

对间断级配混凝土的理论探讨

李 晓^{*}

(铁道部第十六工程局)

提 要 本文在分析间断级配方式的优缺点的基础上,提出了弥补其缺陷的一些具体措施,从而探索发挥其在混凝土集料配制中的独特优势的可能性。

主题词 间断级配 混凝土 分析

1 间断级配的优缺点

集料的级配对混凝土混合料的工作性产生很大的影响,进而影响混凝土的各项性能。良好的集料级配可用较少的加水量制得流动性好、离析泌水少的混合料,并能在相应的成型条件下,得到均匀密实的混凝土,同时达到节约水泥的效果。因此,研究集料的级配是混凝土研究的一个重要的课题。

目前所使用的粗集料一般是连续级配,间或有些单粒级,这样做的优点在于:一方面可以避免连续级配中较大粒级的集料在堆放及装卸过程中的离析,从而影响级配;另一方面可以通过不同的组合,有利于严格控制集料的级配,保证混凝土的质量。除了连续级配和单粒级集料外,还有一种间断级配的集料,间断级配是相对于连续级配而言的,它是指省去一级或几级中间粒级的集料级配。

长期以来,关于间断级配很少有报道,它究竟有什么优点?是什么缺点阻止了它在工程上的使用?怎样弥补它的缺陷,发挥其优势呢?笔者对此作了一些探讨。

1.1 低空隙率、低水泥用量:打个比方,如有各种直径的球形颗粒,在大球形颗粒,排列空隙中填以足够小的球粒,再在余下的空隙中填以更小的球粒,如此继续下去,最后空隙可渐近于零。例如,当采用连续级配时,即通常同一粒中最大粒与最小粒径之比 $D/d=2$,相邻粒级的粒径比 $D_1/D_2=D_2/D_3=D_3/D_4\cdots=2$,则在最密实的情况下,空隙率随分级的增加而减少的规律如下;一个分级为 0.45,在适宜配比下两个分级为 0.40,依次为 0.35, 0.32, 0.31, 0.30 亦即连

* 本文收稿日期: 1998-01-16, 李晓, 高级工程师, 铁道部第十六工程局测试中心, 北京, 邮编: 100018

续级配具有 6 个分级时,空隙率减至 0.30。当相邻粒级的粒径比增至 8 时,即间断级配,在适宜的配比下,空隙率随分级的增加而减少的规律依次为 0.48, 0.25, 0.11, 0.06, 0.03。由此可见,间断级配当分级增多时空隙率的降低较连续级配快得多。因此,采用间断级配有可能更最大限度地发挥集料的骨架作用,减小水泥用量。但是,必须认识到,在工程上使用的粗集料一般最大粒径为 40 mm,最小粒径为 5 mm,这样间断级配的分级就会不多,空隙率的降低也有一定限度。

虽然在工程上所用的粗集料是不规则的,并非球形,用以上的比较是不精确的,但还是有一定的相似性。

1.2 工作性差、易于离析;由于间断级配的下级骨料是完全填充于上一级骨料所形成的空隙之中,而不象连续级配那样下级骨料尺寸大于上一级骨料所形成的空隙尺寸,起着滚球轴承作用,间断级配的大颗粒之间能相互直接接触,所以间断级配有体积稳定性。做两个这样的试验便可证实以上所述,将连续级配和间断级配的粗骨料分别装入坍落度筒,再将其捣实,提起坍落度筒,可以看到,连续级配的骨料迅速崩塌,形成一个底面积大、高度低的锥形形状,但间断级配却不是这样,而只是料堆的上部塌落,骨料堆与原来形状差别不如连续级配那样大,显得很稳定。如果我们再做一个这样的试验,更可以看到间断级配的拌合料工作性差,易于离析。将间断级配的粗骨料与超量系数不大的砂浆拌合,装入坍落度筒,再向上提起坍落度筒,如砂浆水灰比大,则砂浆流走,显也粗骨料所形成的空隙,如果砂浆水灰比较小,则混合料堆,除上部边缘处的粗骨料带着裹在其上的砂浆,滚落在料堆的脚边下外,其余混合料的形状不是变化很大,整个料堆显得干涩,工作性差,缺少连续性。

2 改进和方法

要提出改进的方法,必须首先分析间断级配混合料的离析,干涩、工作性差的原因。

混合料的离析是指混合料各组份分离,造成不均匀和失去连续性的现象。这是由于构成混合料的各种固体粒子大小,比重不同引起的。显然,混合料的离析是不可避免的,但适当的配比和合理的操作却可以尽量地减少离析。混合料的离析通常有两种形成:一种是粗集料从混合料中分离,因为它们比细集料更易于沿着斜面滚下或在模内下沉;另一种是稀水泥浆从混合料中淌出,这主要发生在水灰比很大的混合料中。本来搅拌均匀的混凝土发生各类颗粒分离的直接原因是他们之间发生了不同的运动而产生不同的位移。但对于能形成整体移动的干硬性混合料,由于屈服剪切应力大于剪切应力,则不均匀的运动就可以避免。成型好的混合料,由于各种颗粒的下沉速度不同,也会造成颗粒分布不均匀的现象。这时作用在颗粒上的力有颗粒的自重,混合料的粘性抵抗力和浮力,其颗粒的运动方程可写成:

$$\frac{4}{3}\pi V^3 d \frac{dw}{dt} = \frac{4}{3}\pi V^3 d g - 6\pi \eta r \frac{dw}{dt} - \frac{4}{3}\pi V^3 d g_0$$

d —颗粒密度 (g/cm^3);

d —混合料密度 (g/cm^3);

V —颗粒半径 (cm);

η —混合料的粘性系数 (泊, 达因 \cdot 秒/ cm^2);

v —颗粒的运动速度 (cm /s)

整理上式得:

$$v = 2\sqrt{g(d - d_0) / 9Z}$$

可见颗粒的运动速度 v 和粒径的平方成正比,和颗粒与混合料的密度差成正比,和混合料的粘度成反比。

对于粗大颗粒滚落一旁的这种情况,可以分析如下: 屈服剪切应力是阻止塑性变形的最大应力,故又称为塑性强度。当在外力作用下产生的剪切应力小于屈服剪切应力时,混合料不发生流动,只有当剪切应力比屈服剪切应力大时,才会发生流动,并可塑造成任一形状的制品。而且只有在制品本身的重量不产生超过屈服剪切应力的应力时,制品的形状才可能保持不变。

我们在上面分析了间断级配混凝土混合料离析的原因后,就可以对症下药,针对上面的分析,对混合料予以改进,使其减小离析、粗涩、缺少连续性、工作性差的现象。采取的方法是:

(1)减小粗骨料的最大粒径;

减少粗骨料的最大粒径,就使其颗粒的自重减小,剪切应力降低,运动速度也降低,这样就减少了离析的程度。

(2)在砂中掺入石屑;

在砂浆中掺入石屑,可以提高砂浆的密度,使其单位重量提高,减小了颗粒与混合料的密度差,这样也使颗粒的运动速度下降,降低了离析。而且,掺入石屑可以提高拌合料的连续性,使混凝土不致那么粗涩、缺少连续性、工作性差,还可以在大水灰比的混合料中,阻止砂浆的外流。

(3)减小水灰比;

减小了水灰比,就使混合料的粘度提高,砂浆密度提高,使砂浆成为粘稠状,增加了颗粒下沉的阻力,粗大的颗粒也不易滚落一旁。当然,水灰比减小的程度一定要适宜,否则,会使混合料显得干涩、粘不着,这容易在灌注时发生如骨料滚落一旁的离析。但减小水灰比也会使和易性不下降,如何在减小水灰比的情况下保证和易性不下降呢? 掺用高效减水剂能使水泥颗粒高度分散,从而起到增加和易性、减小用水量的作用。高效减水剂主要是减小混凝土拌合料的剪变阻力而不严重影响其塑性粘滞程度,所以若有水泥和骨料含量均相同的二种混合料,一种是低水灰比并外加高效减水剂,另一种是高水灰比不加高效减水剂,尽管二者其有相同的坍落度,但他们的工作度并不相同,前者在捣实时需要更多的能量。高效减水剂是一种昂贵的外加剂,如为了降低成本,还可以用磁化水代替,磁化水可以降低水灰比,改变混凝土结构,减少混凝土的收缩孔隙和毛细孔隙,能降低混凝土的透水性,大大提高抗冻性。

(4)掺用粉煤灰;

水泥的间断级配混凝土混合料,粗骨料之间可以相互接触,形成骨架,使之具有体积稳定性,这样使混凝土混合料的工作性差,粗大的颗粒容易带着薄薄的一层砂浆滚落一旁,并使混合料显得粗涩、不易捣实,进而影响到混凝土的质量。如果我们将用灰量大大提高,就可在粗骨料外部形成厚厚的一层砂浆,使粗骨料之间不能直接接触,就不能形成很强的骨架,体积稳定性就差,粗大的颗粒不易滚落一旁不发生离析,工作性也好。施工中,当混合料在模型中振动时,粗骨料照样下沉,形成骨架,发挥间断级配骨料的骨架作用,提高混凝土的强度。如增加用

灰量是以增加水泥量为代价则是不经济的,会得不偿失,只有掺用粉煤灰才是可行的,在不减少水泥用量下,掺用粉煤灰,无论早期强度,还是后期强度均有提高,这不仅有技术上的作用,经济上也是划算的。而且粉煤灰是由许多光滑的玻璃珠样的颗粒组成,在拌合料中起到滚珠轴承作用,能减少用水量。掺用粉煤灰还有其它一些好处,由于粉煤灰属矿物质粉料,其细度略大于水泥,故掺入混凝土中可以增强新拌混凝土的保水能力,改善混凝土的粘聚性,而且较之同标号的普通混凝土,粉煤灰混凝土的抗拉强度和抗弯强度较大,故它的抗裂性好,由于粉煤灰的微粒填孔效应,使粉煤灰混凝土具有较高的抗渗性,再者,粉煤灰混凝土干缩小、水化热低也是优点之一。如与(3)中谈到的使用高效减水剂,磁化水结合起来效果会更好。

从上面我们可以看到,要间断级配的混凝土中掺加粉煤灰,是克服间断级配的缺点,改善混合料的工作性,防止离析,提高混凝土性能的一种较好的方法。

综上所述,使用间断级配拌制的混凝土,由于骨料的空隙率小,能够节约水泥,使骨料能更好地发挥骨架作用,以提高混凝土强度,但由于它的混合料工作性差,容易离析,这就限制了它的应用,我们可以针对造成它的缺点的原因,予以改进,那么它在工程中还是大有作为的。

THEORETICAL EXPLORATION ON GAP GRADING OF CONCRETE

Li Xiao

Sixteenth Engineering Bureau of MOR

Abstract Based on the analyses on the advantages and disadvantages of the gap grading concrete, several specific measures for remedying its disadvantages are proposed, so as to ensure the possibility of developing its distinctive superiority in the gradation of concrete collection materials.

Keywords gap grading(discontinuous gradation); concrete; analysis