

地下输水软管变形量实测方法研究

白广明¹, 陈洪德¹, 崔玉贤²

(1. 黑龙江省水利科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150080; 2. 黑龙江省龙江县水利局, 黑龙江龙江 161100)

摘要:依据金属材料弹性应变规律和电测技术, 提出用电测法实施遥测地下受压小口径软管变形量的实用新方法. 分析及实际应用结果表明: 该方法有效地解决了实测此类软管变形量的技术难题, 可为农田排、灌水软管规格选择研究及埋管方式、埋管深度设计提供准确的基础数据.

关键词:地下软管; 变形量; 测试方法

中图分类号: S277.9

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2000)01-0045-03

黑龙江省水利科学研究所承担的水利部“拉链式塑料排水暗管的研制及利用”课题研制的排水暗管为高密度聚乙烯材料, 属于软管. 在农田土压力及各种荷载的作用下, 软管产生的变形量直接制约着输水能力. 该课题的重要任务之一就是研究确定在一定的口径尺寸及壁厚条件下, 软管仅发生允许变形时的埋管方式、深度范围. 进行此项研究必须具备的前提是能用科学手段确认出软管在各种条件下实际发生的变形量.

在软管没有埋入地下时, 其各种力学性能均可用常规试验方法得到, 本课题使用的软管部分物理性能如下: 管壁厚度 1.1 mm; 直径 50 mm; 渗水孔直径 2 mm; 延伸率 22.6%; 抗拉强度 19.8 MPa; 径向变形为 5%, 10%, 15%, 20% 时扁平刚度分别为 41.7 MPa, 29.7 MPa, 27.7 MPa, 23.6 MPa.

埋入地下软管承受的土体垂直压力及地面上汽车、拖拉机等活荷载垂直压力可用经验公式估算数值, 但其准确程度无法确认. 另外, 软管在土中承受垂直压力的同时, 另外还承受着减缓软管变形量的侧向土压力, 但是还没有计算该压力数值的方法. 因此, 目前尚无法计算出软管受力情况及其变形量.

求解地下小口径软管变形量不仅仅是没有可以满足工程需要的计算方法, 而且还没有可行的实测技术. 事实上, 正是由于实测技术没有解决, 才制约了计算方法的发展.

1 测试原理及方法

由于软管隐蔽于地下, 不能用计量工具直接度

量出其实际变形量, 我们研究出了具有实用价值的遥测法. 该方法主要是研究制作位移感应测头, 测头安装在软管中, 其应变值随软管径向变形量变化. 在地面用电测法遥测该应变数值变化量, 即可实现对地下软管变形量的测量. 测头的任务是将软管的径向变形量转换为应变值变化量. 为满足实际测量要求, 测头必须具有以下特点: ①在测试范围内, 位移量与应变值变化量存在一一对应关系; ②在测试范围内, 位移量与应变值变化量的一一对应关系有着良好的重现性; ③测头给出的应变值便于通过导线传送至地面的测量仪器; ④测头制作成本较低, 易实现.

为使测头具有上述特点, 每一测头用一片富有弹性的黄铜片制成, 其结构分为传动舌、应变区、基座三部分, 见图 1. 传动舌的作用是将软管变形信息传给应变区, 为增加其刚性, 边缘设计为卷边. 应变区上部粘有电阻应变片, 用来感知应变量数值的变化. 为保证应变数值在线性区变化且具有良好的测试分辨率, 应变区黄铜片结构尺寸是重要的控制点. 制作时还应注意电阻应变片引线不能与测头直接接触, 需要用特种胶封闭良好. 基座起支撑测头作用, 底部有两螺栓孔, 留作在软管中固定测头时使用.

测头通过率定后才能进行安装. 安装时先在测头底部备紧固定螺栓, 在软管中需要安装测头处对应钻好固定孔. 然后将测头及与测头连接的测试线一并穿入软管, 用螺母将基座底部螺栓固定在软管上, 此时测头传动舌端部将紧抵软管内壁. 在将软管埋入地下时, 要保证测头传动舌端部方向朝上. 测头

基金项目: 水利部科技重点项目(编号: SZ9311)

作者简介: 白广明(1958—), 男, 高级工程师, 从事水利工程测试技术研究.

在软管中的情形见图 1。

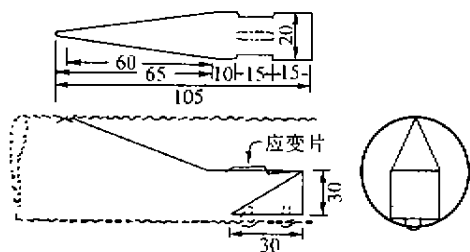


图 1 测头构造及在暗管中的应用(单位:mm)

软管埋入地下后,在土体荷载作用下发生的径向变形将测头传动舌端部压低,带动测头应变区发生应变值变化,应变电阻 R_1 将感知信息经导线送至地面测量电桥电路(见图 2),测量电桥将变化的信息线性地转化为电压 U 的变化,用仪器检测该电压值的变化量则可实现对软管径向变形量的检测。试验结果表明:当测头应变区应变值在可恢复区间内发生变化时,应变电阻 R_1 值的变化量与软管径向变形量成正比。

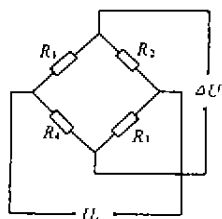


图 2 测量电桥

电桥中为温度补偿电阻 R_2 ,规格型号同 R_1 。测试时将 R_2 亦粘接在黄铜片上,并与 R_1 一同置于需要测试的软管中,以减少环境温度引起的测量误差。

2 测头率定及回归分析

由于测头是人工制作的,各测头电阻应变片粘接角度、位置等不可能完全一致,不同测头测量同一变形量,得到的应变数值必然存在着差异。为了能得到正确的变形量测试结果,每个测头必须经过率定变形量-应变值关系曲线后才能进行使用。

我们使用 YJ-18 型静态电阻应变仪和 50 mm 量程的 YHD-50 型位移计对测头进行率定。方法如下:用机械方法使位移量连续变化,每当位移计输出的应变值变化量表明测头端部位移量为 0.5 mm 时,从 YJ-18 静态电阻应变仪上读出测头输出的应变值。图 3 为 4 个测头的变形量-应变值率定曲线。

利用最小二乘法,对率定结果进行回归分析,得出各测头的应变-位移计算简式形式如下:

$$Y_i = A_i + B_i \epsilon \quad (1)$$

式中: Y_i 为软管径向变形量, mm; ϵ 为各测头输出的应

变值, 10^{-6} ; A_i 、 B_i 为回归分析得出的参数(见表 1)。 A_i 值与软管未发生径向变形时测头输出的初始应变值有关。 B_i 值与测头应变区的材质和结构尺寸有关,决定着测头的测试分辨率,是制作测头时控制的重点。

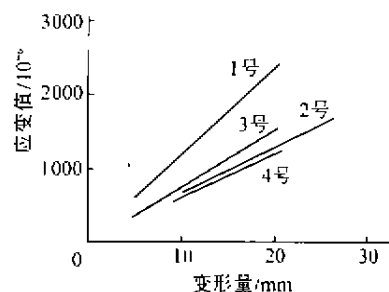


图 3 1~4 号测头变形量-应变值曲线

表 1 率定结果回归分析

测头序号 i	A_i	B_i	相关系数 r	相对误差 /%
1	0.6	11.78	0.99975	0.05
2	0.6	6.30	0.99986	0.03
3	-1.6	7.64	0.99964	0.07
4	0.8	5.94	0.99955	0.09

从表 1 中可以看出,各测头输出特性相关系数近似等于 1,表明位移 Y 与应变 ϵ 呈较理想的直线关系,相对误差很小。该结论在图 3 中也得到了验证。

3 实际应用

课题对软管变形量测试分为沟埋法和鼠洞穿管法两类,埋深分别为 35 cm、40 cm、45 cm、50 cm 四种情况共 8 个测试组次。这里仅以鼠洞穿管法情况为例说明测试方法的应用。

测试过程如下:先将需要进行径向变形量测试的拉链式塑料软管片材用成管器拉合成 $\phi 50$ 的管材,在其中要测试的部位安装上已率定好的测头,并测出每个测头初始未受土压力时应变值,然后按图 4 方式将软管敷于不同深度的鼠洞中,再巡回测试一遍各测头输出的应变值。上述工作完成后,用东方红 802 型拖拉机横向碾压埋设软管区域。每当碾压 10、20、30、50、70、100 次后,用 YJ-18 型静态电阻应变仪及预调平衡箱对每个测头进行一次巡回检测,得出的各测头应变值测试结果见表 2。

表 2 软管受荷载后各测头输出的应变值

测头序号 <i>i</i>	埋深 /cm	应变值/ 10^{-6}						
		未埋	埋好	碾压 10次	碾压 20次	碾压 30次	碾压 50次	碾压 100次
1	50	1630	1840	1790	1750	1740	1720	1760
2	45	1080	1200	1180	1160	1150	1160	1190
3	40	500	640	610	630	650	670	700
4	35	640	750	730	750	770	800	810

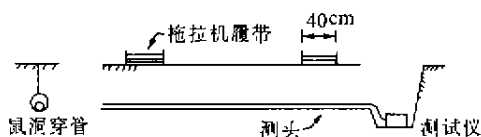


图4 暗管埋设及测头布置

据表2应变值查图3或用公式(1)计算可得出1~4号测头在穿鼠洞软管中测得的径向变形曲线,见图5。

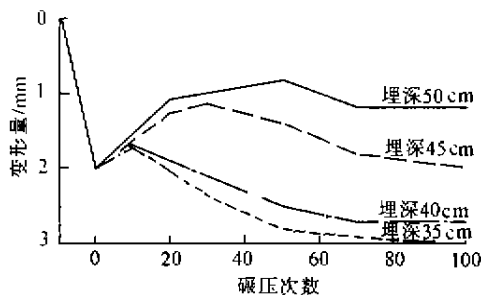


图5 软管受荷载后径向变形

图5中曲线表明了软管在穿入鼠洞及经拖拉机碾压后发生径向变形的动态过程,大致可分为三个时段。

a. 陡降段.该时段发生在软管穿入鼠洞后,拖拉机碾压之前,产生约2mm的径向变形,该变形是软管穿入鼠洞时在洞口处受到折压作用引起的。

b. 恢复段.该时段从拖拉机开始碾压起,至软管再次出现径向收缩变形时止.该时段的软管径向变形向径外方向发展,使陡降段产生的受压变形得到了部分恢复.这是由以下两个方面因素综合作用的结果:一是软管在陡降段受到的洞口折压作用已经不存在,PE塑料管由于“记忆”作用向径外方向做恢复性反弹,使软管已发生的变形量向减少的趋势发展;二是随着拖拉机多次碾压振动,鼠洞上方的土体逐渐剥落,并沉积在软管上,使软管产生受压变形.上述两种作用产生的软管变形方向相反,在本时段内前者作用大于后者,软管变形表现为向恢复初始状态方向发展.鼠洞越深,后者的作用越小,软管的变形量则恢复得越多,相对恢复持续时间也就越长。

c. 持续下降段.该时段从恢复段结束起至软管停止变形时止.在恢复段软管所受到的两种相反作用仍然存在,但此时软管自身恢复初始状态的作用相对于软管上积累的落土压力处于弱势,软管再次表现为受压变形.随着拖拉机在软管上方地表碾压次数的增加,被压土体逐渐趋于稳定,软管变形量变化越来越小。

4 结 语

a. 本测试技术解决了地下软管受压变形量实

测难题,可为地下输水软管研究、设计及施工提供可靠基础数据.推广该项技术,可改变目前设计工作仅靠保守估算的局面,从而保证工程实际需要,避免不必要的浪费。

b. 经过试验室及实际工程应用证明,应用本测试技术可以准确地测量出地下软管径向变形规律。

c. 本测试技术具有测试精度高,方便易行,容易掌握等特点,完全满足工程要求,便于推广使用。

d. 根据目前电子技术的发展状况,可以考虑应用该项测试技术,研制可直接显示出软管径向变形数字量的测试仪器。

(收稿日期:1998-08-22 编辑:熊水斌)

(上接第36页)

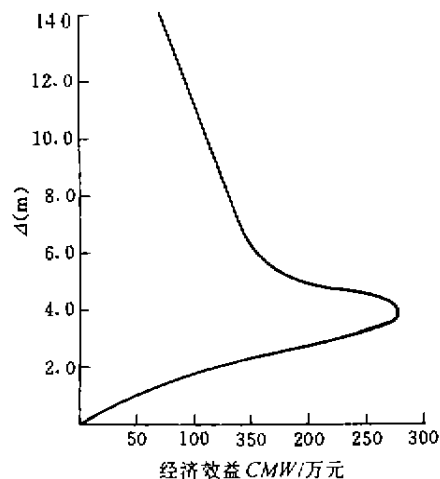


图3 最优经济效益值随埋深变化曲线

参数值和约束条件,能全面反映研究区的实际情况是关键;其次必须对重要参数作灵敏度分析,这样建立模型才符合实际.将地下水变值系统应用到水资源优化管理中,目前国内还是第一次,计算工作量大,作者在这方面仅仅作了一点探索,还很不完善,有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 高正夏.地下水变值系统理论在不同地貌单元水资源迭加中应用[J].地下水,1996,9(3):123~125.
- [2] 杨保全.山西汾河灌区孟封实验片水资源分析与多目标优化规划模型研究[D].南京:河海大学,1994.
- [3] 许有鹏.大系统优化理论在克里雅河水资源规划管理中应用[J].南京大学学报,1996,9(3):370~382.
- [4] 赵可培.目标规划及应用[M].上海:同济大学出版社,1987.
- [5] 曹万金.地下水资源计算评价及管理[M].南京:河海大学出版社,1990.

(收稿日期:1999-03-10 编辑:熊水斌)