

经验交流：集料对高强混凝土力学性能的影响岩土工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/641/2021_2022__E7_BB_8F_E9_AA_8C_E4_BA_A4_E6_c63_641479.htm 把岩土师站点加入收藏夹

摘要:集料在水泥基材中具有重要的作用。混凝土材料中集料相与基体相对水泥基材料力学性能具有协同作用，表现出复合材料的力学行为。本文主要从集料品种、最大粒径、粒形、级配、碱活性等方面对混凝土强度、弹性模量及变形等方面的影响规律进行阐述。关键词:集料相 基体相 最大粒径 碱活性 集料在水泥基材中具有重要的作用。传统观念认为普通混凝土性能的好坏主要取决于基体相的性能，而集料的影响相对较小，因而集料的作用并没有引起足够的重视。然而，随着水泥基材料性能的提高(如各种高强、高性能混凝土材料的出现)，集料在这些材料中的作用逐渐突出。本文着重介绍混凝土材料宏观组成相 集料相与基体相对水泥基材料力学性能的协同作用，在此基础上，从集料品种、最大粒径、粒形、级配及集料含量等方面对混凝土强度、弹性模量等的影响规律作进一步阐述。1水泥基材料中集料相与基体相的协同效应 越来越多的研究表明，随着水泥基材料力学性能的提高，其性能并非由单一的基体相决定，而是充分表现出复合材料的行。基体相与集料相的相对性能变化对水泥基材料力学性能的影响就是复合材料行为的具体表现。这主要是因为受到荷载作用时，水泥基材料内部性能不同的宏观组成相之间由于荷载传递而引起的协同作用所造成的。当混凝土中基体相与集料相的性能相匹配时，有利于充分发挥各组成相的最大潜能，并可使混凝土复合材料性能达到最佳。

Moham ed等采用微观力学模型研究了混凝土材料在受荷情况下宏观组成相的相对性能对其内部裂纹扩展的影响，指出集料相与基体相之间的抗拉强度比是决定材料内部裂纹扩展途径最为重要的因素。另外，混凝土作为土木工程中最常用的建筑材料之一，其基体相与集料相在宏观尺度上和力学性能上亦存在较大差别。宏观尺度上，粗集料最大粒径为厘米级，未水化的水泥颗粒为微米级，而水泥水化产物的尺度则更小而在力学性能上，普通混凝土中集料相与基体相的弹性模量之比在5.0以上，高性能混凝土中集料相与基体相之间的弹性模量之比也在3.0左右。上述研究表明，作为由多组分构成的复合材料，混凝土组成相之间在物理性能、力学性能上的匹配性对其整体性能起着重要的作用，混凝土中基体相与集料相对混凝土的整体性能具有强烈的协同作用。这种作用是高强高性能、超高性能水泥基材料配合比设计时应该考虑的因素。

2 集料对混凝土力学性能的影响

集料对混凝土力学性能的影响主要表现在强度、弹性模量和耐久性等方面。

2.1 集料品种对混凝土力学性能的影响

不同岩石粗集料对混凝土的弹性模量和收缩变形有影响。例如，日本在“新RC计划”期间对安山岩、硬质砂岩和石灰岩进行了对比，结果是：当混凝土强度为100MPa -120MPa时，用安山岩和硬质砂岩的混凝土弹性模量为40GPa，用石灰岩的是50GPa关于干燥收缩变形，用安山岩的最大为 6×10^{-4} ，而用石灰岩的最大为 4.1×10^{-4} 。

混凝土拌合物的工作性能受集料的吸水性质的影响，由于集料在拌合过程中，会直接吸走部分拌合用水，降低了混凝土的水灰比，使得混凝土拌合物的工作性变差，混凝土的坍落度减小，强度降低。有试验结果表明：用石灰石、花岗岩、玄

武岩和辉绿岩4种集料配制的相同配合比的混凝土中，用吸水率较低的石灰石集料配制的混凝土获得了最高的抗压强度，而吸水率最高的辉绿岩混凝土的抗压强度最低。此外，吸水率高的集料，其对混凝土的抗冻性和收缩变形亦有不利的影响。

2.2 集料最大粒径对混凝土力学性能的影响

对于特定的水泥用量与砂率，混凝土中水泥浆量一定，混凝土强度存在集料最大粒径效应。根据实验，当坍落度一定时，最大粒径的混凝土因其表面积增大，在相同坍落度下需水量增大，对应的水灰比明显增大或相同配合比条件下，混凝土的工作性变差，内部缺陷增多，从而引起强度的降低。从微观角度认为，粗集料粒径愈大，与水泥石粘结的表面积愈小，并且倾向于生成较弱的水泥石—集料界面，即较弱的过渡区，会减弱混凝土的强度。

2.3 集料粒形对混凝土力学性能的影响

一般卵（砾）石具有球形颗粒外形与光滑表面构造，碎石则为棱角颗粒和粗糙表面，粗糙表面具有良好的粘结作用，有利于强度的发展。在进行混凝土的配合比设计及原材料选择时，为了获得所要求的混凝土强度和密实性等性能，采取了限制粗集料中针片状颗粒的含量的要求，这是因为针片状增多，集料表面积增大，在其他材料用量不变的情况下，拌合物的砂浆数盆不足以包裹集料表面，使得集料之间的摩擦阻力增大，和易性变差。同时，混凝土构筑物中集料的针片状颗粒含量较多时，在疲劳荷载下针片状集料极易折断，从而影响混凝土的使用寿命。也有试验研究表明，针片状颗粒含量与混凝土强度存在一种特殊的关系，即不是针片状含量越高，强度越低，也不是针片状含量越低，强度越高，而是存在一个最佳针片状值，在这个值附近，混凝土的抗压强度最高。

同时，集料中针片状含量与混凝土弹性模量有一定关系，随针片状含量增加，弹性模量有增大的趋势。

2.4 集料级配对混凝土力学性能的影响

粗集料的级配对混凝土的力学性能有非常明显的影响，级配良好的集料具有较大的堆积密度和较小的空隙率。在其他条件相同的情况下，堆积密度越大，空隙率最小的集料，其级配可以获得较高的强度和密实度。根据最大密度曲线理论，固体颗粒按粒度大小，有规则的组合排列，粗细搭配，可以得到密度最大、空隙最小的混合料。因此，石子的堆积密度存在一个合适的粗、细石子比例，在这个比例的集料可以得到最大的堆积密度和最小的空隙率，获得最高的混凝土强度。

2.5 集浆比对混凝土力学性能的影响

在混凝土拌合物中，集料的表面和空隙要由水泥浆来包裹和填充，使得混凝土拌合物有一定的流动性。若集料的含量过多，则水泥浆的数量相对较少，不足以被浆体包裹和填充，则拌合物容易离析、粘聚性变差相反，若集料的含量过少，水泥浆的数量相对过多，达一定限度时，将会出现流浆现象，使拌合物的粘聚性和保水性变差，同时，也会影响强度和耐久性。

2.6 砂率变化对高强高性能混凝土力学性能的影响

在满足混凝土所要求的性能范围内，砂率要尽量低，因为在水泥浆量一定的情况下，砂率在混凝土中主要是影响拌和料的和易性。对于高强高性能混凝土由于用水量较低，砂浆量要由增加砂率来补充，砂率应适当增大。但是砂率会根据水泥用量、水灰比、单位用水量、含气量以及集料的粒径、粒形等发生变化，因此，通常情况下很难简单确定一个标准值，而要根据实际情况，由试验获得。根据有关资料的试验研究，混凝土的弹性模量随砂率的增加而降低，抗拉强度则随

砂率的增大而出现峰值。混凝土的弹性模量主要取决于集料的弹性模量以及粗集料与砂浆的体积比，随砂率的增大，混凝土中粗集料比例下降，从而造成混凝土弹性模量下降。对给定配合比的混凝土拌和物，存在一个最佳砂率，使得混凝土流动性最高，这主要是因为保持混凝土坍落度基本相同时，最佳砂率对水灰比有影响，从而影响混凝土的强度。

2.7 集料中碱活性对混凝土力学性能的影响 当混凝土中达到一定数量的可溶性氧化物(Na_2O , K_2O)后，这些可溶性氧化物会与混凝土中某些含有碱活性矿物的集料在有水分的条件下发生化学反应，生成凝胶体，使其体积膨胀，引起已硬化的混凝土开裂破坏。这一现象称之为碱—集料反应。混凝土一旦发生碱—集料反应，就会自身胀裂，使工程遭到破坏，无法补救。含有碱活性的集料，其粒径及含量对膨胀的大小有影响。实践证明，在混合物中加入细粉状的二氧化硅，可使由碱—集料反应引起的膨胀减少或消除。一方面在低二氧化硅含量范围内，对于给定的碱含量条件下，二氧化硅数量愈大，膨胀量也增加，但在二氧化硅含量较高时，情况正好相反，即活性集料的表面积愈大，单位面积上有效数量越少，因而可能生成的碱—硅凝胶量也越少。另一方面，由于氢氧化钙的迁移率非常低，仅集料表面附近的氢氧化钙可以参加反应，因此，表面积增加，集料界面处溶液的氢氧化钙与碱的比值也增加，在这种情况下，便形成一种无害的碱性硅酸钙产物。对于给定的活性集料，有一个能导致最大膨胀量的所谓“最危险”含量。在活性颗粒较少的情况下，随着含量的增加，碱的硅酸盐凝胶数量越多，膨胀越大。但当超过“最危险”含量后，活性颗粒越多，单位面积上所能作用的有效

碱相应减少，膨胀率变小。因此，掺入足够数量的活性二氧化硅细粉或火山灰、粉煤灰等，能有效抑制碱—集料反应的膨胀效果。同样原因，将细的硅质材料加到粗的活性颗粒中尽管会和混凝土发生反应，但会使膨胀减小，这些火山灰掺和料对减少粗集料颗粒的侵蚀有效。

3结语 集料是混凝土的重要组成部分，其性能对混凝土的物理—力学性能有重要的影响。特别是对于高强高性能混凝土，其强度受组成材料的强度影响较大，集料的强度明显影响混凝土的强度。如果集料中混有一定量较弱集料，则混凝土强度会显著降低。混凝土集料的级配较理想时，可获得较高的强度。集料的最大粒径和混合料的砂率存在一个最佳值，此时混凝土的强度与弹性模量均较高。碱—集料反应是一个重要的问题，活性集料容易发生碱—集料反应。在原材料选择时，应选择非活性集料，降低碱的含量，抑制碱—集料反应。混凝土的强度与弹性模量均较高。碱—集料反应是一个重要的问题，活性集料容易发生碱—集料反应。在原材料选择时，应选择非活性集料，降低碱的含量，抑制碱—集料反应。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com