

碎石码的基本特性研究

董德歆 张锦娟 刘宪春

(西北农业大学水利与建筑工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要 在研究碎石粒形特性对码性能的影响及粒形评价指标的基础上, 提出了对碎石粒形进行质量分级的建议。同时对碎石码的一些基本特性进行了具体分析, 证明碎石码更适用于在高强度、高流态的码工程中应用。

关键词 碎石, 碎石码, 粒形特性, 码强度

分类号 TU 521. 25, TU 528. 1

在码应用领域不断扩展、常用规格的河卵石资源日益减少的形势下, 碎石码不仅在普通码中的应用比例越来越大, 而且在高强、高性能等新型码中也得到了更加广泛的应用, 同时对碎石骨料在数量和质量上提出了更高的要求。然而我国对碎石骨料的粒形特性、粒形的影响程度和评价指标, 以及碎石码的一些基本性能研究还不够深入系统, 在清洁程度、针片状含量等技术要求上, 碎石与卵石骨料之间还缺乏明确的界限。因此, 更加深入地对碎石及碎石码的特性进行系统研究, 具有一定的现实意义。

1 碎石粒形特性对码性能的影响及粒形评价指标

碎石的粒形性质具有其显著的特点, 即新鲜而粗糙的表面结构, 极不规则的颗粒形状, 多空隙的堆集状态, 这些将对码的性能产生不同程度的影响。

碎石粒形特性对码性能的正面影响, 主要是由于碎石表面与水泥浆之间具有较好的粘结力, 颗粒之间的啮合作用较强, 因此用碎石拌制的码, 在外力作用下具有较强的阻裂能力。一方面阻滞和推迟了界面裂缝的扩展, 提高了码抗裂强度, 特别对提高抗弯、抗拉强度更为有利。有实测资料表明, 粗糙骨料的抗弯、抗拉能力比光滑骨料提高 30%^[1]; 另一方面当码受压时, 阻裂作用使伸入到砂浆中的竖直裂缝难以汇合和贯通, 也有利于抗压强度的提高。据研究, 在水灰比相同的条件下, 碎石码的抗压强度约比卵石码提高 13.5%。阻裂作用的存在还对碎石码应力与应变间的关系、弹性模量的取值, 以及徐变性能将产生一定影响^[1, 2]。

碎石的吸水率一般比同岩性的卵石低, 颗粒容重较大, 表明其具有较高的坚固性和耐磨性, 对码的抗冻性和化学稳定性将产生有利的影响^[3, 4]。

碎石粒形特性对码性能的负面影响, 导致了码拌和物和易性的下降。碎石码不易流动, 不易密实, 粘聚性较差, 不仅加大了施工难度, 而且需要增加更多的水泥浆和砂子去润湿骨料较大的表面积和填充堆集起来较大的空隙率。因此, 从负面影响角度来分析, 对于普通码, 碎石并不是一种理想的粒形。

由于碎石粒形特性对码的性能有多方面的影响。因此, 如何从宏观上控制和评价碎石

粒形的质量,使之与砇的质量要求相匹配,是一个需要解决的实际问题。现以笔者曾提出的衡量粒形特性所包含的表石结构、颗粒形状和堆集状态等 3 方面内容^[5],作为评估目标,从方便实用出发,并考虑我国的应用习惯,推荐用 4 项指标对碎石粒形质量进行评估:用颗粒容重和吸水率两项指标间接评估碎石表面结构的致密程度和孔隙特征;用针片状含量代表碎石颗粒中的畸形石子含量,作为颗粒形状的评估指标;用空隙率代表碎石堆集后的密实情况和颗粒级配情况。这 4 项指标国家有关标准都规定了具体的试验方法,具有较强的可操作性和资料易得的优点。

以 4 个指标作为一个评估体系,并参考文献 [3]和国家标准 JGJ53-92《普通砇用碎石或卵石质量标准和检验方法》的有关规定,建议将碎石的粒形特性根据砇强度的要求划分为 3 个质量等级,见表 1。

表 1 碎石粒形的质量等级

级别	粒径 / mm	代号	质 量 指 标				主要用途
			颗粒容重 / (g·cm ⁻³)	吸水率 / %	针片状 / %	空隙率 / %	
I	5~ 20	碎 I 2005	> 2.6	< 1.0	< 5	< 40	C50 以上高强砇
II	5~ 20	碎 II 2005	> 2.5	< 2.0	< 15	< 45	C50 以下、C30 以上普通砇
	5~ 40	碎 II 4005					
III	5~ 20	碎 III 2005	> 2.4	< 3.0	< 25	< 50	C30 以下普通砇
	5~ 40	碎 III 4005					

注:当使用 80 mm 或 80 mm 以上的碎石时,其粒形质量要求,需作专门论证。

碎石粒形质量等级的制定,为砇配合比设计选用碎石的规格提供了技术依据,加强了碎石场(厂)生产碎石的质量意识,把碎石的使用规格化、标准化,无疑会对碎石砇配合比设计的准确性和碎石使用效率的提高,产生积极的作用。表 1 中的量化指标界限笔者只作了初步论证,还需要更加深入、仔细地研究。

2 碎石砇的需水规律分析

图 1 是在同一实验室,使用同一地区原材料,试验条件相同的情况下实测的两种骨料砇单位用水量(W)与水灰比(W/C)的关系。从图 1 不难看出,碎石砇的需水规律与卵石砇比较,有以下主要特点:(1)在水灰比相同的情况下,碎石砇需水量均大于卵石砇,但不是平行增加,水灰比小时增加量大,水灰比大时增加量小。(2)碎石砇需水直线的斜率大,反映在砇拌和物的需水定则上,碎石砇只在水灰比变化较小时(0.55~ 0.7),需水量才接近成一定值(图 1 中用水平虚线示出),而卵石砇的需水直线比较平缓,且在水灰比变化较大时(0.5~ 0.75),需水量接近成一定值。这说明碎石砇不仅需水量大,而且对水灰比的变化较为敏感。因此,碎石砇的和易性对需水量具有较大的依赖性。

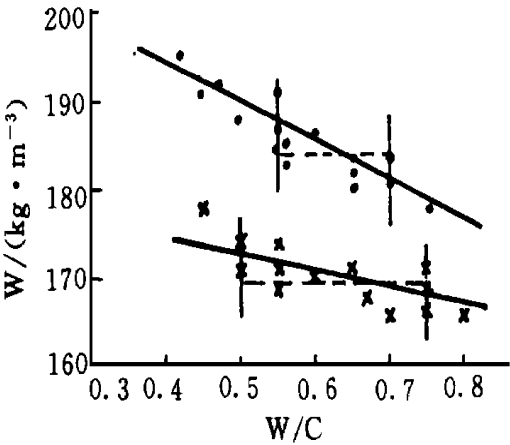
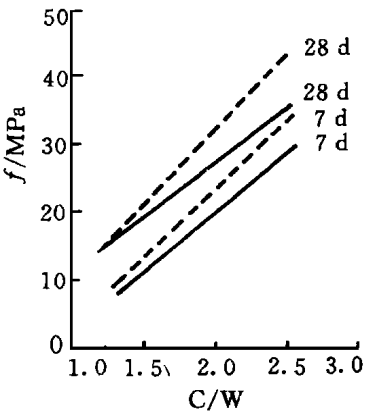


图 1 单位用水量与水灰比的关系
· — 碎石;× — 卵石

碎石砟的需水特点,是碎石粒形特性对砟产生负面影响的具体表现。也反映了碎石粒形特性对需水量的影响程度:当水灰比较小水泥浆较稠时,负面影响程度增大,用水量增加较多;当水灰比较大水泥浆较稀时,负面影响程度减弱,用水量与卵石砟的差异较小。

3 碎石砟强度的变化规律分析

图 2 是在同一实验室,试验条件相同的情况下由大量实验资料得到的碎石与卵石两种砟强度 (f) 与灰水比 (C/W) 之间的关系图。经回归分析建立的 7 d 与 28 d 立方体抗压强度经验公式以及强度平均增长比值 (f_{28}/f_7),如下所示:



碎石 $f_7 = 19.29 \frac{C}{W} - 16.14$
 $f_{28} = 22.46 \frac{C}{W} - 12.74 \quad f_{28}/f_7 = 1.44$
卵石 $f_7 = 18.13 \frac{C}{W} - 16.17$
 $f_{28} = 18.31 \frac{C}{W} - 7.52 \quad f_{28}/f_7 = 1.34$

图 2 砟强度与灰水比的关系
——碎石;——卵石

从关系图和经验公式中可以看出,在灰水比相同的情况下,不论是 7 d 或是 28 d,碎石砟的强度总体上均高于卵石砟,但也不是平行提高,当灰水比较大时,提高幅度较大,当灰水比较小时两者强度的差距缩小或接近相等。

从强度增长变化率看,碎石砟的强度增长比值 (1.44) 大于卵石砟 (1.34),而且线性经验公式的斜率 (回归系数) 碎石砟均大于卵石砟。在 7 d 时,碎石比卵石砟的回归系数约提高 6.0%,差别较小;28 d 时碎石比卵石砟的回归系数约提高 18.5%,差别较大。这说明碎石比卵石砟的强度增长率大,强度增长快,但在早期 (7 d) 强度增长率的差异并不明显。

碎石砟强度变化的特点,与碎石的粒形特性有着直接的关系。当砟强度较高时,碎石粒形特性的阻裂作用能得到充分发挥,正面影响程度得到加强,因此强度和增长率都比卵石砟提高的幅度大;当砟的强度等级较低,或处在早期时,阻裂作用没有得到充分发挥,正面影响程度较弱,碎石与卵石砟的强度变化规律就比较接近。

4 碎石砟的经济性分析

以西安地区原材料价格为基准^①,根据实验资料,统计了两个经济指标:一是获得每立方米砟所需的成本价,单位为元 / m^3 ;一是获得一个单位强度所需的价格,称为效益价,单位为元 / MPa。统计结果见图 3。两种砟两个经济指标的比值见表 2。

从获得每立方米砟的价格比值来看,碎石砟比卵石的成本价约高出 12 个百分点,所以仅从成本价分析,用碎石拌制普通砟是不经济的。但单位强度所需的价格比值随着水灰比的降低而降低,当水灰比接近 0.4 时,两种砟的效益价格基本是一致的,说明用碎石拌

^① 陕西省建筑经济定额办公室. 建筑工程材料信息价. 1998, 2- 3
©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

制水灰比较小的高强度砼,在经济上还是划得来的。因此,对碎石砼材料的经济性问题不能一概而论,应具体分析,具体对待。

表 2 经济指标价格比值表

水灰比	碎石 : 卵石 / (元 · m ⁻³)	碎石 : 卵石 / (元 · MPa ⁻¹)	水灰比	碎石 : 卵石 / (元 · m ⁻³)	碎石 : 卵石 / (元 · MPa ⁻¹)
0.4	1.13	1.00	0.6	1.12	1.03
0.5	1.13	1.02	0.7	1.12	1.07

5 结 语

1) 建议尽快建立碎石粒形特性的质量分级标准,并与碎石的岩石力学特性、清洁程度、颗粒级配等其他质量标准相配套,形成一个区别于卵石骨料的独立系统,把碎石骨料的应用技术水平和使用效率提高到一个新的高度。

2) 碎石砼的和易性对需水量要求大,依赖性也大,在水灰比较小的高强度砼中,更能发挥其强度增幅高、增长快、经济上更趋合理的特长,所以碎石砼更适合于在高流态、高强度的砼工程中应用。

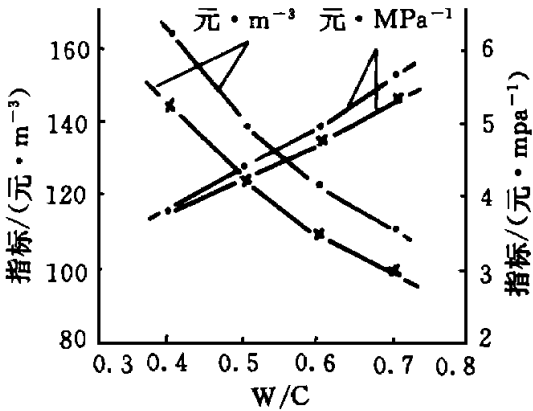


图 3 经济指标与水灰比的关系
- · - 碎石; - × - 卵石

参 考 文 献

1 [英] 悉尼·明德斯, [美] J·弗朗西斯·杨. 混凝土. 方秋清, 杜如楼, 吴科如, 等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989

2 [英] A·M内维尔. 混凝土性能. 李国津, 马贞勇译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983

3 [日] 日本混凝土工程学会著. 混凝土工程技术要点. 傅沛兴, 蔡光汀编译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987

4 陈肇元, 朱金铨, 吴佩刚. 高强混凝土及其应用. 北京: 清华大学出版社, 1992

5 董德歆, 姜宗科, 彭 利. 粗骨料粒形对混凝土性能影响的研究. 西北农业大学学报, 1998, 26(增刊): 80~ 83

Basic Characteristics of Broken Stone Concrete

Dong Dexin Zhang Jinjuan Liu Xianchun

(College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract On the basis of studying influences of broken stone granular behavior on concrete property and granular evaluation index, this paper puts forward a proposal that broken stone granular should be graded according to its quality. Moreover, some basic characteristics of broken stone concrete are analysed, which proves broken stone concrete is more suited to high-strength, high-flow concrete works.

Key words broken stone, broken stone concrete, granular behavior, concrete strength