

硅粉混凝土配合比设计方法的探讨

1 概述

硅粉混凝土是以硅粉为主要掺合料的复合型混凝土材料。随着对硅粉混凝土材料研究的不断深入,对其性能的认识也更为深刻与清楚。一方面,这种材料既是对工业废料的一种再利用,另一方面,掺入硅粉后又可获得比一般混凝土更为优良的性能。所以,这种性价比优越的混凝土材料逐渐被人们所重视,目前正在逐步推广应用。当然,合理确定其配合比,不论对其产品质量还是对生产管理都是十分重要的,因而,也就成为急需解决的问题。我们知道,混凝土材料的性能与其配合比密切相关,配合比决定着混凝土的性能,而配合比又要依据性能要求来确定。由于硅粉混凝土与普通型及其他掺合型混凝土的性能有较大的不同,所以,其配合比的确定方法与一般混凝土的确定方法有一定差异。

2 硅粉混凝土的性能特点

2.1 硅粉的性能

硅粉颗粒极细,粒径 $0.2\sim 2\mu\text{m}$,一般平均为 $0.5\mu\text{m}$,表面积为 $20\sim 23\text{ m}^2/\text{g}$,是水泥的 $50\sim 60$ 倍。硅粉具有很高的活性,掺入混凝土中,可显著地改善混凝土的性能。

2.2 硅粉混凝土的性能特点

有关研究资料表明,硅粉对混凝土性能的改善,最突出地表现在以下几个方面。

(1) 强度显著提高。在普通混凝土中掺入硅粉后,其强度因掺入方式(内掺或外掺)、掺入的品种及掺量的不同可提高约 $40\%\sim 150\%$,图1直观的反映了掺量与强度提高的关系。

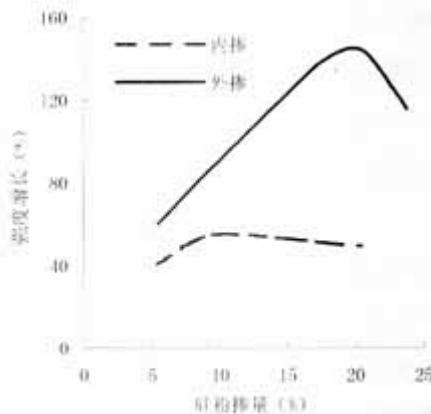


图1 混凝土硅粉掺量与强度增长%关系

(2) 新拌混凝土的和易性获得显著改善。掺入硅粉后,混凝土没有离析和泌水现象,但其坍落度比普通混凝土有明显减小。实际中可通过掺入高效减水剂补偿坍落度的降低,其掺量与硅粉掺量的关系见图2所示。

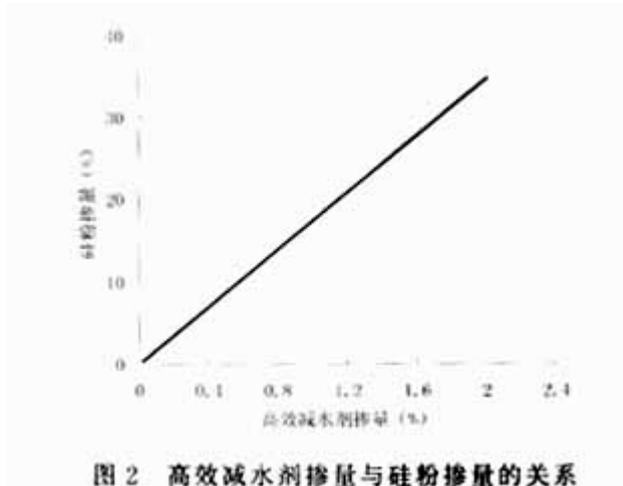


图 2 高效减水剂掺量与硅粉掺量的关系

(3) 硅粉混凝土孔隙小(属超微量孔隙),抗渗性、抗冻性等耐久性能比普通混凝土均有很大提高。从有关试验资料分析可知,内掺 5%~10%的硅粉,抗渗性提高约 6~11 倍,当掺量在 15%以内,抗冻性约提高 2 倍,均达到普通混凝土水灰比为 0.4 时的抗渗与抗冻能力。

(4) 其他性能的改善也较明显。抗化学侵蚀性、抗空蚀性、抗冲击性,均有大幅度提高。

3 硅粉混凝土配合比设计方法问题

3.1 配合比参数的确定

在确定硅粉混凝土配合比参数时,应充分考虑硅粉混凝土的性能特点。

(1) 水灰比的确定

以未掺硅粉的普通混凝土为基准,其基准配制强度应充分考虑掺硅粉后的增强效果。很显然,基准配制强度($f_{基}$)应为硅粉混凝土“配制强度”($f_{掺}$)折减相应的强度增量。其强度折减量应以掺量及掺入方式不同而异,可依据图 3 $W/C \sim f_{cu}$ 曲线确定。

该图中曲线反映了不同掺入方式下不同掺量时硅粉混凝土的水灰比与强度关系。不同掺量时的曲线与未掺时的混凝土曲线纵坐标之差即为折减量(即强度增值)。当掺入方式和掺量一定时,可以近似认为,强度增值(f_{cu})为一常量,这时可以应用普通混凝土的强度与水灰比关系式计算基准水灰比,则有: $f_{基} = f_{掺} - f_{cu} = Af_{cu}(c/w - B)$,且 $f_{基}$ 不能小于普通混凝土的最低强度等级值。

(2) 单位用水量的确定

硅粉混凝土的单位用水量,可在基准混凝土单位用水量基础上作适当调整。

(3) 砂率的确定

砂率是粗细骨料的数量对比,由于掺硅粉对其影响不很显著,同时考虑掺硅粉后混凝土的粘聚性与保水性都比较良好,因此,以普通混凝土的砂率为依据,选取较小值即可。

3.2 硅粉掺量的控制

据有关试验研究,硅粉掺量过大时,会降低混凝土的某些性能和经济性,一般以小于 30%掺量为宜。当有抗冻要求时,掺量应控制在 15%以内。掺量在 5%~15%比较经济。

3.3 最小灰粉用量

根据混凝土对灰浆量的要求,水泥与硅粉总量应不小于普通混凝土的水泥最小用量。

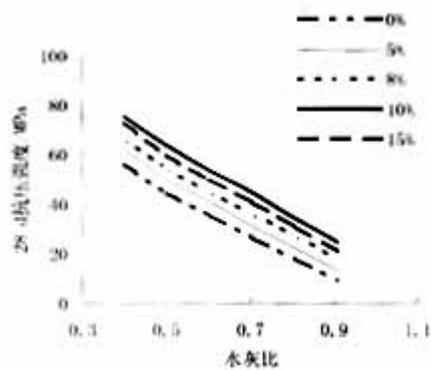
4 硅粉混凝土配合比设计原则与步骤

4.1 配合比设计原则

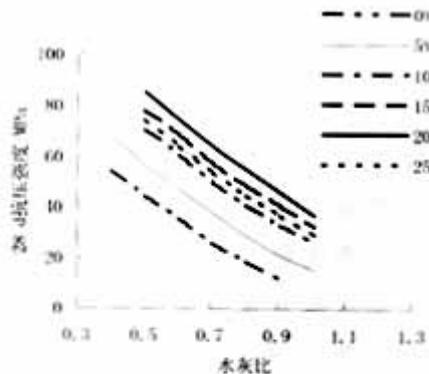
(1) 掺硅粉对混凝土性能的改善是相对于未掺而言，所以，配合比设计应以普通混凝土为基准，确定有关参数，并据此进行适当调整。

(2) 由于硅粉混凝土与未掺硅粉的普通混凝土的生产过程一致，所以，强度保证率、标准差及离差系数与未掺混凝土相同，按有关规范执行。

(3) 由于掺硅粉后强度提高显著，故在确定配合比时应予充分考虑。



(a)内掺法



(b)外掺法

图3 水灰比与强度的关系

(4) 由于硅粉密度较小，掺入量的多少不同，将使混凝土密度有较大差异，所以，应按绝对体积法计算。

(5) 鉴于试验资料的局限性，掺量的计算可按内掺法或外掺法进行。

4.2 配合比设计步骤

(1) 搜集需配制的混凝土基本资料，拟定硅粉掺量 (f_{si}) 和掺配方式 (内掺法或外掺法) 确定配制强度。

(2) 计算基准配比参数：水灰比 (W/C)，单位用水量 (m_{w0}) 砂率 (s)。

(3) 计算基准材料用量：水 (m_{w0})，水泥 (m_{c0})，砂子 (m_{s0})，石子 (m_{g0})。

(4) 计算硅粉混凝土材料量

硅粉掺量 $m_{si} = m_{co} f_{si}$ ，当内掺时水泥量为 $m_c = m_{co} (1 - f_{si})$ ，外掺时水泥量为 $m_c = m_{co}$ 。
水量 $m_w = m_{wo}$

水泥及硅粉浆体积 $V_p = m_c / \rho_c + m_{si} / \rho_{si} + m_w$

砂、石净体积 $V_A = 1000 (1 - \alpha) - V_p$ ， α 为含气量 (1% ~ 3%)；砂子用量 $m_s = V_A \rho_s$ ；石子用量 $m_g = V_A \rho_g (1 - \alpha_s)$ 。

外加剂掺量 (据图 2 确定)。

5 结语

硅粉混凝土性能的独特性，使其配合比设计方法有别于一般混凝土。

(1) 配制强度应是在设计强度基础上减去强度增值，以充分利用强度增长效果，达到节约水泥的目的。

(2) 因硅粉混凝土的抗渗、抗冻性均可满足工程的各种要求，在确定水灰比时，对抗渗、抗冻要求一般不予考虑，仅依据强度要求确定，即按折减后求得的配制强度确定，其强度折减值是依据图解法求得。

(3) 硅粉混凝土须掺入高效减水剂，其掺量主要依据流动性要求和硅粉掺量确定。