Vol. 43 No. 2 March , 2007

隧道施工由 CRD 改为 CD 工法 衬砌结构内力及变位分析

张莉

(浙江工业大学,杭州 310014)

[摘 要]在隧道施工中地质较差地段施工工法一般都会采用 CRD 工法,采用 CRD 工法进行施工 虽然能比较安全的掘进,但其各部施工相互干扰很大,在工期要求很紧的情况下,CRD 工法很难取得满 意的进尺。在对前面围岩有了进一步的认识后,改变工法,对于施工进度要求是非常有利的,本文以一 特定隧道的围岩参数及衬砌参数对 CRD 工法下和 CD 工法下的衬砌结构内力及变位进行了模拟分析, 分析结果认为:在此特定隧道围岩条件下,将 CRD 工法改为 CD 工法,其结构内力和变形在结构的承载 能力之内,以期能为施工提供参考。

[关键词]CRD 工法、CD 工法、隧道衬砌、施工工法

[中图分类号]U455.91 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2007)02-0093-06

随着我国高速公路和城市道路的发展,隧道建 设也取得了非常大的进展,在一定的条件下,选择安 全、经济、快速的隧道施工方案,越来越多的为工程 技术工作人员所公认和追求。由于隧道和地下工程 的隐蔽性,决定了隧道施工过程中的地质条件是不 断变化的,因此施工中所采用的各种决策、施工方 法、施工技术都应实事求是的适应这种变化,特别是 在一些特殊地质地段的隧道开挖,都取得了较好的 成果[1-7],在隧道施工中地质较差地段施工工法一 般都会采用 CRD 工法^[1-3],采用 CRD 工法进行施 工虽然能比较安全的掘进,但其各部施工相互干扰 很大,在工期要求很紧的情况下,CRD 工法很难取 得满意的进尺。在对前面围岩有了进一步的认识 后,改变工法,对于施工进度要求是非常有利的,本 文以一特定隧道的围岩参数及衬砌参数,对 CRD 工 法下和 CD 工法下的衬砌结构内力及变位进行了模 拟,得出二种工法在此种围岩条件下结构的受力情况。

1 计算方法与参数选定

采用有限元进行岩土结构的数值计算为目前各 种分析方法中最主要的方法之一,但其存在的主要 问题是输入参数很难准确,也就导致了计算结果与 实际情况存在一定的差异,本次计算采用一般的 Ansys 通用有限元计算程序,对某隧道左线桩号 K6 +640 处断面进行了计算分析,以期能对施工工法 选择有点裨益。

取某隧道桩号 K6 + 640 断面其主要参数:CRD 工法初衬喷 C25 混凝土 30cm,工字钢 20b@ 500,临 时支撑为工字钢 18@ 500,CD 工法中初衬喷 C25 混 凝土 30cm,工字钢 20b@ 500,临时支撑为工字钢 18 @ 500。岩土参数见表 1。图 1 和图 2 为计算断面 示意图。

 岩体分层	粘聚力 c(MPa)	 内摩擦角 φ(°)	泊松比μ	容重 γ(kN/m ³)	· 弾性模量 E (kPa)
	0.03	23	0.49	18	7×10^{3}
花岗岩全强风化	0.3	25	0.48	18	0. 1×10^{6}
花岗岩强风化	0. 4	30	0.46	19	1×10^{6}
花岗岩弱风化	0.5	50	0. 29	25	2.5×10^{7}

表1 计算断面岩体主要参数

[收稿日期]2006-11-09;[修订日期]2007-01-13;[责任编辑]陈仁俊。

[作者简介]张莉(1971-),女,山东招远人,讲师,主要从事岩土力学的教学、科研工作。

93



图 2 CD 工法计算断面示意图

2 CRD 工法衬砌结构内力及变形数值计算

工况一:对1部进行开挖支撑;工况二:对2部 进行开挖支撑;工况三:对3部进行开挖支撑;工况 四:对4部进行开挖支撑。计算工况、计算断面示意 图见图1。

CRD 工法工况一:分布开挖采用有限元程序中的生死单位控制法进行分部计算,图 3~图6为对1 部开挖后衬砌及支撑内力及变形图。衬砌及支撑的 最大轴力为 653.127kN,位于开挖1部拱和支撑下 部;弯矩最大为 455.382kN · m,位于开挖1部拱脚 及支撑下部;支撑后最大位为 1.4cm 左右,位于开 挖1部处拱腰。



图 3 工况一衬砌及支撑轴力(kN)

CRD 工法工况二:图 7~图 10 为对 2 部开 挖后衬砌及支撑内力及变形图。衬砌及支撑的最大 轴力为 849. 621kN,位于开挖 1、2 部拱下部;弯矩最 大为 499. 321kN・m,位于开挖 1、2 部拱脚,中支撑 下部轴力和弯矩分别为 755. 218kN 和 239. 329kN・ m;支撑后最大位为2.1cm 左右,位于开挖2部处拱腰。



图 5 工况一平均位移变形图(m)



图 6 工况— Von Mises 应力图





CRD 工法工况三:图 11~图 14 为 3 部开挖后 衬砌及支撑内力及变形图。衬砌及支撑的最大轴力 为 917.065kN,对应弯矩为 300kN・m,位于 1 部拱 部;弯矩最大为 474.371kN・m,对应轴力为 917kN ・m,位于开挖 1、2 部拱脚,1 部仰拱支撑轴力和弯 矩分别为 815kN 和 306kN・m;支撑后最大位 2.1cm 左右,位于开挖 2 部处拱腰。

CRD 工法工况四:图 15~18 图为对4部开挖 后衬砌及支撑内力及变形图。衬砌及支撑的最大轴 力为1027kN,对应弯矩为223kN·m,位于开挖1部 拱部;弯矩最大为361.447kN·m,对应轴力为 902kN·m,位于开挖3、4部仰拱交界处,临时支撑 十字交叉处最大轴力和弯矩分别为840kN和259kN



・m;支撑后最大位为 2.0 cm 左右,位于开挖 2 部处 拱腰。



图 15 工况四衬砌及支撑轴力(kN)



图 16 工况四衬砌及支撑弯矩(kN·m)



图 17 工况四平均位移变形图(m)



图 18 工况四 Von Mises 应力图

3 CD 工法衬砌结构内力及变形数值计算

计算工况,计算断面示意图见图2:工况一,对1 部进行开挖支撑;工况二,对2部进行开挖支撑。

CD 工法工况一:分布开挖采用有限元程序中的生 死单位控制法进行分部计算,图 19~图 22 为对隧道进 行第一步开挖后的衬砌及支撑内力及变形图。衬砌及 支撑的最大轴力为 1051kN,对应最大弯矩为 445kN · m,位于开挖1 部仰拱;位于1 部仰拱支撑轴力和弯矩 分别为 817kN 和 445kN · m;支撑后最大位为 1.8cm 左 右,位于开挖1 部临时支撑中间位置。





图 20 工况一衬砌及支撑弯矩(KN・m)



CD 工法工况二:图 23~图 26 为对 2 部开挖后 衬砌及支撑内力及变形图。衬砌及支撑的最大轴力



图 22 工况— Von Mises 应力图

为1232kN,对应最大弯矩为223kN · m,位于开挖2 部仰拱与边墙交界处;支撑最大轴力和弯矩分别为 112kN和183kN · m,位于支撑与仰拱连接处;支撑 后最大位为1.9cm左右,位于隧道开挖1部,2部拱部。



图 23 工况二衬砌及支撑轴力(kN)





通过以上分析,在 CRD 工法中,最大弯矩在工 况二,为 499.32 KN · m,比 CD 工法中最大弯矩 445.00 KN · m(工况一)大 11%;在 CRD 工法中, 轴力一直在不断的增大,最大轴力发生在工况四,为 1027 KN,比 CD 工法中最大轴力 1252KN(工况二)

表 2 不同工法内力及变位比较

内力及变位		最大弯矩(KN・m)	最大轴力(KN)	拱顶变位(cm)
CRD 工法	工况一	455. 38	653. 13	1. 31
	工况二	499. 32	849. 62	2.09
	工况三	247. 37	917.06	2.04
	工况四	223.00	1027.00	1. 96
CD 工法	工况一	445, 00	1051.00	0. 42
	工况二	223.00	1252.00	1.88

小 22%;在 CRD 工法中,拱顶变位在工况二,为 2.09cm,比 CD 工法中拱顶变位 1.88cm(工况二)大 9.5%。CRD 中的最大轴力是通过四步提升的,有 利于混凝土强度提高后发挥作用,而 CD 工法中轴 力变化比较大,但还在结构承载力之内。

4 结论

通过对 CRD 工法施工过程进行了数值计算,分 析了围岩及衬砌结构的内力。通过计算分析得出: 1. 以上对 CRD 工法和 CD 工法在断面 K6 + 640 处 按不同施工步骤时,衬砌内力及临时支撑的轴力和 弯矩,以及变位进行了数值计算,对于 CRD 工法,衬 砌轴力随开挖步由 655kN 增加到 1027kN 左右,而 对应的弯矩在2 部开挖时处于最大值约 500kN · m, 临时支撑轴力随开挖步由 655kN 增加到 900kN 左 右,而对应的弯矩亦是在2 部开挖时处于最大值约 500kN · m,设计的支护结构处于安全状态。

2. 对于 CD 工法, 衬砌最大轴力随开挖步由 1051kN 增加到 1232kN 左右, 而对应的弯矩在 1 部开挖时 处于最大值约 445kN · m, 临时支撑轴力随开挖步 由 817kN 下降到 220kN 左右, 而对应的弯矩亦是在 1 部开挖时处于最大值约 445kN · m, 设计的支护结 构处于安全状态。 3. 有限元计算时采用的参数是勘察资料的静态成果。而在施工过程中岩土体性质总处于变化之中,这就导致了计算结果与实际情况存在一定的差异;有限元程序对于开挖和支撑步骤都是瞬间完成的,计算过程与实际施工过程有一定差异,不能充分反映施工期间岩土体性质的时空效应,数值计算结果可以作为施工的参考。

[参考文献]

- 【1】 张银屏,雷震宇,周顺华. 浅埋暗挖隧道对地表变形影响的三
 维数值分析[J]. 华东交通大学学报[J],2005.10,22(5):52 55
- [2] 李振东,李 辉,王 健. 地铁隧道支护系统的数值模拟研究[J]. 地下空间,2004.3,24(1):18-22
- [3] 徐林生,孙 钧,蒋树屏.洋碰隧道进口右线施工中的现场监 控量测[J] 岩石力学与工程学报,2002.5,(5)
- [4] 徐林生,孙 钧,蒋树屏. 洋碰隧道 CRD 工法施工过程的动态 仿真数值模拟研究[J]. 地质灾害与环境保护,2001,(1)
- [5] 武海光.穿越既有铁路的软弱围岩双线隧道施工技术[D].西 南交通大学硕士论文,2005.3
- [6] 蒋正华.城市地铁区间隧道开挖的地表沉降控制研究[D].西 南交通大学硕士论文,2003.7
- [7] Lee K M, Rowe R K, Lo L Y. Subsidence owing to tunneling. I. Estimating the gap Parameter [J], Can. Geotech. J., 1992. 29:929 – 940.

THE ANALYSIS OF LINING STRESS AND STRAIN WITH WORKING METHOD FROM CRD TO CD METHOD

ZHANG Li

(Zhangjiang Unversity of Technology, Hangzhou 310014)

Abstract: Abstract: there are always use the CRD method to excavate the tunnel when the geology is poor, although the tunnel is excavated in good condition with the CRD method, the work will be interference in each subsection, when the work time is not enough, CRD method is hare to meet the require. With the knowing on front wall rock, the Excavation Method can turn to other available method. The lining stress and strain with working method from CRD to CD method are simulated, the result show that the Excavation Method can turn from CRD to CD method. Key words: CRD Excavation Method, CD Excavation Method, tunnel lining, Excavation Method