

# 地铁盾构下穿对既有机场高速公路桥梁的安全影响分析

贾世平

广东建设职业技术学院土木工程学院 广东广州 510440

**摘要:** 以地铁盾构近距离斜穿机场高速公路桥梁的实际工程为背景, 研究地铁施工对桥梁桩基和结构安全的影响。通过建立三维有限元模型模拟盾构施工过程, 分析桥梁墩台沉降及桩基变形, 并结合现场监测数据验证。结果表明, 盾构施工引起的桥梁横向和纵向最大差异沉降分别为 0.24 mm 和 1.7 mm, 均满足安全控制标准, 施工方案可行, 可为类似工程提供参考。

**关键词:** 地铁下穿; 机场高速公路; 桥梁; 安全影响

随着城市化进程的加快, 地铁施工下穿既有高速公路桥梁的情况时有发生, 尤其在桥下的河涌段斜穿, 不仅地铁盾构埋深浅, 而且斜穿长度长, 会出现地铁双线盾构外边距离桥墩下的桩基非常近的情况, 对既有高速公路桥梁的安全性产生重大影响。因此, 研究地铁盾构斜穿桥梁的影响, 对实际工程的设计和施工具有较大的指导意义。

本文结合工程实例, 研究地铁下穿施工对既有高速公路桥梁的安全影响。通过建立合理评价标准; 利用 MIDAS/GTS 三维有限元岩土软件建模并分析评价; 最后与监测数据对比验证评价结论, 从而形成具有参考价值的完整评价体系。

## 1 工程概括

某地铁区间下穿机场高速北延线, 地铁双线在高速公路北延线某中桥下斜穿而过, 中线间距约 24 ~ 26m, 隧道内纵坡 3.7‰, 地铁盾构顶埋深约 8m, 桥下河涌底埋深最浅约 4 m, 其中左线与高速公路中线斜交角约 73.25°, 右线交角约 76.41°, 斜交长度约 33.8 米, 其中地铁右线靠近桥梁 1# 桥墩, 右线盾构外边距离该墩下桩基外边最近仅 2m。在此下穿范围, 地铁采用泥水平衡盾构机施工, 泥水平衡式盾构机泥水压力控制在 50kp ~ 100kp, 通过河涌段时实时调整采用较小值。该区域勘察出露地层主要包括石炭系岩层、二叠系沉积岩层, 第四系土层覆盖于基岩之上。

## 2 地铁下穿施工有限元建模

### 2.1 模型建立

为消除模型边界效应影响, 结合桥下桩基长度, 左右边界计算范围控制在 3 ~ 5 倍洞径以上, 下边界取桩底以下 20m, 上边界取至地表。故模型的尺寸为: 顺桥向 134m,

横桥向 96m, 模型高度(至地表) 85m, 三维实体模型见图 1。

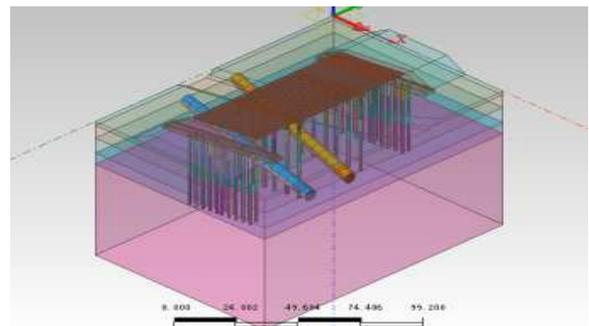


图 1 三维实体模型

### 2.2 计算参数

考虑到场地地层分布复杂, 参考典型钻孔揭露的地质情况, 按等效模量考虑, 将地层合理简化为五层, 采用实体单元模拟, 选取摩尔-库伦本构模型; 路基、桥梁结构以及桩基采用实体单元模拟, 选用各向同性弹性本构模型; 隧道支护结构用板单元模拟。模型除地表外四周施加相应方向的边界约束条件, 盾构机开挖面施加泥水压力控制在 50kp ~ 100kp, 河涌底下穿用小值, 数值计算模型见图 2。

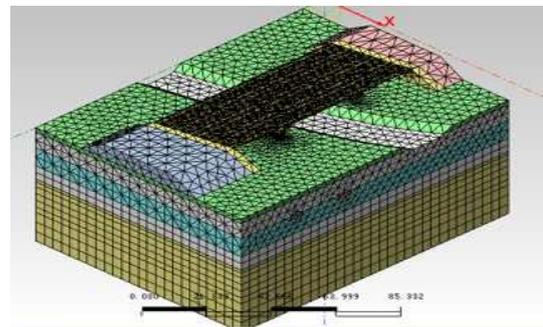


图 2 计算模型



考虑到近地铁侧桩基影响分析的重要性, 近地铁桩基网格划分较细尺寸为 0.75m, 距地铁较远侧桩基网格划分较粗尺寸为 1m, 模型总计 411316 个单元。

计算中, 结构的具体几何参数为设计参数, 土层物理力学指标参考规范和地铁详勘报告并结合经验取值见下表 1。

表 1 计算参数

名称	重度 / ( $kN \cdot m^{-3}$ )	粘聚力 / kPa	内摩擦角 / ( $^{\circ}$ )	变形模量 / MPa	泊松比
素填土	18.2	8.8	22.1	8	0.38
粉质粘土	20.1	47	17.7	28	0.3
中粗砂	26.4	0	31	30	0.28
全风化碳质灰岩	20.7	51	19.5	80	0.28
强风化碳质灰岩	21.5	61	21.3	140	0.27
结构材料	25	-	-	30000	0.2

### 2.3 计算步骤及施工模拟

按施工方案与步骤, 近似模拟了下穿机场高速公路过程中盾构的施工全过程:

(1) 首先初应力分析, 位移清零;

(2) 控制左、右线掌子面开挖的先后次序, 右线先开挖后左线再开挖, 左右线掌子面间距控制在 100m;

(3) 每次开挖后及时施工管片衬砌并于掌子面处施加 50 ~ 100kPa 的顶推力来模拟泥水平衡盾构机头的泥水压力, 其中下穿河涌段施加压力 50kPa, 其余段施加 100kPa, 下一施工步时撤销上一步的顶推力加新的顶推力, 总计 33 个计算工况;

### 3 下穿施工对桥梁的影响分析

基于前述地铁下穿机场高速公路桥梁安全控制标准, 重点关注地铁下穿引起桥梁结构纵、横向相邻墩台的不均匀沉降差以及由土体侧向变形引起桥梁桩基的侧向变形, 可能导致桩基内力的变化。

统计地铁下穿引起桥梁同一承台或盖梁下相邻墩(桩)顶部的最大差异沉降结果如下表 2。

表 2 桥梁墩(台)横向最大差异沉降

位置	竖向位移		
	边墩(桩)顶 / (mm)	邻墩(桩)顶 / (mm)	最大差异沉降 / (mm)
0# 台	2.68	2.49	0.19
1# 墩	1.55	1.31	0.24
2# 墩	0.58	0.41	0.17
1# 台	0.37	0.28	0.09

可见, 盾构开挖施工穿过机场高速公路时引起桥梁单

墩沉降最大值仅为 2.68mm, 相邻桥墩差异沉降更小, 最大差异沉降发生在水平方向上距离地铁右线最近的 1# 桥墩, 且发生在右线下穿施工开挖过程中, 沉降差仅 0.24mm, 可认为其沉降差值不会引起盖梁大的受力变化, 可满足结构受力要求, 桥梁结构在横桥向上是安全的。

对比统计地铁下穿引起桥梁纵向相邻墩台的最大差异沉降结果如下表 3。

表 3 相邻墩台纵向最大差异沉降

位置关系	相邻墩台最大差异沉降/(mm)		
	1# 墩	2# 墩	1# 台
0# 台	0.62	—	—
1# 墩	—	1.7	—
2# 墩	—	—	0.89

可见, 盾构施工穿过机场高速公路时引起桥梁相邻墩台纵向差异沉降值较横向差异沉降较大, 最大纵向差异沉降发生在 1# 桥墩与 2# 桥墩之间, 发生时刻为地铁左、右线均下穿施工完毕后, 最大沉降差值为 1.7mm, 可满足前述安全控制标准: 中跨差异沉降  $\leq 70$ mm, 边跨  $\leq 50$ mm。

### 4 结论

地铁盾构斜穿机场高速公路桥梁的数值模拟与监测数据表明, 施工引起的桥梁墩台沉降及差异变形均控制在规范允许范围内, 横向与纵向最大差异沉降分别为 0.24 mm 和 1.7 mm, 桩基受力与变形未出现异常, 论证了在合理控制施工参数下, 盾构近距离下穿施工对高速公路桥梁结构安全的影响可控, 所采用的分析与验证方法可为同类工程提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 张志强, 何川. 深圳地铁隧道邻近桩基施工力学行为研究[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(2): 204-207.
- [2] 李强, 王明年, 李德才, 等. 地铁车站暗挖隧道施工对既有桩基的影响[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(1): 184-190.
- [3] 王妍. 隧道开挖引起的地层沉降及对近接桥桩的影响[D]. 北京: 北京工业大学, 2007.
- [4] 朱逢斌. 地铁隧道开挖对原有桩基工作性状的影响研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [5] 高伟, 韩昌瑞等. 浅埋暗挖隧道对桥梁基础的影响分析[J]. 公路, 2012, 11: 123-128.

基金项目: 广东省普通高校特色创新项目(自然科学)(项目编号: 2020KTSCX235)