

# 混凝土中碱骨料反应及预防抑制分析

于静波

肇庆市水利水电工程质量检测站 广东肇庆 526040

**摘要:** 碱骨料反应主要指的是混凝土中所含有的碱与其中所含有的具有一定碱活性的骨料之间产生的一种化学反应, 在这种情况下会导致混凝土出现开裂等各种问题, 影响混凝土的质量。碱骨料反应对于混凝土结构的稳定性、安全性造成严重的影响, 同时也是导致混凝土整体结构耐久性明显降低的主要原因。混凝土如果存在碱骨料反应情况, 会使得混凝土表面出现较多的裂缝, 同时还会存在脱落等情况。本篇文章主要对混凝土中碱骨料反应的主要原理进行阐述, 并对多种研究碱骨料反应的方法进行对比与分析, 结合实际情况, 提出有效的预防混凝土碱骨料反应的措施, 以此保证混凝土结构的安全、稳定, 提高结构的耐久性。

**关键词:** 混凝土; 碱骨料反应; 水泥; 碱含量

## Analysis of alkali aggregate reaction and preventive inhibition in concrete

Jingbo Yu

Zhaoqing Water conservancy and Hydropower Project Quality Testing station, Zhaoqing, Guangdong 526040

**Abstract:** Alkali aggregate reaction mainly refers to a chemical reaction between the alkali contained in concrete and the aggregate containing a certain alkali activity. In this case will lead to concrete cracking and other problems, affecting the quality of concrete. Alkali aggregate reaction has a serious impact on the stability and safety of the concrete structure and is also the main reason for the obvious reduction of the durability of the concrete structure. If there is an alkali-aggregate reaction in concrete, there will be more cracks on the surface of the concrete, and there will be shedding. This article mainly expounds on the main principle of alkali-aggregate reaction in concrete and compares and analyzes various methods of studying alkali-aggregate reactions. Combined with the actual situation, it puts forward effective measures to prevent the reaction of concrete alkali aggregate, ensure the safety and stability of the concrete structure, and improve the durability of the structure.

**Key words:** concrete; alkali aggregate reaction; cement; alkali content

碱骨料反应是目前水利工程中的混凝土项目开展过程中存在的最为主要的问题, 目前相关人员对该问题的重视程度越来越高。碱骨料反应主要指的是混凝土中所含有的多种原材料, 比如水泥、外加剂以及具有碱性的各种物质在与骨料中含有的具有碱活性的物质相互接触, 产生的一种化学反应, 最终能够形成一定的膨胀性的物质, 使得混凝土结构在经过长时间的投入应用之后, 整体结构内部存在一定的膨胀应力, 最终导致混凝土结构从内部扩展到外部都存在开裂的问题, 造成严重的影响。混凝土中的骨料分布较为广泛, 如果混凝土出现了碱骨料反应问题, 就会对整体结构造成严重的破坏, 一般情况下, 碱骨料反应的产生会与钢筋的生锈腐蚀、冻融损坏等各种因素条件共同作用, 进而导致混凝土结构受到严重的破坏, 使得整体的使用寿命明显缩短。除此之外, 碱骨料反应具有一定的破坏性, 难以控制, 且造成的影响是难以修复的。

随着经济与科技的快速发展, 水泥工业实际工作中采用的生产方法也发生了一定的改变, 从原本所采用的

湿法生产改为当前的干法生产, 在此条件下使得水泥中所含的碱性物质含量有所增加, 尤其是 80 年代, 为了能够大力的推广并应用工业废料, 实现能源的节约, 在水泥材料中加入了大量的具有较高碱性的窑灰, 进一步的使得我国水泥材料中的碱含量大幅度的增加。对于纯硅酸盐水泥材料来说, 其并不含有任何的混合材料, 如果将该材料应用于混凝土配置工作时, 没有对骨料的碱活性进行严格的检测, 就会导致工程开展的过程中很容易出现碱骨料反应问题。其次, 在混凝土工程开展的过程中经常会采用外加剂, 对于早强剂来说, 其主要的组成成分为硫酸钠, 而防冻剂主要的组成成分为硝酸钠, 这些外加剂在实际应用的过程中能够有效的溶解钾离子以及钠离子, 从而导致混凝土含碱量明显的增加。

通过相关资料可以发现, 在我国的北方区域中, 一些建筑物采用了含盐量较高的混凝土材料, 这种混凝土的含碱量非常高, 无法达到国外对该方面提出的要求与标准。其次, 我国的地域非常广阔, 各个区域在实际工程中都采用了多种不同类型的骨料, 根据相关的研究发

现,我国很多区域中都发现了大量的具有碱活性的骨料,在这种条件下,我国未来的工程建设过程中,碱骨料反应会成为造成混凝土结构损坏的主要因素,因此为了避免此类问题造成的影响,必须要对碱骨料反应的原理进行全面的分析,并结合实际情况提出有效的预防措施。

### 一、混凝土碱骨料反应的基本条件以及原理

碱骨料反应是需要具备一定的条件的,主要包括以下几点:第一,水泥以及其他所采用的原材料都需要非常高的含碱量;第二,所采用的骨料中必须要存在活性氧化硅成分。对于水泥而言,其主要的组成成分为氧化钙、二氧化硅、三氧化二铝等等,同时还含有一定量的氧化物,比如氧化镁、三氧化硅等等,存在氧化物的主要原因是由于水泥在实际生产工作开展的过程中,这些物质没有充分的反应,从而部分会残留在水泥材料当中,其次,水泥生产工作中所采用的原材料以及生产工艺的水平会对各种组成成分的含量造成极大的影响。一般情况下可以将碱骨料反应分为三种类型,具体为以下内容。

#### 1.1 碱硅酸反应的介绍

碱硅酸反应主要指的是混凝土中所含有的碱与骨料中所含有的活性硅之间产生化学反应,产生硅酸盐,该反应的化学方程式为以下所示: $2\text{NaOH}+\text{SiO}_2+n\text{H}_2\text{O}\longrightarrow\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。一般情况下,碱硅酸类为白色的凝胶固体,在吸收水后会膨胀,体积会很大程度的增加,通常这种反应会在骨料与水泥石相互交接的界面上,混凝土受到膨胀问题的影响而出现开裂的情况,同时界面发生一定的变化使得混凝土结构的强度明显的下降。

碱硅酸反应是碱骨料反应的主要类型,根据实际情况来看,我国岩石的种类是非常多的,岩石中含有一定量的活性氧化硅物质,能够有效的与碱发生反应,其中主要包括了火成岩、沉积岩等等。通常可以将具有活性氧化硅的物质分为两种类型,具体为以下内容:第一,非晶体的二氧化硅,对于玻璃纸的二氧化硅来说,是由于火山喷发而产生的,火山喷发产生的具有较高温度的喷发物质无法及时的实现结晶,在被冷却处理之后就变为玻璃形态。有研究人员认为这种非晶体的物质主要就是经过硬化处理的液体,因此其具有非常高的活性,如果将其应用于混凝土的骨料中,会造成非常严重的危害;第二种则是没有完整的实现结晶的二氧化硅矿物。其次经过完整结晶的石英受到地质运动的影响导致其晶格出现错位等问题,进而使得界面一定程度的增加,产生了一定的碱活性。

#### 1.2 碱碳酸盐反应的介绍

对于碱碳酸盐反应来说,主要指的是混凝土中所含有的碱与骨料中的碳酸盐矿物相互接触而产生的一种反应,过程缓慢而持久,具有碱碳酸盐反应活性的骨料主要是白云质石灰岩,该反应的化学反应式为: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2+2\text{NaOH}\longrightarrow\text{Mg}(\text{OH})_2+\text{CaCO}_3+\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{Ca}(\text{OH})_2\longrightarrow2\text{NaOH}+\text{CaCO}_3$ 。碱碳酸盐反应主要

是去白云化反应,去白云化反应能够持续不间断的进行,到白云石已经被充分的应用或者是碱在反应的过程中被全部消耗为止,进而使得碱的浓度很大程度的降低。反应产生的  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  是凝胶体,吸水膨胀产生膨胀应力。碱碳酸盐反应的反应速度更快,通常情况下,在混凝土浇筑工作完成并且投入实际应用之后的半年左右,混凝土才会出现膨胀、开裂的问题。

#### 1.3 碱硅酸盐反应的介绍

碱硅酸盐反应主要是指混凝土中所含有的碱能够与骨料的层状结构中所含有的硅酸盐之间产生化学反应,使得层状结构中硅酸盐层之间的距离一定程度的增加,骨料会出现膨胀的情况,最终导致混凝土出现开裂等问题。多种类型的岩石都能够与碱之间产生上述的反应,比如石英质岩石等等。碱硅酸反应主要的特点为:在混凝土实际应用的过程中膨胀的速度是非常慢的,在特定的条件下才会出现开裂的问题。岩石的碱性反应速度是比较慢的,因此采用以往所使用的检测技术,是无法对岩石的碱活性进行检测的。

### 二、研究碱骨料反应的方法

通过对骨料的碱活性进行全面的检测,能够有效的预防混凝土出现碱骨料反应,发挥着非常重要的作用。在检测工作开展的过程中最常用的方法有很多,比如岩相法、化学法、砂浆棒长度法、砂浆棒快速法等等。

在岩相法实际应用的过程中,主要是通过试验人员观察,并利用显微镜、红外光谱分析等各种方法,对骨料中岩石类型、组成部分以及各种组成成分的含量进行检测,但是该方法具有一定的缺点,检测所得的信息只能够了解骨料发生碱骨料反应的概率,无法准确的判断出骨料的膨胀性,使得最终获得的骨料的碱活性存在一定的偏差。

化学法是在一定的条件下开展试验工作,使被检测的骨料与特定浓度的氢氧化钠溶液产生化学反应,以检测最终二氧化硅的浓度以及溶液碱性减少量,根据试验工作的结果对骨料是否具有活性进行判断,具有良好的应用效果。但是该方法也存在一定的问题,经常会出现误判的问题,因此该方法并不适用于膨胀速度比较慢的骨料检测工作中,实际应用范围比较小。在2021年实施的规范中,已被取消。

对于砂浆棒长度法来说,主要是按照一定的粒级对骨料进行配置,并根据特定的比例使其与水泥相互融合起来制成砂浆,对其进行养护处理之后,对各砂浆试件的长度进行检测,根据砂浆的膨胀率对骨料的碱活性进行判断。该方法适用于碱骨料反应较快的碱硅酸反应,不适用于碱碳酸盐反应,且需要花费比较长的时间,无法满足实际建设的需求。

对于砂、石快速试验的方法来说,是在特定的压力、温度条件下进行较长时间的压蒸处理,最终根据膨胀率判断出骨料是否具备碱活性。在该方法实际应用的过程

中需要采用各种专业的设备仪器,便于操作,只需要花费一天的时间就能够获取检测的结果。但是该方法也存在一定的缺点,受到较高温度、较大压力条件的影响,使得水泥的水化发生了一定的变化,进而导致水化的产物与实际情况存在一定的偏差,获取的膨胀率也与实际情况存在偏差。

砂浆棒快速法是当前碱骨料反应研究工作中最常用的方法,发挥着巨大的优势,该方法主要是将被检测的试件置于特定温度、特定浓度的氢氧化钠溶液中,利用14天的浸泡之后所得出的膨胀值就能够对骨料的碱活性进行准确的判断。

### 三、预防碱骨料反应的措施

#### 3.1 严格把控水泥的碱含量

混凝土中主要的碱来源就是水泥,因此为了能够减少混凝土中的碱含量,需要对水泥进行严格的把控,在保证工程质量的前提下,采用碱含量较低的水泥或者是减少水泥的使用量。

#### 3.2 严格把控混凝土碱含量

除了水泥以外,混凝土中碱含量还来自于使用的外加剂、水等等,因此单凭对水泥进行严格的把控是无法满足对混凝土含碱量有效控制的要求的,我国相关人员针对不同工程中的混凝土结构、混凝土不同的应用环境等多个方面进行研究与分析,对混凝土碱含量进行了一定的限制,并规定了相应的措施,预防混凝土碱骨料反应最直接最有效的措施就是降低混凝土内部的碱含量,混凝土中的碱主要来源于水泥、掺合料、外加剂、拌和水及骨料等。在降低混凝土内部碱含量时不仅要限制水泥的碱含量,还要控制混凝土的总碱含量,混凝土总碱含量最大允许值不应超过 $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ 。

#### 3.3 合理的选择骨料

如果所采用的水泥材料含碱量比较高,或者是混凝土的总碱量比较高,相关人员必须要对骨料活性进行检测,以此有效的预防碱骨料反应。如果在工程开展的过程中,需要同时采用活性与非活性的骨料,那么必须要开展试验验证工作,保证骨料不会对工程造成影响,在此条件下严格的按照规定的比例对骨料进行充分的混合。防治碱骨料反应的主要措施在于预防,为此,应建立优质原材基地,限制高碱水泥和外加剂的使用,加强碱骨料反应机理与补救措施的研究工作。另外,在碱骨料活性鉴定方面,国际标准已做了较大修改,为提高我国建筑工程的耐久性和安全性,应及时修订我国的国家标准,以保持与国际标准同步。

#### 3.4 合理的采用具有活性的混合材料

通过硅灰、粉煤灰等各种活性混合材料的应用能够有效预防混凝土出现碱骨料反应。在实际中,冰岛在水泥生产工作开展的过程中,采用了硅灰材料,有效的避免了混凝土产生碱骨料反应。粉煤灰的含碱量具有一定的差异性,但是尽管是应用含碱量比较高的粉煤灰也能够有效的预防碱骨料反应,发挥着非常重要的作用。在实际应用的过程中,必须要对混合材料的用量进行严格的把控,保证其在合理的范围内,以此才能够充分的发挥出混合材料的作用,预防碱骨料反应。

#### 3.5 隔绝空气与水

混凝土碱骨料反应的主要条件为水。如果混凝土结构的相对湿度在80%之内,碱骨料反应导致的膨胀问题就会停止;如果相对湿度在75%以下,就能够有效的避免碱骨料反应的发生。因此应当提高混凝土结构的防渗透能力,并做好防水措施,以此能够有效的避免水以及具有一定湿度的空气进入到混凝土结构中,有效的预防碱骨料反应,但是根据实际情况来看,要想做到完全隔绝水以及空气是具有很大的难度的。

#### 3.6 采用引气剂

小气泡能够使得碱骨料反应所产生的物质分散到各个孔隙中,从而能够使得膨胀压力明显降低,降低膨胀的程度。但是如果所采用的骨料具有活性,或者是水泥的含碱量比较高,采用引气的方法就无法有效的避免碱骨料反应造成的各种影响。

### 四、结语

综上所述,碱骨料反应会对混凝土结构造成严重的破坏,导致结构的稳定性与耐久性明显的下降,因此相关人员必须要充分的认识到碱骨料反应的危害性,并且采取有效的措施进行预防。本篇文章主要对碱骨料反应的主要类型、控制碱含量的方法、预防碱骨料反应的措施等进行了研究与分析,以此能够提高混凝土结构的质量,保证混凝土结构的安全、稳定,促进工程顺利完工,进而提高工程整体的质量。

#### 参考文献:

- [1] 王媛俐,姚燕.重点工程混凝土耐久性的研究与工程应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [2] 刘崇熙,文梓芸.混凝土碱-骨料反应——坝工混凝土专论(一)[M].广州:华南理工大学出版社,1995.
- [3] CECS48:93,砂、石碱活性快速试验方法[S].