



第六次国际大坝会议论文选集之六

水 工 混 凝 土

中国工业出版社

第六次国际大坝会议论文选集之六

水 工 混 凝 土

水利水电科学研究院译

中国工业出版社

本书系第六次国际大坝会议论文选集之六，主要内容为外加剂和火山灰质材料在大坝混凝土中的应用以及细砂颗粒对混凝土的影响。书中共有论文27篇，都是通过具体实例介绍关于这些问题的实践和经验。

本书主要供水利水电设计、施工和科研人员阅读，也可供有关高等院校师生参考。

第六次国际大坝会议论文选集之六

水 工 混 凝 土

水利水电科学研究院译

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南曹房）

中国工业出版社出版（北京修睦园路丙10号）

• 北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 • 各地新华书店经售

*

开本850×1168毫米 • 印张12¹³/₁₆ • 插页1 • 字数312,000

1965年2月北京第一版 • 1965年2月北京第一次印刷

印数0001—2,860 • 定价(科六)1.90元

*

统一书号：15165·3164(水电-430)

目 录

表面活性外加剂和細砂在大坝混凝土中的应用

.....(苏联) B. B. 斯托尔尼科夫(1)

在大体积混凝土坝中用火山灰及其他材料代替部分

硅酸盐水泥的研究.....(美国) T. B. 愷耐第(19)

混凝土坝中的火山灰.....(美国) W. A. 台克斯黑麦(42)

关于天然火山灰在坝工中应用的一些問題——特别是使用

萊因河火山凝灰岩的經驗.....(西德) H. 克莱姆塞(65)

意大利新筑大坝中火山灰水泥和混凝土的特性, 以及細砂、

塑化剂和加气剂的影响....(意大利) 混凝土小組委员会(77)

須田貝坝飞灰混凝土的研究.....(日本) 三越辰夫(111)

飞灰在兰特諾克坝中的应用

.....(英国) R. H. 麦克唐納, A. C. 艾倫(127)

法国伊泽尔河圣伊来尔-圣納才尔坝混凝土內的飞灰材料

.....(法国) H. 杜塞尔(143)

飞灰的磨細对其火山灰性能的影响.....(法国) H. 拉夫瑪(153)

最适用于大坝的一等胶結材料——火山灰-矿渣水泥及

掺有磨細飞灰的硅酸盐水泥.....(法国) P. 富伊欧(162)

各种矿物細料对混凝土性能的影响.....(日本) 山崎(174)

高炉矿渣胶凝性质的最近发展

.....(英国) A. H. 克拉克, J. H. 桑頓(201)

印度两座大坝所用的火山灰.....(印度) 穆尔底(216)

火山灰和其他外加剂对混凝土抗冻性的影响

.....(瑞士) 阿尔馮斯·安曼(222)

在混凝土中掺外加剂和飞灰的若干优越性及其經濟价值

.....(英国) H. D. 摩根(232)

IV

火山灰的性能及其对硬化胶凝结构和混凝土技术特性的影响
(罗马尼亚)A. 斯德奥波(255)

外加剂及火山灰质材料在大坝混凝土中的应用和細砂顆粒
 对混凝土的影响.....(奥地利)H. 伏姆, A. 瓦格林(273)

外加剂及火山灰质材料在大坝混凝土中的应用和
 細砂顆粒对混凝土的影响.....(挪威) F. 格雷那(287)

外加剂及火山灰质材料在大坝混凝土中的应用和
 細砂顆粒对混凝土的影响.....(印度)R. C. 胡恩(290)

加气剂在美国大坝混凝土中的应用.....(美国) W. 勒齐(309)

大坝用加气混凝土的可冻水-空气比 (F.W/A)
(日本)关慎吾(320)

一种加气剂的配制及其对混凝土的作用
(印度) S.K. 杰恩, K.M. 馬海希瓦利(334)

混凝土塑化剂及加气剂的选择和檢驗.....(法国) J. 奥斯(348)

混凝土拌和物中极細顆粒的工艺
(奥地利) O. 华斯, J. 弗列希(366)

較細砂粒对大坝混凝土性能的影响
(日本)高野俊介 土岐高史(376)

細骨料对飞灰混凝土的影响.....(英国) W.T. 馬歇尔(395)

阿尔培尔維勒試驗室測定混凝土和易性的仪器
(法国) J.F. 奥斯(402)

表面活性外加剂和細砂在 大堤混凝土中的应用

(苏联)B.B.斯托尔尼科夫

摘 要

为了改进建筑大堤及电站的經濟性和降低混凝土中的水泥用量，在苏联現在广泛地采用将結構分成許多区域的方法，并采用龄期180天的混凝土的强度和水密性作为設計标准。使用加气剂的工程也增多了，其目的是为了加强混凝土的抗冻性和水密性；同时，为了保証混凝土有更好的和易性，并降低堤内部的水泥用量，还采用了塑化剂(亚硫酸盐酒精廢液)和掺加飞灰的水泥。

在苏联，对混凝土中塑化剂和加气剂的吸附性物理-化学机理进行了研究，并对两种外加剂組織了工业生产。

許多工地附近都有大量的細砂。在使用表面活性外加剂，特别是加气剂，以及加大細砂混凝土拌和物的振动和易性指标等条件下，有可能合理地使用这些細砂。震搗可使坍落度比普通砂混凝土拌和物为小的細砂混凝土的和易性有所增加。

为了提高大堤混凝土的耐久性，有必要采用减小混凝土内毛細管吸水能力的措施，在这方面提供了一种有效的方法，即是应用加气剂。

在抗冻性方面，混凝土季节干燥是有利的。

研究工作的結果指出，表面活性外加剂可以增加硅酸盐水泥混凝土对于硫酸盐水作用的抵抗性。

根据共振法制訂的研究方法，已被用来研究混凝土在侵蝕水中的抗蝕性。

应用加气剂和少量的(0.5~2%)氯化鈣，能够增强混凝土的早期抗冻性，这是很有意义的事，这样，混凝土在冬季的必要防冻期可減至2~3天。如此制成的混凝土，具有很高的抗冻性(可經受數百次冻融

循环)和水密性。

在苏联已經制訂了水工建筑物不同区域的水泥用量标准。

近几年来,苏联在改进大型水工建筑物的設計、降低它的安全因素和消除过高的混凝土质量要求方面,都作了一些工作,并且制訂了降低这种建筑物的水泥用量的措施,对水工結構的不同部分規定了限制的水泥用量,还規定了混凝土的质量控制等等。

其中最重要的是下列各項措施:广泛地实施將結構物分区;在混凝土或鋼筋混凝土水工建筑物的設計中,規定采用龄期180天的强度和不透水性来代替至今还广为应用的以28天龄期为标准的規定;依据結構物的实际水头坡降,合理規定混凝土的抗渗性;在水工結構物施工时广泛应用加气剂,以增加混凝土的抗渗性和抗冻性,并使得有可能在大体积結構物内部采用低水泥含量的混凝土拌和物;使用加气剂、塑化剂以及細砂,这种混凝土拌和物与不用任何外加剂且用普通砂的混凝土拌和物相比較,其坍塌度减少30~50%;应用將粗骨料压入砂浆中的混凝土澆注方法;在水泥中掺用热电厂的飞灰混合材料。

水工混凝土的国家标准以及这种混凝土的规范和条例,最近已經作了修改和补充;对于水泥用量的限制和在水工混凝土中使用飞灰以及其他技术問題,也已作了指示。

現在介紹一些有关水工結構物混凝土工艺方面的新知識,这些知識对于水工結構物的設計和施工,水电工程,以及修建大坝的其它方面都有着实际价值,如关于大坝混凝土中采用外加剂和火山灰材料的問題,以及細砂顆粒的影响等,这些問題都是这次大会將討論的問題。

在伏尔加-頓河运河,古比雪夫、斯大林格勒和卡霍夫卡水力发电站以及其它一些水工建筑物的施工中,都需要研究許多新型的当地建筑材料,以便确立有效地經濟地利用这些材料的方法,并且需要研究用这些材料所配制成的混凝土的技术性质。

水工建筑物混凝土工艺的研究,是和苏联水工建設进一步发

展中的問題密切結合的，特別是和苏联北部和东部区域的西伯利亚安加拉河和叶尼塞河上，在特別严寒的条件下的建設相結合的。

大壩混凝土的工艺和使用的研究工作，目前正在列宁格勒、莫斯科、梯比里斯等地的苏联电站部的研究所中进行着；同时也在正在修建的电站的實驗室中进行着。

广泛地采用在邻近学科中，如物理学、物理化学和胶体化学中建立的一些概念，是苏联在大壩方面进行的研究工作的特点。

研究和实践表明，如果离开了水泥的結構，仅仅根据水泥的特性是不能充分获得混凝土建筑物所要求的质量的，特別是建筑物的耐久性。在受外界因素作用的混凝土中，水泥石将遭受到侵蝕因素的不同程度的破坏作用，所受影响的大小，决定于水泥石本身的結構和水泥石包在混凝土骨料(砂石料)构成的結構网中的方式。

最重要的問題之一，即选择水工建筑物中混凝土和鋼筋混凝土所用的水泥問題，是根据苏联許多研究工作者对于水泥性质所作的詳細和大量的研究来决定的。在最近几年，列宾捷尔院士在苏联专门地进行了水泥凝結和硬化的胶体化学过程的研究。在这些研究工作中，发展了吸附性胶溶理論和化学性胶溶理論，前者是由于吸附水渗入水泥顆粒的微細縫隙而产生的，后者是由于水泥顆粒微隙中进行的水化作用和水分子渗入的結果使結晶网格体积显著增加而产生的。吸附性胶溶是高度亲水的結晶网格中强度較低的矿物的特征，这种矿物质是硅酸盐水泥熟料的成份，例如鋁酸三鈣。水化物和可水化的熟料矿物质的胶体顆粒形成一种結構格子，即一种具有触变性质的凝聚結構。

凝結过程认为是由于連續不断的胶溶作用，和每单位体积內顆粒数目增加使凝聚結構加强而引起的。

触变性結構增多的过程，是和不可逆的硬化过程，即通过最細的胶体顆粒溶液使水化物重新結晶的过程同时发生的。溶液中出现水化物的大結晶，因此溶液是过饱和的，这种大結晶即成为

結晶过程中的中心。由此組成了水泥石的密实結構，即硬化的水泥浆。

填工中应用的水泥，首先必須使混凝土內出現密实而耐久的水泥石。在水工混凝土，特别是建筑物外部区域的混凝土所用水泥中，含有較多的鋁酸三鈣是最不利的，因为，含有較多鋁酸三鈣的水泥，在温度、湿度和其他条件变化的情况下很不穩定。苏联許多水泥厂都生产鋁酸三鈣含量低的水泥。

在苏联广泛应用掺加火山灰混合材料的方法，以增加水泥对于侵蝕性水的抵抗性。所用的这些混合材料，有各种火山凝灰岩和硅藻石等。在苏联修筑坝时，广泛应用的还有掺有粒状高炉矿渣的矿渣硅酸盐水泥。

混凝土的耐久性，是混凝土对于外界因素影响的抵抗力的函数，这种抵抗力不仅决定于水泥石的胶体結構和成份，而且也决定于混凝土整个的結構性质。混凝土密度是其結構性质的特点之一。

不仅对孔隙的绝对体积应加以考虑，而且也应考虑它們的物理特性。

根据混凝土孔隙类型的不同——不連續的或連續的，它可能是密实的或者是不太密实的，虽然在后一种情况下混凝土孔隙率可能还比前者为低。混凝土結構密度大，对各种侵蝕的抵抗力終是有利的，这是由于混凝土块內部的毛細管和通道的表面，超过它的外部曝露表面許多倍。当混凝土和混凝土拌和物中存有水，以及水流动时，在外层出現物理和化学影响，并且会变得很显著。在凝結以前，新鮮的混凝土拌和物內随着水的流动，同时发生水泥淨浆的脫水沉淀作用，結果使水分布不均匀，并在材料中产生結構上的缺陷。按照混凝土成份和一些其它条件，硬化的混凝土中水的流动会使抵抗力最弱的那些点的結構上的缺点变严重，結果使材料丧失了最重要的工程性质。为增加坝体混凝土的耐久性，最有效的是較完滿地改进混凝土結構的方法，特别是那些改变布滿于混凝土块中的毛細管体系的性质和形成的方法。

采用有机表面活性外加剂是改变混凝土和砂浆内部结构的一种重要方法。由于这些外加剂的影响，使混凝土得到了在水利工程上很有价值的新的工程性质。使用这些外加剂可促使水泥用量大大减少。

苏联许多研究机构对于表面活性外加剂和它在水工混凝土中应用的效果开展了研究。研究了这些外加剂在混凝土中作用的吸附性物理-化学机理。

在苏联的坝工建筑中，应用了两种主要类型的外加剂：第一类包括可以加强体系的亲水性质的表面活性物质。这类外加剂的典型代表是木素磺酸钙。这种外加剂在苏联组织了工业生产，并已在斯维尔水电站、伏尔加-顿运河、伏尔加河上的古比雪夫水电站、第聶伯河上的卡霍夫卡水电站以及许多其他水工建筑物中广泛应用。在苏联应用的第二类有机外加剂是松脂酸钠一类的表面活性物质(加气剂)。松香酸皂、环烷酸皂等是属于这类外加剂的。此类能大大增加混凝土抗冻性和抗水性的外加剂，在苏联也已生产并使用于水利、工业和民用建筑中。

下面我们将说明有机外加剂在水工混凝土内的影响的一些新的和重要的概念，并叙述在苏联几个大坝工程中使用这些外加剂的实例。

混凝土中表面活性外加剂的应用和细砂的利用

为了使水泥能高度地抵抗水和盐类，在苏联应用了使材料火山灰化的方法。采用了下列各种天然混合材料：火山渣、凝灰岩、火山凝灰岩、浮石、沉积物——如硅藻土、藻石、硅质土等。采用煅烧粘土质和其他材料作为人工混合材料。在苏联外高加索地区蕴藏着许多种水硬性很高的天然火山灰材料，如：在阿美尼亚——北极凝灰岩，阿尼和貝薩兴浮石；在乔治亚——托特藻凝灰岩和阿吉美脱浮石。在苏联其他区域天然火山灰材料也是很多的。

在苏联的某些地区还发现和利用了大量的沉积类水硬性混合

材料。

在苏联的水泥工业中，在水泥中掺用了下列份量的火山灰质混合材料(按混合胶結材料总重量的百分比計)：1)火山渣、凝灰岩、浮石，40%；2)火山凝灰岩，50%；3)硅藻土和硅藻石，25~30%。

硅藻土和硅藻石的燒失量不应超过10%，而火山凝灰岩的燒失量不应超过7%。

按照苏联国家标准，掺有火山灰质混合材料的水泥应该用于水下、地下工程和水工結構物的内部，与矿渣硅酸盐水泥相同。如此限制这种掺有火山灰质混合材料的水泥的使用，是因为根据苏联近年来进行的大量研究工作，确定这种水泥的抗冻性較低，而掺这种混合材料的混凝土有很好的抗水性。

应该注意，除火山灰混合材料以外，也允許在用硅酸盐水泥拌制水工混凝土时，掺用填充性混合材料，这些混合材料是由石英砂、长石砂和砂岩、火成岩、石灰质和鎂质石灰岩、黄土、非粒状高炉矿渣細磨而成的。

掺入胶結材料中的水硬性混合材料的矿质必須磨到篩孔直徑为0.2毫米的篩上的余留量不超过2%的細度，在篩孔直徑为0.085毫米的篩上須通过80%以上。

至于填充性混合材料，在0.2毫米的篩上余留的部分不应超过5%，而在0.085毫米的篩上必須有65%以上通过。

有填充性混合材料的水泥中水的用量，不应超过不掺混合材料的水泥。当混凝土拌和物的水泥用量的50%(以重量計)用填充性混合材料代替时，用坍落度測定的混凝土拌和物的流动性在測量的精确限度以内(1.0厘米)应不降低。测定是用坍落度在5~10厘米范围内的混凝土拌和物进行的。当20%的水泥(按重量計)用混合材料代替时，在28天龄期混凝土抗压强度的减少不得超过30%。

至于用来拌制水工混凝土的砂，粘土、粘泥和粉粒的容許含量，用冲洗法测定时，对于下列各种混凝土不得超过(按砂的重

量百分比計):

水位变化区的混凝土	3%
长期沉浸于水中的混凝土	5%
在水位变化区以上的混凝土	5%

火山灰混合材料和磨細的填充性混合材料对于混凝土抗冻性的不良作用，可用細砂粒特别是0.1毫米以下的砂粒对于抗冻性的不良作用的原因来解釋。

在苏联修筑大坝时細砂的利用問題迫切需要解决，因为正在建造的水力发电站的修建地点存在許多的細砂，而若要从其他地方采运許多合乎国家标准的砂，则需要花費很多的时间 and 費用。細砂的最重要的缺点在于需要大大增加水泥用量，并且細砂混凝土尽管水泥用量較高，但是抗冻性較低，收縮加大，且体积重量减小。另一个應該提出的缺点是，由于混凝土水泥用量較高增加了放热作用。

上述不良作用的主要原因在于細砂的比表面很大，超过普通砂很多(2~3倍)。

例如：卡拉庫姆沙漠的砂粒的顆粒組成如下：

篩徑(毫米)	0.3	0.2	0.15	0.10	0.06
遺留率(%)	0.7	23.8	60.1	8.5	5.5
累积遺留率(%)	0.7	24.5	84.6	93.1	98.6

伏尔加区的砂的顆粒組成如下：

	顆 粒 成 份						通过部分
篩徑(毫米)	5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.15
遺留率(%)	6.4	6.7	8.2	12.0	20.9	42.1	3.7
总遺留率(%)	6.4	13.1	21.3	33.3	54.2	96.3	100.0

第聶伯河細砂的組成变化很大。在河床上的細砂以0.3~0.1毫米者較多。

当砂的粒徑很小，接近于水泥顆粒的最細部分，并且0.15~

0.10毫米以下的顆粒很多时，砂和水泥就比較不易拌和均匀；同样，新鮮的水泥浆均匀地附在砂粒上也比較困难。

混凝土中的毛細管体系是由水泥石中的毛細管和骨料表面和硬化水泥浆接触区的骨料表面的毛細管組成的。在細砂混凝土中，由于水泥浆和骨料間有很大的接触表面，由于水泥浆在骨料間的空間內沉淀脫水和水泥浆在水化过程中收縮使不能完全接触，使得骨料表面的毛細管数目有所增加。

在这方面，細砂在混凝土中的影响，可以与人工磨細的混合材料对于水泥的作用相比較，这种混合材料减小了水泥的活性，并且降低了材料的抗冻性。

細砂混凝土的收縮很大，比普通砂混凝土高出一半，这主要是由于用大量的水泥(常常超过300~350公斤/立方米)而引起的。混凝土內含有过量水泥是有害的，而消除或减小細砂混凝土內发展的毛細管体系的不良作用的措施，必須和降低混凝土单位体积內水泥用量的措施相結合。熟料矿物成份和水泥成份也起一定的作用。

考虑到細砂通常含有一定量的微細部分，因此必須避免在应用水泥时掺入磨細的混合材料，因为如再采用磨細的混合材料，显然会使微細充填物显著增加，而大大降低水泥石和混凝土的耐久性。

如我們的专门研究所指出的，消除細砂水工混凝土不良的結構状况，同时大大降低水泥用量的有效措施，是采用吸附性有机物质，这是目前混凝土工艺中广泛应用的。

各种憎水性皂类(松香酸鈉)所属的一类吸附物(如松脂皂，环烷酸皂等)，产生了强烈的泡沫，在拌和物中成为一种高度分散的空气乳浊液状态的新的成份：組成乳浊液的絕大多数空气泡存在于混凝土毛細管空隙中，細小的水泥顆粒和松香酸鈣的胶体浮悬体使它表面薄膜矿化，造成局部的障碍，破坏了毛細管体系的連續性。这样就使混凝土的孔隙的性质发生了本质的变化，获得了不連續的封閉結構，显著地降低了毛細管的吸水作用。

木素磺酸鈣所属的那一类湿润性外加剂的影响如下：由于这类外加剂对水泥的强烈的消解作用的结果，原来的颗粒表面被水冲开，在水泥浆的成份中增加了许多外加的细小水泥颗粒，而以前在骨料间结合的最原来的颗粒，现在全部表面完全在发生水解和水化作用。与这个过程同时，拌和物发生强烈的塑化作用，因为出现了水泥颗粒细微部分，并被木素磺酸鈣的吸附层所稳定，刺激了被类似的吸附层覆盖的基本水泥颗粒的流动性。

在新鲜的水泥浆成份内，产生了许多外加的细小水泥颗粒，并且在不改变含水量的情况下“稀释”了水泥浆，这就改善了骨料表面被水泥浆的覆盖。然而，应该注意，在这种情况下，孔隙相通的性质仍未改变，因为只有拌和物成份中出现了矿化乳状气泡的条件下才能有变化。

因此在含细砂的混凝土内，掺用有机外加剂吸附物，可使接触区的质量从两个途径得到改善：1)混凝土内毛细管体系连续性被间断，尤其是在骨料表面上的毛细管，因而使孔隙成为封闭结构；或者2)主要改进水泥浆在骨料表面的覆盖层的质量，而不改变孔隙间相互连接的情况。

使用上述两种外加剂的复合剂，就可同时利用这两种途径。

列宁格勒全苏水工科学研究院进行的研究，发展了一个在混凝土内适当配合细砂的方法，使能不必依靠增加水泥用量而得到满足坝工建筑要求的技术性质的混凝土。

选择细砂混凝土拌和物的方法，是根据细砂混凝土和同样成份的普通粗砂混凝土相比较，在振动时能增加和易性的这样一个现象而确立的。这种作用可用表面活性外加剂来增大。我们与技术科学副博士古巴尔合作研究的结果，确定了同一原理也可以成功地用来作为选择掺加有机表面活性外加剂的粗砂混凝土拌和物的方法的根据。所作的许多研究已经证明，有机外加剂在增加振动和易性方面的作用比在增大流动性（坍落度）方面的作用大得多。混凝土的和易性是以一个30厘米高的混凝土拌和物锥体放在一个20×20×20厘米的立方体内，当振动时完全振平所需的时间

(以秒計)来表示。与仅仅用流动性(錐体坍落度)作为确定混凝土拌和物的技术性质的标准比較起来,这种情况使我們有可能进一步节约水泥,或更加合理地减少水灰比。这些研究的主要成果如下:

所用硅酸盐水泥标号为500号。熟料成份如下: SiO_2 , 20.74; Al_2O_3 , 6.54; Fe_2O_3 , 4.66; CaO , 63.83; 游离 CaO , 0.89; KH , 0.879; C_3S , 50.39; C_2S , 20.74; C_4AF , 13.98; C_3A , 9.43。

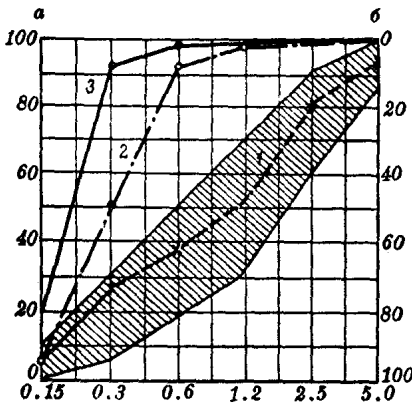


图1 砂的顆粒組成

1—普通砂; 2—第聂伯河砂; 3—沙丘砂。

纵坐标: a, 通过率; b, 遗留率。

横坐标: 篩孔直径(以毫米計)。

性为10~15秒), 而用1号砂时, 証明水灰比为0.60时可获得相同的和易性。

(3) 掺用0.02%的加气剂(松脂皂)或0.2%的湿润剂(木素磺酸鈣), 則用2号砂时达到要求的和易性的水灰比为0.48。

(4) 根据和易性来設計配合比时, 用2号砂的混凝土, 无论掺用加气剂与否, 其强度与用相同成份的1号砂拌和的混凝土强度相等。

(5) 根据掺用外加剂后的和易性来配2号砂的混凝土时, 其抗冻性較不掺外加剂的同样砂的混凝土的抗冻性高。掺用松脂皂

三种砂的顆粒組成示于图1。

研究的主要結論如下:

(1) 采用振动和易性作为拌和物的技术性质的标准, 在选择2号及3号細砂的混凝土配合比时, 有可能大大减小水灰比(保持原有混凝土拌和物成份不变)。

(2) 根据和易性选择不掺外加剂的配合比时, 用2号砂时当水灰比为0.52能获得所要求的技术性质(和易

或木素磺酸鈣時，以 2 号砂拌和的混凝土的抗凍性比和易性相同的 1 号砂拌和的混凝土的抗凍性高。應該注意，由于混凝土產量的增加，摻用加氣劑的拌和物中水泥用量每立方米可減少達 5~10 公斤。

(6) 用 3 号砂拌和并摻用上述外加劑的混凝土拌和物，其水灰比必須為 0.56，才能有同樣的和易性（使混凝土成份保持相同）。

(7) 用 3 号砂拌和的混凝土，摻用外加劑并且拌和物成份按照和易性來設計時，混凝土抗凍性顯著提高。

用由振動法增大的混凝土拌和物和易性作為用細砂和有機外加劑配合混凝土的基本標準，其研究結果和實踐經驗已經在 1956 年水工混凝土國家標準內 (ГОСТ 4797-56) 批准并接受。這個標準建議表 1 所列的經振動后的和易性和坍落度，并確定了表 2 所列對砂的規定。

表 1

所澆灌的混凝土的結構特點	振動后的 和易性 (秒)①	標準圓錐體坍落度(厘米)			
		一般結構砂		細砂	
		不摻用	摻用	不摻用	摻用
		表面活性外加劑		表面活性外加劑	
a. 大體積混凝土結構或少鋼筋(低於 0.2%)混凝土結構	30~20	2~4	1~3	1~3	1~2
b. 鋼筋混凝土結構，鋼筋斷面不超過計算混凝土斷面的 1%	20~10	4~8	3~6	3~6	2~5
c. 鋼筋混凝土結構，鋼筋斷面超過 1%	10~5	8~15	6~10	6~10	5~8

① 按照ГОСТ 6901-54。

更細的砂，經專門的預先的實驗室研究和技術經濟論證后，也是容許使用的。

根據用振動法測定的和易性指標，來選擇水工混凝土拌和物

表 2

	篩 上 总 遺 留 率					
	篩 孔 (毫米)					
	10	5	2.5	1.2	0.3	0.15
a. 粗粒徑砂	0	8~15	25~40	50~70	83~95	94~97
b. 中粒徑砂	0	0~8	10~25	30~50	70~83	90~94
c. 細粒徑砂	0	0	3~10	5~30	55~70	85~90

时，不用外加剂和用外加剂一样，按下述步骤进行。

(1) 求細砂混凝土成份时，先假定振动和易性 (ГОСТ6901-54)，这种和易性是用普通中粒砂預先拌和試得的，其流动条件与要求符合。从表 1 中找得符合于結構物鋼筋的情况的要求坍落度。这样就可以考虑水灰比和水泥标号，并規定下一步驟中所要求的和易性特征。

(2) 采用如此确定的以秒計算的和易性特征时，配合比是这样設計的：将实用細砂按ГОСТ6901-54的方法校正，使保証得到相同的拌和物振动和易性。就是用細砂得到的和易性要与中粒砂的振动和易性一样。

此时，細砂混凝土拌和物的坍落度，通常要比中粒砂的拌和物为小。

得到这样的拌和物后，进行下一步的配合比的设计。

(3) 下一步是拌制混凝土試件，求得强度和水灰比的关系。按规范要求試驗抗滲性和抗冻性，以及試驗其他可能發生的影响。最后，求得能完全滿足規定的质量并且水泥用量最低的混凝土拌和物。

上面介紹的求細砂混凝土拌和物的方法，以及求掺有机外加剂的混凝土拌和物的方法，現已在苏联坝工建筑物中实际应用。