

碎石的压碎指标对混凝土抗压强度影响因素的探究

马小平¹ 修梦杰²

1 银川能源学院, 宁夏回族自治区银川市, 750105;

2 安徽古井贡酒股份有限公司, 安徽省亳州市, 236800;

摘要: 不同岩性、不同压碎值的碎石在不同强度等级混凝土中的作用机制不同。混凝土弹性模量作为其重要的力学性能指标, 与碎石压碎值之间的关系也存在诸多不确定性。本文通过精心设计的试验方案, 分析抗压强度的变化规律, 并进一步剖析碎石压碎值与混凝土弹性模量的关系, 以期混凝土材料的优化选择和配合比设计提供科学、准确的理论支持, 从而提升混凝土结构在各类工程中的应用性能。

关键词: 碎石压碎指标; 混凝土抗压强度; 岩性; 配合比; 弹性模量

DOI:10.69979/3029-2727.24.08.018

引言

在现代建筑工程领域, 混凝土的性能直接关系到工程结构的安全性与耐久性, 碎石作为混凝土的主要骨料成分, 压碎指标对混凝土抗压强度的影响不容忽视。随着工程建设对混凝土质量要求的不断提高, 尤其是在交通基础设施、高层建筑等关键领域, 准确把握碎石压碎指标与混凝土抗压强度之间的内在联系显得尤为重要。

1 相同岩性碎石压碎值对混凝土抗压强度的作用

1.1 试验材料与方法

本次试验选取某项目附近的华强石场及松宝石场生产的碎石(花岗岩), 旨探究相同岩性不同压碎值碎石对混凝土抗压强度的作用。水泥选用塔牌 P.O 42.5, 它的各项性能指标符合国家标准, 28 天抗压强度不低于 42.5MPa, 确保为混凝土提供稳定的胶结作用。砂采用中砂, 细度模数控制在 2.3 - 3.0 之间, 含泥量不超过 3%, 保证良好的填充效果和工作性能。外加剂为广东强仕 JB-ZSC, 其减水率可达 20% 以上, 能有效改善混凝土的流变性能, 且掺量严格按照水泥质量的 1.5% - 2.5% 控制, 确保外加剂的作用效果稳定且不影响混凝土的其他性能。

对于碎石, 压碎值试验方法依据《公路工程集料试验规程》(JTG E42-2005) 中的 T0316-2005 执行。华强石场 5 - 25mm 碎石的压碎值经测定为 23.9%, 松宝石场同规格碎石压碎值为 19.9%。在 C35 配合比设计中, 按照绝对体积法进行计算, 每立方米混凝土中,

水泥用量分别为华强石场 400kg、松宝石场 415kg, 砂用量为华强石场 699kg、松宝石场 744kg, 大石用量为华强石场 456kg、松宝石场 428kg, 小石用量为华强石场 685kg、松宝石场 643kg, 水用量为华强石场 160kg、松宝石场 170kg, 外加剂用量为华强石场 4.40kg、松宝石场 4.75kg, 水灰比分别控制在 0.40 和 0.41, 砂率为华强石场 38%、松宝石场 41%, 设计坍落度均在 160 - 180mm 之间, 以保证混凝土具有良好的流动性和可塑性, 满足施工工艺要求。

1.2 试验结果与讨论

从试验数据来看, 华强石场生产的碎石压碎值达到 23.9%, 超出《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2011) 中 II 类碎石(压碎值 < 20%) 的要求; 而松宝石场生产的碎石压碎值为 19.9%, 满足该规范 II 类碎石压碎值标准。然而, 其他材料品种和用量相同的条件下, 两者配制的 C35 混凝土强度性能却基本接近。华强石场碎石配制的混凝土 28d 抗压强度为 44.9MPa, 松宝石场的为 43.9MPa, 水泥用量、水灰比等关键参数也无显著差异。这表明在低标号混凝土中, 采用相同岩性的碎石时, 其压碎值与混凝土配制强度并未呈现明显的相关性。

在低标号混凝土中, 水泥浆体相对较多, 碎石的自身强度对整体混凝土抗压强度的贡献相对有限^[1]。在这种情况下, 由于水泥浆体能够较好地包裹和粘结碎石, 使得混凝土在承受压力时, 整体结构仍能保持相对稳定, 从而导致抗压强度差异不明显。

2 不同岩性碎石压碎值对混凝土抗压强度的影响

2.1 多组试验设计与实施

为了探究不同岩性碎石压碎值对混凝土抗压强度

的影响,进行多组对比试验。试验选取了两种岩性(花岗岩和石灰岩)、四种压碎值结果的碎石,分别进行 C35、C40、C45、C50 配合比设计(如表 1)。

表 1 不同材料试验的配合比

类型	强度等级	材料用量 (kg/m³)							
		水泥	砂	大石	小石	水	外加剂	配制强度 (MPa)	28d 抗压强度 (MPa)
白水带花岗岩	C35	330	739	807	346	158	2.64	43.2	49.3、50.1
	C40	352	730	800	343	155	2.82	48.2	53.6、52.1
	C45	410	728	797	341	154	4.92	53.2	62.7、62.1
	C50	480	694	793	340	153	5.76	59.9	69.7、68.6
洪湾花岗岩	C35	330	739	922	231	158	2.64	43.2	50.8、50.9
	C40	352	730	914	229	155	2.82	48.2	53.9、55.5
	C45	410	728	910	228	154	4.92	53.2	58.6、60.4
	C50	480	694	906	227	153	5.76	59.9	63.4、62.9
清连石灰岩	C35	330	739	922	231	158	2.64	43.2	48.6、49.4
	C40	352	730	914	229	155	2.82	48.2	53.3、53.5
	C45	410	728	906	228	154	4.92	53.2	57.2、58.1
	C50	480	694	922	227	153	5.76	59.9	63.5、64.6

所有试验均采用相同的广州珠江(粤秀)P II. 42.5 水泥,其 28 天抗压强度稳定在 42.5MPa 以上,能为混凝土提供稳定的胶结强度;阳江北津岗中砂,细度模数在 2.6 - 2.9 之间,含泥量低于 3%,保证良好的颗粒级配和填充效果;深圳迈地聚羧酸高性能减水剂 PCA,减水率可达 25% - 30%,能有效改善混凝土的工作性能;设计坍落度控制在 160 - 180mm,确保混凝土具有合适的流动性,便于施工操作和试件成型。每组配合比均经过多次试配和优化,以确保在不同碎石条件下,混凝土的工作性能和强度发展具有可比性^[2]。为了更直观地观察压碎值与混凝土抗压强度间的关系,作出压碎值不同情况下各强度等级的混凝土两组的平均值关系(如图 1~图 4)。

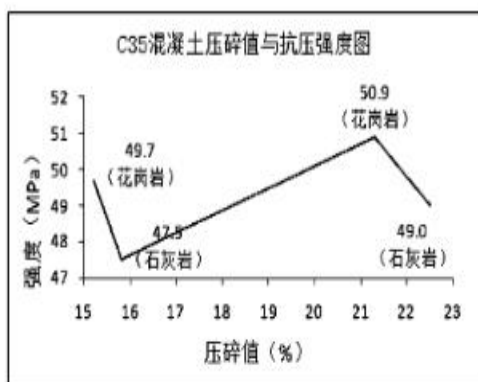


图 1 C35 混凝土压碎值与强度关系

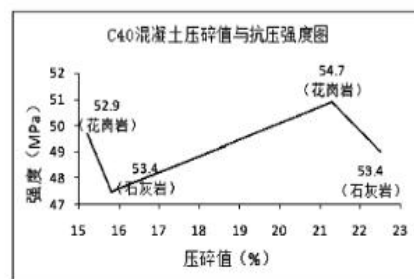


图 2 C40 混凝土压碎值与强度关系

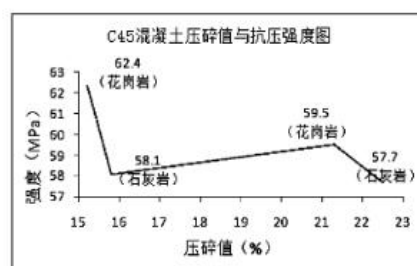


图 3 C45 混凝土压碎值与强度关系

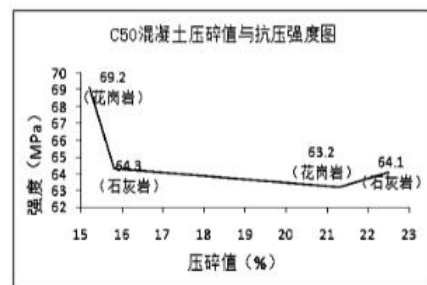


图 4 C50 混凝土压碎值与强度关系

2.2 综合结果分析与规律总结

通过对不同岩性、不同压碎值碎石配制的各强度等级混凝土的 28d 抗压强度数据进行综合分析,可得出不同岩性的两种压碎值差别明显,但在其余材料品种及性能相同的条件下,不同压碎值结果的碎石都能够配制出满足强度要求的混凝土,且 C35、C40、C45 混凝土的强度没有明显差别。这表明在低标号混凝土中,采用不同岩性碎石压碎值与混凝土配置强度没有明显的相关性。随着混凝土强度等级的提高,碎石在混凝土中的作用逐渐增强,压碎值会对混凝土强度产生更为显著的影响,这就需要在后续对高标号混凝土的研究中进一步验证和分析,以便更全面地掌握碎石压碎值与混凝土抗压强度之间的关系,为混凝土配合比设计提供更精准的指导^[3]。

3 碎石压碎值对高标号混凝土抗压强度的关键影响

3.1 高标号混凝土试验配置

针对高标号混凝土(C50 及以上)的试验配置,水泥选用高强度等级的硅酸盐水泥。例如 P·II 52.5 水泥,它 3 天抗压强度不低于 23MPa,28 天抗压强度不低于 52.5MPa,以保障混凝土具有较高的早期和后期强度发展潜力,为高标号混凝土提供坚实的胶结基础。矿物掺合料方面,适量掺入硅灰,其比表面积可达 15 - 25m²/g,活性 SiO₂ 含量不低于 85%,能显著提高混凝土的密实度和强度;同时搭配优质粉煤灰,可以改善混凝土的工作性能和耐久性,掺量根据试验设计在 10% - 20% 范围内精准调控。

碎石选取质地坚硬、耐磨性强的玄武岩碎石,母岩抗压强度高于 100MPa,压碎值控制在 10% - 15% 以内,确保其在高压下的稳定性和承载能力;砂采用细度模数为 2.6 - 2.9 的中砂,含泥量严格控制在 2% 以下,泥块含量不超过 0.5%,保障良好的颗粒级配和填充效果。在配合比设计上,依据绝对体积法,通过多次试配与优化调整,对于 C50 混凝土,水泥用量约 450 - 500kg/m³,矿物掺合料 50 - 100kg/m³,砂 650 - 700kg/m³,碎石 1100 - 1200kg/m³,水胶比控制在 0.32 - 0.36 之间,砂率 34% - 36%;C60 混凝土水泥用量 500 - 550kg/m³,矿物掺合料 80 - 120kg/m³,砂 600 - 650kg/m³,碎石 1150 - 1250kg/m³,水胶比 0.28 - 0.32,砂率 32% - 34%。外加剂选用高性能聚羧酸减水剂,减

水率不低于 30%,并添加适量引气剂控制含气量在 3% - 5%。

3.2 强度影响机制与结果

在高标号混凝土中,随着混凝土强度等级的提升,水泥浆体与碎石的结合强度逐步提高,此时碎石在混凝土结构中承担着更为关键的骨架作用。当碎石压碎值较高时,在承受较大压力的情况下,碎石更容易发生破碎,这将直接破坏混凝土内部的结构完整性,导致应力集中现象加剧,进而使得混凝土的抗压承载能力大幅下降。

从试验结果来看,清晰地呈现出碎石压碎值与高标号混凝土抗压强度呈反比关系。即碎石压碎值越低,配制的高标号混凝土抗压强度越高,且这种关系在高压荷载作用下表现得更为突出。这是因为低压碎值的碎石具有更好的颗粒强度和稳定性,能够更有效地抵抗外力作用,与水泥浆体协同工作,形成更为紧密和稳定的内部结构,从而为混凝土提供更高的抗压强度保障。

4 剖析碎石压碎值与混凝土弹性模量的关系

4.1 弹性模量影响因素

4.1.1 碎石的材质特性

不同岩性的碎石具有各异的矿物成分与晶体结构,会直接决定其自身的弹性模量。例如,花岗岩碎石晶体结构致密,弹性模量相对较大;石灰岩碎石的矿物成分以方解石为主,弹性模量相对花岗岩碎石较低。当混凝土中使用弹性模量较高的花岗岩碎石时,在相同应力作用下,混凝土的弹性变形相对较小;反之,使用石灰岩碎石时,弹性变形则相对较大。

4.1.2 外掺料的作用效果

外掺料的种类、用量以及活性程度都会对混凝土弹性模量产生作用。例如,适量掺入硅灰能够填充水泥颗粒间的空隙,优化微观结构,提高混凝土的密实度,进而提升弹性模量;而粉煤灰的掺量如果过高,因其自身的火山灰活性相对较低,在早期可能会导致混凝土弹性模量有所降低,不过随着龄期增长,其对弹性模量的影响会逐渐趋于稳定。

4.1.3 施工工艺环节

在施工中,充分振捣能够使混凝土内部结构更加密实,减少孔隙率,增强骨料与水泥浆体的粘结力,从而提高弹性模量。在养护方面,标准养护条件下的混凝土,其水化反应充分且均匀,能够形成更为稳定的微观结构,

使得弹性模量得以更好地发展；而养护不足，如早期缺水干燥或温度不适宜，会导致混凝土内部产生微裂缝，孔隙结构劣化，致使弹性模量降低，影响混凝土的整体力学性能和耐久性^[4]。

4.2 试验验证与相关性判定

选取两种岩性（花岗岩和石灰岩）、四种压碎值结果的碎石分别进行 C35、C40、C45、C50 配合比设计，各配合比除碎石不同外，其他材料保持一致，均采用广州珠江（粤秀）P II. 42.5 水泥、阳江北津岗中砂、深圳迈地聚羧酸高性能减水剂 PCA，设计坍落度控制在 160 - 180mm。

在相同的配合比用量下，混凝土弹性模量并不随碎石压碎值的变化而呈现规律性改变。白水带花岗岩压碎值 15.2% 与洪湾花岗岩压碎值 21.3% 的 C35 混凝土，弹性模量分别为 35500MPa 和 33100MPa，无明显规律；而不同岩性的混凝土弹性模量差异显著，花岗岩碎石混凝土弹性模量相对较为集中，石灰岩碎石混凝土弹性模量也各自相近且与花岗岩有明显区别。由此可判定，碎石压碎值对混凝土弹性模量没有显著的相关性，混凝土弹性模量主要受碎石岩性的影响，有助于优化混凝土结构的力学性能和稳定性。

5 结论

在低标号混凝土中，无论是相同岩性还是不同岩性

的碎石，压碎值与抗压强度均无明显相关性，碎石的骨架作用相对较弱。在高标号混凝土里，碎石压碎值与抗压强度呈反比关系，碎石质量对混凝土强度影响显著。混凝土弹性模量主要受碎石岩性影响，不同岩性的碎石因矿物成分和结构差异，导致混凝土弹性模量有明显不同。在实际工程中，根据对弹性模量的影响因素，合理选择碎石岩性，从而保障工程结构的质量与安全，推动建筑行业的科学发展。

参考文献

- [1] 姚增远. 矿渣碎石压碎值对混凝土抗压强度的影响[J]. 水泥工程, 2020, (06): 86-89.
- [2] 曾春霞, 陈景波, 邓温梯. 碎石压碎值指标对混凝土抗压强度和弹性模量的影响[J]. 广东公路交通, 2016, (03): 47-50.
- [3] 张博, 王社良, 杜园芳, 等. 压碎值指标对再生混凝土抗压强度的影响[J]. 工业建筑, 2013, 43(11): 1-6.
- [4] 祝明. 广西地区石灰岩碎石压碎值特性及对混凝土抗压强度的影响[D]. 长沙理工大学, 2012.

作者简介: 姓名: 马小平 性别: 男 出生年月: 1986.04
民族: 回族 籍贯: 宁夏固原 学历: 本科 职称: 讲师、
实验师 研究方向: 建筑材料 单位: 银川能源学院