

Discussion on Preparation and Basic Mechanical Properties of Self Compacting Mixed Aggregate Concrete for Structural Purposes

Yi Zhang

Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei, 056000, China

Abstract

Based on the mix ratio of lightweight aggregate concrete, this paper optimized the preparation of self compacting mixed aggregate concrete for building structures through experiments, and experimentally studied the basic mechanical properties of self compacting concrete, including compressive strength, axial compressive strength, splitting tensile strength, and elastic modulus.

Keywords

self compacting mixed aggregate concrete; mix ratio; basic mechanical properties

建筑结构用自密实混合骨料混凝土配制及其基本力学性能研究

张祎

河北农业大学, 中国 · 河北 保定 056000

摘要

论文在轻骨料混凝土配合比基础上, 通过试验优化配制出建筑结构用自密实混合骨料混凝土, 试验研究了自密实混凝土基本力学性能, 包括抗压强度、轴心抗压强度、劈裂抗拉强度和弹性模量。

关键词

自密实混合骨料混凝土; 配合比; 基本力学性能

1 引言

随着建筑工程和社会需求的发展, 对结构用混凝土提出了轻质高强、高性能、多功能等更高要求, 尤其是高层、大跨度建筑和桥梁等结构工程。普通骨料混凝土存在自重、脆性大和轻骨料混凝土弹性模量低、变形大等缺陷, 单独使用都难以满足工程要求。为了解决这两者的不足, 提出了混合骨料混凝土。

混合骨料混凝土是指在轻骨料混凝土中采用普通粗骨料取代部分轻骨料配制而成的, 干表观密度介于轻骨料混凝土和普通混凝土之间, 为 $1950\text{kg/m}^3 \sim 2300\text{kg/m}^3$ 。混合骨料混凝土兼有普通混凝土和轻骨料混凝土的优点: ①降低了普通混凝土的干表观密度, 减小了结构自重, 提高了设计的灵活性。②改善了轻骨料混凝土的缺点, 提高了轻骨料混凝土的比强度、弹性模量, 减小徐变和预应力损失^[1]。③利用轻

骨料的“蓄水池”效应, 提高水泥水化程度, 避免了低水胶比混凝土早期收缩开裂。总之, 混合骨料混凝土在不明显改变力学性能条件下, 综合了轻骨料混凝土和普通混凝土的优点^[1-5]。

自密实混合骨料混凝土是将自密实特性赋予了混合骨料混凝土, 克服了振捣导致的大流动性混合骨料混凝土轻骨料上浮、普通骨料下沉的缺点, 保证了硬化混凝土的质量。

2 自密实混合骨料混凝土优化配制

本部分包括混合骨料混凝土配合比优化和自密实混合骨料混凝土配制。依据轻集料混凝土配合比设计中松散体积法, 初步确定了混凝土配合比, 先固定碎石等体积取代陶粒的量, 以混凝土拌合物坍落度和扩展度为考核指标, 确定出粉煤灰等体积取代普通砂的量, 碎石等体积取代陶粒的量, 再通过调整水胶比, 配制出三组混合骨料混凝土配合比。采用陶粒和碎石所占比例与 33% 正负偏差、陶粒质量分层度 (σ_1)、碎石质量分层度 (σ_2) 等两类混凝土拌合物匀质性评价指标, 研究混合骨料混凝土拌合物匀质性, 优化配制

【作者简介】张祎 (2002-), 男, 中国河北邯郸人, 本科, 从事建筑材料研究。

出自密实混合骨料混凝土^[2]。

2.1 原材料

中国唐山冀东 42.5 强度等级的普通硅酸盐水泥；中国保定市 II 级粉煤灰、5~20mm 连续级配的碎石、细度模数为 2.6 的中砂，颗粒级配属于 II 区；外加剂采用慕湖恒源公司的聚羧酸高效减水剂和缓凝剂等；5~16mm 连续级配黏土陶粒，吸水率为 22%。本项目试验研究采用预湿 1h 后的面干陶粒。

2.2 试验方法

2.2.1 拌合方法

采用 JB-50 型单卧轴强制式混凝土搅拌机拌合。其拌合程序：胶凝材料干拌 1min，再加入骨料（陶粒需提前预湿 1h 捞出沥水后使用）干拌 2min，在干拌最后 15~20s 加入水，然后再拌 2min。外加剂的掺加方法采用同掺法。

2.2.2 拌合物工作性评定方法

采用拌合物的坍落度、扩展度和 $T_{50}(s)$ 等定量指标，以及在测定过程中对自密实混合骨料混凝土拌合物稳定性进行定性观察，综合评定自密实混合骨料混凝土拌合物的工作性。

2.2.3 混合骨料混凝土配合比优化

根据实验数据和计算，初步固定水泥用量为 400kg，陶粒和碎石松堆体积之和为 850L，砂和粉煤灰松堆体积之和为 538L，松堆体积砂率为 39%。同时考虑到混合骨料混凝土拌合物工作性特点，确定初步配合比。

通过初步试验，聚羧酸减水剂掺量确定为 2.5%；缓凝剂为葡萄糖酸钠，掺量为 0.05%。最后优化出 3 个混合骨料混凝土配合比。

2.2.4 自密实混合骨料混凝土配制

自密实混凝土可以避免因振捣加剧分层离析现象的发生。自密实混合骨料混凝土拌合物工作性测定分别采用坍落扩展度试验、V 漏斗试验 ($T_{50}(s)$ 试验) 和 U 形箱试验进行检测。采用砂浆分层度筒测定混合骨料混凝土拌合物匀质性。通过研究混合骨料混凝土拌合物工作性，并调整水胶比等参数，配制出 C25 和 C30 自密实混合骨料混凝土。自密实混合骨料混凝土配合比及表观密度如表 1 所示。

3 自密实混合骨料混凝土基本力学性能研究

针对三个自密实混合骨料混凝土配合比，分别制作 150mm×150mm×150mm 和 150mm×150mm×300mm 标准试件，标准养护 28d，测定其抗压强度、轴心抗压强度、劈裂抗拉强度和弹性模量。分析混合骨料混凝土轴心抗压强度、劈裂抗拉强度和弹性模量与其抗压强度的关系，并与普通混凝土进行了对比分析。

3.1 自密实混合骨料混凝土立方体抗压强度

按编号 H1、H2 和 H3 三个配合比，分别制作三组 150mm×150mm×150mm 标准立方体试件，标准养护 28d，按标准试验方法测得立方体抗压强度，见表 2。

由表 2 可以看出，编号 H1 和编号 H2 属于 C25 自密实混合骨料混凝土；编号 H3 属于 C30 自密实混合骨料混凝土。

3.2 自密实混合骨料混凝土轴心抗压强度

采用 150mm×150mm×300mm 的棱柱体作为测定混凝土轴心抗压强度的标准试件。自密实混合骨料混凝土标准养护 28d 轴心抗压强度及其与抗压强度比值如表 3 所示。

与普通混凝土相比，自密实混合骨料混凝土轴心抗压强度与其立方体抗压强度的比值偏高^[3]。

表 1 自密实混合骨料混凝土配合比及表观密度

编号	水泥	陶粒	碎石	砂	粉煤灰	水	聚羧酸(%)	计算表观密度 (kg/m ³)	实测干观密度 (kg/m ³)
	(kg)								
H1	400	190	540	435	135	185	2.5	1885	1953
H2	450						2.6	1935	1985
H3	490						2.6	1975	2012

表 2 自密实混合骨料混凝土立方体抗压强度

编号	H1	H2	H3
抗压强度 /MPa	34.14	35.50	38.76

表 3 自密实混合骨料混凝土轴心抗压强度及其与抗压强度的比值

编号	抗压强度 /MPa	轴心抗压强度 /MPa	轴心抗压强度 / 抗压强度	比值平均值
H1	34.14	28.39	0.83	
H2	35.5	30.18	0.85	
H3	38.76	29.75	0.77	

3.3 自密实混合骨料混凝土劈裂抗拉强度

本试验采用边长 150mm 的标准立方体试件，在上下两相对面的中心线上施加均布线荷载，按劈裂法测定自密实混合骨料混凝土的抗拉强度，并计算出劈裂抗拉强度与其抗压强度的比值如表 4 所示。

由表 4 可以看出，自密实混合骨料混凝土劈裂拉强度与其抗压强度的比值大约在 1/13~1/16，而普通混凝土的劈裂抗拉强度与其抗压强度比值大约在 1/10~1/20。可见，自密实混合骨料混凝土劈裂抗拉强度与其立方体抗压强度的比值在该范围内。自密实混合骨料混凝土劈裂抗拉强度低于同强度的普通混凝土。

表 4 自密实混合骨料混凝土劈裂抗拉强度及其与抗压强度的比值

编号	抗压强度 /MPa	劈裂抗拉强度 /MPa	抗拉强度 / 抗压强度	比值平均值
H1	34.14	2.44	0.0715	0.0678
H2	35.50	2.13	0.0600	
H3	38.76	2.79	0.0720	

表 5 自密实混合骨料混凝土计算弹性模量和实测弹性模量（一）（单位：MPa）

编号	抗压强度	计算弹性模量 $\times 10^4$	实测弹性模量 $\times 10^4$
H1	34.14	3.11	3.1
H2	35.5	3.15	2.66
H3	38.76	3.23	2.91

4 结语

论文通过试验优化配制出自密实混合骨料混凝土，并对其进行了基本力学性能，分析了自密实混合骨料混凝土组成与其性能之间的相互关系，为配制自密实混合骨料混凝土和拓展其应用范围提供了理论依据。主要结论包括：

①采用松散体积法确定混合骨料混凝土初步配合比，以混合骨料混凝土拌合物坍落度和扩展度为考核指标，逐步确定碎石等面积体积取代陶粒和以粉煤灰等体积取代砂量，优化出混合骨料混凝土。

②在混合骨料混凝土配合比基础上，采用陶粒和碎石所占比例（ T_1 、 T_2 、 T_3 、 G_1 、 G_2 和 G_3 ）分层度（ σ_1 、 σ_2 和 σ_3 ）两种指标，研究了混合骨料混凝土匀质性，配制两个强度等级的自密实混合骨料混凝土。

③随着混合骨料混凝土拌合物流动性增加，评价拌合物匀质性的两种指标变化规律基本一致，采用上、中、下三层混合骨料混凝土拌合物陶粒和碎石所占比例与 33% 的差值，作为评价拌合物匀质性指标，显得更直观。

④自密实混合骨料混凝土轴心抗压强度与其立方体抗

3.4 自密实混合骨料混凝土弹性模量

混凝土弹性模量主要取决于水泥砂浆和骨料的弹性模量及其含量。随着混合骨料混凝土中轻骨料所占比例的增加，混凝土的弹性模量在降低。与普通骨料（天然密实石子）相比，陶粒的密度小、强度低和弹性模量小。因此，陶粒除了能减轻混凝土的表观密度，陶粒颗粒的弹性模量直接影响混凝土的弹性模量、收缩和徐变。轻骨料的弹性模量低，仅为 17~21GPa，远小于普通碎石的弹性模量（40~100GPa）。

由表 5 可以看出，与相同抗压强度的普通混凝土相比，自密实混合骨料混凝土的弹性模量偏低。混合骨料混凝土弹性模量与其抗压强度和干表观密度有关，弹性模量随着混凝土表观密度的降低而降低，随着混凝土抗压强度的提高而提高。

抗压强度的比值略高于普通混凝土轴心抗压强度与其立方体抗压强度的比值；自密实混合骨料混凝土劈裂拉强度与其抗压强度的比值在 1/10~1/20，且低于同强度普通混凝土的劈裂抗拉强度；自密实混合骨料混凝土弹性模量高于同强度的轻骨料混凝土，低于同强度普通混凝土的弹性模量。

论文主要对所配制的两个强度等级的自密实混合骨料混凝土的基本力学性能进行了试验研究。但是由于混合骨料混凝土性能的影响因素较多，作用机理复杂，并受试验条件和研究方法的局限性影响，论文对自密实混合骨料混凝土的研究还不够全面，有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] 张宝生,孔丽娟,葛勇,等.混合骨料混凝土综述[J].混凝土,2006(5):20-23.
- [2] 田耀刚.高强度轻混凝土的研究[D].武汉:武汉理工大学,2005.
- [3] Thomas A. Holm and John P. Ries. Specified Density Concrete-A Transition[C]. Proceedings 2nd International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, Edited by Steiner Helland, Ivar Holand and Sverre Smepllass, Kristiansand, Norway, 200,37-46.