

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1982

No. 3

混凝土配合比设计中几个问题的试验研究

Several Experiments and Research Work

Relating to Concrete Mix Design

中国建筑科学研究院

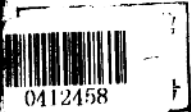
CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

提 要

本课题的研究工作是为了配合“GB 175—77”及“GB 1344—77”水泥新标准的贯彻实施而进行的。

在工作过程中，我们采用国内不同厂家生产的水泥和不同品种、不同产地的骨料，制作了约3000盘混凝土进行了大量试验，从而提出了混凝土强度计算公式和确定用水量及砂率的原则。

本文主要介绍确定上述原则和公式所依据的实验数据，并阐述了我们的分析方法和观点。所有这些，都是我们编制统一的《普通混凝土配合比设计技术规定》的基础。



TU-11
6
82-3

Several Experiments and Research Work
Relating to Concrete Mix Design

Institute of Concrete, Chinese Academy
of Building Research

Abstract

This research work has been done in coordination with the newly published national standards GB 175-77 and GB 1344-77 for cements. About 3000 batches of concrete with cements from different manufactories and aggregates of different types and sources have been tested. Thus, several formulae for calculation of concrete strength and the principles to determine water requirement and sand total aggregate ratio are proposed.

This article mainly describes the experimental data upon which the abovementioned formulae and principles are based, and also expounds our opinion and analysis methods for these. All these serve as the basis for developing a unified technical specification for concrete mix design.

目 录

前 言	(1)
一、关于水泥软、硬练标号的相应关系问题	(1)
二、混凝土的强度计算公式	(2)
三、水泥的标号富余系数 K_c	(7)
四、强度计算公式的实际验证	(8)
五、混凝土用水量	(11)
六、混凝土砂率及其选用	(15)
结 语	(19)

混凝土配合比设计中几个问题的试验研究*

混凝土研究所 吴兴祖 王忠欣 马孝轩

前 言

为了配合水泥新标准的贯彻和实施,1979年建工总局科技局下达了《使用新标号水泥配制混凝土的试验研究》科研任务,并由建研院结构所、四川省建研所、上海市建研所、江苏省建研所、陕西省建研所、建工总局一局科研所、建工总局三局科研所、山西省四建公司、抚顺市一建公司、抚顺市二建公司及基建工程兵 00619 部队等十一个科研、施工单位负责进行该项任务的试验研究。1979年,十一个单位分别用首都等十三个有影响的水泥厂生产的水泥作了大量试验,提出了强度计算公式和用水量及砂率确定原则等。在各单位试验的基础上,于1979年底提出了《使用新标号水泥配制混凝土的试验研究》以及《软练标号水泥配制混凝土的几点意见》等资料供各地在使用新标号水泥配制混凝土时试用。1980年,根据原定研究计划,各单位除继续进行试验研究以外,还对水泥新标准实施以后的混凝土配制情况以及1979年“几点意见”的适用情况作了重点调查。最后,专题组在整个试验及调查研究工作的基础上提出了一个《普通混凝土配合比设计技术规定》(已经批准作为部颁标准于1982年2月1日起试行),把混凝土配合比设计的方法、步骤及选用的参数等统一了起来,为试验室混凝土配合比的设计创造了一些条件并提供了必要的依据。

专题组在两年的研究工作中涉及到的问题,已经超出了原定的为解决新标号水泥的使用这样一个范围,实际上我们对有关混凝土配合比设计中的重要问题都进行了试验或研究。这里,有关的试验及调查研究结果归纳如下。

一、关于水泥软、硬练标号的相应关系问题

1975年,建材院由全国六大区通过2000余组水泥试样的软、硬练强度对比统计,确定了水泥软练标号与硬练标号之间的关。即:软练标号525*相当于硬练600*;软练425*相当于硬练500*;软练325*相当于硬练400*等等。第二年,建材院又组织对141个水泥厂1484个试样进行复检,二次验证的水泥软、硬练强度相应情况见表1。

当然,以上软、硬练强度的关系均是按品种、标号统计的全国水泥厂平均值。而对具体每个水泥厂来说,其水泥软、硬练标号的关系并不一定如此,有些厂甚至有较大的差异。因此,原建材总局也要求各厂在过渡到按软练标号生产水泥时,生产上应予以相应的调整。

自1976年确定要推行软练水泥标号以后,软、硬练标号的比值又有了新的变化。不少单位反应,一些水泥厂的软、硬练标号比值增高。用硬练标号作生产控制的水泥,其软练强度

参加本专题工作的有:丁林宝 陆建雯 杨建新

• 1 •

水 泥 品 种		普 通 水 泥			矿 渣 水 泥		
软 练 标 号		525	425	325	425	325	275
硬练强度	1975年结果	613	497	381	550	428	367
	1976年验证	612	488	365	535	425	/
	1975、1976年平均	613	493	373	543	427	367

将偏高很多。这也就是说, 如果改用软练标号来作控制, 则水泥的硬练强度就会低于以前用硬练标号控制时的强度。

研究组对13个厂57批水泥的软、硬练强度作了对比, 证明这种情况是存在的。绝大部分水泥厂试样的软、硬练强度比值79年均比76年的为高。为了更清楚地说明情况, 表2把软、硬练强度的比值换算成相应于水泥软练标号的硬练强度来表示。由表可以看到, 所有达到软练标号的水泥其硬练强度均显著低于1976年的水平, 并且所有水泥相应于软练标号的硬练强度值, 均低于硬练标号值, 与原来预期的认为矿渣水泥改为软练后其硬练强度指标将会有所提高的情况有较大出入。

我们认为: 由于水泥的软、硬练强度比值关系对于每个生产厂来说都不相同, 而且这一比值也还会有所变动。因此, 用软练标号水泥配制混凝土时不能简单地采用相应标号代用的方法, 而只能通过试验, 取得各种配合比情况下的强度变化规律, 定出软练水泥自己的强度计算式, 以作为配制混凝土时选取水灰比的依据。

与软练标号水泥相应的硬练强度值

表 2

品 种	相应硬练标号	平均硬练强度 (1979年检验)	平均硬练强度 (1976年检验)	硬练强度变化 (%)
矿 渣 325	400	399	427	-6.5
矿 渣 425	500	485	543	-10
矿 渣 525	600	580	659	-12
普 通 425	500	451	493	-8.5
普 通 525	600	572	613	-6.7
			平均降低	-8.74

二、混凝土的强度计算公式

求出软练标号水泥的混凝土强度计算公式是我们这项研究工作的重点。按拟定的工作计划, 各单位根据试验结果计算出地区性的强度计算公式, 然后根据各地的数据综合起来定出总的计算式。

各地的强度计算式见表3及图1、2、3、4。所有的试验表明, 使用软练标号水泥时, 混凝土强度与其水灰比仍保持着良好的线性关系。各单位经验公式的相关系数都在0.8以上。

在表3中, 虽然各单位的关系式的斜率和截距各不相同, 但一般来说, 如果斜率值大则其截距的负值也就越大, 也即各经验公式在同一C/W值时, 其算出的混凝土强度值相

图 2 普通硅酸盐水泥碎石混凝土强度与灰水比的关系

1—结构所; 2—江苏所; 3—四川所; 4—上海所; 5—一局材料所; 6—抚顺二建

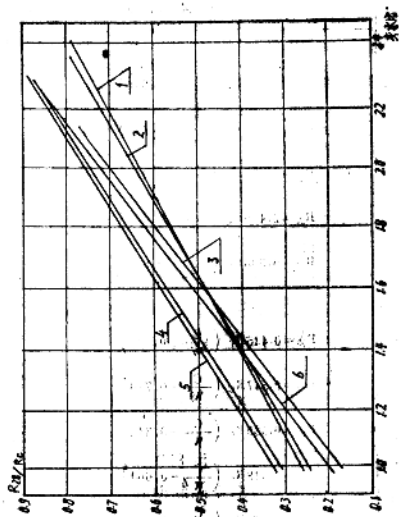


图 1 普通硅酸盐水泥卵石混凝土强度与灰水比的关系

1—结构所; 2—上海所; 3—四川所; 4—抚顺二建; 5—一局材料所

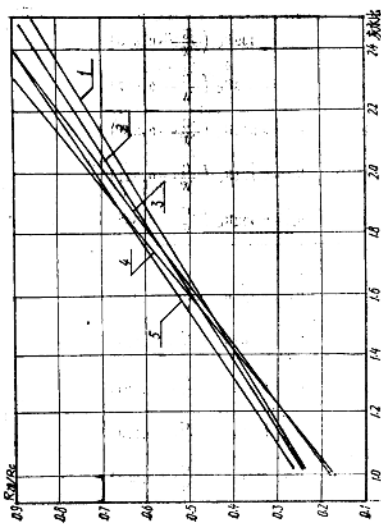


图 4 矿渣硅酸盐水泥碎石混凝土强度与灰水比的关系

1—四川所; 2—山西四建; 3—一局材料所; 4—江苏所; 5—三局材料所; 6—上海所; 7—结构所

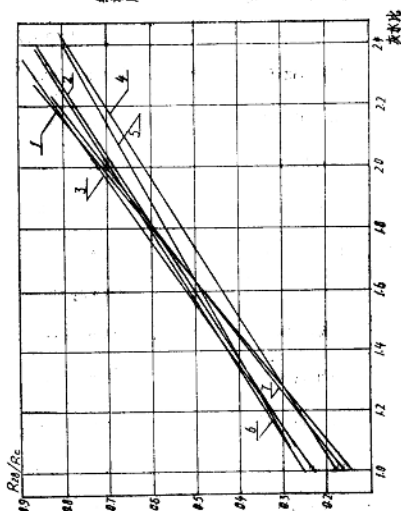
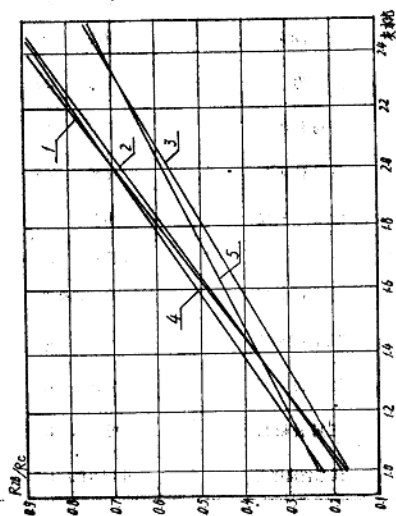


图 3 矿渣硅酸盐水泥卵石混凝土强度与灰水比的关系

1—结构所; 2—四川所; 3—抚顺二建; 4—一局材料所; 5—三局材料所



各单位试验得出的强度计算公式

表3

试 验 单 位	所 用 水 泥	强 度 计 算 公 式
	普通水泥 (卵石)	
四川省建研所	江油 425	$R_{28}=0.507R_C\left(\frac{C}{W}-0.651\right)$
结 构 所	首都 425	$R_{28}=0.408R_C\left(\frac{C}{W}-0.414\right)$
陕西省建研所	耀县 425	$R_{28}=0.438R_C\left(\frac{C}{W}-0.471\right)$
一局科研所	邯郸 425	$R_{28}=0.456R_C\left(\frac{C}{W}-0.435\right)$
抚顺二建	大连 425	$R_{28}=0.538R_C\left(\frac{C}{W}-0.671\right)$
	普通水泥 (卵石)	
上海市建研所	胜利 525	$R_{28}=0.445R_C\left(\frac{C}{W}-0.314\right)$
四川省建研所	江油 425	$R_{28}=0.547R_C\left(\frac{C}{W}-0.718\right)$
结 构 所	首都 425	$R_{28}=0.380R_C\left(\frac{C}{W}-0.34\right)$
抚顺二建	大连 425	$R_{28}=0.548R_C\left(\frac{C}{W}-0.664\right)$
江苏省建研所	中国水泥厂 425	$R_{28}=0.40R_C\left(\frac{C}{W}-0.398\right)$
一局科研所	邯郸 425	$R_{28}=0.444R_C\left(\frac{C}{W}-0.295\right)$
	矿渣水泥 (卵石)	
四川省建研所	重庆 325	$R_{28}=0.499R_C\left(\frac{C}{W}-0.640\right)$
结 构 所	首都 325	$R_{28}=0.523R_C\left(\frac{C}{W}-0.667\right)$
三局科研所	华新 425	$R_{28}=0.353R_C\left(\frac{C}{W}-0.334\right)$
一局科研所	邯郸 325	$R_{28}=0.474R_C\left(\frac{C}{W}-0.521\right)$
抚顺一建	小屯 425	$R_{28}=0.402R_C\left(\frac{C}{W}-0.588\right)$
	矿渣水泥 (碎石)	
上海市建研所	上海、吴淞 425	$R_{28}=0.433R_C\left(\frac{C}{W}-0.419\right)$
四川省建研所	重庆 325	$R_{28}=0.564R_C\left(\frac{C}{W}-0.766\right)$
结 构 所	首都 325	$R_{28}=0.533R_C\left(\frac{C}{W}-0.694\right)$
三局科研所	华都 425	$R_{28}=0.364R_C\left(\frac{C}{W}-0.273\right)$
江苏省建研所	中国水泥厂 425	$R_{28}=0.415R_C\left(\frac{C}{W}-0.559\right)$

续表 3

试 验 单 位	所 用 水 泥	强 度 计 算 公 式
一局 科研所 山西省建四公司	矿渣水泥 (碎石)	
	邯郸 325	$R_{28}=0.490R_c\left(\frac{C}{W}-0.536\right)$
	太原 325	$R_{28}=0.433R_c\left(\frac{C}{W}-0.451\right)$

差不会很大,就拿离散性最大的图 2 来说,在混凝土常用水灰比范围内 (0.8~0.46),各计算公式算得的混凝土强度值相差约为 0.12 R_c ,与中值相比离差约为 0.06 R_c 。如果用 325^{*} 水泥,其最大、最小计算强度与中值相差也只有 20 kg/cm 左右,对于使用不同水泥厂生产的水泥,在不同材料和试验条件情况下取得的各经验式,具有这样的高散程度应该说是比较小的。也就是说完全有可能把各单位的试验值汇集起来,定出通用的强度计算式。

如果把各单位的试验结果按普通水泥及矿渣水泥,碎石及卵石分别进行统计,则可得到四个表达式即:

(一) 普通硅酸盐水泥、卵石混凝土

$$R_{28}=0.4710R_c(C/W-0.5541) \quad (1)$$

统计组数 663 组 相关系数 $\gamma=0.9432$

(二) 普通硅酸盐水泥、碎石混凝土

$$R_{28}=0.4483R_c(C/W-0.4557) \quad (2)$$

统计组数 462 组 相关系数 $\gamma=0.9238$

(三) 矿渣硅酸盐水泥、卵石混凝土

$$R_{28}=0.4794R_c(C/W-0.6427) \quad (3)$$

统计组数 729 组 相关系数 $\gamma=0.9408$

(四) 矿渣硅酸盐水泥、碎石混凝土

$$R_{28}=0.4648R_c(C/W-0.5555) \quad (4)$$

统计组数 1133 组 相关系数 $\gamma=0.9265$

如果我们把四组表达式以图表示之, (见图 5、图 6) 则可看到水泥品种 (指用普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥) 对混凝土强度的影响并不显著, 我们仍然可以把四个表达式合并成两个, 即卵石混凝土表达式及碎石混凝土表达式。这样就与我们目前习惯的使用形式一致了, 这两个表达式是

(一) 卵石混凝土

$$R_{28}=0.4790R_c(C/W-0.6115) \quad (5)$$

统计组数 1392 组 相关系数 $\gamma=0.9398$

(二) 碎石混凝土

$$R_{28}=0.4571R_c(C/W-0.5185) \quad (6)$$

统计组数 1595 组 相关系数 $\gamma=0.9239$

这两组表达式是十一个单位用不同水泥厂生产的水泥所制作的 2987 盘混凝土实测结果经回归分析得出的。它可适用于不同的水泥品种和砂石材源。此外, 为了能概括现场施工时可能遇到的配合比情况, 在试验中采用了很大幅度的砂率, 坍落度和水泥用量变化范围。其中

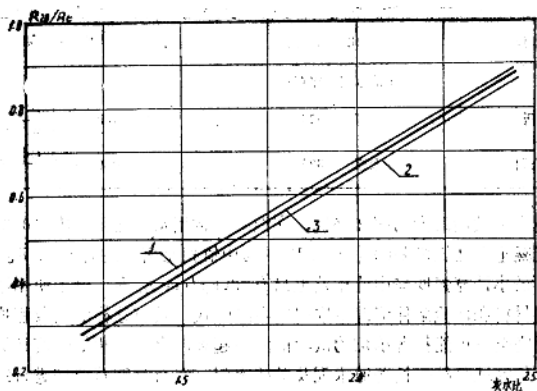


图5 卵石混凝土的强度与灰水比的关系

1—普通水泥 $R_{28}=0.4710 R_C \left(\frac{C}{W} - 0.5541 \right)$;

2—矿渣水泥 $R_{28}=0.4794 R_C \left(\frac{C}{W} - 0.6427 \right)$;

3—综合 $R_{28}=0.4970 R_C \left(\frac{C}{W} - 0.6115 \right)$

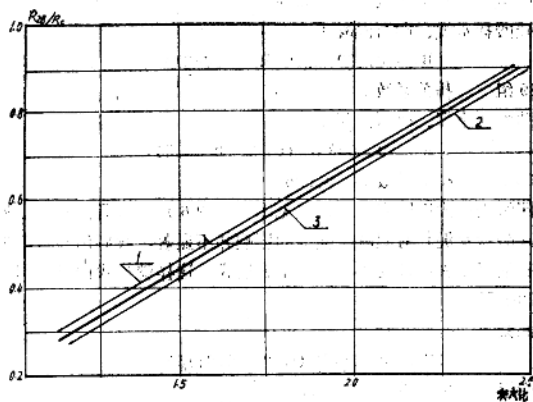


图6 碎石混凝土的强度与灰水比的关系

1—普通水泥 $R_{28}=0.4483 R_C \left(\frac{C}{W} - 0.4557 \right)$

2—矿渣水泥 $R_{28}=0.4648 R_C \left(\frac{C}{W} - 0.5555 \right)$

3—综合 $R_{28}=0.4571 R_C \left(\frac{C}{W} - 0.5185 \right)$

砂率的变化范围是 25~43%，坍落度为 0~10 cm，水泥用量为 200~550 kg/m³。在这种情况下，计算值与实测值的离差为：

对卵石混凝土：

$$S = \sqrt{\frac{(1-\gamma^2) \times L_{yy}}{n-2}} = \sqrt{\frac{(1-0.9398^2) \times 55.8631}{1390}} = 0.07 \quad (7)$$

对碎石混凝土：

$$S = \sqrt{\frac{(1-\gamma^2) \times L_{yy}}{n-2}} = \sqrt{\frac{(1-0.9239^2) \times 62.6475}{1593}} = 0.076 \quad (8)$$

因为回归分析时 Y 值取混凝土的相对强度，即 R_{11}/R_c ，因此 S 的单位应为 R_c 。对 425[#] 水泥来说，标准离差 S 等于：对卵石为 29.75 kg/cm²。碎石为 32.3 kg/cm²。标准离差的物理概念是各单位实际测得的数据，有 68% 是落在回归直线 $\pm S$ 的范围以内，即，如果用计算式计算，得出某一灰水比时的混凝土强度值。尽管各单位在材料，配合比及试验条件方面各不相同，但实测结果有 68% 的测点与计算值的误差不超过 ± 29.75 或 32.3 kg/cm²。这就是我们所取的计算式的准确程度。

三、水泥的标号富余系数 K_c

上面的表达式都是以 R_{11}/R_c 比为 Y 值回归得出的。其中 R_c 是水泥的实测强度值，这就是说，在应用时所有计算式都应以水泥实测强度值作为 R_c 代入。但这一点一般很难做到，因为在试配混凝土时，并不知道水泥的实测强度。为了把混凝土强度计算公式改写成以水泥的标号值为基础的表达式。我们在计算式中引入了水泥标号富余系数 K_c 。

$$K_c = \frac{R_c}{R_c^*} \quad (9)$$

式中 R_c ... 水泥实测强度 (kg/cm²)

R_c^* ... 水泥标号值 (kg/cm²)

我们在 1979 年进行大量试验时水泥新标准尚未正式实施，无法正确地知道以后正常生产时水泥的实际强度与标号的比值，只能以水泥强度的变异系数与合格率的关系来推测以后水

几个水泥厂的水泥标号富余系数

表 4

厂 名	水 泥 品 种	K_c
天津水泥厂	矿 渣 325	1.32
耀县水泥厂	普 通 425	1.21
一冶水泥厂	矿 渣 325	1.44
三〇三水泥厂	普 通 525	1.16
鄂城水泥厂	矿 渣 325	1.28
三〇三水泥厂	矿 渣 425	1.28
武汉水泥厂	矿 渣 325	1.18
吴淞水泥厂	矿 渣 425 (散)	1.25
	矿 渣 425 (包)	1.24
上海水泥厂	矿 渣 425	1.23
中国水泥厂	普 通 425	1.19
	矿 渣 425	1.29

总平均 $K_c = 1.26$

泥的实际强度与标号之间的比值。当时定下 K_c 取 1.13。并推荐表达式

$$\text{卵石混凝土} \quad R_{11} = 0.52 R_c \left(\frac{C}{W} - 0.56 \right) \quad (10)$$

$$\text{碎石混凝土} \quad R_{11} = 0.52 R_c \left(\frac{C}{W} - 0.52 \right) \quad (11)$$

作为新标号水泥试配混凝土时的强度计算公式。式中的 R_c 即为水泥的标号值，而水泥的标号富余系数 1.13 已经乘入计算式的斜率系数 0.52 之中。

水泥新标准实施以后我们收集了几个比较典型水泥厂的水泥实测强度资料，进行统计后列于表 4。从统计资料可以看出，目前大多数大、中型水泥厂生产水泥的 K_c 值一般都在 1.2 左右。表中九个厂 12 种水泥的 K_c 平均值为 1.26。基本上代表了目前大中型水泥厂的现状。也就是说，在现阶段水泥的富裕强度还是比较高的。

但是，表 4 统计资料只能作为我们决定表达式时的参考。我们不能简单地把统计所得的 K_c 值直接纳入表达式中，这里有两个因素必须考虑，第一，水泥厂提供的强度指标是出厂时的指标。但普遍反映新标号水泥出厂以后在存放过程中强度要有降低，因此在实际使用 K_c 值时就要低于表 4 的统计值。第二，目前的 K_c 值偏高是暂时的现象。因为水泥标准自硬练法改为软练法以后，由于水泥软练强度与硬练强度比值的提高，引起水泥软练强度普遍“提高”，但随着今后部份水泥标号的提级以及水泥厂生产工艺的调整， K_c 还会下降。因此，目前如果取一个略为偏低一点的 K_c 值，不仅可以更符合实际使用的情况，而且还可以管用若干年，不会因水泥质量稍有波动就出现 K_c 值管不住的情况。因此我们还是认为原来用 $K_c = 1.13$ 是比较合适的。

四、强度计算公式的实际验证

1979 年底我们提出 (10) 式及 (11) 式作为用软练标号水泥试配混凝土的强度计算公式。为了检验这一计算式的适用性及取 K_c 值为 1.13 的合理性，1980 年我们收集了各地用新标号水泥配制混凝土的试验数据，对几个省市进行了调查研究，召开了各种形式的座谈会。总的说来，普遍反映我们试验得出的以水泥实测强度 R_c 为基础的表达式〔式 (5) 及 (6)〕具有较好的代表性，基本上反映出了软练水泥配制混凝土的强度变化规律。与各地的试配结果基本上一致。以北京、上海、天津三大城市为例。

由北京市各建筑公司的试配结果可综合得出关系式。

$$R_{11} = 0.4153 R_c (C/W - 0.4468) \quad (12)$$

由上海第二、三、四、五、七、八建筑公司和住宅六公司等单位的试配结果统计得关系式：

$$R_{11} = 0.414 R_c (C/W - 0.437) \quad (13)$$

天津几个公司所得的关系式比较分散，如由第六建筑公司资料可得：

$$R_{11} = 0.62 R_c (C/W - 0.72) \quad (14)$$

由第一建筑公司资料可得

$$R_{11} = 0.36 R_c (C/W - 0.39) \quad (15)$$

取 (14) 及 (15) 的平均值可得

$$R_{11} = 0.49 R_c (C/W - 0.60) \quad (16)$$

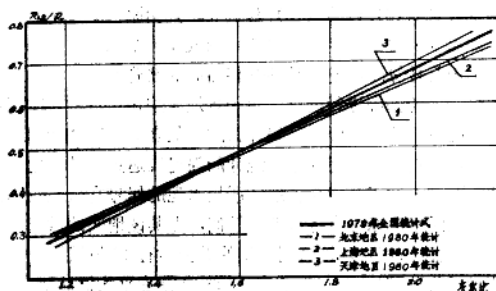


图7 北京、上海、天津三地区的混凝土强度与灰水比的关系 (按实际强度 R_c 统计)

七省市按水泥标号统计的强度表达式

表5

地区	统计表达式 (按水泥标号)	骨料种类	统计 组数	资料来源
1 北京	$R_{28}=0.51R_c^b (C/W-0.37)$	碎石	158	市建研所、三建、六建一构、三构
2 上海	$R_{28}=0.52R_c^b (C/W-0.48)$	碎石	177	二、三、五、七、八建住宅、六建、构件公司
3 天津	$R_{28}=0.7R_c^b (C/W-0.7)$	碎石	227	市一建、方建
4 南京	$R_{28}=0.49R_c^b (C/W-0.34)$	碎石	45	市一建、三建
5 四川	$R_{28}=0.62R_c^b (C/W-0.69)$	卵石	109	省三建、德阳水泥制品厂
6 陕西	$R_{28}=0.5R_c^b (C/W-0.49)$	卵石	151	省五建、十建
7 甘肃	$R_{28}=0.51R_c^b (C/W-0.59)$	卵石	412	省一建
8 79年全国	$R_{28}=0.52R_c^b (C/W-0.52)$	碎石	1595	
9 表达式	$R_{28}=0.52R_c^b (C/W-0.56)$	卵石	1393	

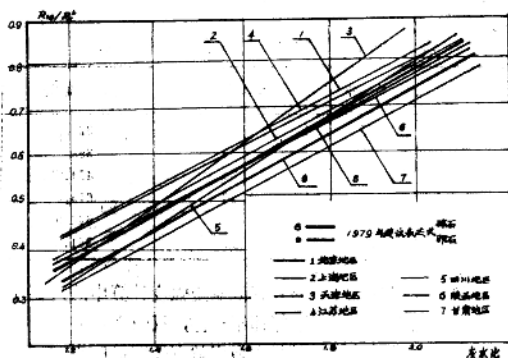


图8 七省市混凝土强度与灰水比关系的比较 (按水泥标号 R_c^b 统计)

把三大城市的统计式 (12) (13) (16) 与 (6) 式相比 (见图 7), 可以看出结果是非常接近的。因此, 如果我们提出将 (5)、(6) 两式作为全国范围的强度计算公式。在用水泥的实测强度为基础进行计算时, 它们是具有相当高的准确性的。

如果按水泥的标号值为基础进行统计, 由于各地区采用水泥的实际强度不等, K_c 值有比较显著的差异。由七省市收集的资料经统计其结果如表 5 及图 8 所示。

比较图 7 和图 8 可以看到按水泥标号值统计的强度表达式各地区之间的差异程度要比按水泥实测强度统计的要大。这正是因为各地区所用水泥的标号富余系数不同所致。以图 8 为例, 位置最高的天津地区水泥标号富余系数比较高, 尤其该地区的数装矿渣 325* 水泥, K_c 值达到 1.318。此外, 天津市第六建筑公司提供的数据中有 16 组试块, 水灰比平均为 0.45, 325* 水泥每立方米用量平均为 371 公斤 (坍落度 17 mm) 强度平均值达到 496 kg/cm²。象这样的指标在其它地区可能是少有的。因此, 天津市的表达式, 尤其是在低水灰比区, 就要比全国推荐式高出很多。图 2 中位置最低的是甘肃省, 这是因为省一建大量采用了永登水泥厂新提级的普通 525 水泥。据反映, 对该 525 水泥进行过 30 组检验, 其 $\bar{R}_c$ 仅为 550 kg/cm²。 K_c 值只有 1.05, 大大低于我们原来提出的 1.13, 因此, 其强度表达式就要比全国推荐式低了。

这些资料表明, 79 年我们提出的取 $K_c=1.13$ 在大多数情况下还是比较合适的。从图 8 情况来看, 大多数地区的试配结果, 混凝土实际强度都高于取 $K_c=1.13$ 的全国推荐式。预计近几年水泥的标号富余系数可能会有所调整, 混凝土实际强度原偏高的可能要略有下降, 这样, 各地区的强度表达式将会逐步靠拢, 并接近 $K_c=1.13$ 的全国推荐式。

我们在调查研究中确实发现有些厂生产的水泥 K_c 值低于 1.13。 K_c 低于 1.13 大致有两种情况。一是新提升标号的水泥, 另一是某些质量管理较差的规模比较小的厂生产的水泥。对新提升标号的水泥来说, 有不少实际上质量仍保持在原标号水平。如北京首都水泥厂, 原生产普通 425 水泥, 平均强度 $\bar{R}_c=554$ kg/cm², K_c 达 1.3, 但新提标号的普通 525 水泥, $\bar{R}_c=586$ kg/cm², K_c 只有 1.11。其它地区新提升标号的水泥 K_c 值一般也偏低, 有的甚至低到 1.05。小水泥厂的质量差异就更为悬殊了。举云南省四个水泥厂六种水泥为例, 其中比较好的厂 K_c 值达到 1.23。但也有些只有 1.03 (见表 6)。建材院也曾对 1980 年部份小水泥质量进行过统计, 结论也是其质量参差不齐, K_c 值最高的达 1.6, 最低的甚至低于 1。平均值也在 1.2 左右, 略低于大中水泥厂的平均值。

云南地区几种水泥的强度统计表

表 6

厂 名	水 泥 品 种	试验次数 n	平均强度 $\bar{R}_c$	平均 K_c 值
昆 明	矿渣 325	17	371	1.14
海 口	矿渣 325	30	398	1.22
海 口	矿渣 425	30	454.7	1.07
开 远	矿渣 525	16	614.4	1.21
开 远	普通 525	12	644.9	1.23
东 川	矿渣 325	15	341.3	1.05

在研究和调查过程中我们深感 K_c 系数在混凝土强度计算中的重要意义, 我国疆域辽阔, 各水泥厂的原料、工艺以及管理水平等都不一样, 反映在不同生产厂生产同样标号的水泥其实际强度相差较大, 这对所配制的混凝土强度就有较明显的影响。根据水泥新标准试行后的实际使用情况, 我们建议把原推荐式 (10)、(11) 的形式改为:

$$\text{卵石混凝土 } R_{28} = 0.48 K_f R_1^2 (C/W - 0.61) \quad (17)$$

$$\text{碎石混凝土 } R_{28} = 0.46 K_f R_1^2 (C/W - 0.52) \quad (18)$$

在《普通混凝土配合比设计技术规定》(JGJ55-81)标准中基本上采用了这种把 K_f 值分离出来区别对待的做法。这样,在一般情况下 K_f 值仍可取 1.13。其计算结果将与 (10)

(11) 建议式一致,但对新提升标号的水泥,或已知富余强度比较小的水泥,可以根据实际情况适当降低 K_f 值。对个别水泥厂生产的水泥富余强度较大时,也可以适当增大 K_f 值。这样,既定出了在一般情况下适用的 K_f 值,对特殊情况又给予了一定的灵活余地。在目前的情况下是比较合适的。

五、混凝土用水量

混凝土用水量是一个很重要的指标,它决定了每立方米混凝土的水泥用量,直接影响着试配的经济性。混凝土的用水量又直接取决于拌合物的稠度,并与粗骨料的品种,最大粒径有关,因此,习惯上就以这三个主要指标来选用用水量,并有各种形式的表格或经验式备用。我们这一次对混凝土的用水量作了一次全面的验证。在我们的研究工作中除按骨料品种,粒径及坍落度值三个因素的变换来测定用水量外还采用了比较宽的水灰比和砂率变化范围,以对这些次要影响因素作进一步的研究。按以上诸因素考虑,各单位共拌制了约 1700 盘混凝土。把各单位汇总的数据归纳起来结果如表 7 所示。

从表 7 各单位汇总的数据来看,混凝土的用水量除骨料品种,粒径及所需坍落度值等主要因素外,混凝土水灰比对用水量也有一些影响。以 5~10 卵石为例,如把表 7 中有关此项的汇总数据以图表示则具有图 9 的形式。

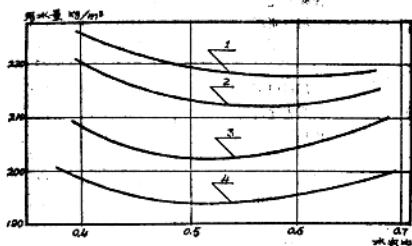


图 9 水灰比与用水量的关系 (卵石 5~10mm)

坍落度 1—7~9cm; 2—5~7cm; 3—3~5cm; 4—1~3cm

由图看出水灰比对用水量还是有一定影响的。在低水灰比区混凝土的用水量要显著增加,这是因为水灰比小的混凝土中水泥浆粘性较大,混凝土不易坍陷,用水量的增加(实际上是混凝土中灰浆比例的增加)对改变坍落度的效果较差。实际上低水灰比的混凝土一般也只是在干硬性或半干硬性混凝土中应用。若需要制作低水灰比的塑性混凝土也绝不能靠提高用水量来增加坍落度,这在经济上是不合理的,此时必须采用其它途径予以解决。

除低水灰比区以外,其它范围内的水灰比对混凝土用水量也有一定的影响。一般来说水灰比增加,其用水量也略增加,尤其是低坍落度情况下更为明显,这是因为在高水灰比、低坍落度情况下水泥用量比较少。骨料之间摩阻力增加的缘故。

各单位得出的每立方米混凝土用水量的试验平均值

表 7

骨料品种和粒径 (mm)	坍落度 (cm)	试验单位	不同水灰比情况下的每立方米 混凝土用水量 (升)			
			0.40	0.50	0.57	0.67
卵石 5~10	2 (1~3)	一局科研所	175	178	179	186
		陕西省建研所	203	201	201	206
		建研院	215	203	207	209
		平均:	198	194	196	199
	4 (3~5)	一局科研所	191	187	190	195
		陕西省建研所	213	202	208	213
		建研院	235	212	216	218
		平均:	209	202	205	209
	6 (5~7)	一局科研所	204	195	197	202
		陕西省建研所	222	220	219	222
		建研院	236	223	223	224
		平均:	220	213	213	216
卵石 5~20	2 (1~3)	一局科研所	208	201	202	208
		陕西省建研所	245	228	223	230
		建研院	245	231	230	230
		平均:	226	220	218	219
	4 (3~5)	一局科研所	168	168	170	173
		陕西省建研所	187	182	182	183
		建研院	164	161	165	172
		抚顺一建	180	179	180	182
	6 (5~7)	三局科研所	179	174	174	172
		平均:	176	173	174	178
	8 (7~9)	一局科研所	179	178	179	183
		陕西省建研所	197	187	187	194
		建研院	179	170	174	184
		抚顺一建	185	184	185	187
卵石 5~20	4 (3~5)	三局科研所	185	181	179	178
		平均:	185	180	181	185
	6 (5~7)	一局科研所	189	186	186	188
		陕西省建研所	207	192	192	202
		抚顺一建	190	188	189	191
		建研院	189	180	183	190
	8 (7~9)	三局科研所	192	187	184	184
		平均:	193	187	187	191
	8 (7~9)	一局科研所	198	192	191	194
		抚顺一建	194	192	198	196
		建研院	196	189	192	195
		平均:	196	191	192	195

续表 7

骨料品种和粒径 (mm)	坍落度 (cm)	试 验 单 位	不同水灰比情况下的每立方米 混凝土的用水量 (升)			
			0.40	0.50	0.57	0.67
卵石 5~40	2 (1~3)	一局料研所	167	161	161	164
		陕西省建研所	172	166	167	173
		抚顺二建	159	157	167	172
		三局料研所	166		163	
		平均,	166	161	165	169
	4 (3~5)	一局料研所	178	170	171	170
		陕西省建研所	182	172	174	182
		抚顺二建	164	163	170	176
		三局料研所	171		168	
		平均,	174	168	171	176
	6 5~7	一局料研所	187	179	178	175
		陕西省建研所	192	183	181	186
		抚顺二建	169	167	172	180
		三局料研所	175		172	
		平均,	181	176	176	180
	8 (7~9)	一局料研所	193	189	184	
		抚顺二建	173	171	175	184
		平均,	183	180	180	184
碎石 5~15	2 (1~3)	江苏省建研所	234	212	217	218
		上海市建研所	200	208	207	208
		平均,	217	210	212	213
	4 (3~5)	江苏省建研所	249	224	229	227
		上海市建研所	219	216		216
		平均,	234	220	228	221
	6 (5~7)	江苏省建研所	263	243	243	237
		上海市建研所	230	225	222	—
		平均,	247	234	232	237
	8 (7~9)	江苏省建研所	272	252	252	247
		上海市建研所	/	233	228	230
		平均,	272	242	240	238
碎石 5~20	2 (1~3)	江苏省建研所	188	188	189	189
		抚顺二建	194	192	194	195
		三局料研所	193	191	188	192
		建研院	190	185	191	197
		上海市建研所		180	182	187
		平均,	191	187	189	192