

预埋滑槽技术在下穿机场防吹坪 磁浮交通盾构隧道中的应用

邓娟红 戴 旺 欧阳伟强 刘扬良 戴精灵

(湖南省交通规划勘察设计院有限公司, 410008, 长沙//第一作者, 高级工程师)

摘 要 针对预埋滑槽技术在磁浮交通盾构隧道中尚无应用的现状,以长沙磁浮快线东延线下穿机场防吹坪区段盾构管片结构设计方案为依托,研究了预埋滑槽技术在磁浮隧道中的适用性,并论证了该技术在磁浮线隧道中应用的可靠性。研究表明,预埋滑槽技术可提高盾构隧道主体结构的整体安全,且该技术不会对盾构隧道结构造成损伤,能延长磁浮隧道的使用寿命。

关键词 磁浮交通;盾构隧道;预埋滑槽技术;机场;防吹坪

中图分类号 U455.43;U237.2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.06.017

Application of Embedded Chute Technology in Maglev Shield Tunnel Under-crossing Air- port Blast Pad

DENG Juanhong, DAI Wang, OUYANG Weiqiang,
LIU Yangliang, DAI Jingling

Abstract In view of the current situation that the embedded chute technology has not been applied in maglev shield tunnel, the applicability of the embedded chute technology in maglev tunnel is studied based on the shield segment structure design scheme of the east extension of Changsha Maglev Express line that underpasses airport blast pad zone. Reliability of applying the technology in maglev tunnel is discussed. Research shows that the embedded chute technology can improve the overall safety of the main structure of shield tunnel, and will not damage the shield tunnel structure, prolonging the service life of maglev tunnel.

Key words maglev; shield tunnel; embedded chute technology; airport; blast pad

Author's address Hu'nan Transportation Planning Survey and Design Institute Co., Ltd., 410008, Changsha, China

传统盾构隧道内安装管线及固定设备一般采用打孔、化学锚栓与金属支架配合的方式,存在安装效率低、施工环境差、对管片损伤大、保养维修困

难等问题。为解决该问题,国内很多城市轨道交通盾构隧道均采用预埋滑槽技术作为解决方案。但该技术目前在磁浮盾构隧道中尚无相关应用。

目前,磁浮交通盾构隧道工程设计可参考 CJJ/T 262—2017《中低速磁浮交通设计规范》^[1]及 DBJ 43/T 007—2017《湖南省中低速磁浮交通设计标准》^[2],但规范中尚缺乏盾构管片预埋滑槽的相关内容。因此,有必要研究预埋滑槽技术在磁浮交通盾构隧道中的应用,为今后类似工程提供借鉴。

1 工程概况

长沙磁浮快线东延线(以下简为“东延线”)接入 T3 航站楼。其中,东延线下穿机场防吹坪区段(以下简为“下穿段”)总长 5 698 m,采用盾构法施工,建成后将成为世界上最长的中低速磁浮隧道。下穿段盾构管片采用厚 350 mm 的预制管片拼装而成,管片内径为 6 200 mm、外径为 6 900 mm,每环管片宽 1.5 m。

盾构管片预埋滑槽采用全环预埋的方式,在钢模上开螺栓定位孔,将槽道固定在钢模上来保证槽道的准确定位。预埋滑槽采用 CBY38/23-Z1 型号。滑槽槽道截面的名义尺寸为:宽 37.5 ~ 39.0 mm,高 22.5 ~ 24.0 mm。锚杆外径为 10 mm,锚固长度为 73 mm。

2 预埋滑槽盾构管片计算模型的建立

2.1 计算参数

对下穿段盾构隧道进行力学性能计算分析。盾构管片及地层的物理力学参数见表 1。

2.2 盾构管片荷载的施加

强、弱电电缆自重荷载为 1.51 kN/m,疏散平台自重荷载为 2.0 kN/m,疏散平台活荷载为 6.8 kN/m(包含人员满载荷载 3.3 kN/m,以及活塞风引起

竖向压力, kPa;

- μ_D ——飞机荷载动力系数,根据表 3 取值;
 - P_c ——飞机单个轮子的压力, kN;
 - a ——飞机单个轮子的轮印长度, m;
 - b ——飞机单个轮子的轮印宽度, m;
 - θ ——荷载扩散角, ($^\circ$);
 - z ——覆盖层深度, m。
- μ_D 取 1, P_c 取 267 kN, a 取 0.64 m, b 取 0.38 m, z 取 24 m, θ 取 30° , 计算得到 $P_{c,z}$ 为 0.343 kPa。

表 3 C 类及以上 (含 C 类) 飞机荷载的动力系数表

Tab.3 Aircraft load dynamic coefficients of class C and above (including Class C)

土体覆盖层厚度/m	0.60	0.80	1.00	1.20	≥ 1.40
μ_D	1.25	1.20	1.15	1.05	1.00

基于多轮作用,并偏于安全考虑,本次计算中飞机尾部轮载传递到管片顶部的压力为 6.86 kPa,侧向压力为 2.74 kPa。

2.3 计算模型的建立

基于荷载结构法,利用有限元分析软件 Midas 建立单环管片三维模型。管片与土体之间采用曲面弹簧来模拟,该曲面弹簧仅承受压力;本隧道所穿越围岩级别为 V 级, V 级围岩弹性反力系数 K 为 150 MPa/m;盾构管片及疏散平台采用实体单元,槽道采用板单元,锚杆与螺栓采用植入式梁单元;采用刚度折减系数来考虑管片环向接头的影响,结合国内相关经验,刚度折减系数取 0.8,即盾构管片的弹性模量为 28.4 GPa。

3 盾构隧道数值计算结果与分析

3.1 盾构管片位移分析

通过数值计算得到盾构管片水平、竖向的位移云图 (见图 2),以及疏散平台的位移云图 (见图 3)。

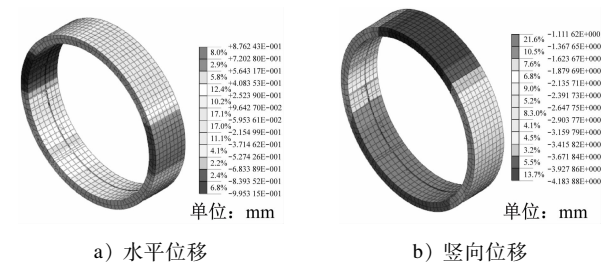


图 2 盾构管片的位移云图

Fig.2 Displacement nephogram of shield segment

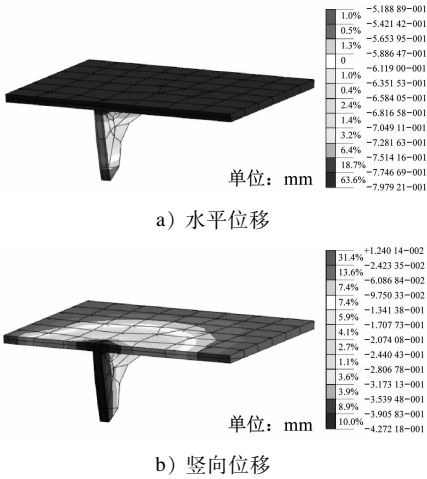


图 3 疏散平台的位移云图

Fig.3 Displacement nephogram of evacuation platform

由图 3 可知,在荷载作用下,盾构管片最大水平变形发生在拱腰处,约 1 mm;盾构管片净空收敛变形约 2 mm;盾构管片最大竖向变形发生在拱顶处,约 4.2 mm。上述变形量均满足 GB 50911—2013《城市轨道交通工程监测技术规范》^[5] 中的变形控制要求:管片净空收敛位移累计值限值为 12 mm,管片结构拱顶沉降累计值限值为 20 mm。

由图 3 可知,疏散平台最大水平位移和最大竖向位移分别为 0.80 mm 和 0.43 mm,均未超出控制标准,说明疏散平台结构安全可靠。

3.2 盾构管片应力分析

经数值计算,得到盾构管片的最大应力及最小应力云图 (见图 4)、疏散平台的最大剪应力云图 (见图 5) 及滑槽槽道的最大剪应力 (见图 6)、锚杆和螺栓轴力云图 (见图 7)。

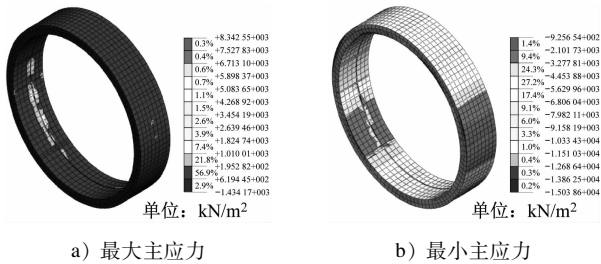


图 4 盾构管片的应力云图

Fig.4 Stress nephogram of shield segment

由图 4~7 可知:

1) 开槽的盾构管片在荷载组合作用下,混凝土的最大拉应力为 8.34 MPa,大于 TB 10003—2016 规定的 C50 混凝土的抗拉极限强度 3.1 MPa。而除此之外的盾构管片的混凝土拉应力均小于 TB

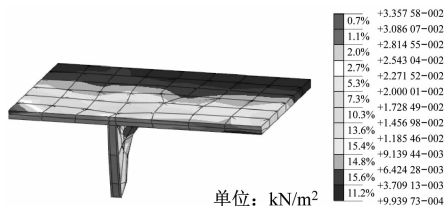


图5 疏散平台最大剪应力云图

Fig. 5 Maximum shear stress nephogram of evacuation platform

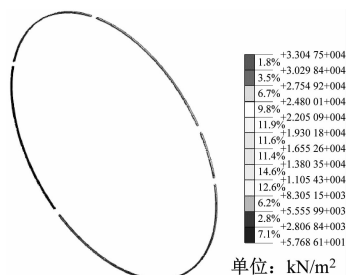


图6 滑槽槽道的最大剪应力云图

Fig. 6 Maximum shear stress nephogram of chute channel

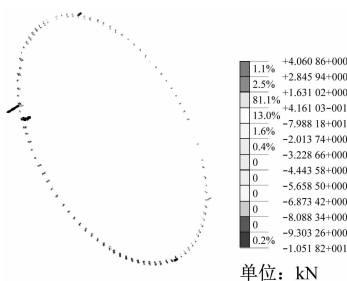


图7 锚杆和螺栓轴力云图

Fig. 7 Axial force nephogram of bolts

10003—2016 的限值,说明当疏散平台承受最大活荷载时,可能会引起疏散平台周围部分管片结构的破坏。

2)由图5~6可知,疏散平台和滑槽槽道最大剪应力的最大值分别为33.5 MPa和33.0 MPa,均小于钢材的容许剪应力。由此可见,疏散平台和滑槽槽道不会发生破坏,即盾构管片能承受疏散平台上的最大活荷载。

3)由图7可知,螺栓的最大轴力为4.1 kN,发生在固定疏散平台的下部螺栓处;而锚杆的轴力较螺栓小,且均小于其设计轴力。

4 结论

1)长沙磁浮快线东延线下穿机场防吹坪区段盾构隧道结构采用的预埋滑槽技术,可提高盾构隧道主体结构的整体安全,避免了施工对隧道结构造成损伤,延长了磁浮隧道的使用寿命。

2)在下穿段开槽盾构管片结构承受疏散平台最大活荷载时,仅在疏散平台的槽道区域发生极小破坏。当在紧急疏散工况下,列车停运时,隧道内并无列车运行活塞风,即在不利工况下隧道结构依旧安全。由此可见,紧急疏散平台在人员满载时隧道整体结构依旧安全。

3)在典型工况下对下穿段的预埋滑槽及盾构管片进行受力分析,论证了磁浮盾构隧道内预埋滑槽方案的安全可靠。

4)预埋滑槽设计主要在于其承载力与耐久性。承载力可通过受力分析及改善构造措施予以解决,耐久性往往成为槽道质量的控制因素。因此,在滑槽生产制作过程中应加强耐久性质量控制,同时亦应加强现场检测。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中低速磁浮交通设计规范: CJJ/T 262—2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of medium and low speed maglev transit: CJJ/T 262—2017[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017.
- [2] 湖南省住房和城乡建设厅. 湖南省中低速磁浮交通设计标准: DBJ43/T 007—2017[S]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2017.
Hunan Provincial Department of Housing and Urban-Rural Development. Standard of Hunan for design of medium and low speed maglev transit: DBJ43/T 007—2017[S]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2017.
- [3] 朱燕琴, 李斐. 地铁隧道内疏散平台设计探讨[J]. 都市轨道交通, 2010(5): 66.
ZHU Yanqin, LI Fei. Discussion on design standards of evacuation platforms in subway tunnels[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2010(5): 66.
- [4] 国家铁路局. 铁路隧道设计规范: TB 10003—2016[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2017.
National Railway Administration of the People's Republic of China. Code for design on tunnel of railway: TB 10003—2016[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2017.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 城市轨道交通工程监测技术规范: GB 50911—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Code for monitoring measurement of urban rail transit engineering: GB 50911—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013.

(收稿日期: 2021-05-07)