

基于强度理论的隧道与溶洞间安全距离计算

黄城, 刘远明, 袁侨蔚, 欧洵

(贵州大学土木工程学院, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 为计算隧道掌子面前方不同位置处隧道与溶洞间的安全距离, 本文基于强度理论将位于隧道掌子面斜下方的溶洞与隧道间的岩层简化为半圆板, 将位于隧道掌子面正前方的溶洞与隧道间的岩层简化为圆板, 推导出溶洞与隧道间安全距离的表达式。根据表达式分析各相关因素对安全距离的影响, 结果表明弹性模量、隧道与溶洞之间的压力差、隧道半径都对隧道与溶洞间的安全距离有较大影响。

关键词: 溶洞; 强度理论; 安全距离

中图分类号: U459.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0143—03

在岩溶地区修建隧道时遇到掌子面前方存在溶洞并发生坍塌、突水突泥的情况常有发生, 因此研究隧道与掌子面前方溶洞的安全距离具有重要意义^[1]。莫阳春基于突变理论将溶洞顶板简化为四周固支的大变形椭圆形板、矩形板和固支梁三种模型^[2]。姜德义、储汉东、师海等将溶洞与掌子面前方的岩层简化为圆板, 推导出溶洞与掌子面间的安全距离公式^[3-5]。

综上所述, 目前关于溶洞研究主要集中在研究与隧道正交时的岩层失稳, 当溶洞与隧道斜交时, 关于这方面的理论研究较少。本文将基于强度理论, 建立溶洞与隧道斜交与正交时的力学模型, 推导出溶洞与掌子面斜交及正交时岩层的安全距离。

1 溶洞与隧道斜交

当掌子面前方存在斜交溶洞时, 其与隧道的位置关系复杂, 在计算安全距离时, 假设溶洞覆盖掌子面一半的部位。如图 1 所示。

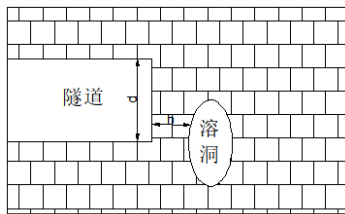


图 1 溶洞与隧道斜交

基于强度理论, 假定掌子面前方岩体完整, 无裂隙或缺陷, 受力区域为平面竖直状态, 是连续、线弹性的均匀圆板, 根据隧道形状和荷载作用分布可以将岩层简化为周边固支的弹性半圆板, 力学模型示意图如图 2 所示。

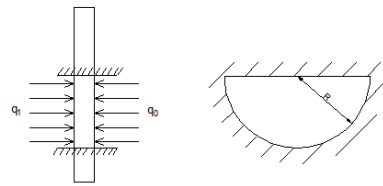


图 2 溶洞与隧道斜交时力学模型简化图

图中半径为 R , 板厚也即安全距离为 h , 作用在掌子面前方的岩溶压力为 q_0 , 掌子面施加压力为 q_1 , 构造应力为 q_r 。

本模型的边界条件为:

$$(\omega)_{r=R} = 0, \left(\frac{d\omega}{dr}\right)_{r=R} = 0, \left(\frac{d\omega}{dr}\right)_{r=0} = 0 \quad (1)$$

式中, w 为挠度。

根据弹塑性力学可知板的挠曲方程为:

$$\omega = \frac{(q_1 - q_0)}{D} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{4}{\pi n (16 - n^2) (4 - n^2)} r^{n+4} + \frac{2(2-n)}{\pi n (16 - n^2) (4 - n^2) R^{n-4}} r^n + \frac{2(n-4)}{\pi n (16 - n^2) (4 - n^2) R^{n-2}} r^{n+2} \right] \sin n\theta \quad (n=1, 3, 5, \dots) \quad (2)$$

式中, $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ 为板的抗挠刚度, E 为弹性模量, ν 为泊松比。

令 $a = \frac{(q_1 - q_0)R^4}{64D}$, 取 $n=3$, 则有:

$$\omega = a \left[\frac{1}{45} \left(\frac{4r^4}{R^4} + \frac{6r^3}{R^3} + \frac{2r}{R} \right) \sin(\theta) + \frac{1}{105} \left(\frac{2r^5}{R^5} + \frac{4r^4}{R^4} + \frac{2r^3}{R^3} \right) \sin(3\theta) \right] \quad (3)$$

根据文献, 对半圆板进行受力分析, 当 $r=R, \theta = \frac{\pi}{2}$ 时, 取最大正应力, 故有:

$$\sigma_{max} = \frac{3(q_1 - q_0)R^2(1+\nu^2)}{35h^2} \quad (4)$$

式中 h 为岩层厚度。

按抗拉强度条件 $\sigma_{max} \leq \sigma_t$ 验算, 得溶洞与隧道间

的安全距离为:

$$h = R \sqrt{\frac{3(q_1 - q_0)(1 + \nu^2)}{35\sigma_t}} \quad (5)$$

式中 σ_t 为岩层抗拉强度。

2 溶洞跨度大于隧道跨度

当隧道前方存在大于隧道跨度的溶洞时, 根据溶洞与隧道间的位置关系, 假设溶洞全覆盖隧道掌子面。如图 3 所示。

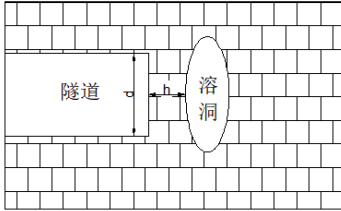


图 3 跨度大于隧道断面的溶洞与隧道正交

根据隧道形状和荷载作用分布可以将岩层简化为周边固支的弹性圆板, 力学模型示意图如图 4 所示。

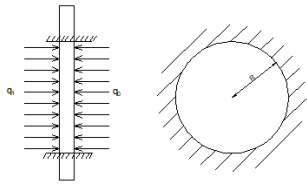


图 4 溶洞跨度大于隧道时力学模型简化图

根据板壳理论可知板的挠曲方程为:

$$\omega = \frac{(q_1 - q_0)R^4}{64D} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2 \quad (6)$$

令 $a = \frac{(q_1 - q_0)R^4}{64D}$, 则:

$$\omega = a \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2 \quad (7)$$

根据文献, 对圆板进行受力分析, 圆板的最大正应力为:

$$\sigma_{max} = \frac{3(q_1 - q_0)R^2}{4h^2} \quad (8)$$

按抗拉强度条件 $\sigma_{max} \leq \sigma_t$ 验算, 得溶洞与隧道间的安全距离为:

$$h = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{3(q_1 - q_0)}{\sigma_t}} \quad (9)$$

3 参数分析

根据上述推导, 绘制相关因素对安全距离影响的关系图, 如图 (5) - (9) 所示。

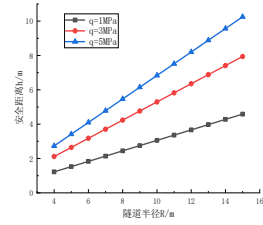


图 5 溶洞与隧道斜交时隧道半径变化规律

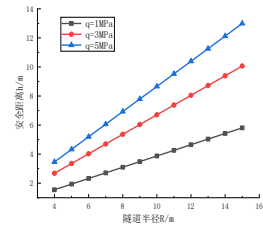


图 6 溶洞与隧道正交时隧道半径变化规律

(1) 从图中可以看出溶洞与隧道间的安全距离与隧道半径呈正相关, 安全距离随着隧道半径的增加而增大, 且在溶洞与隧道正交的情况下, 安全距离受隧道半径的影响更大。

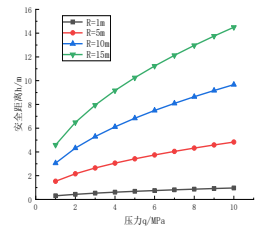


图 7 溶洞与隧道斜交时溶洞压力变化规律

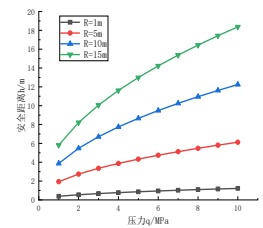


图 8 溶洞与隧道正交时溶洞压力变化规律

(2) 从图中可以看出, 随着溶洞与隧道间的压力差 q 的增大, 溶洞与隧道间的安全距离逐渐增大。

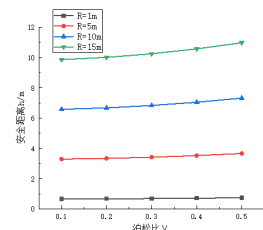


图 9 溶洞与隧道斜交时泊松比变化规律

(3) 从图中可以看出随着泊松比的增大与隧道斜

舟山市综合体停车泊位共享研究

苏子强, 唐志波

(浙江海洋大学海运与港航建筑工程学院, 浙江 舟山 316000)

摘要: 城市综合体位于城市的中心区域, 具有集约化、综合化的特点, 土地开发强度大, 停车泊位共享是一种区域资源协调优化的思想, 是解决停车位的有效方法之一。通过对不同性质建筑进行停车调查, 分析车辆停放特征和高峰停车需求时间段, 确定泊位共享的实施条件, 对某个综合体项目进行共享分析, 在保证停车需求的前提下, 实施泊位共享可减少 56% 停车泊位配建。

关键词: 停车管理; 泊位共享; 城市综合体; 资源利用

中图分类号: U653.2

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2023) 03—0145—03

随着城市化进程的不断加快、汽车产业的快速发展, 国内私人汽车拥有量持续增长。据《中国统计年鉴》数据显示, 截止至 2020 年底, 我国机动车保有量达 3.95 亿辆, 其中私人汽车保有量达到 2.42 亿辆, 国内小汽车保有量的持续增加使得城市在停车泊位需求上急剧上升, 城市停车供需问题矛盾日益突出。

1 城市综合体的特性及停车供需问题

城市的综合体是一种土地利用综合化、集约化, 以商业购物、行政办公、公寓住宅为主的建筑群体, 一般位于城市的中心区域^[1]。其所处地理位置条件优越, 土地开发强度大、费用高, 交通吸引力强, 土地集约和功能聚合, 基于这种特性城市综合体往往产生和吸引更高的停车需求, 配建停车泊位与停车需求量差距在不断增大, 供需总量不平衡更为突出。

除了供需不平衡之外, 城市的综合体停车问题还表

现在停车资源利用率低下, 主要是在时间和空间上利用的不均衡。大型商场的停车需求高峰一般位于周末、节假日和下班时间段, 其余时间泊位较为宽松, 行政办公写字楼的停车需求高峰位于工作日和上班时间, 居民区的下班时间段为高峰期, 上班时间段大多停车位会闲置。因此, 停车共享的概念应运而生, 美国城市用地研究所发表的文献将泊位共享定义为: 在一定区域利用不同时间段的高峰停车特性, 在各种用地性质的停车吸引点共同使用停车位^[2]。

2 泊位共享理论

2.1 泊位共享的实施条件

从定义中可以看出, 停车泊位共享的实施要满足两个条件:

- (1) 各单一用地和混合用地停车需求时间差异性
- 停车泊位共享主要利用各单一用地和混合性质用

交的溶洞有微弱的增加。

4 结论

本文将溶洞与隧道间的岩层简化为圆板和半圆板, 推出溶洞与掌子面斜交以及正交时安全距离公式, 且安全距离会随着压力差、半径和泊松比的增大而增大, 对安全距离影响最大的是隧道半径。

参考文献:

- [1] 王志杰, 高靖遥, 张鹏, 等. 基于突变理论的高压岩

溶隧道掌子面稳定性研究 [J]. 岩土工程学报, 2019, 41(1): 95-103.

- [2] 莫阳春. 高水压充填型岩溶隧道稳定性研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2009.

- [3] 姜德义, 任松, 刘新荣, 等. 岩盐溶腔顶板稳定性突变理论分析 [J]. 岩土力学, 2005(07): 1099-1103.

- [4] 储汉东. 岩溶隧道突水机理及防突层安全厚度研究 [D]. 武汉: 中国地质大学, 2017.

- [5] 师海, 白明洲, 许兆义, 等. 基于突变理论的岩溶隧道与隐伏溶洞安全距离分析 [J]. 现代隧道技术, 2016, 53(04): 61-69.