

③
12-14

碾压混凝土的物理力学特性

季竹林

任旭华 宋瑞平

TU529.01

(深圳宝安集团房地产部 深圳 518000) (河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

摘要 基于碾压混凝土与常规混凝土是两种不同的建筑材料的观点,对碾压混凝土物理力学性能进行了详尽的讨论。结合国内外试验成果,比照国内外同类研究资料,对工程中采用的参数进行了讨论。

关键词 碾压混凝土, 物理力学特性, 层面, 综合述评

目前在碾压混凝土坝的设计与施工中,有关混凝土的物理力学性能指标及其评定方法,基本参照常规混凝土。然而,由于碾压混凝土的超干性,其成型方法与常规混凝土截然不同。前者以加压振动而成,而后者不加压。由于加工方法不同,碾压混凝土的配合比选择和组分比例也和常规混凝土有较大的差别。因此碾压混凝土的物理力学性能并不完全符合常规混凝土的水灰比定则,它在很大程度上的取决于振动压实的密实度^[1]。碾压混凝土坝存在众多施工层面,这些层面结合特性受到材料性质、施工机械性能、施工现场气候条件和施工管理水平等诸多因素的制约和影响。如层面间歇时间控制欠妥,处理不当,在层面上会形成一些结合性差的薄弱面,对大坝的工作性态产生不利的影响。因此研究层面结合特性,分析层面存在的薄弱环节,对指导工程施工有现实意义。

1 碾压混凝土的强度特性

碾压混凝土的强度与常规混凝土一样受很多因素的影响,除与其密实度相关外,密实的碾压混凝土的强度与水胶比直接相关,同时还与材料的胶砂比(胶凝材料与砂之比)、骨料

的级配等有关。国内外的试验资料^[1~9]都表明,碾压混凝土的强度符合水胶比定则,即在一定范围内强度随水胶比的增大而降低。

国内试验^[2,3~8]表明,碾压混凝土抗压强度的特点是早期强度较低(特别是 14 d 以内),28 d 以后增长较快,这是碾压混凝土的主要技术特征。图 1 为长江科学院的室内试

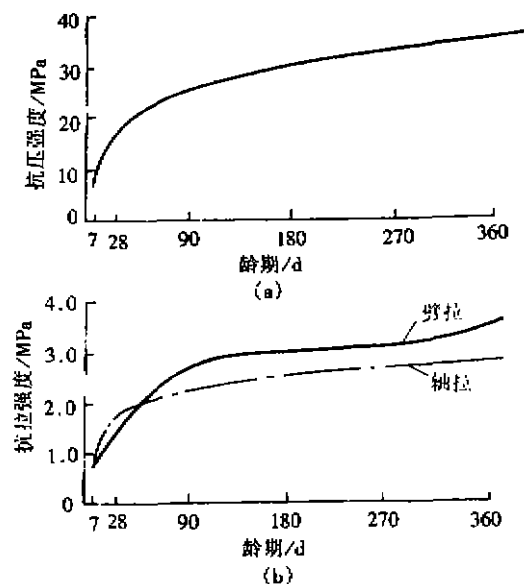


图 1 碾压混凝土强度增长曲线

(a) 抗压强度; (b) 抗拉强度

验结果^[2],从图中可以看出,抗压强度随龄期

第一作者简介:季竹林,男,硕士,工程师,从事建设工程监理与管理、曾发表《项目管理及其在大亚湾的应用》等论文。

的增长率,7 d,28 d,180 d,360 d 分别为 24% ~ 32%,60% ~ 70%,120% ~ 130%,140% ~ 160%;劈拉强度的增长率,7 d,28 d,180 d,360 d 分别为 22% ~ 28%,54% ~ 69%,110% ~ 150%,130% ~ 160%;轴拉强度的增长率,7 d,28 d,180 d,360 d 分别为 29% ~ 53%,66% ~ 83%,110% ~ 143%,124% ~ 156%。

碾压混凝土的强度与水泥标号成正比关系;人工骨料因含适量的细粉,不仅可以改善碾压混凝土的工作性态,增加混凝土的密实度,对提高强度也有一定的作用。因此,人工砂石料拌制的碾压混凝土的强度相对高于天然砂石料拌制的碾压混凝土;缓凝剂的掺入改变了混凝土的凝结特性,同时也影响强度的发展,其结果是导致碾压混凝土初期强度较低;掺合料的掺入也表现为早期强度低,28 d 后的增长率较大。

碾压混凝土的拉压比一般为 $1/13 \sim 1/10$,它随混凝土龄期而变化,强度较低或在早龄期时,拉压比值高^[2]。也有研究^[10]认为,随着混凝土龄期的延长,拉压比增大,即后期抗拉强度增长率大于抗压强度增长率,这可能与碾压混凝土中砂浆含量有关。

2 碾压混凝土的变形性能

碾压混凝土的变形性能是研究和分析碾压混凝土抗裂性能的重要指标,衡量其变形特性的主要指标有弹性模量、极限拉伸值和徐变等。还有非荷载作用下的干缩湿胀、自生体积变形、温度变形等。

2.1 碾压混凝土的弹性模量

碾压混凝土的弹性模量主要受骨料弹性模量、配合比、强度及龄期等的影响。图 2 为碾压混凝土弹性模量室内试验结果^[2]。从图中可以看出,碾压混凝土弹性模量在抗压强度比较高时弹性模量也高。弹性模量随龄期的增长率比较缓慢,相对来说在较长龄期内仍有增长,碾压混凝土早期强度低、发展慢、弹性模量小,这对其抗裂是有利的。

文献^[1]认为碾压混凝土的弹性模量与

常态混凝土同处一个量级(大约 30 GPa),但也有研究认为碾压混凝土的弹性模量大于常态混凝土 20% 左右,室内试验结果^[2]也说明

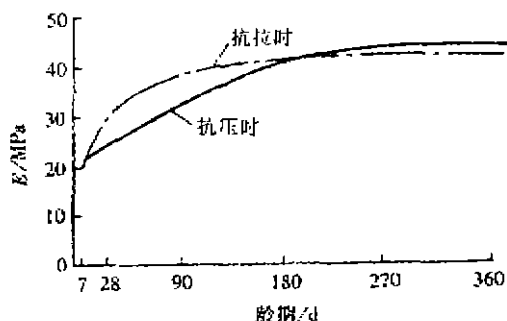


图 2 碾压混凝土弹性模量与龄期关系

了这一点。但室内试验结果并不意味着坝体实际碾压混凝土的弹性模量高于常态混凝土的弹性模量。混凝土的弹性模量直接与混凝土中粗骨料的含量有关,粗骨料的弹性模量明显高于砂浆和硬化胶凝材料的弹性模量。室内试验时经过湿筛大的骨料被筛去,因而测得的弹性模量低于现场实际弹性模量。而室内试验时碾压混凝土湿筛去除的粗骨料相对较少,因而弹性模量测值比常态混凝土高,相反,文献^[10]研究表明,碾压混凝土的弹性模量低于常态混凝土弹性模量。

2.2 碾压混凝土的极限拉伸变形

碾压混凝土的极限拉伸变形与常态混凝土一样受胶凝材料用量、抗拉强度、弹性模量及龄期的影响。其中最主要的是胶凝材料用量和混凝土抗拉强度。当混凝土抗拉强度相同时,则主要受胶凝材料用量的影响。与抗拉强度不同的是极限拉伸值后期增长较小。室内试验^[2]表明,28 d 龄期的极限拉伸值约为 $60 \times 10^{-6} \sim 70 \times 10^{-6}$,90 d 龄期的值比 28 d 龄期的值增长不多,大约为 $68 \times 10^{-6} \sim 75 \times 10^{-6}$,与我国几个主要工程:坑口、岩滩、铜街子、普定、隔河岩、万安等约 $60 \times 10^{-6} \sim 90 \times 10^{-6}$ 的极限拉伸值基本吻合。极限拉伸值随胶凝材料用量的增加而增加,贫配合比混凝土的胶凝材料用量少,相应的灰浆量少,水灰比大,其抗裂性能相对较低。由此推断,过低的胶凝材料用量未必是碾压混凝土筑坝的发

展方向,但胶凝材料仅作为获得稳固砂石料(hardfill)除外。对混凝土而言,粉煤灰的掺入,由于其二次水化较慢,显示出后期强度与极限拉伸值增长较多,这对混凝土抗裂是有利的。

3 碾压混凝土层面力学特性

碾压混凝土本身的抗剪强度与常态混凝土存在明显的差异^[2-11],层面结合的质量是影响碾压混凝土抗剪强度的主要因素,层面结合质量的好坏与 RCC 配合比、层面暴露时间以及层面是否进行处理,如何处理等因素直接相关。

国内试验统计^[2-9]表明不同类型配合比、不同暴露条件下施工层面碾压混凝土 90 d 龄期的抗剪断指标 $f' = 1.05 \sim 1.60$, $C' = 0.7 \sim 4.0$ MPa。可见 f' 离散性相对较小,而 C' 的离散性很大。

根据国内室内外试验成果分析^[2,9],不同的层面间歇时间,不同的层面处理方式对 f' 层面抗剪强度的影响有如下规律:①碾压混凝土的抗剪强度与间隔时间成反比,初凝前(一般 8 h 以内)及终凝时间后(24 ~ 28 h),强度降低幅度为 10% 左右;而在 8 ~ 24 h 之间强度降低幅度可达 35%,甚至更大。②层面处理与不处理相比,无论间隔时间长短,也不论要用何种处理方式,层面的抗剪程度都有显著提高;时间短的处理效果优于时间长的处理效果;一般来说,刷毛铺水泥浆的层面结合性能略优于刷砂浆的层面性能。

4 小 结

通过以上对碾压混凝土室内外试验及国内外已有研究成果的统计分析可以看出,碾压混凝土的物理力学性能(特别是 f' , C')明显地受到层面结合质量的影响。配比适当、施工精良的碾压混凝土坝,其抗剪强度是可以保证的。为充分发挥 RCC 快速施工的特点,设计应多发展中低胶高掺(胶凝材料 100 ~ 120 kg/m³,粉煤灰掺量 50% ~ 60%)、短间

隔(初凝时间以内)、层面不处理的方式,对于不可避免的长间隔层面,应作刷毛铺水泥浆(或水泥砂浆)的处理,以保证层面结合的质量。只要层面质量结合良好,坝的安全是可以保证的。

本文有关研究内容曾得到河海大学青年科学基金资助,特此致谢。

参考文献

- 1 能源部、水利部碾压混凝土筑坝推广领导小组. 碾压混凝土筑坝——设计与施工. 北京:电子工业出版社,1990. 185 ~ 214
- 2 杨华全,周守贤,邝亚力. 碾压混凝土的性能研究. 碾压混凝土技术动态,1996(1):10 ~ 26
- 3 黄绪通. 碾压混凝土的物理力学性能研究. 见:国际碾压混凝土坝学术讨论会论文集. 北京:ICOLD,中国水力发电工程学会,1991. 123 ~ 130
- 4 Bakanovich S A(苏). 碾压混凝土强度、变形和剪切的主要特性. 见:国际碾压混凝土坝学术讨论会论文集,北京:ICOLD,中国水力发电工程学会,1991. 171 ~ 173
- 5 Khanh M Ho Ta(法)等. 碾压混凝土室内试验——过去 10 年的经验及新进展. 见:国际碾压混凝土坝学术讨论会论文集,西班牙,桑坦德. ICOLD, 1995. 44 ~ 48
- 6 Omran M E(伊朗),Wayak G C, Jain S C(印度)等. 坝用碾压混凝土的试验研究. 见:国际碾压混凝土坝学术讨论会论文集,西班牙,桑坦德. ICOLD, 1995. 49 ~ 58
- 7 Oliveira, Paulo Jose(巴西). 不同类型 RCC 配合比设计研究试验室试验结果. 见:国际碾压混凝土坝学术讨论会论文集,西班牙,桑坦德. ICOLD, 1995. 22 ~ 27
- 8 Robitaille F, Beaulieu J(加拿大). 罗伯逊湖大坝——施工技术及碾压混凝土的性能. 见:国际碾压混凝土坝学术讨论会论文集,西班牙,桑坦德. ICOLD, 1995. 28 ~ 36
- 9 任旭华. 碾压混凝土坝的渗流和渗控、应力和稳定. [博士学位论文],南京:河海大学,1997
- 10 方坤河. 碾压混凝土的变形特性研究. 碾压混凝土技术动态,1994(3):30 ~ 42
- 11 黄绪通,杨宏伟. 碾压混凝土层间结合及施工质量检测方法研究. 碾压混凝土技术动态,1993(2):1 ~ 5

(收稿日期:1997-05-13 编辑:熊水斌)