



三桥托换结构设计与施工

李良生

(深圳市地铁有限公司,广东 深圳 518049)

摘要:深圳地铁侨一华区间隧道需穿越两座人行天桥,因天桥基础为扩大基础,允许沉降 30mm,而相似地层矿山法暗挖施工降水、开挖引起的地表沉降达 60~102mm,因此,必须采取必要的加固或托换措施,才能保证隧道穿越时该人行天桥的安全。根据该段工程的地质情况,经认真研究和多方面的分析比较,设计采用钢管桩托换方案,天桥实际沉降为 23mm,顺利解决了隧道穿越两座人行天桥的关键问题。

关键词:隧道;天桥;托换结构;设计;施工技术

深圳地铁一期工程延长段侨城东—华侨城区间隧道需穿越两座允许沉降为 30mm 的人行天桥,而根据沉降观测,采用一般矿山法暗挖施工的相似地层,因降水、开挖引起的地表沉降达 60~133mm,不能满足人行天桥基础的允许沉降要求,因此,必须采取必要的加固或托换措施,才能保证隧道穿越时人行天桥的安全。

1 工程概况

侨城东—华侨城区间隧道全长 873.2m,在 SK15+438、SK15+731 处,需穿越两座基础为扩大基础的人行天桥,每座天桥有 2 个桥墩坐落在隧道的正上方,天桥基底距地铁隧道洞顶 8.6~11m。天桥基础置于土层,其下为砾砂层、强风化花岗岩等,土质分布不均,结构分散,厚度变化大,地下水位较高。

由于两座人行天桥均为钢筋混凝土连续梁结构,桥墩沉降对其结构安全的影响较大。为保证地铁施工地面沉降 $\leq 30\text{mm}$ 、保证人行天桥的结构安全和深南大道正常通行,从钢管桩托换方案、旋喷桩止水帷幕加水加洞内大管棚支护方案、地表跟踪注浆及洞内大管棚支护方案中,通过分析比较,选择了钢管桩托换方案。

2 设计方案

2.1 钢管桩托换方案原理

钢管桩托换方案是由微型嵌岩钢管灌注桩及包桩托梁组成的刚性结构体系,对人行天桥桥墩基础进行托换,并通过预压稳压封桩技术措施,预先完成包桩托换梁和钢管托换桩的变形,让大部分桥墩荷载在隧道暗挖前预先转移到托换体系,并传递到受暗挖隧道施工影响较小的岩层上,从而保证人行天桥的安全。

2.2 托换结构设计

托换桩设在隧道两侧距隧道开挖线 50cm 以外,每侧各设 3 根 $\varnothing 300\text{mm}$ 钢管灌注桩,下钢管 $\varnothing 219\text{mm}$,桩端低于隧道底 5m,且入中风化岩 1m,设计单桩承载力 692kN。

钢筋砼托梁位于地面下原扩大基础上,托梁与桥墩柱固定连接形成刚性支撑。托换梁与隧道中横断面布置为 3m \times 2.9m \times 1.0m 的 C30 双肢钢筋混凝土框架结构,单肢截面为 500mm \times 500mm。托换梁与桥墩柱连接处,钢管桩与托梁板

预压封桩后,用同级砼填充桩梁间预留间隙,连接成整体。托换及加固结构示意图见图 1。

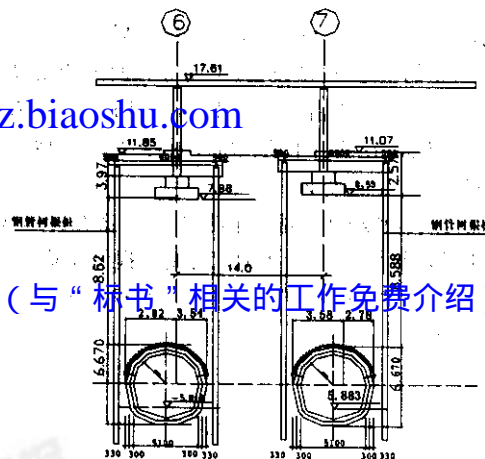


图 1 天桥基础托换及加固结构断面图

2.3 托换结构计算

托换结构示意图见图 2。

2.3.1 托梁受力计算

(1)荷载:集中荷载 $P = \text{恒载} + \text{活载} = 1660 \text{ kN} \times 1.2 + 221 \text{ kN} \times 1.4 = 2301.4 \text{ kN}$

均布荷载(托梁自重) $q = 0.65 \times 1 \times 26 \times 2 = 16.9 \times 2 = 33.8 \text{ kN/m}$

(2)单肢断面: $b \times h = 650 \times 1000\text{mm}$,

$I = bh^3/12 = 650 \times 1000^3 \div 12 = 5.42 \times 10^{10} \text{ mm}^4$

混凝土为 C30, $f_c = 9.6 \text{ N/mm}^2$

钢筋选用 HRB335 级, $f_y = 300 \text{ N/mm}^2$

(3)受力图见图 3。

(4)受力计算

①支座反力:

$R = P/2 = 2301.4/2 = 1150.7 \text{ kN}$

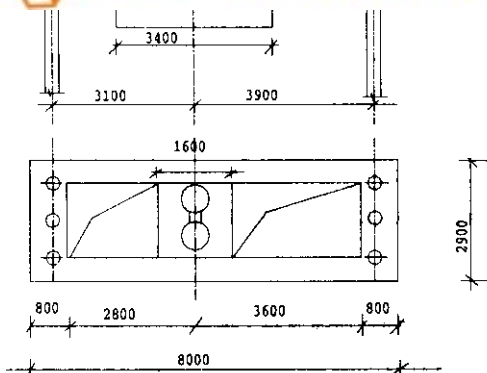


图2 天桥托换结构示意图



图3 受力图

$$=1417.2\text{kN}$$

$$R_B=Q_B=Pa/L+qL_1/2=2301\times 3.1\div 7.0+16.9\times 2\times 8/2=1154.2\text{kN}$$

②内力计算:

$$\text{单肢梁弯矩 } M=Pab/L=1/2\times 2301\times 3.1\times 3.9\div 7.0=1987\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{梁自重引起弯矩 } M_{\text{自}}=1/8\times 16.9\times 7^2=103.5\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\text{总}}=1987+103.5=2090.58\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{③挠度: } f=\frac{Pab}{9EI}\sqrt{\frac{(a^2+2ab)^3}{3}} \\ =\frac{1.51\times 10^6\times 3100}{9\times 5.42\times 10^{10}\times 3.0\times 10^4\times 7000} \\ \sqrt{\frac{(3900^2+2\times 3100\times 3900)^3}{3}}=4.97\text{mm}$$

$$f=4.97\text{mm}<L/250=7000/250=28\text{mm}$$

满足挠度要求。

2.3.2 钢管桩承载力验算

地基承载力见表1。

单根钢管桩承载力 $P=1/2[0.942\times(0.6\times 7.3\times 90+0.6\times 13.9\times 80+0.9\times 3.8\times 80)+0.6\times 0.0706\times 3000]=692.3\text{kN}$

式中: U ——桩的周长, m ;

α_i 、 α ——桩周摩阻力和桩底承载力影响系数;

L_i ——各土层厚度, m ;

τ_i ——与 L_i 对应土层与桩壁极限摩阻力, kPa ;

A ——桩底面积, m^2 ;

σ_R ——桩尖处的极限承载力。

$$[P_{\text{单}}]=1/2[0.942\times(0.6\times 7.3\times 90+0.6\times 13.9\times 80+0.9\times 3.8\times 80)+0.6\times 0.0706\times 3000]=692.3\text{kN}$$

$$[P]=692.3\times 3=2076.9\text{kN}>P=1417$$

$$2076.9/1417=1.46$$

满足承载力要求。

表1 地基承载力表

托梁以下地层厚度 (m)	时代成因	液性指数 I_L	极限摩阻力 τ_i (kPa)	桩尖极限承载力 (kPa)
7.3	Q^{m+al}	-0.322	90	
13.9	Q^{cl}	0.215	80	
3.8	$\gamma^{\frac{1}{2}}$			3000

2.3.3 托梁与天桥墩柱连接验算

加固托梁与人行天桥墩柱之间通过钢筋嵌入连接。选 $\varnothing 25$ 的 16Mn 螺纹钢作为嵌入钢筋, 查表知: $f_v=175\text{N}/\text{mm}^2$ 。

$$N=n\times A\times f_v$$

式中: n ——嵌入墩柱钢筋数;

A ——钢筋截面积, mm^2 ;

f_v ——钢筋抗剪应力, N/mm^2 。

按照钢筋剪力计算

$$N=n\times A\times f_v=30\times 490\times 175=2572.5>2301\text{kN}$$

满足剪力要求。

3 施工工艺和方法

3.1 托换结构施工工艺及要点

托换结构施工工艺流程: 施工准备→测量放样、监测布点→钻机就位(对中, 找平)→钻进成孔→一次清孔→吊放钢管→二次清孔→注浆→植钢筋→托梁施工→预压桩→封桩。

施工要点为:

(1) 严格控制钻孔位置、垂直度和终孔条件, 以保证托换桩不侵入隧道, 并保证单桩承载力。

(2) 保证桥墩连接部位的植筋及凿毛质量, 使新旧混凝土紧密结合。

(3) 待托梁砼强度达到设计强度后, 对钢管桩进行预压, 通过反力支架压桩, 完成托梁及钢管桩的沉降、变形。张拉应对称同时进行, 分对角、对中三次张拉, 而且张拉分三级进行, 每次加载为设计的 30% 左右。预压时严密监测梁的变形, 及时调整预压荷载。

(4) 达到设计压桩力后, 通过预埋件将托梁与钢管桩焊接, 然后用 C40 早强微膨胀细石混凝土灌注封桩, 使桩梁连为一体。

(5) 施工过程中挖出管桩时, 及时用型钢进行横向支撑, 以防止钢管桩受侧向压力产生压曲。

3.2 对相邻桥墩的保护措施

4. 墩距隧道开挖线 2.0m 范围内, 基础距大



混凝土表面缺陷的几点意见

陈 智

(中铁隧道集团科学技术研究所, 河南 洛阳 471009)

摘 要:结合隧道衬砌施工中容易出现的混凝土表面缺陷,就施工工艺、原材料配比优化以及施工准备、衬砌灌注等方面应注意的问题和采取的相应预防措施提出了建议,以期解决隧道二次衬砌混凝土的外观质量缺陷。

关键词:衬砌;混凝土;工艺;材料;质量;措施

1 概述

目前,隧道衬砌施工多为泵送模注混凝土,其强度等级以C20级为主。从我国早期和近年来施工的铁路隧道工程的调查反映来看,或多或少都有在起拱线以下的边墙上局部出现麻面、水泡和气泡等表面缺陷,甚至个别还出现顶部空洞、施工接缝、拱部油迹等,严重影响了混凝土外观质量,是影响隧道稳定性和长期运营安全的主要因素,也是现场技术人员呼吁急需解决的现实问题之一。

隧道模筑整体混凝土衬砌作为持久保持隧道功能的重要结构,除应满足使用、增强安全感外,还必须具有饰面美观耐久的功能。引起隧道衬砌表面缺陷的原因很多,所以,在隧道衬砌混凝土施工中,建议从以下几方面加强控制和管理,防止混凝土表面缺陷的大面积出现。

1 混凝土施工工艺方面

1.1 分层分窗浇注

在出料管前端加接3~5m同径软管,并须伸入窗内并使管口向下,避免水平对岩面直泵。要充分利用台车上、中、下三层开窗,分层浇注混凝土,落差应<2m为宜。这一点应加注意,因浇注高度过高,或不分层、或直接对岩面泵送,将使得混凝土经岩面——钢模之间多次反弹后,极易造成物料分离,粗骨料下沉,浆液上浮,从而造成墙角和边墙混凝土表面产生蜂窝麻面。

5#、8#墩距隧道开挖线约12m,5#墩为桩基基础,8#墩为扩大基础。为防止由于隧道施工降水、开挖引起土层沉降的影响,对东天桥1#、4#墩、西天桥8#墩采用旋喷桩止水帷幕加固,旋喷桩深度为基础底面以上1m至隧道底板的范围。

1.3 施工监测

监测内容包括托换桩的沉降监测、天桥墩柱的沉降、倾斜监测、邻近桥墩的沉降监测、在托换过程中的托换梁跨内最大挠度变形监测和托换梁与被托换桥墩柱间节点滑移的监测。

1.4 地面注浆

本天桥采用托换梁是永久结构,在隧道施工通过天桥基础后,由于土的压缩和地下水部分散失,天桥基础下可能存在空隙,采用从地表或扩大基础上注浆的办法填充和加固地层。

4 结论

1.2 延长搅拌时间,加强混凝土养护

搅拌站搅拌时应适当延长混凝土搅拌时间,使混凝土各组份充分水化,包裹紧密,杜绝拌和物泌水、离析,一般可为2~3min;拆模后应对混凝土洒水养护>14天,防止混凝土干缩开裂,影响其外观质量和耐久性;特别对采用山砂、机制砂拌制的混凝土尤应适当延长搅拌时间,加强对混凝土的前期养护工作。

1.3 严禁在泵车外加生水

水灰比是强度的重要保证要素,过多的自由水是引起麻面、水泡、气泡等缺陷的主要原因;因此,应严格按试验室签发的施工配合比进行搅拌施工,严禁在泵车外加生水,如确需加水,需经有关人员确定后,作好记录,同时加水、水泥,保证水灰比不改变,确保混凝土强度,并注意做到使混凝土拌和物不离析、分层。

1.4 选择合理的拆模时间

应定期通过现场同条件养护试件或钻芯取样试验,确定混凝土在12h、16h、20h、24h时的抗压强度,保证脱模时有足够的抗压强度(>5MPa)及抗拉强度(>0.5~1.0MPa)。以防止脱模时拉脱混凝土外表面,造成缺陷。

1.5 工艺流程

衬砌混凝土浇注应采用轨行式衬砌台架和组合钢模板、混凝土运输车和混凝土输送泵完成,采用两侧对称地连续全断面泵送灌注。

桩基托换技术比较成熟,本结构设计的安全系数较大,在托换施工前认真进行托换加固的技术调查和施工设计,在施工过程中采用严格控制钻孔位置、垂直度和终孔条件,确保单桩承载力并保证托换桩不侵入隧道;梁柱界面的处理措施到位,使新旧混凝土紧密结合,确保界面上的抗剪力,防止相对滑移;施工监测工作贯穿始终,及时反馈监测信息,指导施工等措施,能够保证隧道施工人行天桥的使用和安全。

参考文献:

[1] 孙伟亮. 双层大管棚托换法穿越楼房桩基隧道施工技术[J]. 现代隧道技术, 2003, 7(1): 30-37.

[2] 铁路工程设计技术手册[M]. 中国铁道出版社, 1995.

《铁路桥隧技术手册》, 中国铁道出版社, 1995.