

顶管过公路管道变形的简略计算

陈静梅

浙江宜路工程设计有限公司 浙江 杭州 310000

【摘要】顶管施工不同于开槽施工,其上部荷载与开槽施工有着完全不同的计算方式,本文通过对一个顶管实例的计算,得出在该工况下管道埋设大于一定深度时,管道的强度满足规范要求。

【关键词】顶管;施工;管道;强度

随城市化进程加快,城市路网逐渐加密,城市及周边形成完整的路网体系。路网建设没有考虑预留远期管道通道,由于人们社会活动需要,需新建或者改建管道过公路或城市道路。管道过路施工方式有开挖、定向钻和顶管等。定向钻一般适用于 1m 以下管道过路施工,1m 以上管道施工一般用顶管方式。顶管施工有着可不阻断交通,不破坏道路和植被等优点被广泛的采用。顶管过道路建成后,上部的荷载会引起管道变形。为确保被穿越道路路面在顶管施工后不出现拱起、下陷等变形,对于顶管的强度及变形需要进行设计和验算。本文通过一个实例计算,简单介绍了顶管施工中管道的强度计算。

1 概述

本项目位于宁波市,采用顶管方式穿越公路。穿越段管道套管选取 DRCP III 1200 × 2000GB \ T11836 顶进用钢筋混凝土柔性接头钢承口管,长度为 46m。顶管顶进坑、接收坑深度均为 5m,采用钢筋混凝土沉井施工。穿越段套管顶在路面下覆土厚度为 4.82m,在两侧自然地面下套管顶覆土厚度为 3.50~3.76m。

2 计算

本项目管道钢筋混凝土套管选用 DRCP III 1500 × 2000 GB/T 11836,裂缝荷载为 135kN/m,破坏荷载为 203kN/m,外径 $D_0 = 1.80\text{m}$ 。本项目钢筋混凝土套管验算分两种工况:

2.1 工况一

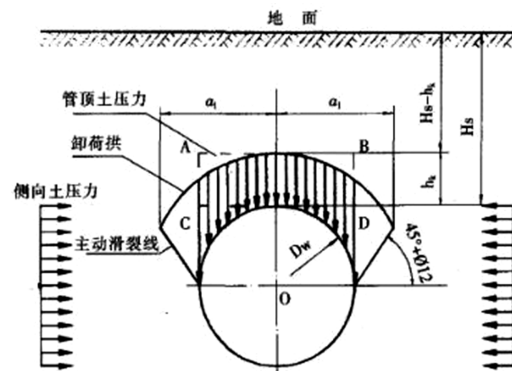
顶管穿越现有路基,钢筋混凝土管在公路路基下的荷载验算:

2.1.1 管顶土荷载:

根据普氏卸荷拱理论及涵顶土体的性质,认为当圆管埋置较深时,施工中掏挖被扰动的土体仅为

管外邻近的土体,由沉降产生的滑动面不会贯穿土体的整个厚度,而是到达一定高度后彼此连接,在圆管上方将形成一个封闭区,在封闭区上方形成自然卸荷载拱,作用于圆管上的压力等于破坏区(卸荷拱里的区域)所包括的土体重量,作用于圆管上的垂直土压力小于顶部土柱的重量,等于卸荷拱下“移动”土体的重量。

当土壤坚实系数 $f_k \geq 0.6$ 且管顶覆土深度 $H \geq 2h_k$ (2 倍卸荷拱高度)时,管上垂直荷载可用卸荷拱法计算。根据“卸荷拱”法计算在卸荷拱形曲线为抛物线曲线,管顶只承受此曲线内的土压力。



卸荷拱跨径 B_p :

$$B_p = D_0 [1 + \tan(45^\circ - \phi/2)] = 2.84 \text{ m};$$

$$\text{卸荷拱高度 } h_k: h_k = \frac{B_p}{2f_k} = 1.775 \text{ m},$$

$$H > 2h_k = 3.55 \text{ m};$$

根据卸荷拱理论计算的垂直土压力标准值:

$$F_{sv,k} = C_c \gamma D_0 h_k = 1.2 \times 18 \times 1.8 \times 1.775 = 69.012 \text{ kN/m}.$$

2.1.2 活载:

车辆荷载,公路 I 级荷载标准,填料厚度大于 0.5m 不计汽车冲击力。

按《公路桥涵设计通用规范》第 4.3 条规定计算

荷载分布宽度。

一个后轮单边荷载横向分布宽度 $= 0.6/2 + H \times \tan 30^\circ > 1.8/2\text{m}$,

故后轮垂直荷载横向分布宽度互相重叠,荷载横向缝补宽度 a 应两辆车后轮外边只外边计算。即

$$a = (0.6/2 + H \times \tan 30^\circ) \times 2 + (1.3 + 2 \times 1.8)$$

同理,纵向后轮垂直荷载长度分布互相重叠,荷载纵向分布宽度 b 应按照两辆车轮(后轴)外边至外边计算,即

$$b = (0.2/2 + H \times \tan 30^\circ) \times 2 + 1.4$$

$$q_{汽} = \frac{2 \times (2 \times 140)}{a \times B}$$

2.1.3 荷载组合:

承载能力极限状态组合荷载: $Q_d = 1.2Q_{恒} + 1.4Q_{汽}$;

正常使用极限状态组合荷载:短期组合: $Q_s = Q_{恒} + 0.7Q_{汽}$;长期组合: $Q_s = Q_{恒} + 0.4Q_{汽}$;

根据验算,本项目管道穿越点钢筋混凝土套管承载能力极限状态组合荷载和正常使用极限状态组合荷载均小于套管裂缝荷载和破坏荷载,在路面下套管强度满足荷载要求。

2.2 工况二

公路路基拼宽施工时,两侧路基的压实选用施工设备按 50 吨振动压路机计算,动荷载系数为 1.5。

2.2.1 管顶土荷载

本项目为顶管施工,管顶上为原状土,在土壤的粘聚力作用下,套管上的土荷载应小于沟埋的情况,按 Marston 理论来计算土荷载:

$$W = C_d B (\gamma B - 2C)$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-2K\mu(H/B)}}{2K\mu}$$

对于顶管施工, $B = D$ (管外径),又因为土壤粘聚系数的影响因素多,可以保守地认为 $C = 0$,于是土荷载公式为: $W = C_d \gamma D^2$

2.2.2 施工机械荷载

当管顶覆土厚度大于 0.8m 时,一般采用弹性半无限体中压力分布的方法计算,见图 4.1.1。集中

荷载对管道产生的附加应力按布辛涅斯克(Bonssinesq)公式

$$q_1 = \frac{3IPH^3}{2\pi R^5} = \frac{3IPH^3}{2\pi(H^2 + r^2)^{5/2}}$$

当集中荷载作用在管道的正上方时,所产生的附加应力为最大,这时式中的 $r = 0$;因此

$$q_{imax} = 0.478 * I * P / H^2$$

对于 50 吨震动压路机, $P = 500\text{KN}$,冲击系数 $I = 1.5$,套管外径为 1.80m,假定 q_{max} 沿套管断面水平均匀分布时,为最不利受力情况,此时套管的总荷载 $Q_{汽} = q_{max} D_1$ 。

2.2.3 组合荷载:

$$Q_d = Q_{恒} + Q_{汽}$$

经计算,对于 DRCP III 1500 × 2000 GB/T 11836 钢筋混凝土套管,管道埋深与管顶所承受荷载如下:

$H = 2.0\text{m}$ 时,套管所承受荷载 $W = 214.05\text{kN/m} > \text{破坏荷载 } 203\text{kN/m}$;

$H = 2.09\text{m}$ 时,套管所承受荷载 $W = 202.34\text{kN/m} < \text{破坏荷载 } 203\text{kN/m}$;

$H = 3.35\text{m}$ 时,套管所承受荷载 $W = 134.9975\text{kN/m} < \text{裂缝荷载 } 135\text{kN/m}$ 。

由上述计算结果可知,对于 DRCP III 1500 × 2000 GB/T 11836 的钢筋混凝土套管,在埋深分别不小于 3.35m 时,套管所承受荷载小于裂缝荷载。结论:本工程穿越点所选钢筋混凝土管在现状组合荷载及公路扩建施工组合荷载作用下,管道最大竖向变形量均满足规范要求。

3 结束语

顶管在顶进施工过程中力的相互作用情况往往比较复杂,包括顶力、管道自重、土压力、水的浮力等。顶管顶进过程中因为土体的损失而引起的土体变形是三维的,并非单纯的竖向力的作用。以上计算方法假定土体为均质弹性半无限体,不考虑顶管施工过程的排水及后期的注浆、钢筋混凝土套管内铺设管道等工况下的管道强度计算。

【参考文献】

- [1]葛春辉《顶管工程设计与施工》(2012 年中国建筑工业出版社出版)
- [2]《火力发电厂水工设计规范》DLT5339—2006
- [3]魏纲. 顶管施工引起的土体垂直变形计算方法研究 岩土力学,2017,(1000—7598—(2007)03—0619—06