

提高锚杆锚固力方法研究

董 晔

(辽宁水文地质工程地质勘察院, 辽宁 大连 116037)

摘 要: 在总结大连地区 15 项工程 76 根锚杆抗拔试验时发现锚杆的锚固力是受多种因素影响的, 其中主要因素是钻探成孔工艺 (影响 c , φ 值) 和锚杆注浆质量 (影响 k_0 值). 对于风化岩或土层灌浆锚杆建议采用风动成孔; 对于中风化或微风化岩层灌浆锚杆建议采用风动成孔并进行清水洗孔; 对于锚杆注浆建议采用膨胀砂浆, 并建议锚杆抗拔试验同时进行钢筋应力测试.

关键词: 锚固力; 抗拔试验; 风动成孔; 膨胀砂浆

文献标识码: A

中图分类号: P642; TD166

近年来, 锚杆技术越来越多地应用在工程地质勘察中, 如深基坑支护、边坡支护、抗浮锚杆等. 在工程实践中, 如何提高锚杆锚固力是工程技术人员关心的问题, 下面就这一问题进行探讨.

γ —土的天然重度 (kN/m^3);

c —土的黏聚力 (kPa)

h —锚杆锚固体中点的埋置深度 (m);

φ —土的内摩擦角 ($^\circ$).

1 锚杆锚固力的理论计算

目前, 大连地区施工的锚杆几乎都为圆柱型一次常压灌浆锚杆. 依文献 [1, 2], 圆柱型锚杆锚固力 ($K \cdot N_t$) 为:

(1) 黏性土

$$K \cdot N_t = \pi \cdot d_2 \cdot l_a \cdot q_s$$

(2) 非黏性土

$$K \cdot N_t = \pi \cdot d_2 \cdot l_a \cdot (q_s + \sigma \cdot \text{tg } \delta)$$

式中: N_t —锚杆的设计轴向拉力值 (kN);

K —安全系数;

d_2 —锚固体直径 (m);

l_a —锚固体长度 (m);

q_s —土体与锚固体间黏结强度值 (kPa);

σ —锚固体剪切面上法向应力 (kN/m^2);

δ —土体与锚固体间的摩擦角 ($^\circ$);

对于风化岩或土层中的砂浆锚杆

$$q_s = \tau = c + k_0 \cdot \gamma \cdot h \cdot \text{tg } \varphi$$

式中: k_0 —锚固段土压力系数, 一般情况下 k_0 接近或小于 1, 如采用高压灌浆工艺 k_0 可大于 1;

2 锚杆抗拔试验成果分析

笔者在总结大连地区 10 项工程 76 根锚杆抗拔试验时, 发现锚杆的锚固力是受多种因素影响的, 有很多问题值得研究探讨. 下面以大连市区粉砂质黏土 (Q_3^{dpl}) 为例来分析锚杆锚固力的影响因素.

大连市区粉质土呈棕黄色、棕红色, 含砾石及碎石, 多属可塑, 少数为硬塑或软塑. 其工程地质特征见表 1. 依规范 CECS22: 90^[1] 附录二, 黏性土 q_s 值, 软塑为 30~40 kPa; 可塑 40~50 kPa; 硬塑 50~60 kPa. 日本地锚协会统计归纳抗剪强度, 黏性土 ($1.0 \sim 1.30$) $^\circ c$, 即 q_s 值 39~61 kPa^[1, 2].

从大连地区锚杆现场抗拔试验结果 (表 2) 可以看出, 强风化岩和土层的 q_s 值平均值与国内外推荐值接近, 但其值变化很大, 如粉质黏土 q_s 值为 7.84~104.55 kPa, 强风化板岩 q_s 值为 16.23~143.97 kPa, 其最大值与最小值相差 9~13 倍.

在大连西岗文化大厦深基坑支护工程场地东西两壁相同标高粉质黏土地层作了两组现场锚索抗拔试验. 试验 1: 编号 MG-8 锚索为 6 $\times$ 7 ϕ 5 钢绞线, 锚索长 22.0 m, 锚固体长 15.0 m, 极限抗拔力为 550

表 1 大连地区粉质性土的工程地质特征

Table 1 Engineering geologic figures of silty soil in Dalian area

物理力学指标	容重 $\gamma / (\text{kN}/\text{m}^3)$	孔隙比 e	天然含水量 $w/\%$	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩模量 E_s/MPa	内聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/ (^\circ)$
范 围	17.0~20.9	0.48~1.07	13.50~36.70	10.20~17.0	0.01~1.18	3.114~30.560	4~90	2.33~43
常见值		0.69~0.72	21.99~23.20	13.73~13.99	0.33~0.40	8.938~14.814	39~47	17.34~23.16

表 2 大连地区锚杆抗拔试验结果统计表

Table 2 Results of pull-out type test for anchorage bar in Dalian area

岩 性	q_s/kPa	q_s 平均值/ kPa
杂填土*	17.14~32.02	24.55
粉质黏土	7.84~104.55	43.20
碎石混土*	44.30	44.30
强风化板岩	16.23~143.97	73.88
中风化板岩	61.45~117.10	87.30
中风化辉绿岩	79.98~93.18	84.51
灰岩*	137.12	137.12
中风化板岩石英岩互层	185.75~192.39	189.05
中风化石英岩*	420.88~8742.72	593.90

注: 带*者样本数少

~640 kN, 单位极限抗拔力为 36.7~42.7 kN/m, q_s 值为 89.86~104.55 kPa; 试验 2: 编号 MG-1 锚索为 3×7 ϕ 5 钢绞线, 锚索长 20.0 m, 锚固体长 13.0 m, 极限抗拔力为 160~240 kN, 单位极限抗拔力为 12.3~18.5 kN/m, q_s 值为 30.12~45.30 kPa, 两者 q_s 值相差近 3 倍。

分析其产生原因: 编号 MG-1 锚索为 XY-4 型钻机水钻成孔, 孔壁有泥膜, 锚孔内有泥浆, 影响灌浆效果。而编号 MG-8 锚索为 MZ-30 型钻机螺旋风动成孔, 孔壁无泥膜, 锚孔内无泥浆, 灌浆效果较好。从挖掘出来的锚杆(索)来看, 不论土层或岩层锚杆(索)在锚固体锚孔孔壁上土(岩)体与水泥浆之间都存在一种介质, 或泥膜或岩粉或扰动土体, 特别是水的存在使得锚杆(索)的抗拔力低于理论值。

3 提高锚杆锚固力方法

从公式中可以看出, 影响 q_s 值的主要因素是钻探成孔工艺(影响 c 、 φ 值)和锚杆注浆质量(影响

k_0 值)。为此, 为提高锚杆的锚固力, 应采用适当的钻探成孔工艺和注浆方法。对于锚杆灌浆, 规范^[1]中要求水泥浆可加入控制泌水或延缓凝结等外加剂, 除二次劈裂灌浆和自由段的充填灌浆外, 一般不宜采用膨胀剂。据生产实践经验并参考有关资料^[3, 4], 笔者建议使用膨胀砂浆(又称补偿收缩砂浆), 它是由膨胀水泥或普通水泥掺入膨胀剂与细骨料和水配制而成, 具有微膨胀特性, 可用来抵消砂浆的全部或大部分收缩。因此, 抗拔试验 q_s 值大于国内外推荐值是膨胀砂浆起关键作用。

对于风化岩或土层灌浆锚杆, 笔者建议采用风动成孔; 对于中风化或微风化岩层灌浆锚杆, 建议采用风动成孔并进行清水洗孔。

目前, 专门进行锚杆锚固力影响因素分析的抗拔试验较少, 大多为验证设计而进行试验, 锚杆抗拔试验时间大多在砂浆养护 7~10 天进行, 试验成果多为线性变形, 只有少量试验为破坏性抗拔试验, 所以上述成果可能偏于保守。

建议对锚杆进行时效监测, 另外建议锚杆抗拔试验同时进行钢筋应力测试。

参考文献:

[1] 冶金工业部建筑研究总院. 土层锚杆设计与施工规范 CECS22: 90 [S].
[2] 工程地质手册编写委员会. 工程地质手册(第三版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.
[3] 江正荣, 编. 建筑施工工程师手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.
[4] 长江水利委员会三峡工程代表局. 长江三峡水利枢纽岩锚支护现场试验报告 [R]. 1996.

STUDY ON THE METHOD TO STRENGTHEN ANCHORING FORCE OF ANCHORAGE BAR

DONG Ye

(Liaoning Investigation Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Dalian 116037, China)

Abstract: Though 76 pull-out type tests for anchorage bars in 15 projects in Dalian area, it is recognized that the anchoring force is affected by multiple factors. The major factors are the drilling techniques and quality of poured mortar. To strengthen the anchoring force of anchorage bar, the author suggests to use air drilling technique for weathered rocks or soil. And for medium and weakly weathered rocks, the drilling holes should also be washed with clean water. Expansive mortar is suggested to pour the anchorage bars. The stress of steel should be measured during the pull-out type tests for anchorage bars.

Key words: anchoring force; pull-out type test; air drilling; expansive mortar

作者简介: 董晔 (1964—), 男, 锡伯族, 辽宁海城人, 高级工程师, 1986 年毕业于中国地质大学 (武汉) 水工专业, 主要从事岩土工程勘察、地基处理、深基坑支护、边坡支护工程设计、施工工作; 通讯地址: 大连市甘井子区南关岭镇 辽宁水文地质工程地质勘察院, 邮政编码 116037.

《地质与资源》2002 年征订启事

《地质与资源》是由国土资源部主管、沈阳地质矿产研究所主办的地学类科技期刊, 国内外公开发行, 刊号 ISSN 1671-1947/CN 21-1458/P.

本刊创刊于 1992 年, 曾名《贵金属地质》, 在广大热心读者和作者的支持下, 为我国贵金属地质科学研究和生产实践作出了应有的贡献. 本刊已被“中国期刊网”、“中国学术期刊 (光盘版)”及“万方数据——数字化期刊群”全文收录, 为“中国科学引文数据库”、“中国学术期刊综合评价数据库”和“中国科技论文统计源”来源期刊, 并被著名国际检索机构美国《化学文摘》(CA) 和俄罗斯《文摘杂志》(PJK) 所收录, 成为在国内外具有广泛影响的学术刊物.

为顺应形势发展需要, 为配合新一轮国土资源大调查战略部署, 经科学技术部批准, 本刊于 2001 年更名为《地质与资源》.

《地质与资源》将继续坚持为读者服务、为作者服务的办刊宗旨, 跟踪地质学世界前沿问题, 全面反映地质调查工作的最新成果, 同时充分报道国内外地质与资源研究领域的现状、水平、发展趋势, 面向广大从事地质科学研究、生产、教学及管理人员, 为读者提供更大的信息量, 为作者提供更广阔的论坛. 《地质与资源》设置以下栏目: 区域地质调查、矿产资源评价、水文·工程·环境·生态地质、贵金属地质、综述、方法与应用、问题讨论、国外研究动态等. 欢迎各界读者踊跃订阅.

《地质与资源》为季刊, 每季末月 25 日出版, 每册订购价 9.00 元, 全年 36.00 元 (含邮费). 订阅者请向本刊编辑部索取订单, 订购款一律邮汇.

《地质与资源》编辑部地址: 沈阳市北陵大街 25 号, 邮政编码: 110033, 电话: 024-86855263, 传真: 024-86843124.