Research on the Effect of Temporary Cross Bracing of Tunnel CD Construction Method on Controlling Surface Settlement

Xin He

Beijing Urban Construction Design and Development Group Co., Ltd., Beijing, 100037, China

Abstract

In order to determine the effect of the setting of temporary transVerse bracing on the control of ground settlement in the construction of CD method, combined with the underground tunnel of Yuzui station of Chongqing Rail Transit Line 4, through numerical calculation, the paper simulates the two working conditions of setting temporary transVerse bracing and not setting temporary transVerse bracing by CD method, and discusses the effect of temporary transVerse bracing on improVing the stability and controlling ground settlement during tunnel construction. The results show that the setting of temporary transVerse bracing has no significant effect on improVing the stability and controlling the ground settlement during tunnel construction.

Keywords

CD method; temporary cross bracing; settlement control; undercut

隧道 CD 工法临时横撑对控制地表沉降效果研究

贺新

北京城建设计发展集团股份有限公司,中国·北京 100037

摘 要

论文为了确定CD法施工中临时横撑的设置对控制地表沉降的效果,结合重庆轨道交通四号线鱼嘴站暗挖隧道下穿既有建筑物工程,通过数值计算模拟了CD法设置临时横撑与未设置临时横撑两种工况,探讨了临时横撑对提高隧道施工期间稳定性、控制地表沉降的作用效果。结果表明,设置临时横撑对提高隧道施工期间稳定性、控制地表沉降效果不显著。

关键词

CD法; 临时横撑; 沉降控制; 暗挖下穿

1引言

由于 CD 法支护刚度大、结构受力均匀、施工时化大跨为小跨、步步封闭、封闭成环时间短,能有效控制隧道开挖引起的变形^[1]。在下穿施工既有构筑物施工时,为减小下穿对既有构筑物的影响,常常采用 CD 法。CD 法施工时,先分部开挖隧道一侧导洞,并施作中隔壁,后开挖另一侧导洞。同时视开挖断面的尺寸、水文、地质状况,采取台阶法开挖导洞。采取台阶法开挖导洞时,为进一步增强隧道施工期间稳定性,常在台阶处设置临时横撑。然而,是否设置临时横撑对控制隧道开挖对地表、地表建筑物有多大影响?对施工期间稳定性又有多大影响是个问题。以往的研究中,鲜有分析 CD 工法中横撑施工对环境沉降影响程度。

2 隧道施工引起地表变形规律

隧道施工引起地表变形与掌子面位置、经历的时间、

【作者简介】贺新(1989-),男,中国河南获嘉人,硕士,工程师,从事隧道与地下工程研究。

地表与隧道相对位置关系有关^[2]。若在垂直于隧道轴线方向,把地表考虑为一系列的点源,将由隧道开挖造成的各点地表沉降连续起来,则可以得到地表横向沉降曲线。Peck于 1969 年基于大量实测数据统计结果,提出地表沉降槽近似呈正态分布^[1]。单线隧道开挖引起的横向地面沉降估算公式为:

$$S(x) = S_{\text{max}} \exp \left[-x^2 / \left(2i^2 \right) \right] \tag{1}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{\pi R^2 \eta}{i\sqrt{2\pi}} \tag{2}$$

式中: x 为距隧道轴线横向水平距离; S(x) 为 x 位置处的地面沉降值; S_{max} 为地表最大沉降值; i 为地面沉降槽宽度系数; R 为隧道等效半径; η 为土体损失率。

3 地层移动和变形对建筑物的损害分析

由于地层移动、变形对建筑物造成地面建筑物损害的 影响因素有很多,除地层自身特性外,遭受损害程度还与建 筑物基础结构形式、建筑物与地层相对位置关系、地层移动 / 变形剧烈程度。

建筑物损害的形式包括两种:结构性损害和非结构性 损害。其中结构性损害是指影响结构稳定和安全的损害指, 主要结构构件如梁、柱、板、承重墙等产生过大的变形或裂 缝;非结构性损害主要指功能性损害和外观损害。

4 工程概况

鱼嘴站为重庆轨道交通四号线二期工程暗挖 12m 岛式站台车站。车站于西南至东北方向斜穿和熙路及两江大道,布置于和熙路及两江大道十字路口下方。车站总长 215.0m,标准段开挖宽度 23.5m。车站有效站台中心里程处轨面埋深约 34m,拱顶覆土约 11m。小里程端下穿鱼嘴镇政府楼砖混结构建筑物,侧下穿鱼嘴镇供电所砖混结构建筑物。

鱼嘴镇政府楼与鱼嘴镇供电所均为独立桩基础,基础 埋深为5.5m,隧道拱顶与基底净间距约为5.8m,建筑物基 底至车站拱顶均为中风化砂岩。隧道与鱼嘴镇政府楼与鱼嘴 镇供电所空间距离近,隧道开挖对建筑物影响大。

鱼嘴路站隧道下穿鱼嘴镇政府楼与鱼嘴镇供电所段的初期支护采用 33cm 厚 C25 喷射混凝土,内设间距 20cm×20cmΦ8mm 钢筋网和 I25b 工字钢,纵向间距50cm。系统锚杆采用 5m 长中空注浆锚杆。

5 计算模型

为研究 CD 法施工中横撑的设置对环境的影响,并根据工程概况及隧道邻近鱼嘴镇政府大楼和供电所位置特点,选取三维有限差分数值软件 Flac3D 进行数值计算。计算范围选取为横向 120m,竖向 70m,沿隧道纵向取 160m,其中隧道开挖长度为 100m。围岩、隧道支护结构、既有建筑物均采用实体单元模拟。其中,围岩采用摩尔库伦本构模型,隧道初期支护、临时支撑、仰拱、既有建筑采用线弹性本构模型。

边界条件采用位移边界约束,对底部采用竖向位移约束,上边界为自由面,前后作用4个面采用法向位移约束。如图1所示。

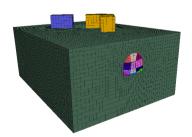


图 1 数值计算模型图

计算时,第一步计算两个在既有建筑物不存在情况下 的初始地应力。第二步计算两个既有建筑物建设完成后地应 力。第三步清除前两步计算后的速度场和位移场,并按照设 计工况开挖隧道。隧道施工工序如图 2 所示。未设置临时横向支撑与设置临时横向支撑的工况相比,少了在导洞 I、II、IV、V开挖完成后设置临时横向支撑的工序。

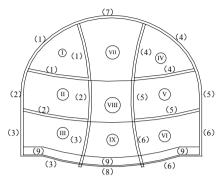


图 2 隧道施工工序图

第1步, 开挖导洞 I, 并施作初期支护(1) 及临时竖撑和临时横撑; 第2步, 落后导洞 I 4m 开挖导洞 II, 并施作初期支护(2) 及临时竖撑和临时横撑; 第3步, 落后导洞 II 4m 开挖导洞 III, 并施作初期支护(3) 及临时竖撑和临时横撑; 第4步, 落后导洞 I 10m 开挖导洞 IV, 并施作初期支护(4) 及临时竖撑和临时横撑; 第5步, 落后导洞 IV 4m 开挖导洞 V, 并施作初期支护(5) 及临时竖撑和临时横撑; 第6步, 落后导洞 V 4m 开挖导洞 VI, 并施作初期支护(6) 及临时竖撑和临时横撑; 第7步, 落后导洞 VI 4m, 开挖 VIII, 并施作初期支护(7); 第8步, 落后导洞 VI 4m, 开挖导洞 VIII; 第9步, 落后导洞 VIII 4m, 开挖导洞 VIII; 第9步, 落后导洞 VIII 4m, 开挖导洞 VIII 4m, 旅后导洞 VIII 4m, 旅作仰拱(9)。

6 结果分析

目前地上结构与地下结构应力场在相互作用下变形机理还不十分明确,许多学者在遇到地下结构与地上结构相互作用问题时,主要采用地表沉降、结构周围土体扰动程度、结构沉降来评价地下结构施工对地上结构的影响程度。鉴于此,论文采用隧道施工完成后,地表沉降、既有建筑物沉降、隧道初期支护结构变形情况来判断建筑物受影响程度。对比设置 CD 法施工中设置临时横撑与未设置临时横撑既有建筑物的受影响程度、新建隧道位移/应力差异,从而判断 CD 法施工中设置临时横撑的效果。

6.1 地表沉降结果分析

上述两种工况下鱼嘴路站隧道施工完成后,地表会产生沉降变形。两种工况地表沉降曲线形状相似,均呈正态分布曲线,地表沉降以隧道中轴线为对称轴左右对称。两种工况下,隧道施工对地表沉降影响范围均在隧道中轴线35m范围内,即处于隧道中轴线3D(D为隧道高度与宽度中较大值)范围内。未设置临时横撑工况下地表最大沉降为7.125mm,稍大于设置临时横撑工况下地表最大沉降7.025mm,超过约1.4%,说明CD法施工中设置临时横撑对

控制地表沉降效果不显著。

6.2 既有建筑物基础沉降结果分析

鱼嘴路站隧道开挖完毕后,设置临时横撑与未设置临时横撑工况下既有建筑物变形相似。基础最大变形均出现在靠近隧道中轴线一侧。且设置临时横撑工况基础变形小于未设置临时支撑工况,但差异不大。

未设置临时横撑工况下鱼嘴供电所基础最大沉降为1.19mm,最小沉降为0.21mm;设置临时横撑工况下鱼嘴供电所基础最大沉降为0.21mm,最小沉降为0.18mm。两种工况下最大沉降相差1.68%,最小沉降相差16%,差异较小。未设置临时横撑工况下鱼嘴镇政府楼基础最大沉降为6.62mm,最小沉降为1.28mm;设置临时横撑工况下鱼嘴镇政府楼基础最大沉降为6.42mm,最小沉降为1.27mm。两种工况下最大沉降为6.42mm,最小沉降为1.27mm。两种工况下最大沉降相差3.1%,最小沉降相差0.7%,差异较小。说明在CD法中设置临时横撑对控制因隧道开挖而造成的对地表建筑物影响效果不显著。

6.3 新建地铁隧道位移结果分析

表 1 给出了设置临时横撑与未设置临时横撑工况下, 隧道支护结构监测断面位移、最大压应力情况。

表 1 两种工况下监测断面位移、最大压应力情况

工况		拱顶	拱底	左拱腰	右拱腰
部位					
变形	设置临时横撑	9.11	2.35	4.72	5.08
(mm)	未设置临时横撑	9.21	2.61	4.47	4
最大压应力 (Pa)	设置临时横撑	675821	34679	6.77E+06	6.86E+06
	未设置临时横撑	651517	33057	6.54E+06	6.29E+06

由表可知,设置临时横撑与未设置临时横撑工况下监测断面拱顶变形最大,拱底变形最小。由于临时横撑的支撑作用,隧道支护结构变形在设置临时横撑工况下小于未设置临时支撑工况。两种工况下,拱顶、拱底、两拱腰变形差异

分别达 6.36%、11%、5.6%、27%, 说明 CD 法中设置临时 横撑对控制施工期间隧道结构变形效果不显著。

7 结论

CD 工法常用于隧道下穿既有建筑物施工,为最大程度提高隧道施工期间安全性,控制施工期间对地表、地面既有建筑物影响,常常在导洞开挖完成后设置临时横向支撑。论文以重庆轨道交通四号线二期工程鱼嘴地铁站工程为依托,分析了设置临时横撑工况与未设置临时横撑工况下地表沉降、既有建筑沉降、新建隧道支护结构位移、应力等差异,并得出如下结论:

①设置临时横撑与未设置临时横撑工况下,地表沉降 曲线均呈正态分布曲线状,地表沉降以隧道中轴线为对称轴 左右对称。隧道施工对地表沉降影响范围均处于隧道中轴线 3D(D)隧道高度与宽度中较大值)范围内。

②设置临时横撑与未设置临时横撑工况下既有建筑物变形相似。基础最大变形均出现在靠近隧道中轴线一侧,设置临时横撑工况基础变形小于未设置临时支撑工况,但差异不大。CD 法施工中设置临时横撑对控制地表沉降、控制对地表建筑物影响效果不显著。

③隧道支护结构变形在设置临时横撑工况下小于未设置临时支撑工况,但两种工况下位移差异较小,说明 CD 法中设置临时横撑对控制施工期间隧道结构变形效果不显著;设置临时支撑工况下隧道监测断面支护结构最小主应力大于未设置临时支撑工况,两种工况下各部位应力差异较小,说明设置临时横撑对控制支护结构内力效果一般。

参考文献

- [1] 段慧玲,张林.大跨度公路隧道合理开挖方法对比研究[J].土木工 程报.2009(9):114-119.
- [2] 四川省建设委员会.GB 50292—1999 民用建筑可靠性鉴定标准 [S].北京:中国建筑工业出版社.1999.