

# 土质隧道深浅埋界定方法研究

赵占厂<sup>1</sup>, 谢永利<sup>2</sup>

(1. 路桥集团桥梁技术有限公司, 北京 100102, 2. 长安大学, 西安 710064)

**[摘要]** 针对现有隧道深浅埋界定方法存在的问题, 结合现场测试和数值仿真结果, 明确了应从围岩压力性质角度进行深浅埋界定。首次提出了以数值仿真技术为手段, 利用拱上中心线土体侧压力系数变化规律为依据进行深浅埋界定的思路, 并用2个工程实例进行了验证, 新方法对土质隧道衬砌设计和施工有重大意义。

**[关键词]** 土质隧道; 深埋和浅埋; 界定方法

**[中图分类号]** U451.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2005)10-0084-03

## 1 引言

有关隧道深浅埋的分界问题, 一直是学术界和工程界较为关注的问题。分界标准对于判断隧道衬砌所受围岩压力的性质及进行衬砌结构设计至关重要。作者认为工程中许多衬砌开裂现象与隧道深浅埋界定不明有关。一种观点认为, 在隧道施工中, 不能保证形成承载拱的最大深度, 就可以定义为深埋和浅埋的分界, 这是从松弛荷载角度确定的方法; 另一种观点认为, 隧道开挖所造成的围岩松弛影响范围不能达到地表的深度, 可定义为深浅埋的分界深度, 显然这是从岩土连续介质力学角度采用的分界标准。作者利用现场测试和数值仿真手段对谗柳高速公路上土家湾隧道、新庄岭隧道和白虎山隧道三座黄土公路隧道结构工程性状进行了深入的研究<sup>[1]</sup>, 发现现有隧道深浅埋界定方法不符合工程实际情况。有鉴于此, 作者尝试利用基于有限元理论的数值仿真技术来分析研究这一问题。

## 2 存在问题

对于白虎山隧道测试断面和土家湾隧道测试断面, 无论按《公路隧道设计规范》<sup>[2]</sup>、太沙基公

式<sup>[3]</sup>和《铁路隧道设计规范》<sup>[4]</sup>方法进行计算, 均分别属于深埋和浅埋, 故在此不作讨论。表1是按3种方法计算的新庄岭隧道的分界标准。新庄岭隧道测试断面埋深为82 m, 大于按3种方法计算的分界标准, 理应属于深埋隧道。但在隧道施工开挖通过测试断面时, 地表出现了两条沿隧道走向的纵向裂缝, 无疑按照上述深浅埋分界标准的2种观点都不能划分为深埋隧道。在黄土公路隧道设计施工中, 深浅埋的划分应该有明确的工程目的。作者认为深埋应定义为隧道衬砌结构所受围岩压力为形变压力, 浅埋隧道衬砌结构所受围岩压力为松动压力。依此新庄岭隧道测试断面应属浅埋, 但现有分界方法低估了黄土公路隧道深浅埋的分界深度。《公路隧道设计规范》的分界思路是假定在一定围岩类别条件下承载拱和坍塌体存在, 且要保证承载拱稳定, 分界标准是坍塌体高度的2.0~2.5倍。《铁路隧道设计规范》也是这一种分界思路, 3座隧道测试结果表明, 在黄土公路隧道中, 坍塌体和承载拱不会出现, 文献[5]也认同这一观点, 因此这种分界思路不符合工程实际。太沙基公式的分界思路是, 随着埋置深度的增大, 太沙基公式围岩压力计算值将趋于某一极限值。当埋深为某一值时,

**[收稿日期]** 2004-10-08; **修回日期** 2004-11-22

**[基金项目]** 国家西部交通建设科技资助项目(2001 318 00021)

**[作者简介]** 赵占厂(1973-), 男, 河北泊头市人, 路桥集团桥梁技术有限公司工学博士

围岩压力值已接近这一极限值，认为此埋深值为分界标准，可以说太沙基公式是从围岩压力大小角度进行的深浅埋分界，显然这种分界思路与工程实践结果相悖，围岩压力并非随埋深增大而趋于某一值。

表 1 不同方法计算的深浅埋分界标准

Table 1 Criteria of demarcating shallow and deep tunnel according to different method

方法	《公路隧道设计规范》	《铁路隧道设计规范》	太沙基公式
分界标准/m	65.2	40.0	59.5

### 3 分界的思路和方法

基于上述分析可以看出，现有的分界标准对于大跨径黄土公路隧道深浅埋分界是不适宜的。作者认为深浅埋的分界标准，不仅与隧道周围岩土的物质参数有关，而且与隧道断面形状及大小，特别是跨径以及施工方法有着十分紧密的关系。鉴于涉及因素较多，详尽的分析判断应结合数值仿真手段进行。3 座隧道测试结果和数值仿真结果<sup>[1]</sup>进一步表明，应从围岩压力性质角度进行深浅埋分界。在隧道开挖中，由于拱顶上土体位移的差异，势必表现出强烈的“拱效应”。拱效应的本质含义包括以下 2 点：**a.** 由于土体的差异变形，发生了力的传递，在此过程中土的抗剪强度得到发挥；**b.** 大主应力的方向迹线趋向于拱形形状，拱上土体侧压力系数增大。在浅埋黄土隧道中，由于拱顶上土体位移的传递，土体具有整体下沉的趋势，地表面一般会产生产沿隧道走向的裂缝，拱顶上形成滑动的或具有滑动趋势的楔形土体。“拱效应”的存在以及楔形土体的“弯压构件效应”使得拱顶上中心线土体侧压力系数随距拱顶距离的增大而减小，在接近地面处又反而增大。深埋黄土公路隧道施工中，遵循以“管（杆）超前、少扰动、短进尺、留核心、强支护、早封闭、勤量测”21 字为指导的施工原则，不仅坍塌体和承载拱不会出现，滑动面或潜在滑动面也不会出现。隧道衬砌结构受到周围土体挤压而形成的形变压力，拱顶上中心线土体的侧压力系数随距拱顶距离的增大而减小，不会出现又反而增大的情况。文献[1]利用基于有限元理论的数值仿真技术手段开展了隧道埋置深度影响性状分析，拱顶上中心线土体侧压力系数变化规律已证实这一点（见图 1）。

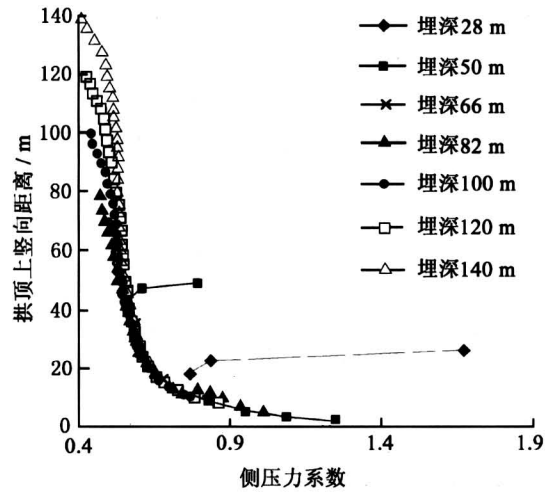


图 1 埋深对拱上中心线土体侧压力系数的影响

Fig.1 Influence of buried depth on soil lateral pressure coefficient in the center line

鉴于深浅埋分界涉及因素较多，基于以上理论分析，作者提出以数值仿真技术为手段，以拱顶上中心线土体侧压力系数变化规律为依据的深浅埋分界标准。对于隧道拱顶上方的多层土质条件，计算参数可按厚度加权平均为单一土质的计算参数，以便更清楚了解土体侧压力系数的变化规律。图 2 和图 3 分别为按此方法计算的白虎山隧道和新庄岭隧道拱顶上土体侧压力系数变化规律。根据上述分界方法，白虎山隧道为深埋，新庄岭隧道则为浅埋。新庄岭隧道为浅埋的结论与现场观测结果是一致的，进一步验证了作者提出的分界方法的可行性。对于不同围岩条件、不同跨径、不同断面形状和不同施工方法的黄土隧道工程，均可按此方法得出深浅埋的分界标准。

### 4 结论

1) 现有的隧道深浅埋分界标准与工程实际情况存在偏差，深浅埋的分界不仅与隧道周围岩土的物质参数有关，而且与隧道断面形状及大小，特别是跨径以及施工方法有着十分紧密的关系。鉴于涉及因素较多，详尽的分析判断应结合数值仿真手段进行。

2) 基于理论分析，明确了应从围岩压力性质角度进行深浅埋界定。首次提出了以数值仿真技术为手段，以拱顶上中心线土体侧压力系数变化规律为依据的深浅埋分界标准，并用 2 个工程实例进行

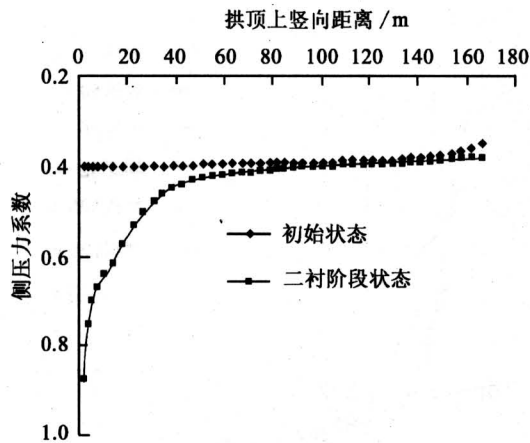


图2 白虎山隧道拱上中心线土体侧压力系数

Fig.2 Soil lateral pressure coefficient of center line in Baihushan tunnel

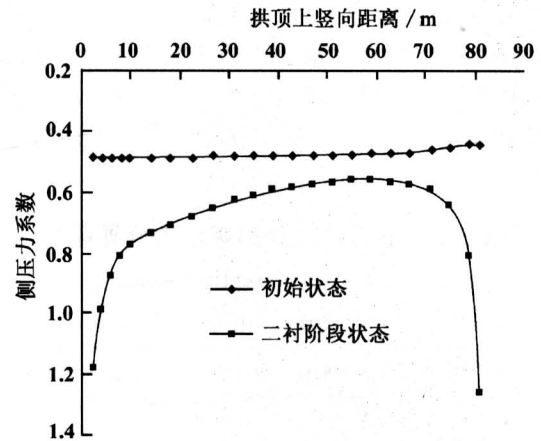


图3 新庄岭隧道拱上中心线土体侧压力系数

Fig.3 Soil lateral pressure coefficient of center line in Xinzhangling tunnel

验证。

3) 对于不同围岩条件、不同跨径、不同断面形状和不同施工方法的土质隧道工程,均可按此方法得出深浅埋的分界标准。

#### 参考文献

[1] 赵占厂.黄土公路隧道结构工程性状研究[D].西安:长安大学,2004

[2] JTJ026-90 公路隧道设计规范[S].北京:人民交通出版社,1990

[3] 于学馥,郑颖人,刘怀恒,方正昌.地下工程围岩稳定分析[M].北京:煤炭工业出版社,1983

[4] TB10003-99 铁路隧道设计规范[S].北京:中国铁道出版社,1999

[5] 铁路工程隧道设计技术手册[M].北京:中国铁道出版社,1999

## Research on Demarcating Method for Deep Tunnel and Shallow Tunnel in Soil

Zhao Zhanchang<sup>1</sup>, Xie Yongli<sup>2</sup>

(1. Road and Bridge Group Bridge Technology Corporation, Beijing 100102, China;

2. Chang'an University, Xi'an 710064, China)

[Abstract] Directed against the demarcating problems of deep tunnel and shallow tunnel in existing methods, the paper indicates the demarcating method from the viewpoint of characteristic of surrounding rock pressure according to the results of field observation and numerical simulation. By use of numerical simulation technique, the paper, for the first time, expounds the demarcating thought which is based on the changing law of soil lateral pressure coefficient in the centerline. The method is proved feasible by two engineering cases, and is of importance to lining design and construction of soil tunnel.

[Key words] soil tunnel; deep tunnel and shallow tunnel; demarcating method