

格宾石笼结构的劣性及其补强措施

李宇^{1,2}, 陈尧隆²

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 西安理工大学 水电学院, 陕西 西安 710048)

摘 要: 格宾石笼材料是一种经济节约的、标准的建筑材料,已被全世界众多工程师所公认,格宾石笼结构作为一种价廉而经久耐用的柔性结构体,亦然在河床疏浚工程、护岸、围堰以及小型溢洪道等小型水工建筑物的设计、施工及老化建筑物再生修复中发挥着作用。从格宾石笼的发展、演变入手,分析了格宾石笼结构特点,并重点研究了其劣性产生原因,提出了石笼结构不同破坏形式的预防和补强措施,可为类似石笼结构不同破坏形式的修复提供参考。

关键词: 格宾石笼结构; 石笼结构物; 劣性; 补强

文献标识码: B

文章编号: 1000—288X(2008)01—0042—04

中图分类号: S157, TV39

Weaknesses of Gabion Material Structure and Its Remedial Measures

LI Yu^{1,2}, CHEN Yao-long²

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. College of Water Resources and Hydroelectricity Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: Gabion materials are now recognized by most engineers throughout the world as an economical and standard construction material. Gabion material structures still play important roles in the design, construction and remedy of small hydraulic structures such as river dredging, channel bank protection, designing cofferdams and small spillways, etc., by now. Beginning with the development and evolution of gabions, firstly, properties of gabion structure are discussed; furthermore, the characteristics of low quality occurred in gabion structures are analyzed; lastly, the proper remedial and reinforcing methods and measures to the weaknesses found in gabion structures are presented.

Keywords: gabion material structure; gabion material; characteristics of low quality; remedy and reinforcement

从 16 世纪开始,欧洲的工程师们就使用装满泥土的柳条篮(图 1)——意大利石笼 (Italian gabion) 来加强军事炮台和加固河堤。今天,同样的技术如今被称为“格宾石笼”技术,已被众多发展和发达国家用来建造成成本低,耐久性强的块体结构小型水工建筑物。不同的是,现在用镀锌铁丝网取代了柳条篮,用块石代替了泥土,但石笼结构强度没有改变。石笼结构固有的柔性特点使得石笼结构物只能产生弯曲变形而不致发生断裂破坏,因此可以防止结构有效性的丧失。由于石笼结构是连接在一起的,可以经受一定程度的拉力,而此拉力对于干砌石建筑,对素混凝土和污工结构物,是非常危险的破坏力量。现在格宾石笼材料被世界上许多工程师认为是一种标准的建筑

材料,石笼结构也在许多发展中国家的水利工程中得到广泛应用^[1]。

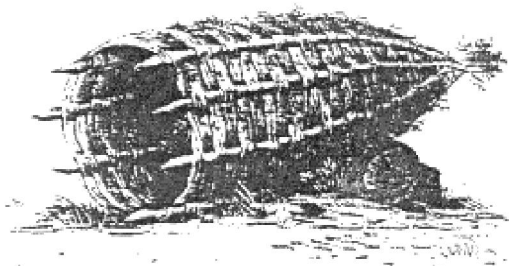


图 1 意大利石笼(柳条篮)

现代格宾石笼技术是指将抗腐耐磨高强的低碳高镀锌钢丝或铝锌合金钢丝(或同质包塑钢丝),编织

收稿日期:2007-10-09

修回日期:2007-11-03

资助项目:西北农林科技大学校长基金资助项目(08080101)

作者简介:李宇(1967—),男(汉族),陕西省武功县人,讲师,在读博士生,主要从事老化水工建筑物的再生修复和水工结构方向的研究。

E-mail:liyu2188@yahoo.com.cn.

成双绞、六边形网目的网片,根据工程设计要求组装成蜂巢网箱,并装入块石等填充料的一项工程技术(图 2)。格宾石笼是一种蜂巢型结构,最能符合力学的原理,是一个同性质的巨大块状结构体,具有承受张力的功能,并可吸收未知的压力。这项技术能较好地实现工程结构与生态环境的有机结合,现在亦然成为保护河床,治理滑坡,防治泥石流灾害,防止落石兼顾环境保护的首选结构形式^[2-5]。

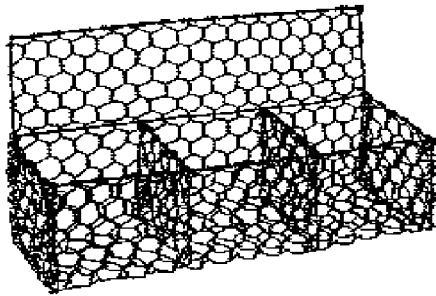


图 2 现代格宾石笼

虽然格宾材料应用十分广泛,但至今其设计和制作还没有统一规范标准可遵循,大多数工程参考以往施工经验,而且在实际施工中存在问题,这些问题主要是由于格宾石笼结构中存在较多空隙,水在空隙中不断渗流、冲刷,对结构体本身及其周围土壤的稳定性产生较大的影响。因此,对格宾石笼结构体劣性补强措施的研究十分必要。

1 格宾石笼的结构技术特点

1.1 格宾网的编织及金属线径的规定

格宾网是由金属线编织而成的六角形网(图 3)。金属网是用双绞的方式编织而成,结构合理牢靠,即使一两根金属线断了,网状物也不会轻易解开。用来编织的金属网的线径根据网的大小而不同。

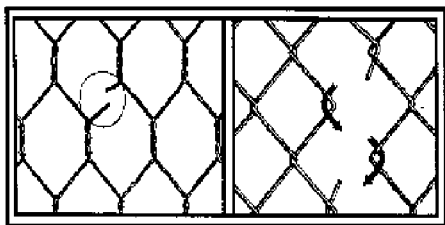


图 3 金属筛网

现代的金属线通常由锤炼过且热镀锌(符合国际标准 BS-443,BS-1052)的软网丝做成。在一些水质不太好(如 pH 值过低)且对工程寿命、质量要求高的地方,也可以在镀锌线上再包覆上一层经特殊优化的抗腐蚀聚氯乙烯树脂(PVC)。其成品结构具有防锈,防静电,抗老化,耐腐蚀,高抗压,高抗剪等特点,

能有效抵抗咸水或高度污染的侵蚀。常见的格宾材料规格见表 1^[1]。

表 1 常见格宾材料规格 mm

镀锌格网		涂 PVC 格网	
标准网孔大小	网格线直径	标准网孔大小	网格线直径
80 ×100	2.7	60 ×80	2.2
80 ×100	3.0	80 ×100	2.2
100 ×120	3.0	80 ×100	2.7
100 ×120	2.7	100 ×120	2.7

注: PVC 镀锌直径为金属线的实际直径,不包括 PVC 厚度。

1.2 格宾石笼的结构特点

现代的格宾石笼通常是由金属网编织而成的六边形蜂巢形网箱,中间被横隔栅分成几个部分(图 2),横隔栅的多少由石笼大小所决定,标准人造石笼尺寸和隔栅(栅)数量参见表 2^[1]。

表 2 标准的人造石笼尺寸和隔栅数量

尺寸/m	格数	容量/m ³
2 ×1 ×1	1	2.0
3 ×1 ×1	2	3.0
4 ×1 ×1	3	4.0
2 ×1 ×0.5	1	1.0
3 ×1 ×0.5	2	1.5
4 ×1 ×0.5	2	2.0
2 ×1 ×0.3	1	0.6
3 ×1 ×0.3	2	0.9
4 ×1 ×0.3	3	1.2

格宾石笼的边缘都要用金属线进行加固,通常情况下所采用的材料和金属网的材料一样,但直径稍大一些。

格宾石笼技术在现代水利工程中广泛应用,主要由于同其它材料相比,它有许多自身的优点,具体表现在以下 4 个方面。

(1) 能够紧密地结合形成一体,具有延展性和柔性,可抵抗高强度压力,可承受大范围的变形而不破裂。(2) 能有效地解决孔隙水压力的影响,防止由流体静力造成的损害。(3) 经济方便,只需将石头放入笼子封口即可。施工简便,不需要特殊的技术。运输费用小,可将石笼网格折叠起来运输,在工地上装配。(4) 有很强的抵御自然破坏及耐磨蚀和抗恶劣气候影响的能力,使用寿命长。

1.3 格宾石笼的结构设计特性

1.3.1 网箱的配置和尺寸 格宾石笼结构要达到最

佳效果,必须将注意力更多地放在填石及堆叠之安排上,以使结构体内所有网材发挥其高强度应力特性。

用石笼结构体建造挡土墙时,当墙高超过 4 m 或 5 m 时,在受压和受剪最大的基础,使用 0.5 m 高的网箱比 1.0 m 高的网箱有利。此外增加垂直墙面,也就是增加平行土动压力方向的隔网数量,可以有效地降低由于受剪力而产生的变形破坏。

1.3.2 排水 与其它的挡土设施相比较,蜂巢格宾石笼因具有透水 and 自排水性,所以对结构体本身提供了额外的安全系数,蜂巢格网结构物因此不会受到比预期压力更大的水压力,更不会产生基础及背填土质恶化的问题。对在雨水量较多地区建议增加一个混凝土底座,以便排除渗水或集水管所收集到的渗水。

2 格宾石笼结构在利用中存在的问题

在水利建设中有许多因素影响到格宾石笼结构的安全,如石笼的铺设高度、水位、流速、水流冲蚀等。但格宾石笼结构被破坏的形式主要是 2 种。(1) 石笼网被撕裂,或石笼材料因水流冲刷而破坏;(2) 石笼离开原来的位置,稳定性被破坏,或石笼结构因沉降而破坏^[1]。

以上 2 种破坏形式,后果十分严重,往往会导致整个水工结构的崩溃,必须加以防止。还有一种破坏形式,石笼虽然完好无损,可里面的石头却没了,这主要是由于水流流速过高,而充填的块石质地不够坚硬或体积较小,随着水流的不断冲蚀,块石之间不断摩擦,体积不断减小,最终从石笼网孔中流出。所以填充的块石必须达到一定的标准。

3 石笼结构破坏形式补强方法和措施

3.1 石笼格网破裂的补强

前面提到做格宾石笼的金属网大多是由电镀金属线编织而成的,其抗老化、抗腐蚀性能很好,一般情况下,一个格宾石笼的寿命可达 40 a 之久,有些甚至可达到 80 a。所以石笼的破裂通常不是由于金属线的老化锈蚀造成的,而主要是由于石笼中的石头在水流的作用下不断摩擦金属网,从而导致了石笼格网的破裂。解决上述破坏形式,可用如下方法。

格宾石笼铺设好以后,可以在石笼上加设一层厚度约 20 cm 的混凝土。混凝土不能浇筑成一个整体,要预留一定的伸缩缝,防止温度变化造成温度裂缝。为了加强其稳定性以防滑动,要在混凝土层中竖直均匀布置一系列钢筋,并且钢筋要一直伸到下面的石笼中,末端固定在石笼中(图 4)。工程中采用钢筋直径通常为 14 mm,也可以根据实际情况而定。由于石

笼中存在较多的水,所以存在较大的水压力,其对混凝土层产生较大压力,极大地影响混凝土层的稳定性。解决这一问题,可在混凝土层中竖直浇筑一些 PVC 管以缓解水压力。管与管之间大约间隔 1 m 距离。同时增设一层混凝土层后还可以防止随水流冲下来的杂草和杂物夹在石笼中,破坏石笼结构性能。

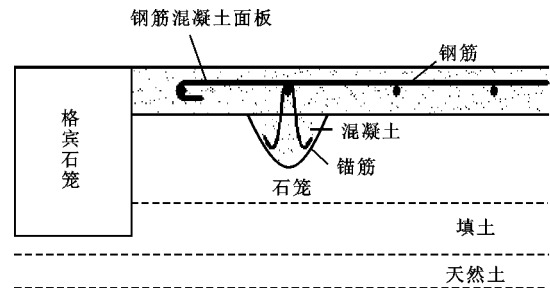


图 4 锚固混凝土衬砌中的钢筋布置

3.2 格宾石笼结构失稳修复

在格宾石笼结构中笼和地基之间的接触问题十分重要,尤其当结构体处于流水之中,流水会导致石笼周围土壤的流失,这种现象主要是由于石头间有空隙,流水在这些空隙所形成的管道中产生局部加速度从而导致土壤的大量流失,少数情况下石笼结构会最终稳定下来,但多数情况下石笼结构会因此失去平衡,最终导致整个石笼结构溃塌。一般情况下,可采用如下 2 种方法防止这种现象发生。(1) 在石笼和天然土层之间布置一道可透水的垫层。(2) 减少通过石笼结构水流的流量和流速。

在石笼和天然土层之间布置一层可透水的垫层,如土工织物等,对大多数格宾石笼结构来说都是十分有效的。但如果通过石笼结构体的水量很大的话,就有必要在结构中最薄弱的地方进行额外的保护。事实上从长远来看,水流会破坏任何垫层,所以进行额外的保护就显得尤为重要。在通常情况下,格宾石笼结构中需要额外保护的地方共有 4 处。(1) 格宾石笼结构的两端和填土之间的垂直接触面。(2) 围堰的堰脚处。(3) 溢洪道两边边墙的格宾石笼结构。(4) 围堰下游河道的消力池、消力坎。在这些地方要设置半透水或不透水的防渗帷幕来减少或阻止水流。半透水防渗帷幕可用土工织物制作,而不透水的防渗帷幕可用经过加工的格宾石笼结构。它的生产方法和一般的格宾石笼结构一样,只不过是填充块石的过程中块石之间的空隙都被混凝土填充,图 5 为不透水的防渗帷幕的施工布置简图。

有时,即使采取了预防措施,也会发生上述破坏现象,这时,必须填充新的块石或用新的格宾石笼代替已经破坏的石笼,并对其周围的基础进行修复处理。

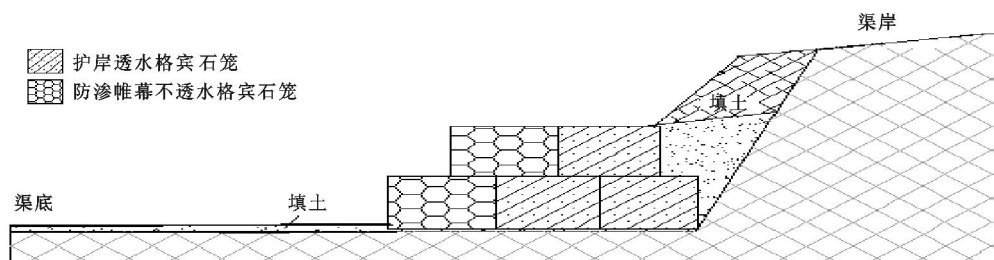


图 5 不透水防渗帷幕施工布置简图

4 结论

(1) 双铰镀锌石笼结构体因其固有的柔性特点, 以及即使发生体积变形, 也不致遭受断裂破坏的优点, 使得这种结构仍然活跃在小型土坝设计、防波堤、河床疏浚以及防止水力冲蚀等水利工程领域。

(2) 石笼结构的劣性是石笼结构本身存在较多空隙引起的, 渗流在结构体中, 以及在石笼结构体及其相邻的土体材料或地基分界面处不断渗透、冲刷, 从而导致石笼周围土壤流失, 最终引起结构体及其周围土壤的失稳。

(3) 通过石笼结构体上加设锚固混凝土衬砌, 并在混凝土衬砌层中竖直加排渗 PVC 管的方法来预防石笼格网破裂破坏。

(4) 通过在石笼结构体与天然土层之间布置可透水垫层, 或减少通过石笼结构体水流流量和流速的方法可以防止渗流冲刷、淘蚀结构体及其周围土壤, 从而防止石笼结构失稳破坏。

(5) 对通过高流速、大水量的石笼结构体, 需在

石笼结构体最薄弱的地方设置半透水或不透水的防渗帷幕来防止水流的冲蚀破坏。

(6) 石笼结构物的设计和施工还没有标准可循, 关于石笼结构劣性预防和修复办法有待进一步积累经验。

[参 考 文 献]

- [1] AGL/MISC/32/2001. Small Dams and Weirs in Earth and Gabion Materials [M]. Rome, 2001.
- [2] United States Army Corps of Engineers PROSPET Training Course. Streambank Erosion and Protection, Gabion Structures for Streambank Erosion Protection [M]. America, 1994.
- [3] United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. Design of Small Dams [M]. Washington, DC, 1987.
- [4] 陈润夏. 石笼防护结构施工工艺规范化探讨[J]. 水利技术监督, 2007, 15(5): 6—8.
- [5] 张焕洲, 谢平. 格宾网材在黄石长江干堤合兴堤段的应用[J]. 人民长江, 2002, 33(9): 38—39, 48.

(上接第 41 页)

[参 考 文 献]

- [1] 长江水利委员会. 长江年鉴 [M]. 长江年鉴社, 2000—2004.
- [2] 孙广友, 唐邦兴. 长江源区自然环境研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [3] 唐荣昌, 韩渭宾. 四川活动断裂与地震 [M]. 北京: 地震出版社, 1993: 1—1192.
- [4] Maddy D. Uplift-driven valley incision and river terrace formation in Southern England [J]. JWS, 1997, 12(6): 539—545.