

# 岩石点荷载强度试验在水利工程中的实践探讨

葛凌锋

上海隧道工程质量检测有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i1.6032

**[摘要]** 本文阐述了岩石点荷载强度试验在水利工程中的应用实践,包括试验原理、方法、步骤,并结合吴淞江工程(上海段)新川沙河段工程,阐述了所得数据处理计算并进行了结果分析。得出了本次试验结果可能影响因素与岩石点荷载试验数据对本工程具有重要的意义。展望在今后的水利工程建设中,应进一步重视和推广岩石点荷载强度试验技术,不断完善试验方法和数据处理手段,注重结果分析运用,为水利工程的地质勘察、设计、施工和运行管理提供有力的技术支持。

**[关键词]** 岩石点荷载强度; 数据处理; 结果分析; 应用展望

中图分类号: P413 文献标识码: A

Practical exploration of rock point load strength test in hydraulic engineering

Lingfeng Ge

Shanghai Tunnel Engineering Quality Inspection Co., Ltd.

**[Abstract]** This article elaborates on the application practice of rock point load strength test in hydraulic engineering, including the test principle, method, and steps. Combined with the Wusong River project (Shanghai section) and the Xinchuansha River section project, the data processing and calculation obtained are explained, and the results are analyzed. The possible influencing factors and rock point load test data obtained from this experiment are of great significance to this project. In the future construction of water conservancy projects, it is necessary to further attach importance to and promote the rock point load strength test technology, continuously improve the test methods and data processing methods, pay attention to the analysis and application of results, and provide strong technical support for geological exploration, design, construction, and operation management of water conservancy projects.

**[Key words]** rock point load strength; Data processing; Result analysis; Application prospects;

## 引言

水利工程建设中,岩石作为重要的地质材料,其力学性质对工程的稳定性和安全性至关重要。岩石点荷载强度试验因操作简便、对试样要求相对灵活等特点,在水利工程实践中得到广泛应用,为工程前期勘察、设计施工等阶段提供关键的岩石强度参数依据。

### 1 试验原理

岩石点荷载强度试验是基于点荷载作用下岩石的破坏特性,通过对岩石试样施加集中点荷载,直至试样破坏,根据破坏荷载和试样尺寸计算出点荷载强度指数,进而推算岩石的单轴抗压强度等其他力学参数。其原理符合岩石在复杂应力状态下的破坏规律,能较好地反映岩石的实际受力情况。

### 2 试验方法

2.1 试样制备: 在水利工程现场或岩芯样本中选取具有代表性的岩石块体,按照试验要求加工成规则的圆柱体、方块体或不

规则形状的试样,并确保试样的尺寸精度和表面平整度满足试验标准。

2.2 试件尺寸要求: 当采用岩芯试件作径向试验时,试件的长度与直径之比大于1,做轴向试验时,加荷两点间距与直径之比为0.3~1.0;当采用方块体或不规则块体试件做试验时,尺寸为15mm~85mm通常采用50mm加荷两点间距与加荷处平均宽度之比为0.3~1.0试件长度不小于加荷两点间距。

2.3 试件的含水状态: 宜根据需要选择天然状态、干燥状态或饱和状态。

2.4 试件的数量: 应根据试验性质、含水状态、各向异性特征而定,同一含水状态和同一加荷方向下,岩芯试件每组宜为5~10个,方块体或不规则块体试件每组宜为,15~20个。

2.5 试验设备: 采用专用的点荷载试验仪,该仪器能够精确施加轴向荷载,并配备有荷载测量传感器装置,以实时记录试验过程中的荷载数据。



图1 岩石点荷载试验装置

2.6 试验步骤: 将试样置于点荷载仪的上下两个加载锥之间, 调整试样位置使其中心与加载锥轴线重合, 然后以恒定的加载速率缓慢施加荷载, 直至试样发生破坏, 记录破坏时的荷载值, 并测量试样破坏面的尺寸参数。在上述操作过程中, 需要注意: (1) 试验前应检查加荷系统, 率定、调整测量系统, 检查试验仪上下两个加荷锥头是否准确对中等。(2) 试件安装应满足要求, 径向试验时, 将岩芯试件放入球端圆锥之间, 使上下锥端与试件直径两端紧密接触, 两加荷点的连线通过试件直径, 量测加荷点间距, 加荷点至试样自由端的距离不小于加荷两点间距的0.5倍; 轴向试验时, 将岩芯试件放入球端圆锥之间, 使上下锥端位于岩芯试件的圆心处并与试件紧密接触, 量测加荷点间距及垂直于加载方向的试件宽度; 方块体与不规则块体试验时, 选择试件最小尺寸方向为加荷方向, 将试件放入球端圆锥之间, 使上下锥端位于试件中心处并与试样紧密接触。量测加荷点间距及通过两加荷点最小截面的宽度或平均宽度, 加荷点至试样自由端的距离不小于加荷两点间距的0.5倍; (3) 试验时应连续均匀施加荷载, 使试件控制在10s~60s内破坏, 记录破坏荷载。(4) 试验结束后, 应描述试样的破坏形态。破坏面应贯穿整个试件并通过两加荷点, 否则为无效试验。



图2 岩石点荷载试验后残样

### 3 工程项目中数据处理及结果分析

3.1 项目背景。以吴淞江工程(上海段)新川沙河段工程为例, 吴淞江工程是《太湖流域防洪规划》等规划确定的流域综合治

理骨干工程之一, 也是国务院确定的全国172项节水供水重大水利工程项目的子项。主要功能是以流域行洪为主、结合区域除涝, 兼顾航运和水环境改善。

吴淞江工程全长约125公里, 其中: 上海段长约69公里, 西起苏沪交界, 向东沿吴淞江、蕴藻浜至嘉定宝山区界附近分为两支: 一支向北通过新开罗蕴河、拓浚新川沙河入长江, 另一支沿蕴藻浜入黄浦江。该工程分为五个阶段进行, 在进行第一阶段罗蕴河(新川沙河段)施工方案中, 需沿线新建13.5km的护岸。

通过对方块体岩石进行天然含水状态下点荷载强度试验, 得出15块方块体岩石的破坏荷载及点荷载强度指数:

#### 3.2 数据处理。

(1) 未经修正的岩石点荷载强度指数应按下式计算:

$$I_s = \frac{P}{D_e^2}$$

式中 $I_s$ ——未经修正的岩石点荷载强度指数(MPa);

$P$ ——破坏荷载(N);

$D_e$ ——等效岩芯直径(mm)。

(2) 方块体或不规则块体试验的等效岩芯直径可按下式计算。

$$D_e = \sqrt{\frac{4b \cdot D}{\pi}} \quad \text{或} \quad D_e = \sqrt{\frac{4b \cdot D'}{\pi}}$$

式中 $D_e$ ——等效岩芯直径(mm);

$D$ ——加荷点间距(mm);

$D'$ ——上下锥端发生贯入后, 试样破坏瞬间的加荷点间距(mm);

$b$ ——通过两加荷点最小截面的宽度(或平均宽度)(mm)。

(3) 计算值应取3位有效数字。

3.3 结果分析。根据标准要求, 当等效岩芯直径等于50mm时, 可不进行修正。同时当一组有效的试验数据超过10个时, 应舍去两个最大值和两个最小值, 计算算术平均, 故本次点荷载强度平均值为8.19MPa。

本次试验结果可能影响因素有: ①试样因素。试样的形状、尺寸、完整性以及含水量等都会影响试验结果。不规则试样的形状差异可能导致应力分布不均; 尺寸过小可能无法代表岩体整体特性; 存在裂隙等缺陷会降低试样强度; 含水量过高则可能使岩石软化, 强度降低。②加载条件。加载速率的稳定性和准确性对试验结果有显著影响。加载过快可能使岩石呈现脆性破坏, 测得强度偏高; 过慢则可能导致试验时间过长, 且岩石内部应力松弛, 使强度偏低。③试验操作误差: 试验过程中, 试样的安装位置、加载轴线的对准程度以及数据记录的准确性等人为操作因素也可能引入误差。操作人员应经过专业培训, 严格按照操作规程进行试验, 减少因操作不当导致的误差, 提高试验数据的可靠性。

试件编号	1	2	3	4	5	6	7	8
破坏荷载(kN)	24.86	23.77	26.22	21.83	28.62	25.38	27.52	22.36
试件尺寸(mm)	50	50	50	50	50	50	50	50
加荷点间距(mm)	50	50	50	50	50	50	50	50
未修正的点荷载强度(MPa)	7.81	7.47	8.24	6.86	8.99	7.97	8.65	7.02
修正的点荷载强度(MPa)	7.81	7.47	8.24	6.86	8.99	7.97	8.65	7.02
试件编号	9	10	11	12	13	14	15	——
破坏荷载(kN)	27.54	25.15	29.77	28.67	26.90	21.18	29.66	——
试件尺寸(mm)	50	50	50	50	50	50	50	——
加荷点间距(mm)	50	50	50	50	50	50	50	——
未修正的点荷载强度(MPa)	8.65	7.90	9.35	9.01	8.45	6.65	8.96	——
修正的点荷载强度(MPa)	8.65	7.90	9.35	9.01	8.45	6.65	8.96	——

岩石点荷载试验数据对本工程具有重要的意义: 主要体现在: ①评估了岩石强度。因为通过点荷载试验, 可以求取岩石的抗压强度, 这是评价岩石工程性质的基本参数之一。抗压强度反映了岩石抵抗压缩破坏的能力, 对于护岸工程的新建尤为重要。②判断了岩石各向异性。点荷载强度指数可以用来判定岩石的各向异性, 即垂直于软弱面和平行于软弱面上岩石强度的差异。这对于理解岩石的应力-应变关系和预测工程行为非常重要。③对岩石等级进行了分类。点荷载强度指数是岩石分级的重要依据之一, 在工程实践中, 根据岩石的分级可以更好地指导工程开挖和支护维护等施工活动。综上所述, 岩石点荷载试验为工程设计、施工和管理提供了重要的强度数据, 为工程的安全性和经济性起到了重要作用。

#### 4 在水利工程中的应用展望

4.1 工程地质勘察: 在水利工程前期的地质勘察阶段, 通过岩石点荷载强度试验快速获取大量岩石的强度信息, 了解工程区域内岩石的总体力学性能, 为地质构造分析、岩体稳定性评价提供基础数据, 帮助确定工程建设的可行性和适宜性。

4.2 岩石分类与质量评价: 根据岩石点荷载强度指数, 结合相关的岩石分类标准, 对水利工程中涉及的岩石进行分类, 判断岩石的质量等级, 为工程材料的选用、开挖方法的选择以及工程预算的编制等提供参考, 有助于优化工程设计和施工方案。

4.3 结构稳定性评价: 在水利工程中, 坝基岩石的强度是保证大坝稳定的关键因素之一。利用点荷载强度试验结果, 结合其

他岩石力学参数, 评估坝基岩体在大坝荷载作用下的承载能力和变形特性, 为坝基的设计和加固处理提供依据, 确保大坝在运行过程中的安全稳定。

#### 5 结论

岩石点荷载强度试验在水利工程中的应用具有重要的实践意义。通过该试验能够快速、准确地获取岩石的力学强度参数, 为水利工程的地质勘察、设计、施工和运行管理提供了有力的技术支持。在今后的水利工程建设中, 应进一步重视和推广岩石点荷载强度试验技术, 不断完善试验方法和数据处理手段, 以提高水利工程建设科学性和可靠性, 保障水利工程的长期稳定运行。

#### [参考文献]

- [1]吕庆平. 浅谈海岸线蚀退与海堤防护[J]. 内蒙古石油化工, 2008(10):11.
- [2]陈永亮. 海堤工程除险加固出生探讨[J]. 黑龙江水利科技, 2017, 45(01):81-83.
- [3]曹伟. 桩端岩石点荷载强度试验数据的处理应用[J]. 安徽建筑大学学报, 2017, 25(03):21-25.
- [4]《水利水电工程岩石试验规程》. 中华人民共和国水利行业标准. SL/T264-2020.

#### 作者简介:

葛凌锋(1987--), 男, 汉族, 上海人, 本科, 研究方向: 水利工程。