

丰台地道桥顶进变形的探讨

冯 生 华

U448.13

天津市市政工程勘测设计院

【提要】 本文对丰台地道桥箱体在顶进过程中发生过大变形的原因进行了分析, 并根据变形值计算了结构内力, 提出了结构可能开裂的部位。并对顶进特大型箱形桥的设计与施工进行了探讨。

丰台地道桥是国内已修建的最大的地道桥, 该桥的顶进施工难度较大, 得到了国内许多设计与施工人员的关注。现根据“丰台铁路框架立交桥施工出现裂缝问题分析”^{*}一文(以下简称“分析”)提供的情况作如下讨论, 供大家参考。

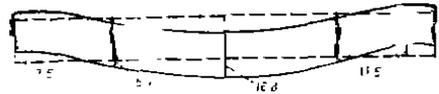


图 2

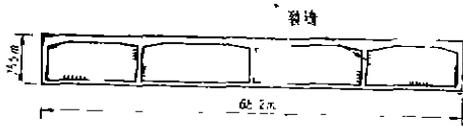


图 1 箱形桥体断面

丰台地道桥的顶进施工采用了顶拉法, 桥体为箱形框架(见图1), 四孔连成整体, 跨径为14.90+17.50+17.50+14.90m, 箱体总宽为68.20m, 全高为7.55m, 底板厚0.7m, 顶板厚0.8m, 中墙厚0.6m, 边墙厚0.8m。桥体分五节, 分别为20.5m, 20m, 14.5m, 13.5m, 14.5m。该桥混凝土总量为10878m³, 自重28077t。地道桥总顶程为90m, 从开始顶进到就位, 历时84天, 在顶进过程中, 由于过大变形致使结构出现了多处裂缝。根据“分析”一文提出的施测结果, 箱体中间两孔底板下沉最大值为16.8cm, 左右两边孔底板中部又向上隆起最大值为11.5cm, 底板隆起与凹陷两点相对最大位移为28.3cm。顶板中墙处最大凹陷变形为18.8cm, 而顶板两边墙处则分别上升13.4cm与9.2cm。根据上述施测结果, 为便于分析, 按两侧变形对称整理, 整理后的结构变形示意图如图2所示。

用顶入法修建地道桥, 在桥体顶进时, 其端部土体将随顶随挖, 故顶进变形的大小, 主

要取决于挖土的质量。在软土地基上顶进, 由于土质松软, 顶进变形将由箱形桥体压迫地基变形而得到补偿, 一般结构变形较小, 在设计中常可忽略不计。但宽度很大的箱形桥, 其结构横向刚度较小, 顶进中易随挖土误差逐步积累变形。尤其当地基土质坚硬时, 挖土误差不易在箱体顶进时土体被压缩而消除底板变形。丰台桥据“分析”一文指出, 顶进中经实际观察底板地基土有卵石滚动的痕迹。说明砂卵石地基土承载力很高, 而箱形桥恒载产生的地基应力一般仅5~8t/m²(50~80kN/m²), 碎石土的容许承载力可达40~80t/m²(400~800kN/m²), 试想, 此类地基要令其产生10~20cm的压缩量是很难达到的。因此, 丰台桥的顶进变形超过允许值, 主要原因是设计与施工都未考虑特大箱形框架在坚硬地基土上顶进的的特殊性, 建议此特殊性应通过总结列入设计与施工规范。

一、变形产生的内力分析

丰台桥的桥体为一四孔框架, 框架的顶板代替了一般铁路桥中的梁, 其侧墙和中墙代替了桥梁的墩台, 而底板作为基础, 使箱形框架承受全部荷载而成为一个刚构桥。顶进变形主要是底板的变形, 底板在承受上部结构顶板传来的荷载的同时, 又通过墙体(即框架的立柱)根部的变形(位移和转角)决定了顶板的

* 《铁道标准设计通讯》1991年第6期

变形。所以，我们研究变形产生的内力，主要讨论底板的变形。丰台桥底板最大相对位移为28.3cm，与箱形框架底板尺寸6820cm之比为1/241；底板厚为70cm，与底板尺寸6820cm之比为1/97。可见，当坚硬的地基土挖成两侧高中间低的凹形时，底板在本身自重及由墙体传来的上部荷载（顶板自重+线路材料）作用下，由于底板刚度较小，产生与地基相吻合的凹陷变形是完全可能的。笔者对变形产生的内力，用SAP程序在微机上进行了计算，现将结果说明如下：图3为中墙下沉16.8+7.5=

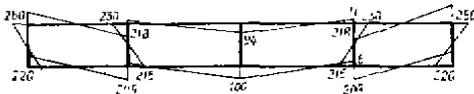


图 3

24.3cm、左右两中隔墙下沉7.5+8.4=15.9cm时丰台桥桥体框架的附加弯矩图。从图中可以看到，此时中隔墙的内力已经很大，另图4为中墙下沉24.3cm，两中隔墙下沉15.9cm，同时两边孔底板隆起4cm时框架的附加弯矩图。可以看到，此时中隔墙的内力增加很大，造成西墙及东墙均上部外侧混凝土开裂，下部内侧混凝土开裂，同时底板边孔混凝土也出现开裂。因此，边孔底板隆起是全桥出现裂缝的主要问题。

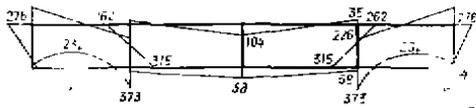


图 4

二、边孔底板隆起的原因探讨

多孔地道桥，采用多孔框架一次顶入路基有许多优点，但大型箱体，施工中很难做到全断面挖土均匀。在全程90m的顶进过程中，如局部地段中孔底板处有超挖现象，这在土质较好、顶进施工进尺较快的情况下，很可能发生，而超挖的结果，势必使底板下部悬空，造成顶进中局部沉落。由于地基坚硬，两中隔墙处形成支点，中孔沉落造成边孔底板隆起，随

顶随挖，沉落与隆起互相影响，逐步扩大，如图5所示。如此时在中孔底板处临时增设“船头坡”，强迫中孔底板上爬，并在边孔底板处有意超挖，则可调整底板变形，以避免结构开裂。

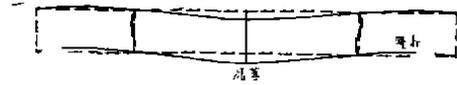


图 5

用顶入法修建地道桥，其顶进工艺已有成熟经验，但顶进特大型箱体，还缺乏经验。尤其底板发生挠曲现象及中墙出现水平裂缝，还没有先例，这方面的有效措施也有待在实践中探索。总之，丰台桥的顶进施工，其工程难度是很大的，其经验与教训对今后同类桥涵的设计、施工必将有着启发、借鉴与促进作用。

三、今后设计施工中应考虑的几个问题

1. 多孔箱形框架桥采用一次顶入法，具有顶进作业可一次完成，减少对线路的干扰等优点，但当其总宽度超过40m后，结构刚度过柔，尤其工程点处于坚硬的地基土上时，宜考虑采用多箱分次顶入法设计方案，以提高单箱的结构刚度，减少顶进变形，避免出现过大的混凝土裂缝，甚至根本不出现裂缝。

2. 为保证工程质量，设计应考虑框架变形的附加内力。施工过程中的变形，可作为施工荷载设计，而施工的最终误差，其变形产生的附加内力，应视作恒载列入设计。当然，具体规定，应总结工程实践，列出专题，进行研究，再定出标准执行。

3. 丰台桥的主要裂缝出现在中隔墙上，而中隔墙厚达60cm，从结构受力来看，中墙主要承受竖向垂直力，由于结构净高仅605cm，纵向挠曲稳定没有问题。如能减薄中墙厚度，使其刚度较柔，则在同样的变形条件下，其内力将减小（内力与惯性矩成正比，钢筋应力与截面力臂成反比）。当然，如将柱脚设计成较

铁路、公路顶进式框架桥结构 有限元分析的前处理

3)

冯 爱 军
(北京城建设计研究院)

张 弥
(北方交通大学)

U448.121

【提要】铁路、公路顶进式框架桥结构有限元分析的前处理模块, 是结合目前我国铁路与公路立交桥修建的需要, 根据三维框架的结构分析特性, 研制的一个实用的、在微型机上运行的软件包。本文简要介绍了该前处理模块的研制目的、原理、主要内容和结果。

一、概 述

随着国民经济的发展, 铁路和公路运输日益繁忙, 铁路与公路平面交叉的不利影响越来越明显。根据铁道部对道口的研究课题论证说明, 国家有数千个平交道口需改为立体交叉。

将平交道口改建为立体交叉的主要方法是采用顶进式框架型立交桥。这种桥梁为弹性地基上由板组成的超静定空间框架结构, 进行这种结构的内力分析一般要采用空间板元的有限元方法, 这种方法可以比较科学地分析该结构各个部位的受力情况。但采用三维有限元分析所需原始数据量较大, 准备工作很繁重, 妨碍了这一方法的实际应用, 为此, 作者专门研制

了一个针对此种结构的有限元分析前处理模块。

1. 前处理的概念

在应用有限元分析之前, 首先应当决定采用何种单元类型, 然后, 再将结构划分为有限个单元以及给节点和单元编号。为了观察这种单元划分是否合理, 需要画出(或在屏幕上显示出)带有节点和单元编号的分块图形, 为实现这一要求而准备的程序称为前处理程序。

框架型立交桥结构分析的前处理模块包括自动生成有限元网格的有关数据并绘制网格图的FAJZ子模块和实现最小带宽优化的MOPT子模块。

2. 运行环境

硬件: 微机IBM PC/XT、IBM PC/AT及其兼容机。

接, 则可获得较好的柔度, 如北京西大望桥。

4. 大型箱形桥的顶进施工, 宜进行柱脚及底板变形的观测。故顶进前应在各观测点设置基准线, 如事先无基准线, 事后测量, 则各点的变形值中含有混凝土的施工误差。估计丰台桥的观测值中即含有顶板与底板混凝土浇筑误差, 很难确定其真实的顶进变形值。

5. 在软土地基上顶进大型箱涵, 如何保证工程质量、防止“扎头”控制顶进高程, 已有较多工程经验与教训。但在坚硬地基上顶进大型箱涵, 如何防止产生过大的顶进变形、控制和纠正底板变形, 还缺乏研究及有效措施。

丰台桥在全国顶进大型桥涵中当居首位, 无论设计或施工均无先例, 其实践经验是丰富的, 教训也是深刻的。因此, 认真总结丰台桥的工程实践, 无疑是难能可贵的。

以上乃笔者管见, 请批评指正。

参 考 文 献

- (1) 冯生华“关于地道桥箱体的顶进变形问题”《铁道建筑》1991, 5。
- (2) “城市立交设计实例《西大望立交》”《中国建筑技术发展中心》1987。

(责任编辑 邵根大)