

# 公路双联拱隧道结构影响因素讨论

胡庆安 夏永旭 刘生

(长安大学公路学院, 西安, 710064)

**摘要:** 应用有限单元法, 详细讨论了设置双联拱结构所要求的两洞间距上限值; 并研究了不同围岩情况下双联拱隧道的力学特性, 得出了一些对工程设计有用的结论。

**关键词:** 双联拱, 公路隧道, 影响因素, 结构特性。

## 1 引言

随着公路等级标准的逐渐提高和隧道设计理论及施工技术的不断改进, 长大公路隧道越修越多。特别是考虑到降低运营通风能耗, 提高运营安全性能等因素, 双洞单向交通方案已得到普遍认同。但是, 往往由于地形、地貌诸因素的限制, 设计中不得不采用双联拱结构形式。然而, 双联拱结构的结构受力要比单洞复杂得多, 并且施工方法也比单洞困难, 中隔墙处的防排水也较难处理。

本文利用有限元分析程序, 以曲墙隧道为例, 详细地研究了不同围岩类别时设置双联拱结构所要求的两洞间距上限值, 并讨论了不同围岩情况下双联拱隧道的力学特性。

## 2 计算模型

图 1 为一典型双联拱公路隧道结构设计图, 为了分析两洞不同间距和不同围岩类别时隧道

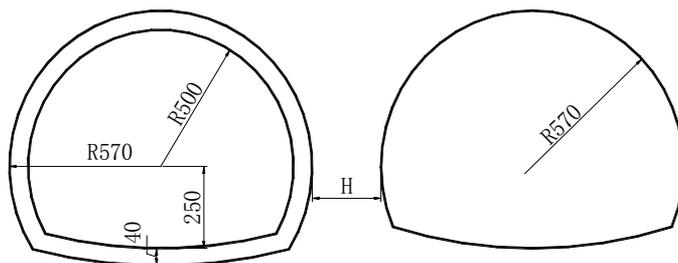


图 1

的力学特性,采用有限单元法计算模型,即首先假设左侧隧道支护已经完成,而右侧隧道随后全断面开挖,且不支护。必须说明,这种施工方式在实际双联拱隧道中是根本不存在的。但是,由于本文的目的主要是讨论两洞间距对双联拱隧道力学特性的影响,换句话说,本文的目的着重是要讨论在不同间距时,右侧隧道的存在对左侧隧道的影响程度。而当两洞间距较远时,就完全变成两个互不影响的单洞,这种施工方式又完全成立。

计算工况分为:两洞间距分别为  $H=2\text{m}$ 、 $3\text{m}$ 、 $4\text{m}$ 、 $6\text{m}$ 、 $8\text{m}$ ,围岩类别分为 I、II、III、IV、V,隧道埋深  $30\text{m}$ 。计算理论为线弹性。各类围岩的计算参数见表 1。

表 1 各类围岩计算参数

| 材料参数                         | 围岩类别 |      |      |      |      | 衬砌<br>混凝土 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|-----------|
|                              | I    | II   | III  | IV   | V    |           |
| 波松比 $\mu$                    | 0.48 | 0.45 | 0.35 | 0.30 | 0.20 | 0.3       |
| 弹性模量 E (GP)                  | 0.5  | 1.5  | 10   | 25   | 50   | 28.5      |
| 容重 $\rho$ ( $\text{T/m}^3$ ) | 1.7  | 2.0  | 2.2  | 2.5  | 2.7  | 2.5       |

### 3 计算结果及分析

#### 3.1 围岩类别的影响

针对上述各类围岩的不同工况,分别进行计算,研究在不同围岩类别下、当右洞开挖时对左洞的影响的最大距离。即将右洞开挖作为条件,研究左洞关键部位的响应。图 2 给出了当两洞不同间距时左洞洞顶的位移。从图中可以看到洞顶位移随着围岩类别的降低而增加,随着两洞间距的增加而减小。I、II类围岩的位移远远大于III、IV、V围岩,并且随着两洞间距的增加衰减很快。图 3 给出了不同围岩左洞外侧拱脚处的最大主应力,显然 I、II类围岩应力值很大,II类围岩达  $6\text{MPa}$  以上, I类围岩更是高达  $14\text{MPa}$ 。图 4 为内侧拱脚处的最大主应力;图 5 为内侧拱脚处的最小主应力。从图中同样可以看到 I、II类围岩应力远大于III、IV、V围岩。隧道拱部的应力大小也是通常必须考察的重点,图 6 给出了不同围岩类别时拱部的最小主应力。

图 7 给出了不同两洞间距时,左洞内侧拱脚处最小主应力随围岩类别的变化关系,可以看到不论两洞间距是  $2\text{m}$ 、 $4\text{m}$ 、还是  $8\text{m}$ , I、II类围岩的应力不仅远远大于III、IV、V类围岩,而且两洞的间距对其影响也十分明显。

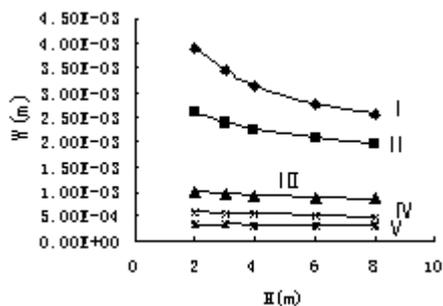


图2 拱顶位移

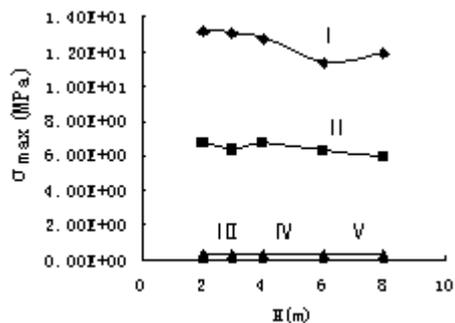


图3 外侧拱脚最大主应力

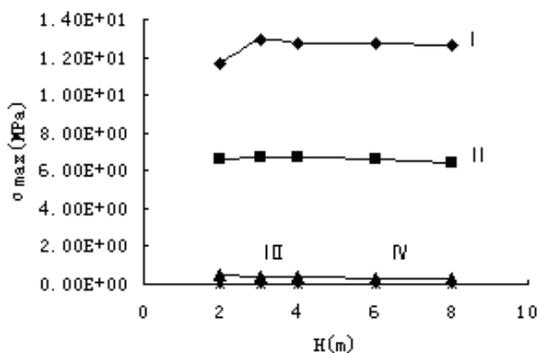


图4 内侧拱脚最大主应力

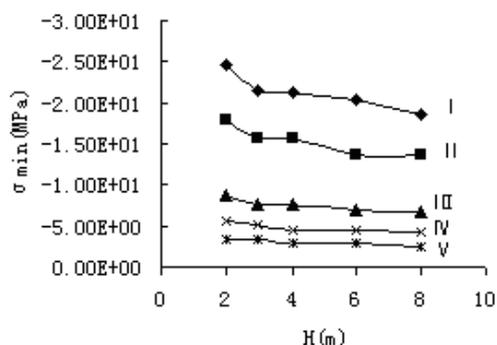


图5 外侧拱脚最大主应力

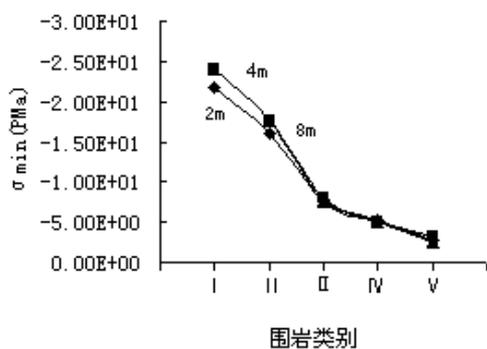


图6 不同围岩内侧拱脚最小主应力

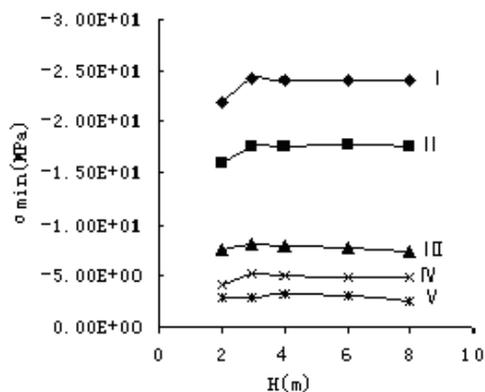


图7 内侧拱脚最小主应力

不同类别围岩时的两洞最大间距

从图2—图6可以看到，左洞的应力及位移随着两洞间距的增大相应减小，为了分析不同

围岩类别两洞相互影响间距的最大值, 换句话说讲, 即确定不同围岩类别时, 设置双联拱的临界间距值。分别考察右洞存在时对左洞拱脚、拱部、仰拱中点应力的影响。通过计算知道: 对于 I 类围岩, 右洞不存在时, 左洞右侧拱脚处的最大主应力  $\sigma_{\text{Max}}=11.966\text{MPa}$ , 而当右洞存在时, 计算得到两洞间距 8m 时拱脚处最大主应力  $\sigma_{\text{Max}}=12.6\text{MPa}$ ; II 类围岩, 当无右洞时拱脚最大主应力  $\sigma_{\text{Max}}=6.106\text{MPa}$ , 而右洞开挖后, 两洞间距 8m 时拱脚处最大主应力  $\sigma_{\text{Max}}=6.46\text{MPa}$ ; III 类围岩无右洞时, 拱脚最大主应力  $\sigma_{\text{Max}}=0.303\text{MPa}$ , 两洞相距 4m 时, 最大主应力  $\sigma_{\text{Max}}=0.391\text{MPa}$ , 相距 6m 时,  $\sigma_{\text{Max}}=0.295\text{MPa}$ ; IV 类围岩, 无右洞时, 拱脚最小主应力  $\sigma_{\text{Max}}=-4.18\text{MPa}$ , 当右洞存在, 两洞相距 6m 时, 拱脚最小主应力  $\sigma_{\text{Max}}=-4.11\text{MPa}$ 。所以, 根据以上的衬砌受力计算结果, 可以认为, 当隧道埋深为 30m 时, 对于 I、II 类围岩, 即使两洞相距 8m, 仍然必须采取双联拱结构形式; 对于 III、IV、V 围岩, 两洞相距 6m 以上, 可以不采用双联拱结构形式。

显然, 本文的结论和文献[4]有较大的出入, 但如上所述, 本文仅仅是从隧道衬砌受力的角度去分析, 而实际在隧道设计过程中, 除了要考虑结构受力以外, 还必须研究围岩在施工过程中的变化, 特别是要结合施工方法, 进行隧道结构设计。

## 4 结论

通过对双联拱公路隧道相互影响因素的分析计算, 得到以下三点结论:

(1) 围岩类别是影响隧道力学特性的重要因素, 无论两洞间距是 2m、4m、还是 8m, I、II 类围岩的应力远远大于 III、IV、V 类围岩。因此, 对于 I、II 类围岩地质情况, 不仅要研究双联拱隧道的设置条件, 而且要特别注意隧道衬砌的支护强度

(2) 双联拱隧道相互影响的内力及位移随着两洞间距的增大而降低。但是, 这种影响随着围岩类别的升高, 逐渐减小;

(3) 从理论上讲, 对于 I、II 类围岩, 即使两洞相距 8m, 仍然必须用双联拱结构形式; 对于 IV、V 围岩, 两洞相距 6m 以上, 就可以不用双联拱结构形式。

## 参 考 文 献

- 1 王毅才:《隧道工程》, 北京: 人民交通出版社, 1998
- 2 夏永旭:《隧道结构计算与分析》, 西安公路交通大学, 1995
- 3 铁道部第二工程局:《隧道》, 北京: 中国铁道出版社, 1995
- 4 中华人民共和国行业标准:《公路隧道设计规范》, 北京: 人民交通出版社, 2000