

再生骨料混凝土抗压强度的试验研究及其机理分析

刘志龙,杜向琴,胡强圣,卢晨怡

(安庆职业技术学院 建筑工程系,安徽 安庆 246003)

摘要:通过试验研究再生骨料取代率对 C20、C30 再生骨料混凝土(RAC)流动性和抗压强度的影响,结果表明:再生骨料混凝土坍落度随再生骨料取代率增大而减小;当再生骨料取代率为 20%、40%、60%、80%和 100%时,再生骨料混凝土抗压强度较普通混凝土均明显降低,最大降幅分别达 27.5%、28.4%;取代率为 50%时再生骨料混凝土抗压强度较普通混凝土分别高出 7.2%、6.1%。SEM 图像显示旧浆体区内存在较多微裂纹,而新浆体区结构更致密。再生骨料取代率及界面过渡区微观结构是影响再生骨料混凝土抗压强度的主要因素。提高再生骨料品质、优化再生骨料级配、改善界面过渡区微观结构是提高再生骨料混凝土抗压强度的根本途径。

关键词:再生骨料;再生骨料混凝土;抗压强度;取代率

中图分类号:TU528 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2019)04-0005-07

随着我国城镇化进程的不断加快,建筑固体废弃物排放量逐年增加,环境负担日益加剧,而常规的填埋处理又会消耗大量人力、物力并占用有限的土地资源,非常不利于建筑业的可持续发展。废弃混凝土再生利用是混凝土绿色健康发展的必由之路,是节约资源能源和实现环境可持续发展的必然选择。近年来,再生骨料混凝土研究与应用受到各国政府、建筑行业与企业、科研人员与工程技术人员广泛关注,对其基本物理性能、力学性能与耐久性能的研究已成为新时代的热点课题,并取得了很大进展^[1-4]。

作为混凝土最重要的力学性能指标,再生混凝土抗压强度一直是学者们研究的重点。史才军等^[1]讨论了再生骨料对混凝土抗压强度的影响,认为其来源与组成、附着浆体量、含水率、取代率、粒径及其强化处理程度等都会影响混凝土的抗压强度,其中再生骨料取代率对抗压强度影响显著^[5-11]。因此,国内外众多研究人员针对再生骨料取代率与混凝土抗压强度间的关系开展了深入而广泛的研究,但不同研究者得出的结论不尽相

同。骆行文等^[5]、郭远新等^[6]的研究表明再生混凝土抗压强度随再生骨料取代率的增大而减小。李佳彬等^[7]认为通过调整有效水灰比可使再生混凝土抗压强度与普通混凝土接近。肖建庄等^[8]指出当骨料取代率达 50%时,再生混凝土能达到比普通混凝土更高的抗压强度。陈宗平等^[9]的研究却表明再生混凝土抗压强度随再生骨料取代率的增大而有所增长,完全取代时强度增幅可达 8%。霍洪媛等^[10]研究发现若用低强度等级混凝土(C20~C35)制备再生骨料,则再生混凝土抗压强度随再生骨料取代率增加而明显下降,而用较高强度等级混凝土(C40、C45)制备的再生骨料,其取代率对混凝土抗压强度无显著影响。Thomas 等^[11]和 de Brito 等^[12]指出再生骨料取代率不超过 25%时不会显著改变混凝土抗压强度。在以上研究中,再生骨料来源及其本体混凝土强度、再生骨料加工处理、再生混凝土配合比、外加剂与掺合料使用、再生骨料取代率范围等方面均存在较大差异,从而导致了完全不同的研究结论,这也影响了人们对于再生骨料取代率与

收稿日期:2019-03-28

基金项目:安徽省自然科学研究重点项目(KJ2018A0899);安徽省自然科学研究重点项目(KJ2017A786);安徽省高校优秀青年人才支持计划(gxyqZD2016514)

作者简介:刘志龙(1981—),男,甘肃临洮人,工程师,硕士,主要研究方向为土木工程材料与施工技术。

混凝土抗压强度间关系的认识与理解。此外,研究者们还就如何改善再生混凝土抗压强度进行了研究。王宁等^[13]研究表明再生骨料饱水后可改善混凝土工作性并提高其抗压强度。张丽素等^[14]通过试验得出了水胶比、再生骨料取代率、粉煤灰掺量和基体混凝土强度四个因素对再生混凝土 28 d 抗压强度的最优组合。薛建阳等^[15]开展了 42 个普通混凝土、378 个再生混凝土试件的正交试验,结果表明经合理的配合比设计后,再生混凝土能够达到设计要求的抗压强度,再生骨料预吸水有助于提高混凝土强度,作者还指出再生骨料取代率为 50% 时对抗压强度最有利。

以上研究虽对再生骨料取代率对混凝土抗压强度间的关系进行了研究,有些还提出了合理取代率及最优配合比,但均未对再生骨料对混凝土抗压强度的影响机理进行研究与讨论。由于再生骨料来源的广泛性及其性能的变异性,以及不同研究所用试验方法、配合比、龄期及研究目的的不同,所得结果必然会有所差异。要建立两者之间的量化关系,从根本上改善再生混凝土抗压强度,必须从再生骨料的影响机理入手。本文通过对 C20、C30 两种强度等级、7 个不同骨料取代率下混凝土工作性和抗压强度的研究,进一步确定再生骨料取代率与混凝土性能间的关系,并通过微观形貌分析其影响机理,从而为再生混凝土材料的设计和优化提供参考。

表 3 粗骨料性能指标
Table 3 The performance index of coarse aggregate

骨料来源	粒径/cm	堆积密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	表观密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	压碎指标/%	吸水率/%	含泥量/%
天然骨料	5 ~ 26.5	1 638	2 680	4.5	0.94	0.5
再生骨料	5 ~ 16	1 475	2 256	13.6	3.85	0.3

1.2 试验设计

参照《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)^[17]配置 C20、C30 混凝土,基准配合比如表 4 所示,其中粉煤灰用量为水泥用量的 10%。再生粗骨料取代率分别取 0、20%、40%、50%、60%、80% 和 100%。

表 4 混凝土配合比
Table 4 Mix proportions of concrete

混凝土	水/kg	水泥/kg	砂/kg	石/kg	粉煤灰/ kg	水胶比
C20	180	300	700	1 180	30	0.54
C30	180	360	680	1 160	36	0.45

1 材料与方法

1.1 试验原材料

水泥采用安徽海螺水泥厂生产的海螺牌 42.5 级普通硅酸盐水泥,其化学组成与主要物理性能如表 1、表 2 所示。细骨料为当地河砂,细度模数 2.57,表观密度 $2\,564\text{ kg/m}^3$,级配良好,含泥量 0.7%。再生粗骨料为当地路面翻修后经特殊工艺加工得到的工业化产品,其原生混凝土强度等级为 C30;天然粗骨料为当地卵石。再生粗骨料与天然粗骨料的主要性能指标如表 3 所示。粗、细骨料中有害物质含量符合文献^[16]要求。粉煤灰为 I 级粉煤灰。试验用水为自来水,水质符合文献^[17]规范要求。

表 1 水泥化学组成
Table 1 Chemical compositions of cement %

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	烧失量
62.46	22.64	6.43	3.45	2.65	2.12	1.24

表 2 水泥的基本物理性质
Table 2 Basic physical properties of cement

密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	初凝时间/ min	终凝时间/ min	安定性
3.13	100	360	合格

本试验所有试件均采用人工拌和法制备,先将砂、石、再生骨料、水泥和粉煤灰搅拌均匀,再加水搅拌 5 min 左右,然后测定坍落度。选用 150 mm × 150 mm × 150 mm 立方体 PVC 试模,每个配合比不同再生骨料取代率下各制备 6 个试件。为保证拌合物质量及其均匀性,于混凝土浇筑前在试模内涂刷一薄层矿物油作为脱模剂,原材料称重、混凝土拌合、振动捣实及坍落度测定等均严格执行现行国家规范^[18]。试件浇筑后立即用一层塑料薄膜覆盖以防硬化期间失水,24 h 后拆模并置于温度 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$,相对湿度大于 95% 的标准养护

室养护至 28 d,然后测试其抗压强度。

1.3 试验设备

采用 HCT106A 型微机控制电液伺服压力试验机测定再生骨料混凝土试件的抗压强度,最大试验力为 1 000 kN,试验力示值相对误差在 ±0.5% 以内。采用 JSM-6360LV 型钨灯丝扫描电子显微镜观察再生骨料混凝土的微观形貌,其最大放大倍数可达 300 000 倍。

2 试验结果

2.1 再生骨料混凝土流动性

为满足混凝土施工要求,再生骨料混凝土需具有必要的流动性。再生骨料来源、颗粒形状、最大粒径、颗粒级配、取代率及天然骨料性质、水灰比、灰砂比等都会影响再生混凝土的流动性。本试验在再生骨料混凝土试件浇注前对其坍落度进行了测试,结果如表 5 所示。可以看出,C20、C30 混凝土坍落度均随再生骨料取代率增加而逐渐减小,这与文献[6]的试验结果一致,表明再生混凝土流动性较普通混凝土要差。这是由于再生骨料吸水率较普通骨料要高,当再生骨料取代普通骨料时,混凝土实际水灰比减小,导致流动性降低。此外,随再生骨料取代率增大,C30 混凝土坍落度降低幅度小于 C20 混凝土,一方面是因为 C30 混凝土骨料用量相对较少,再生骨料吸水量小,包裹骨料所需净浆量也少,导致坍落度降幅较小,另一方面也可能是因为 C30 基准混凝土水灰比较低,再生骨料的影响不明显。

表 5 再生骨料混凝土坍落度试验结果

Table 5 Slump test results of recycled

混凝土	再生骨料取代率/%						mm
	0	20	40	50	60	80	100
C20	56	50	45	41	38	30	22
C30	41	35	30	27	24	20	14

2.2 再生骨料混凝土抗压强度

不同再生粗骨料取代率下,C20、C30 混凝土的抗压强度试验结果如图 1 所示。可以看出,再生骨料取代率对混凝土抗压强度影响显著,再生混凝土抗压强度总体上随再生骨料取代率的增大而降低。与普通混凝土相比,粗骨料取代率 100% 时 C20、C30 混凝土抗压强度分别降低 27.5% 和 28.4%。但取代率 50% 时两种再生混

凝土强度均高于普通混凝土,分别高出 7.2% 和 6.1%。

由于再生骨料本身的力学性能较普通骨料差,且吸水率高、孔隙率大,故再生混凝土抗压强度一般低于普通混凝土。两者之间的差异与再生骨料性质、取代率、施工方法等有关。再生骨料取代率 50% 时的抗压强度反而高于普通混凝土,这与肖建庄等^[8]的试验结果一致,究其原因可能是由于该取代率下再生骨料与天然粗骨料形成的骨料级配较好,提高了混凝土致密程度,进而改善了抗压强度。

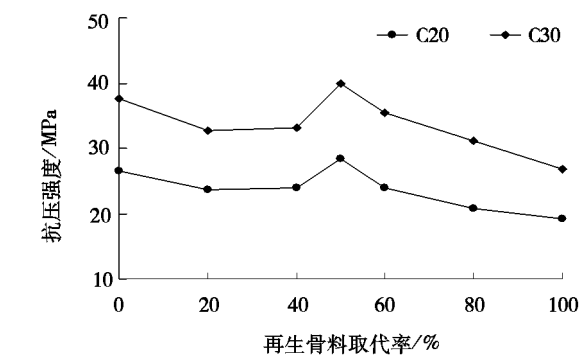


图 1 再生粗骨料取代率与混凝土抗压强度的关系
Fig 1 Relationship between replacement rate of recycled coarse aggregate and compressive strength of concrete

2.3 再生骨料混凝土破坏形态

再生骨料混凝土和普通混凝土的受压破坏过程基本相似。随着荷载的增大,试件中部位置先出现竖向裂缝,之后裂缝向上下延伸并逐渐变宽。荷载继续增大时,由于上下承压板的约束作用,试件中部出现外鼓,表面剥落,试件彻底破坏,破坏时再生混凝土和普通混凝土均呈正、倒相连的四角锥形态。从破坏面来看,再生混凝土和普通混凝土的破坏都基本发生在粗骨料和硬化水泥浆体之间的黏结面上,也有部分再生骨料本身的旧界面黏结破坏,但未出现天然骨料破坏情况。这主要是因为,一方面,不论天然粗骨料还是再生骨料中的原生粗骨料,其强度都高于硬化水泥石,而骨料与硬化水泥浆体间的界面区是混凝土中的薄弱环节,混凝土破坏多是界面区微裂纹的扩展和连通引起的。另一方面,本试验混凝土强度级别较低,水灰比较大,硬化水泥石强度相对较低,压力作用下混凝土内的裂缝会沿着界面扩展并贯穿水泥浆体,不会出现劈开骨料的情况。

3 讨论

3.1 再生骨料取代率对抗压强度的影响

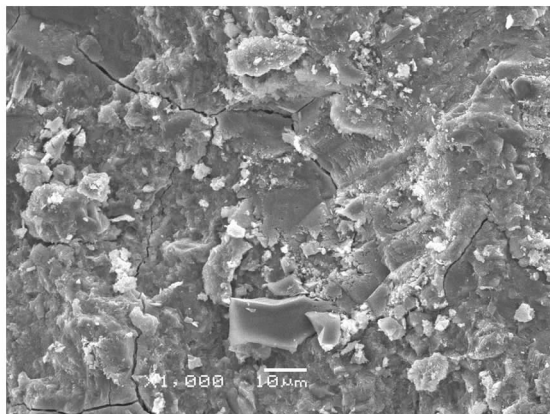
要改善再生骨料混凝土力学性能,扩大其应用范围与领域,首先需明确引起再生混凝土破坏的根源。再生骨料混凝土与普通混凝土的根本差异在再生骨料。尽管再生骨料物理、力学性能普遍不及普通骨料,但由图 1 可知其掺量与混凝土抗压强度的关系却并非简单的单调递减关系。综合国内外关于再生骨料取代率与混凝土抗压强度间关系的大量研究成果,可以发现存在三种情况:一是再生混凝土抗压强度随再生骨料取代率增大而降低,降幅在 0~30% 间不等,主要与再生骨料品质及水灰比有关;二是再生骨料混凝土抗压强度随再生骨料取代率增大而提高,增幅一般较小,多在 10% 以内;三是在一定取代率范围内再生骨料混凝土抗压强度与普通混凝土基本相当,超过该范围后抗压强度随取代率增大而降低。多数研究认为,再生骨料表面粗糙、孔隙率大、吸水率高、压碎值大且内部含有微裂缝,其掺量越大,对混凝土强度越不利。此外,再生骨料与新浆体的接合面往往也是微裂纹的多发带,是混凝土的最薄弱环节,这也是造成再生混凝土强度比普通混凝土低的重要原因。

从本文试验结果看,当再生骨料取代率不超过 40% 及超过 60% 时,混凝土抗压强度都随再生骨料取代率的增大而减小,这与大部分研究者所得结论一致。但当再生骨料取代率在 50% 左右时,再生混凝土抗压强度有明显提高且高于普通混凝土,这可能是因为此时再生骨料与天然粗骨料形成了良好级配^[8],使混凝土致密程度有所增强,进而提高了抗压强度。事实上,由于再生骨料具有孔隙率高、吸水性大的特点,在混凝土强度形成早期,再生骨料会吸收部分用于水泥水化的拌合水,造成混凝土有效水灰比降低,影响了水泥水化进程,进而影响抗压强度,故再生骨料取代率越大,混凝土抗压强度降低越明显。但在混凝土强度形成后期,再生骨料会缓慢释放吸收的水分,对混凝土产生类似“内养护”的作用,促进水泥水化并强化再生骨料与浆体间的黏结^[19],对抗压强度产生有利作用。此外,水泥颗粒还会进入再生骨料孔隙内,其水化产物的填充作用会减小再生骨料孔隙率,加强新旧浆体间的黏结。因此,再生骨料取代天然骨料后,对混凝土抗压强度的影响程

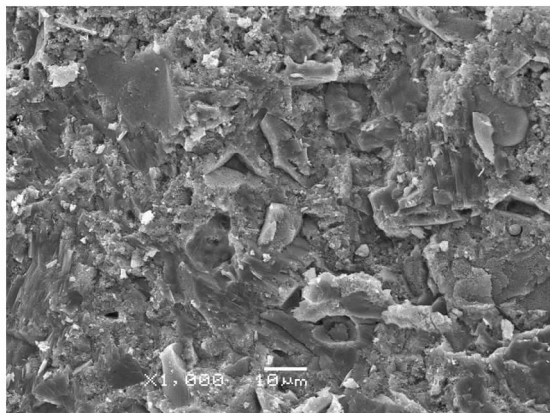
度既与再生骨料本身的性质有关,还与混凝土配合比、再生骨料与天然骨料形成的级配有关,当水灰比、骨料级配等合理时,再生骨料混凝土抗压强度很有可能高于普通混凝土,正如本试验中 50% 取代率时抗压强度反而更高一样。

3.2 再生骨料混凝土微观形貌

混凝土是一种自身结构极其复杂的多相、多孔、非均质材料,其宏观性能总是与其内部微、细观结构密切相关。本文借助电镜扫描(SEM)观察了再生骨料混凝土的微观形貌,如图 2 所示。明显看出,新、旧浆体区内水化产物的形貌基本相似,但旧浆体区存在多条微裂纹,而新浆体区并无微裂纹出现。旧浆体内微裂纹主要是在再生骨料生产、加工过程中形成的,很难避免,只能通过改进加工工艺和对再生骨料进行强化来减少。旧浆体微裂纹的存在极大地弱化了再生骨料力学性能,也是造成再生骨料强度较低的主要原因之一。



a 旧浆体区



b 新浆体区

图 2 再生混凝土 SEM 图像

Fig 2 SEM images of recycled aggregate concrete

3.3 再生骨料混凝土界面过渡区

混凝土是一种非均质多相复合材料,骨料 - 砂浆间的界面过渡区 (ITZ) 是其中的薄弱环节,很大程度上决定着混凝土的力学性能。相比于普通混凝土,再生骨料混凝土的 ITZ 更为复杂,包括了再生骨料本身的旧骨料 - 旧浆体 (I)、新浆体 - 旧浆体 (II)、新骨料 - 新浆体 (III)、旧骨料 - 新浆体 (IV) 这 4 种新、旧界面过渡区^[20],如图 3 所示。研究显示,再生骨料混凝土中新浆体水化产物与老混凝土表面连接较差^[21],旧浆体与新浆体界面处富集大量的氢氧化钙和钙矾石晶体,板状结晶层与层之间摩擦较小^[22],这对再生骨料混凝土力学性能和耐久性能不利。

肖建庄等^[8]研究表明,再生骨料混凝土的破坏基本上始于粗骨料和水泥凝胶体的黏结破坏。

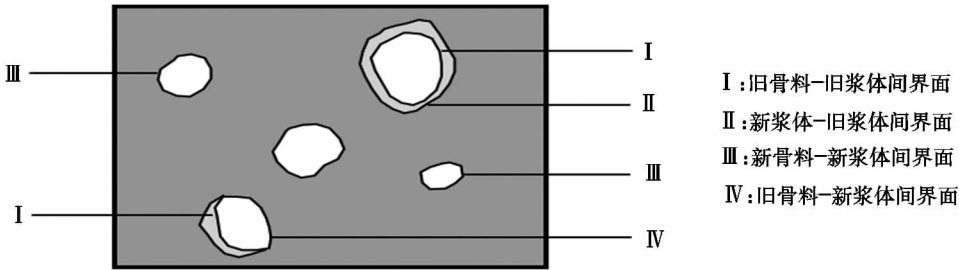


图 3 再生骨料混凝土的界面过渡区示意图

Fig 3 Interfacial transition zone of recycled aggregate concrete

3.4 再生骨料混凝土抗压强度改善途径

作为影响再生骨料混凝土性能的主要因素之一,再生骨料本身的性质具有多样性、变异性与离散型,它对混凝土强度的影响比普通骨料要复杂得多。学者们针对再生骨料与再生混凝土性质间的关系开展了大量研究,普遍认为增大表面粗糙度、减少表面砂浆附着量、采用高性能原生混凝土等措施能提高再生骨料品质,通过再生骨料预吸水、级配优化和采用最优取代率等有助于改善再生骨料混凝土综合性能。Shi 等^[27]提出可采用机械研磨法、聚合物处理法、火山灰处理法、碳化处理法、酸处理法等对再生骨料进行强化处理。甘福等^[28]通过采用物理、化学法对再生骨料进行改进强化,使再生骨料密度、吸水率、压碎值等接近天然骨料。肖建庄等^[29]研究表明通过人工级配调整来优化再生骨料级配,不仅能提高其堆积密度、降低压碎指标,还能提高再生混凝土抗压强度,降低抗压强度标准差和离散性。文献^{[30 -}

他对再生骨料混凝土微观结构和破坏机理的研究表明,再生骨料混凝土的薄弱区域为界面过渡区,新硬化水泥砂浆在其力学性能中起着决定性作用^[23]。李文贵等^[24]指出再生混凝土破坏过程中初始微裂缝先出现在新界面过渡区还是老界面过渡区,取决于两者的相对力学性能。李婷^[25]利用 SEM 对再生骨料混凝土界面过渡区微观结构进行观察,发现再生骨料 - 新水泥砂浆界面黏结强度最低。Xiao 等^[26]基于纳米压痕技术发现新界面过渡区的模量仅为旧界面过渡区模量的 70% ~ 80%。还有研究人员认为再生集料 - 新水泥砂浆界面的黏结性能要优于旧水泥砂浆 - 新水泥砂浆界面。因此,提高界面过渡区微观结构及力学性质是提高再生混凝土力学性能的重要途径。

32] 指出单掺或复掺粉煤灰、硅灰、矿渣等矿物掺合料可改善再生混凝土性能。文献^[33 - 35]还提出通过合理掺加纤维材料有助于改善再生骨料混凝土工作性能、力学性能和耐久性能。

4 结束语

再生骨料混凝土是节约资源能源和实现混凝土可持续发展的必然选择,对其抗压强度的研究有助于再生混凝土的性能优化与应用扩展。本文通过试验研究了再生骨料取代率对混凝土抗压性能的影响,结果表明再生骨料取代率对混凝土流动性和抗压强度影响显著。再生骨料取代率越大,混凝土流动性越小;混凝土抗压强度整体上随骨料取代率增大而降低,但当取代率为 50% 时,再生骨料混凝土抗压强度却高于普通混凝土。通过对浆体区域微观形貌的电镜扫描分析可知,旧浆体区内存在较多微裂纹,而新浆体区结构更为致密均匀,旧浆体内的微裂纹是造成再生混凝土

抗压强度较低的重要原因。提高再生骨料品质、改善再生骨料混凝土抗压强度的根本途径。优化再生骨料级配、改善界面过渡区微观结构是

参考文献:

- [1] 史才军,曹芷杰,谢昭彬. 再生混凝土力学性能的研究进展[J]. 材料导报,2016,30(23):96-103.
- [2] 马斌,魏昕,马腾飞,等. 浅谈再生骨料混凝土研究现状及发展动态[J]. 北华航天工业学院学报,2017,27(5):38-39.
- [3] XIAO J Z, LI W G, FAN Y H, et al. An overview of study on recycled aggregate concrete in China (1996—2011)[J]. Construction and Building Materials, 2012,31:364-383.
- [4] OMARY S, GHORBEL E, WARDEH G. Relationships between recycled concrete aggregates characteristics and recycled aggregates concretes properties[J]. Construction and Building Materials, 2016,108:163-174.
- [5] 骆行文,管昌生. 再生混凝土力学特性试验研究[J]. 岩土力学,2007,28(11):2440-2444.
- [6] 郭远新,李秋义,岳公冰,等. 考虑粗骨料品质和取代率的再生混凝土抗压强度计算[J]. 建筑结构学报,2018,39(4):153-159.
- [7] 李佳彬,肖建庄,黄健. 再生粗骨料取代率对混凝土抗压强度的影响[J]. 建筑材料学报,2006,9(3):297-301.
- [8] 肖建庄,李佳彬,孙振平,等. 再生混凝土的抗压强度研究[J]. 同济大学学报(自然科学版),2004,32(12):1558-1561.
- [9] 陈宗平,占东辉,徐金俊. 再生粗骨料含量对再生混凝土力学性能的影响分析[J]. 工业建筑,2015,45(1):130-135.
- [10] 霍洪媛,范程程,陈爱玖,等. 不同强度等级的再生骨料对再生混凝土基本力学性能影响[J]. 混凝土,2017(2):60-62.
- [11] THOMAS J, THAIKAVIL N N, WILSON P M. Strength and durability of concrete containing recycled concrete aggregates[J]. Journal of Building Engineering, 2018,19:349-365.
- [12] DE BRITO J, FERREIRA J, PACHECO J, et al. Structural, material, mechanical and durability properties and behaviour of recycled aggregates concrete[J]. Journal of Building Engineering, 2016, 6: 1-16.
- [13] 王宁,张凯峰,孟刚,等. 不同状态再生细骨料对混凝土性能的影响研究[J]. 硅酸盐通报,2015,34(S1):269-272.
- [14] 张丽素,乔京生,张弛,等. 不同因素对再生混凝土抗压强度的影响[J]. 华北理工大学学报(自然科学版),2018,40(2):61-65.
- [15] 薛建阳,罗峥,元成方,等. 再生混凝土力学性能及耐久性能试验研究[J]. 工业建筑,2013,43(10):91-96.
- [16] 中国建筑科学研究院. 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准:JGJ 52—2006[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [17] 中国建筑科学研究院. 普通混凝土配合比设计规程:JGJ 55—2011[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [18] 中国建筑科学研究院. 混凝土物理力学性能试验方法标准:GB/T 50081—2016[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [19] 石霄爽,王清远,邱慈长,等. 不同再生骨料取代率的再生混凝土性能试验研究[J]. 四川大学学报(工程科学版),2010,42(S1):170-176.
- [20] 郭鹏,韦万峰,杨帆,等. 再生集料及再生混凝土界面过渡区研究进展[J]. 硅酸盐通报,2017,36(7):2280-2286.
- [21] 万惠文,徐金龙,水中和,等. 再生混凝土 ITZ 结构与性质的研究[J]. 武汉理工大学学报,2004,26(11):29-32.
- [22] 汤文秀. 再生混凝土的力学性能及微观形貌分析[D]. 杭州:浙江工业大学,2015.
- [23] 肖建庄,刘琼,李文贵,等. 再生混凝土细观结构和破坏机理研究[J]. 青岛理工大学学报,2009,30(4):24-30.
- [24] 李文贵,肖建庄,易伟建,等. 模型再生混凝土单轴受压破坏机理试验研究[J]. 建筑结构学报,2014,35(S2):340-348.
- [25] 李婷. 再生骨料缺陷对再生混凝土力学性能影响的研究[D]. 北京:北京交通大学,2013.
- [26] XIAO J Z, LI W G, SUN Z H, et al. Properties of interfacial transition zones in recycled aggregate concrete tested by nanoindentation[J]. Cement and Concrete Composites, 2013, 37: 276-292.
- [27] SHI C J, LI Y K, ZHANG J K, et al. Performance enhancement of recycled concrete aggregate-A review[J]. Journal of Cleaner Production, 2016,112:466-472.
- [28] 甘福,周脉席,濮琦. 再生粗骨料及再生混凝土性能研究进展[J]. 混凝土与水泥制品,2018(9):102-107.

[29] 肖建庄,林壮斌,朱军. 再生骨料级配对混凝土抗压强度的影响[J]. 四川大学学报(工程科学版),2014,46(4): 154-160.

[30] 袁继峰,冷捷,段文峰,等. 硅灰对再生混凝土性能影响的试验研究[J]. 吉林建筑大学学报,2017,34(1):31-35.

[31] 陈欣,郑建岚. 矿物掺和料对高性能再生混凝土力学性能的影响[J]. 福州大学学报(自然科学版),2016,44(2): 246-252.

[32] 张明明,王社良,张世民,等. 矿物掺合料对再生混凝土力学性能的影响[J]. 硅酸盐通报,2017,36(5):1505-1511.

[33] 陈爱玖,王静,杨粉. 纤维再生混凝土力学性能试验及破坏分析[J]. 建筑材料学报,2013,16(2):244-248.

[34] 肖建庄,杨洁. 玻璃纤维增强塑料约束再生混凝土轴压试验[J]. 同济大学学报(自然科学版),2009,37(12):1586-1591.

[35] 章文姣,鲍成成,孔祥清,等. 混杂纤维掺量对再生混凝土力学性能的影响研究[J]. 科学技术与工程,2016,16(13):106-112.

Experimental Study and Mechanism Analysis of Compressive Strength of Recycled Aggregate Concrete

LIU Zhilong, DU Xiangqin, HU Qiangsheng, LU Chenyi

(Department of Construction Engineering, Anqing Vocational & Technical College, Anqing Anhui 246003, China)

Abstract: The influence of the recycled aggregate replacement ratio on the fluidity and compressive strength of C20 and C30 recycled aggregate concrete (RAC) was studied. The results showed that the slump of RAC decreased with the increase of the replacement ratio of recycled aggregate. When the replacement ratio of recycled aggregate is 20% , 40% , 60% , 80% and 100% , the compressive strength of recycled aggregate concrete is significantly lower than that of ordinary concrete, with the biggest decline of 27.5% and 28.4% . When the replacement ratio is 50% , the compressive strength of recycled aggregate concrete is 7.2% and 6.1% higher than that of ordinary concrete. SEM images showed that there were more microcracks in the old slurry area and more compact structure in the new slurry area. The replacement rate of recycled aggregate and microstructure of interface transition zone are the main factors affecting the compressive strength of recycled aggregate concrete. The basic way to improve the compressive strength of recycled aggregate concrete is to improve the quality of recycled aggregate, optimize the grading of recycled aggregate and improve the microstructure of interface transition zone.

Keywords: recycled aggregate; recycled aggregate concrete; compressive strength; replacement ratio

(责任编辑:熊璐璐)