

文章编号: 1008—2786(2000)增—0083—05

缓倾角红层开挖路堑边坡支护设计中支护力计算

吉随旺¹, 张倬元¹, 邓荣贵¹, 王凌云²

(1. 地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 成都 610059;

2. 四川省交通厅公路设计院, 成都 610000)

摘 要: 分析了四川盆地缓倾角红层地质结构特征, 将下覆泥岩风化形成凹岩腔后的砂岩视为悬臂岩梁, 提出了一种计算泥岩风化凹进极限深度及在设计支撑柱时计算支护力的计算方法, 并给出一个计算示例。

关键词: 缓倾角红层; 边坡设计; 支护力; 计算方法

中图分类号: P642. 3, O242. 2 **文献标识码:** A

近几年来, 四川省公路建设同全国公路建设一样, 进入一个建设高潮。拟建的大多数公路为高等级、高标准, 这种高标准高等级的公路建设遇到深挖路堑, 势必会遇到过去公路建设中未曾遇到的一些特殊工程地质问题, 如高边坡的稳定问题, 在分析研究边坡稳定的基础上, 对其进行支护设计, 也是值得研究的问题, 在分析研究边坡稳定基础上, 对其进行支护设计, 也是值得研究的问题。四川盆地丘陵区广布的紫红色砂岩、泥岩(俗称红层), 岩层软硬相间, 产状平缓, 已发生过大规模的崩塌滑坡, 给人民生命财产和道路建设造成较大危害。由于对这种软硬相间岩层, 岩性差异较大, 路堑开挖后, 暴露在临空面的岩层必然产生差异风化, 泥岩风化凹进, 砂岩悬空, 在自重应力作用下产生崩塌, 危害道路的安全运营。因此, 路堑开挖后, 对边坡要进行一定的防护支护措施。然而, 现行的支护设计计算中, 计算支护力大多数采用经验方法, 缺乏一定的理论依据。本文针对这种软硬相间的岩层结构, 泥岩风化凹进后, 把砂岩视为一悬臂岩梁, 根据结构力学理论求解出支护力, 作为设计的依据。

1 力学模型

红层中的砂岩可视为连续介质, 当泥岩风化凹进时, 近似地将砂岩看作一端锚固在红层中, 另一端悬空的悬臂岩梁^[1,2], 上部荷载可视开挖放坡情况按均布荷载或三角形荷载处理, 取单位宽度, 计算模型如图 1 所示。

通常, 路堑开挖后, 在泥岩层设支撑柱(墩)对砂岩进行支撑。故可把支撑端视为简支端, 其力学模型见图 2。

1.1 均布荷载悬臂梁受力分析

图 3 为均布荷载悬臂岩梁受力分析图, 由图可见, 最大弯矩(M_{\max})发生在锚固端。

$$M_{\max} = \frac{1}{2}ql^2$$

收稿日期: 1999—11—15
作者简介: 吉随旺(1961—), 男(汉族), 山西夏县人, 硕士, 副教授, 现在职博士, 研究方向地质工程

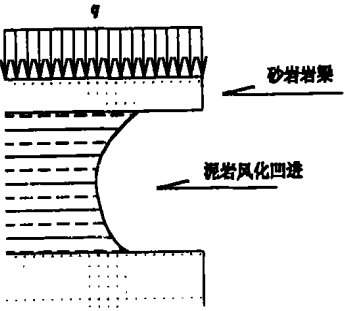


图 1 悬臂梁力学模型
Fig. 1 Mechanical model of cantilever

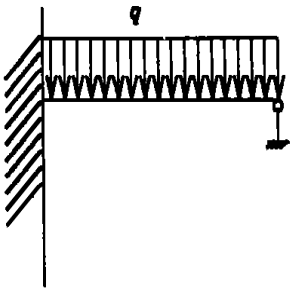


图 2 设计撑时的力学模型
Fig. 2 Mechanical model of cantilever beam with simply supported end

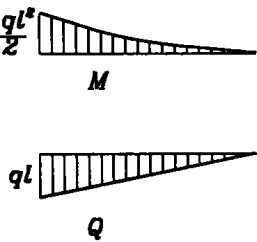
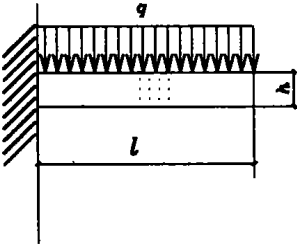
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot h/2}{h^3/12} = \frac{3}{h^2}ql^2$$

式中 q 为作用于岩梁上的均布荷载 (KN/m), h 为岩梁厚度, l 为悬臂岩梁长, σ_{\max} 为最大拉应力。悬臂岩梁破坏时最大水平拉应力应等于或大于悬臂岩梁的极限抗拉强度故 $\sigma_{\max} = R_t$, 则

$$l = h \sqrt{\frac{R_t}{3q}} \tag{1}$$

1.2 三角形荷载悬臂岩梁受力分析

若岩梁上作用的荷载为三角形分布荷载, 则最大弯矩发生在锚固端。



$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{6}ql^2 \\ \sigma_{\max} &= \frac{1}{h^2}ql^2 \\ l &= h \sqrt{\frac{R_t}{q}} \end{aligned} \tag{2}$$

式(1), (2)为自然条件下软岩风化凹进的极限深度(极限垮距)。

1.3 均布荷载下悬臂岩梁设支护模型

将图 3 均布荷载下的悬臂端加上支护力, 则模型为一次超静定悬岩梁, 解得支护力 R

$$\begin{aligned} R &= \frac{3ql}{8} \\ \sigma_{\max} &= \frac{3ql^2}{4h^2} \\ \text{极限垮距 } l &= 2h \sqrt{\frac{R_t}{q}} \end{aligned} \tag{3}$$

图 3 均布荷载下悬臂梁受力分析图
Fig. 3 Bearing diagram of cantilever under uniform distributed load

1.4 三角形荷载下端部有支护力的悬臂岩梁力学模型

图 4 为三角形荷载下悬臂岩梁加上支护力, 则力学模型为一次超静定岩悬臂岩梁, 解得支护力

$$R = \frac{ql}{10}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{8ql^2}{5h^2}$$
$$\text{极限垮距} \quad l = h \sqrt{\frac{5R_t}{8q}} \tag{4}$$

(1)/(3)得= $\frac{1}{2}$; (2)/(4)得= $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{2}}$ 。

由此可以看出, 设支撑时, 极限垮距明显增大, 在工程设计中, 路堑开挖后泥岩尚未风化, 岩梁尚未形成, 按上式计算的结果进行支护设计是有足够的安全储备。

2 实 例

拟建的四川某高速公路线路通过区为四川盆地低山丘陵区, 岩层平缓(倾角 0—10°)岩性为紫红色的砂岩、泥岩。K73+420—K73+620 为一深挖路堑地段, 根据调查及计算分析本路段开挖后需要采用支护措施处理。

2.1 地层岩性

本开挖段地层为朱罗系上统蓬莱镇组上段。根据路堑边坡开挖影响范围内的基岩情况, 可将其划分为七个分层, 其特征自上而下依次为:

- (1)深紫红色泥岩夹泥质粉砂岩层(J_{3p}⁽¹⁾): 该层顶面高程平均 412.0m 推测厚度约 20m(未见底)。
- (2)紫褐色长石细砂岩夹泥质粉砂岩(J_{3p}⁽²⁾): 该层顶底面平均高程约为 417.5 m 和 412.0m。
- (3)灰褐色粉砂质泥岩夹泥质粉砂岩层(J_{3p}⁽³⁾): 该层顶底面平均高程约为 422.5m 和 417.5m。
- (4)褐紫红色细砂岩层(J_{3p}⁽⁴⁾): 该层顶底面高程分别为 443.0m 和 422.5m 左右。
- (5)泥岩夹泥质粉砂岩层(J_{3p}⁽⁵⁾): 该层顶底面高程分别为 447.0m 和 443.0m 左右。
- (6)紫红色~灰褐色细砂岩层(J_{3p}⁽⁶⁾): 该层顶底面高程分别为 461.5m 和 447.0m。
- (7)泥质粉砂岩层(J_{3p}⁽⁷⁾): 该层顶底面高程分别为 471.5m 和 461.5m。

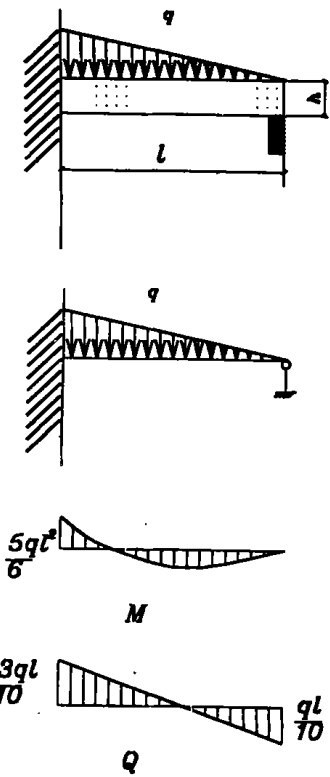
2.2 支护方案

采用支护方案见图 5 所示: 开挖总坡率 1:0.78, 为了防止岩石差异风化及确保岩合格的稳定, 对上部砂岩设锚杆支护, 砂岩表面喷混凝土砂浆, 对上部泥岩层用浆砌片石护坡, 对第 1 层泥岩部位设支撑柱。以下计算底部支撑柱的支撑力。根据边坡开挖坡度, 把第 2 层砂岩视为岩梁, 上部荷载按三角形分布简化, 取单位宽度, 则最大荷载集度为:

$$q = (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n) \times 1 = 1254 \text{ (KN/m)}$$

式中 $\gamma_1 \gamma_2 \dots \gamma_n$ 分别为砂岩层以上各岩层的容重(KN/m³), $h_1 h_2 \dots h_n$ 分别为砂岩层以上各岩层的厚度(m), 假定泥岩风化后砂岩岩梁的极限长度为 l , $h=5\text{m}$, $R_t=0.1\text{MPa}$ 则

$$l = h \sqrt{\frac{5R_t}{8q}} = 5 \sqrt{\frac{5 \times 100}{8 \times 1254}} = 1.116\text{m} \tag{2}$$
$$R = \frac{ql}{10} = \frac{1254 \times 1.116}{10} = 139.9\text{KN}$$



a. 荷载图; b. 弯矩图; c. 剪力图
a. load diagram; b. Moment curve; c. shear curve
图 4 三角形分布荷载下悬臂梁受力分析图
Fig. 4 Bearing diagram of cantilever under triangular distributed load

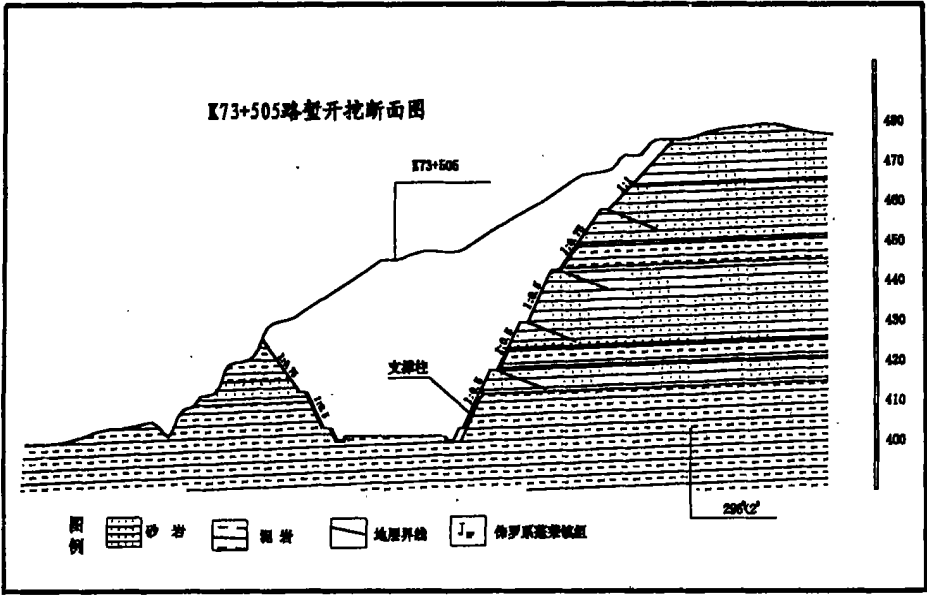


图 5 支护方案
Fig. 5 Sustain design

支撑柱采用条石筑砌, 其抗压强度取 23.6MPa 断面取 0.0625m² 则:

$$\frac{R}{l_{\text{柱间距}}} = 23600 \text{ (KPa)}$$
$$l_{\text{柱间距}} = \frac{0.0625 \times 23600}{R} = 10.5(\text{m})$$

考虑安全储备实际取 8m。

3 结 语

本文在提出的支护力设计计算方法, 是基于泥岩风化凹进, 将砂岩视为岩梁的简化计算模型, 按此计算结果进行支护设计, 偏于安全。但用计算公式估计天然条件软岩风化深度时, 因砂岩也在不断的风化, 其强度也随之降低, 所以, 计算出风化深度结果偏大。

参考文献:

[1] 靳开铭, 徐生林. 煤矿坚硬顶板控制[M] . 北京: 煤炭工业出版社. 1994, 106~124
[2] 陶连金, 王泳嘉, 张倬元. 大倾角煤层矿山压力显现及控制[M] . 成都: 四川科技出版社. 1998, 71~100
[3] 龙驭球, 包世华. 结构力学教程[M] . 北京: 高等教育出版社. 1988, 52~80

CALCULATION METHOD OF THE BEARING FORCE IN THE
DESIGN OF SUPPORTING STRUCTURE FOR ROCK
SLOPE IN GENTLY INCLINED RED BEDS

JI Sui-wang¹, ZHANG Zhuo-yuan¹, DENG Rong-gui¹, WANG Ling-yun²

(1. National Laboratory of Geological Hazard Prevention, Chengdu 610059;

2. Communication Department of Highway Survey and Design Sichuan Province, Chengdu 610000)

Abstract: In Sichuan Red Basin, excavating cuttings in gently inclined red beds composed of sandstone and mudstone intercalations, mudstone would be indented inward by weathering, and result in a niche on the slope surface. slope, and the bearing force of the support structure must computed in design. In this paper, the overlying sandstone bed is regarded as cantiever beam, and a calculation method for the bearing force is developed, A calculation example is al-
so given.

Key word: gently inclined red bed; cutting slope design; bearing force calculation method