	8.90	58.5	56.6	13	1.13	1.10
6#	28.9	5.27	34.17	19.3	18	1.18	0.67
7#	97.5	20.94	118.4	138.2	21	1.21	1.42
8#	89.5	29.2	118.7	120.0	32	1.33	1.34
9#	145.5	29.7	175.2	173.0	20	1.20	1.19
10#	81.0	15.3	96.3	104.3	19	1.18	1.29

换言之,浅层处理计算最终沉降量大于实测值,后者为前者的0.84倍。这主要是因为其荷载较小,软土层较薄,加上地表硬壳层的作用,故路基瞬时沉

降量较小。深层排水板处理计算最终沉降量小于实测值,后者为前者的1.31倍。这主要是因为打设排水板的过程中,土的结构发生改变,加上外荷较大,引起较大的侧向位移,瞬时沉降加大,故总沉降量相应增大。

2 结 语

1) 计算主固结沉降 S_c 时,应根据土的室内试验 $e-\lg P$ 曲线,确定变形指标 C_c ,按土层所受的实际应力水平分别进行计算。

2) 由本公路试验段的瞬时沉降计算公式可知,该方法简单明了,结果可靠。

3) 次固结沉降 S_s 值较小,可忽略不计。

4) 由实测沉降量与计算沉降量相比较所得出的 M_s 与以往经验相比,是合理的。当填土高度低于临界高度时, $M_s=0.84$;当填土高度高于临界高度时, $M_s=1.28$ 。

5) 由于土的压缩特性与应力水平有关,故本文计算方法的最大的特点就是按照不同的应力水平选择不同的设计参数。

参考文献:

- [1] 钱家欢,等.土力学[M].江苏:河海大学出版社,1995.
- [2] 《地基处理手册》编写委员会.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.
- [3] 韩选江,等.土力学与地基工程[M].上海:上海交通大学出版社,1990.
- [4] 张诚厚,戴济群,袁文明.剪切变形引起附加沉降的计算方法[R].南京水利科学研究院,1993.

收稿日期:2005-03-21

我国与周边国家开通 140 多条客货运输线

到2004年底,我国有60多个口岸开通了国际道路运输,与周边国家开通了140余条客货线路。

改革开放20多年来,我国国际道路运输取得了长足发展,与俄罗斯、蒙古国等国家签署了10个政府间双边汽车运输协定,与有关国家签署了3个政府间多边运输协定。

此外,2005年4月13日,交通部根据国务院颁布的《中华人民共和国道路运输条例》的有关规定,以2005年第3号部长令发布了《国际道路运输管理规定》,为促进国际道路运输的发展提供了法制保障。

有关专家评价说,我国在参与和推动亚洲公路网政府间协定、大湄公河次区域经济合作框架下的道路运输合作和上海合作组织成员国国际道路运输便利化政府间协定等方面都做出了非常积极的努力,我国道路运输业全面对外开放的格局正在形成。