

文章编号:1001-5132 (2010) 04-0112-05

蒸养混凝土早期强度影响因素研究

吴建华, 刘运兰, 邓少桢

(重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400045)

摘要: 研究了在蒸汽养护条件下, 粗细集料对混凝土早期强度的影响. 试验结果表明: 对 C60 塑性蒸养混凝土而言, 当水灰比一定时, 混凝土强度随砂率的增加而增加; 混凝土强度一般随细集料细度模数的增加而增加; 当砂率一定时, 混凝土强度随粗集料最大粒径的减小而增加.

关键词: 蒸养混凝土; 砂率; 集料; 强度

中图分类号: TU411.2

文献标识码: A

水泥与混凝土制品具有工厂化生产质量好、工艺简单、生产周期短、现场施工及湿作业大大减少、混凝土遗洒和噪声扰民降低等优点, 而且还能使业主大幅度节省投资, 并尽早使建筑物投入使用、产生效益. 同时由于预制构件的混凝土已完成了收缩变形, 预应力构件以预应力抵消拉应力, 因此其裂缝控制性能优于现浇混凝土结构, 如果配以高强钢筋而形成高效钢筋预应力构件来增大预制构件跨度和承载力, 则可以适应大开间结构的要求. 随着混凝土建筑业的发展, 水泥与混凝土制品的传统优势将日益显现出来. 为了在较短时间内得到足够的强度, 通常采用一些加速水泥混凝土硬化的方法, 如蒸汽养护、使用早强剂等, 效率最高是蒸汽养护. 目前, 蒸汽养护技术一般用于铁路枕木、隧道管片、混凝土梁、混凝土管桩、电线杆等预制构件产品生产中. 随着在恶劣环境下的工程越来越多, 蒸养混凝土构件在使用过程中的耐久性要求也越来越高, 因此迫切需要研制出成本低、性能优良、适合蒸养的高性能混凝土^[1-4].

混凝土是由胶凝材料、颗粒状集料以及必要时

加入化学外加剂和矿物掺合材等组分的混合料经硬化后形成具有堆聚结构的复合材料. 其中, 集料在混凝土中起填充作用, 一般集料占混凝土体积的 60%~75%, 集料是混凝土的主要组成部分, 对硬化混凝土的工作性能、力学性能和经济性有显著的影响, 混凝土中使用合适类型且质量优良的集料是非常重要的. 普通混凝土经高温养护后, 在水泥石及粗骨料界面处会不同程度地出现裂缝, 造成强度下降、结构破坏等情况. 集料的选择、测定及评判是生产高质量混凝土的重要保证, 一些集料由于某些不良的性质, 会限制混凝土强度的发展, 并且会对混凝土的耐久性及其他应用性能产生不利的影响. 笔者着重研究了在蒸汽养护条件下, 水灰比一定条件下, 砂率和粗细骨料的种类对混凝土的早期强度的影响.

1 试验

1.1 原材料

水泥选用“利森”P.O.52.5 普通硅酸盐水泥, 其

主要化学成分和性能分析分别见表 1 和表 2.

粗集料: 5~25 mm 的华蓥山碎石、2~5 mm 的瓜米石, 所测母岩的抗压强度平均值为 146 MPa, 最小值为 130 MPa, 针片状颗粒含量为 8.9%. 碎石和混合粗骨料的颗粒级配见表 3.

细集料: 混合砂(河砂 50%+机制砂 50%)及机

制砂, 其颗粒级配和细度模数见表 4.

外加剂: 早强型高效减水剂——LM-4 高效早强减水剂.

1.2 试件制备与养护制度

试件成型参照《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55 2000), 成型后试件使用蒸汽养护, 蒸汽养

表 1 水泥的化学成分分析

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | SO ₃ | Cl ⁻ | Loss |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------|
| 20.46 | 5.64 | 2.76 | 63.35 | 1.09 | 0.56 | 0.19 | 3.34 | 0.03 | 1.98 |

表 2 水泥的基本性能指标

| 比表面积/ (m ² ·kg ⁻¹) | 标准稠 度/% | 初凝时 间/min | 终凝时 间/min | 安定性 (饼法) | 抗压强度/MPa | | 抗折强度/MPa | |
|--|------------|--------------|--------------|-------------|----------|------|----------|------|
| | | | | | 3 d | 28 d | 3 d | 28 d |
| 343 | 26.4 | 160 | 220 | 未见裂纹及翘曲 | 35.7 | 64.1 | 7.0 | 9.2 |

表 3 粗集料的颗粒级配

| 种类 | 累计筛余/(w) | | | | |
|--------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | 2.36 mm | 4.75 mm | 9.50 mm | 16.0 mm | 26.5 mm |
| 碎石 | 99.89 | 99.30 | 81.93 | 16.38 | 2.27 |
| 85%碎石+15%瓜米石 | 99.91 | 99.84 | 80.84 | 20.20 | 0.07 |

表 4 细集料的颗粒级配和细度模数

| 种类 | 累计筛余/(w) | | | | | | 细度模数 |
|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | 0.16 mm | 0.32 mm | 0.64 mm | 1.18 mm | 2.36 mm | 4.75 mm | |
| 混合砂 | 74.5 | 74.5 | 34.6 | 30.3 | 15.1 | 4.7 | 2.15 |
| 机制砂 | 86.7 | 86.7 | 57.0 | 50.6 | 36.9 | 15.6 | 2.84 |

注: 机制砂为岩石用机械破碎制得的人工砂.

表 5 混凝土配合比及其性能

| 编号 | 水胶比 | 砂率/ % | 单方材料用量/(kg·m ⁻³) | | | | | | 外加 剂/% | 坍落 度/mm | 抗压强度/MPa | | | |
|----|-------|----------|------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|-----------|------------|----------|------|------|------|
| | | | 水泥 | 河砂 | 机制砂 | 瓜米石 | 碎石 | 水 | | | 脱模 | 3 d | 7 d | 28 d |
| X1 | 0.275 | 28 | 545 | 241 | 241 | 0 | 1270 | 150 | 1 | 20 | 51.7 | 52.4 | 63.5 | 66.5 |
| X2 | 0.275 | 28 | 545 | 160 | 352 | 0 | 1270 | 150 | 1 | 30 | 53.8 | 56.7 | 64.7 | 67.4 |
| X3 | 0.317 | 28 | 505 | 220 | 272 | 0 | 1298 | 160 | 1 | 25 | 47.1 | 51.0 | 59.8 | 65.6 |
| X4 | 0.294 | 28 | 545 | 0 | 482 | 185 | 1050 | 160 | 1 | 25 | 56.7 | 57.9 | 70.3 | 72.3 |
| X5 | 0.297 | 28 | 505 | 0 | 482 | 187 | 1063 | 150 | 1 | 25 | 56.8 | 58.5 | 69.4 | 73.2 |
| G1 | 0.340 | 30 | 538 | 173 | 347 | 182 | 1028 | 183 | 1 | 27 | 60.4 | 64.2 | 70.0 | 72.4 |
| G2 | 0.370 | 30 | 469 | 180 | 360 | 189 | 1070 | 183 | 1 | 20 | 56.2 | 60.5 | 68.6 | 69.3 |
| G3 | 0.340 | 30 | 538 | 0 | 519 | 182 | 1028 | 183 | 1 | 20 | 62.3 | 64.6 | 72.5 | 73.6 |
| G4 | 0.370 | 30 | 469 | 0 | 519 | 189 | 1070 | 183 | 1 | 25 | 60.8 | 63.3 | 69.5 | 70.9 |

护分为静停、升温、恒温、降温 4 个阶段. 蒸养工艺参照《预制后张法预应力混凝土铁路桥简支梁 T 梁技术条件》(TB/T 3043-2005)蒸汽养护的工艺参数: 试件成型后室温静停预养 5 h 后, 然后放入蒸养釜中, 升温速度控制在 $8\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$, 升温 3.5 h; 恒温蒸养温度为 $55\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, 恒温时釜内各部位的温度差不超过 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 恒温为 5 h, 降温速度为 $8\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$, 降温 4 h; 当试件表层温度与环境温度不超过 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 方可从蒸养釜中取出试件. 试件静置与室温不超过 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后脱模, 脱模后立即进入标准养护, 然后测试件的 3 d、7 d、28 d 的强度. 试验方法参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081-2002)进行.

1.3 试验配合比设计

根据设计要求, 配制的 C60 的塑形混凝土, 坍落度为 $20\sim 30\text{ mm}$, 要求试件脱模强度达到设计强度的 70%, 7 天强度达到设计强度的 100%. 试验先后共 2 批 9 组试件, 混凝土的配合比及其相应性能参数见表 5.

2 试验结果与研究

试验按照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081-2002), 试验主要从砂率、粗细集料颗粒级配情况两个方面来研究混凝土早期强度的影响.

2.1 砂率对混凝土早期强度的影响

砂率对混凝土拌合物的和易性与稳定性有很大的影响, 选取合适的砂率, 可以制得和易性好且水泥用量又少的混凝土, 所以在进行配合比设计时候, 砂率应该选取合理砂率.

配合比设计 X1~X5 的砂率为 28%, G1~G4 砂率为 30%, 从表 4 和图 1(a)可以看出, G1、G3 的强度要大于 X1、X2、X4 的强度. 同一砂率条件下, 随着水泥掺量的提高, 混凝土的强度在增加. 但是, 砂率不同, 水泥量增加并不代表混凝土强度的增

加; G1、G3 的水泥掺量为 $538\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, 而 X1、X2 水泥掺量为 $545\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, 但是 G1 和 G3 的强度要大于 X1、X2 的强度. 另外 G2、G4 的水泥掺量为 $469\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, X3、X5 的水泥掺量为 $505\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, 从图(1)b 来看, G2、G4 的早期强度要大于 X3. 合理的砂率配制的蒸养混凝土, 不仅能节约水泥的用量, 而且可以保证混凝土有最佳的力学性能. 已有试验结果表明, 当粗骨料体积含量超过 40%, 会降低混凝土的抗压强度, 其原因在于粗集料和水泥砂浆之间缺乏良好的粘结力^[5]. 所以, 随着砂率的增加, 粗骨料的含量就相对减少, 混凝土的强度就相对的增加.

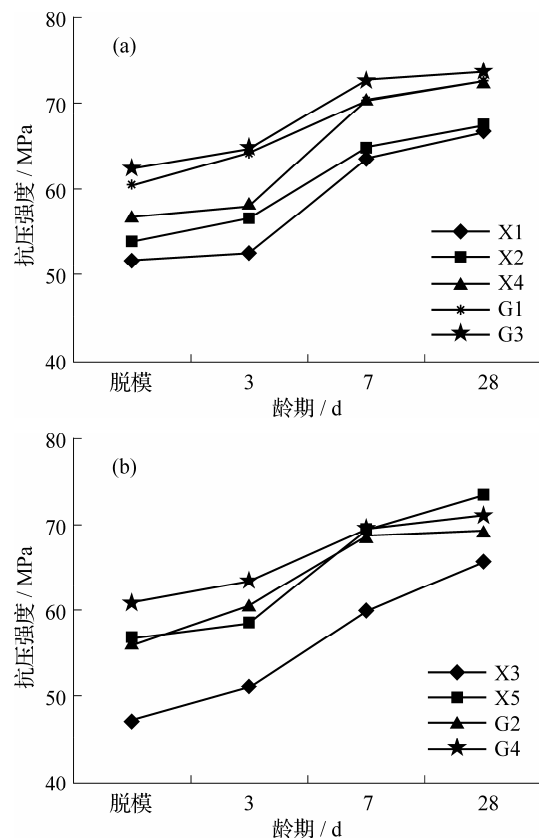


图 1 混凝土抗压强度随龄期的变化

2.2 细集料品种不同对强度性能的影响

细集料的形状和表面特征一般只影响工作性能, 而粗集料的特性却会影响混凝土的力学性能, 因为它们会影响机械粘结性能. 混凝土是紧密堆积的集料和其间填充的起胶结作用的水泥浆所构

成,此时集料的级配就显得非常重要.水泥浆的需求量是由集料间需要填充的空隙和集料的需要包裹的表面所决定的,不同细集料的级配差别就会影响水泥浆的数量,也会对混凝土的性能有很大的影响.

在试验中,G1和G3,G2和G4的配合比均相同,不同之处是细集料,G1和G2为混合细集料(河砂50%+机制砂50%),G3和G4改为普通的机制砂.其中河砂的细度模数为1.7,混合砂(河砂与机制砂比例为1:1)的细度模数为2.1,机制砂的细度模数为2.8.由图2可以看出,采用细骨料品种的不同,对混凝土的强度影响比较大,配合比相同;此外,也可以看到当细集料细度模数提高时,混凝土强度随之增加.在**高强低水灰比**的混凝土中,采用致密的石灰石作集料的混凝土,其强度较卵石做集料的混凝土明显增大,即集料品种对高性能混凝土强度影响较大^[6].

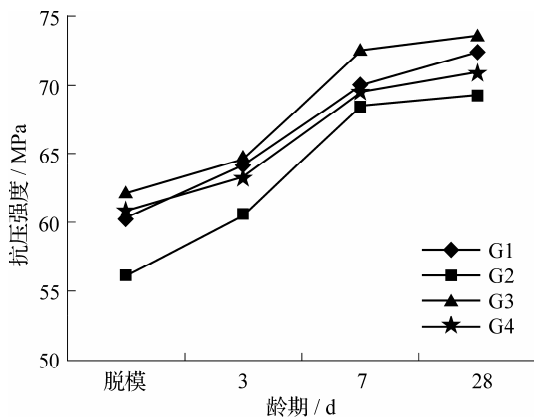


图2 不同细集料对混凝土抗压强度的影响

由试验可见,砂子的种类和级配对蒸养混凝土的影响较大.细度模数大的强度较高,因在一定的水灰比下,砂子的细度模数较小则比表面积增加,集料的级配变差.所以配制C60蒸养混凝土应用颗粒模数在2.3上的中粗砂,且随着颗粒模数的增加,混凝土的强度在增加.粗集料品种不同对强度性能的影响

粗集料在混凝土中起骨架作用,为保证混凝土的强度,粗集料必须质地致密并具有足够的强

度.配制高强度混凝土(50~140 MPa)时,需对集料的力学性质有特殊要求,经检测母岩的平均强度为146 MPa,最小也有130 MPa,集料满足配制混凝土的要求.

粗骨料中,X1~X3未掺加瓜米石,X4~X5的粗骨料为15%瓜米石+85%碎石的混合粗骨料.

图3中,X4的强度要远大于X1、X2,但其配合比均相同,但所用的粗细集料均不同,同样的情况也出现在X3、X5.但是其强度差距很大,由此可见,合理的粗细集料级配对混凝土强度的影响很大.对于水灰比较小、水泥用量较多的高强度混凝土,由于其强度主要取决于硬化水泥浆体的强度以及硬化水泥浆体与集料间的粘结力,最大粒径增大反而会削弱与硬化水泥浆体的粘结,因此当最大粒径较大时并没有好处,有可能造成混凝土强度下降^[7].相对于混合粗集料,碎石的粒径就显的比较大,这样,大粒径的粗骨料的增加就导致混凝土强度的下降.

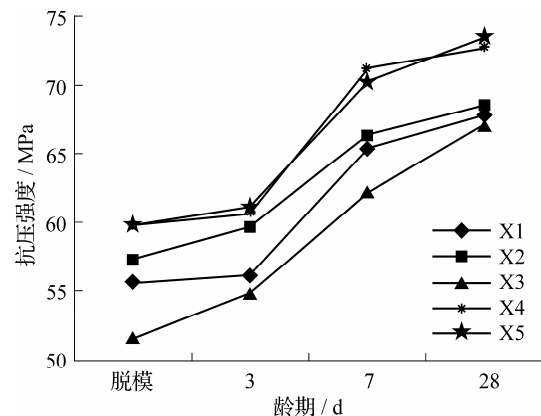


图3 不同粗集料对混凝土抗压强度的影响

3 结语

在配制的C60塑性蒸养混凝土中,当水灰比一定时,混凝土的强度随着砂率的增加而增加;在配制的C60塑性蒸养混凝土中,级配合理的细集料,混凝土的强度大都随着细集料颗粒模数的增加,混凝土的强度也在一定的增加;在配制的C60

塑性蒸养混凝土中,当砂率一定时,混凝土的强度随着粗集料最大粒径的数量减小而增加。

试验因为周期较短,未能完全试验在标准养护条件下进行砂率和粗细集料的品种对混凝土强度的影响;另外,因为原材料的限制,未能使用卵石配制混凝土,也就未能发现卵石混凝土所配置的混凝土中,卵石的颗粒级配和级配参数对混凝土强度的影响。

参考文献:

- [1] 徐有邻. 我国混凝土预制构件行业持续发展的建议提纲[J]. 混凝土, 2000(4):27-29.
- [2] 刘宝举, 谢友均. 蒸养超细粉煤灰混凝土的强度与耐久性[J]. 建筑材料学报, 2003(2):123-128.
- [3] 张树凯. 中国水泥制品工业五十年发展回顾[J]. 混凝土与水泥制品, 2000(3):12-16.
- [4] 陈明全. 在水泥电杆生产中采用热介质定向循环养护工艺效果显著[J]. 混凝土与水泥制品, 1988(2):25-27.
- [5] Giaccio G, Rocco C, Violini D, et al. High-strength concretes incorporating different coarse aggregates[J]. ACI Materials Journal, 1992, 89(3):242-246.
- [6] 姚燕, 王玲, 田培, 等. 高性能混凝土/混凝土技术丛书[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [7] 蒋林华. 混凝土材料学(上)[M]. 南京: 河海大学出版社, 2006.

Effect of Forepart Strength of Cured-concrete

WU Jian-hua, LIU Yun-lan, DENG Shao-zhen

(College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The effect of the coarse and fine aggregate on initial mechanical properties of concrete in the steam curing is studied. The results indicate that: when the W/C is constant, the strength of C60 plastic steam-cured concrete increase with the increase of the sand rate; the strength of concrete in general increase with the increment of the reasonable modulus fineness of fine aggregate. When the sand ratio is kept constant, the strength of concrete increases in inverse proportion to the maximal size of coarse aggregate.

Key words: steam-cured concrete; sand rate; aggregate; strength

CLC number: TU411.2

Document code: A

(责任编辑 章践立)