

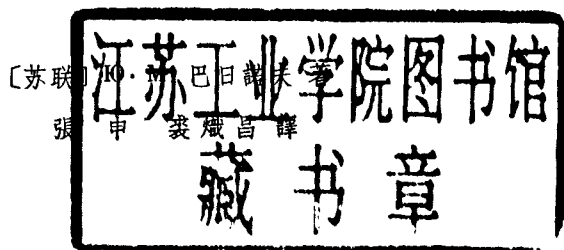
钢丝网水泥结构用 高强度细粒混凝土

[苏联] Ю. М. 巴日諾夫 著

243

中国工业出版社

鋼絲网水泥結構用 高强度細粒混凝土



中国工业出版社

本书論述制造鋼絲网水泥結構用的高强度細粒混凝土（或称砂混凝土），着重介紹了細粒混凝土的性能和生产工艺。书中对細粒混凝土的强度、耐久性、变形性质、配合比的計算、砂浆稠度的掌握、細粒混凝土的工艺特性、质量檢驗，以及发展远景等，均作了比較全面深入的探討。

本书可供建筑設計、施工人員和科研人員参考。

Ю. М. Баженев

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ
БЕТОН ДЛЯ АРМОЦЕМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Госстройиздат Москва-1963

* * *

鋼絲网水泥結構用高强度細粒混凝土

张 申 炎熾昌 譯

*

建筑工程部图书編輯部編輯（北京西郊官万庄）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $4^{13/16}$ ·字数98,000

1966年6月北京第一版·1966年6月北京第一次印刷

印数0001—5110·定价(科六)0.60元

*

統一书号：15165·4511(建工-503)

序 言

(节 譯)

装配式钢筋混凝土被认为是现代建筑技术进步的首要环节，因为它能够大大提高建筑速度，同时也能符合建筑师、结构工程师、建筑工程人员与经济人员的最严格要求。混凝土的塑性，即其能制成任意要求形状的性能，常可脱离那些标准化图形而设计成穹顶、拱、薄壳与双曲面等型式的结构。如果调整钢筋混凝土的组分，就能使它具有随结构工作的设计要求而定的各种性质。钢筋混凝土的很大部分是由地方材料制成，因而比较经济，能够在全国各个地区广泛生产和应用。运用装配式钢筋混凝土，可以不受限制地发展建筑形式，修筑各种工程，这些建筑物不仅能符合现代技术与经济的准则，还能充分满足不断发展的美学要求。

所有这些性质，装配式钢筋混凝土的新变种—配钢丝网的细粒混凝土^①—钢丝网水泥都完全具备。

钢丝网水泥可以制造出各种有效而经济的薄壁结构：大跨度屋盖、贮池、船壳、水槽等。

现在，苏联已建成10万平方米以上的钢丝网水泥结构，而且钢丝网水泥的应用正在继续扩大。

科学研究已经证明，钢丝网水泥具有比普通钢筋混凝土

① 细粒混凝土的原文为 Мелкозернистый бетон，按其含意系指细集料混凝土，书中有的地方提到砂混凝土（Песчаный бетон），实际上是一个概念。——译者注

VI

更高的抗拉强度、抗裂性、不透水性、动力强度与某些其他性质。同时还指出，鋼絲网水泥的很多性质需要进一步研究，特別如耐久性与耐蝕性，以及鋼絲网水泥工艺的改善。

由于鋼絲网水泥方面科学研究的顺利开展及它在建筑实际中的广泛应用，就要求对作为鋼絲网水泥基础的細粒混凝土的工艺进行认真而深入的研究。細粒混凝土的质量关系着鋼絲网水泥的許多重要性质，例如，强度（图1）、抗裂性、耐久性等。細粒混凝土的工艺还决定着鋼絲网水泥的制作方法及其造价。如果不給細粒混凝土工艺以应有的注意，就不能保証鋼絲网水泥结构的质量与耐久性。

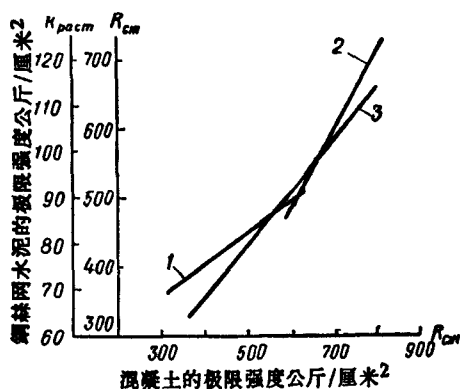


图 1 在 $K_p \approx 2.5$ 时，鋼絲网水泥强度与細粒混凝土强度的关系

- 1—极限抗拉强度（根据苏联建筑科学研究院列宁格勒分院的資料）；
- 2—同上（根据农村建筑科学研究所的資料）；3—极限抗压强度（根据B.M.柯瑟夫尼柯夫（Кожевников）的資料）

設計与制作薄壁结构时，仅根据混凝土标号是不够的，必須知道它的弹-塑性、耐蝕性等。許多关于鋼絲网水泥的文

献，没能对細粒混凝土的性质与工艺給以应有的注意。某些作者仅仅很简单地指出，鋼絲网水泥用的細粒混凝土应当采用1:2 配合比($B/I=0.3\sim 0.35$)。这样就限制了利用不同强度与变形性质的細粒混凝土以及采取不同品种鋼絲和织网的各种配筋去发展鋼絲网水泥的可能性。而且也不能确实保証鋼絲网水泥的强度和耐久性。

在設計与制作鋼筋混凝土結構时，研究并利用不同混凝土的弹-塑性与其他性质，是苏联科学的一项重大成就，它完全是由从事創造与运用鋼絲网水泥结构的学者、設計师与建筑工程人員实现的。利用这些已有的經驗，就可以运用新的方案，提高結構质量与耐久性，加快制作速度，降低造价。

本书将使讀者了解适合于制造鋼絲网水泥結構的細粒混凝土的性能与工艺。但为了使运用細粒混凝土于其他工程方面的讀者也有所参考，书中除了介紹某些專門問題外，同时也闡明了細粒混凝土的理論和工艺的一般問題。书中研究了細粒混凝土的强度与变形性质，它的耐久性、經濟性与正确选用材料的問題，水泥砂拌合物的性质，鋼絲网水泥結構用的細粒混凝土配合比的計算、最先进的工艺方法、质量檢驗与工艺发展前景。

此书篇幅有限，不可能从各方面闡明細粒混凝土的全部工艺，因此各个問題只作了概括的敘述。

目 录

序 言	V
第一章 細粒混凝土的強度与变形性质	1
細粒混凝土的結構	1
抗压强度	6
稜柱体抗压强度	22
抗拉强度	25
抗弯强度	29
变形模量	30
极限变形	32
与鋼筋的粘結力	34
动力强度及变形性	36
疲劳强度	38
收縮	39
徐变	43
不透水性	46
第二章 細粒混凝土的耐久性	49
第三章 水泥砂拌合物的流动性及鋼絲网水泥結構的 浇筑特性	59
水泥砂拌合物稠度的測定方法	60
水泥砂拌合物流动度及和易性与各种因素的关系	64
鋼絲网水泥結構配筋对其浇筑条件的影响。鋼絲网水泥的成 型性	75
砂子的最大容許粒度	81
第四章 确定鋼絲网水泥結構用的細粒混凝土配合比 試配法	83
第五章 鋼絲网水泥結構用的水泥砂混凝土的	

IV

工艺特性	91
材料准备	92
掺外加剂	98
水泥砂拌合物的調制方法 振动拌和	103
水泥砂拌合物的搗实方法	111
养护条件	114
总结	117
第六章 鋼絲网水泥中細粒混凝土的质量檢驗	119
細粒混凝土非破損試驗法	125
細粒混凝土与鋼絲网水泥质量的超声波檢驗法	130
第七章 鋼絲网水泥結構用細粒混凝土工艺的 发展前景	133
附录	138
参考文献	141

第一章 細粒混凝土的強度与变形性质

細粒混凝土的結構

材料的性质是由其构成或結構决定。材料結構上的知识将保証选择正确的工艺及获得給定的材料性质。

細粒混凝土是硬化了的水泥、水与砂的拌合物。与水混合后的水泥具有凝胶的性质，能将单独的砂粒胶結成为密实而坚硬的整体。当然，水泥石（硬化后的水泥与水的拌合物）的性质在很大程度上确定了細粒混凝土的性质。

水泥石的胶結性质决定于水泥与水之間的化学反应。这些反应进行時間很长，需要一定的溫度与湿度，如所有的化学反应一样，可以用某些工艺方法予以調整。不仅可以改变反应速度，而且还可以改变水泥石的結構，从而改变水泥石和細粒混凝土的性质。

砂的质量对細粒混凝土性质也有明显的影响。粒度、顆粒級配、强度、表面性质及吸水性在很大程度上决定着砂粒的装填密度与强度，以及它与水泥石之間的粘結力，因而也影响到細粒混凝土的性质。細粒混凝土中水泥石与砂粒表面間的接触点是最薄弱的地方，因为該处出現的結構缺陷常常最多。这可以部分地說明許多研究者所提出的細粒混凝土强度与砂子比表面积的关系。

完成水泥与水之間的化学反应所需要的水是比較少的，但是要保証混凝土拌合物适当的和易性則必須加入較多的水。剩余的水将在砂混凝土中形成气泡，造成結構缺陷，并

降低其强度与对外界影响的抵抗力。同时剩余的水量越大，即水灰比越大，其有害作用也就越大。

加入水泥砂拌合物中的水量决定于下列因素：水泥与砂的质量、混凝土的配合比、要求的和易性、有无特殊外加剂。可见，所有这些因素均将影响剩余水的数量，因而也就会影响水泥石的质量、混凝土的结构及其性质。例如采用比表面积很高的细砂，将会增加水泥砂拌合物的技术粘度。要使细砂的水泥砂拌合物具有与用中砂相同的和易性，就必须加入较多的水量。而这也同样会增加水泥石的孔隙率，并降低它的强度。

细砂对混凝土结构的直接影响（由于增大比表面积及减低颗粒装填密度使结构变坏）将同它对水泥石质量的影响（由于剩余水增多使孔隙率提高）迭加起来。结果不是显著地降低混凝土的强度（若水泥用量保持不变），就必须增加水泥用量以保持混凝土强度。在后一种情况下要降低混凝土的经济指标。

当然，细砂对细粒混凝土结构与性质影响的有害程度也与砂的强度、颗粒级配及一些其他因素有关，这些因素在设计水泥砂混凝土的配合比及工艺时必须予以考虑。

图2a及6所示为配合比1:1及1:3的细粒混凝土的显微结构。在富混凝土中（配合比为1:1）砂粒分开的距离很大，因而砂的数量与颗粒的总表面积比配合比为1:3的小。所以这里砂对混凝土的结构与性质的影响也较小，这就是说，细砂的有害影响也较贫混凝土拌合物小。砂的影响在配合比为1:5~1:6，即普通砂浆中最显著。这些砂浆的显微结构（图2b）表明，砂粒的装填密度、强度及颗粒间接触的数量和特征在这里具有重要意义。因此砂对砂浆性质的影响较大。例

如，砂浆的需水量就主要是由砂的质量决定。

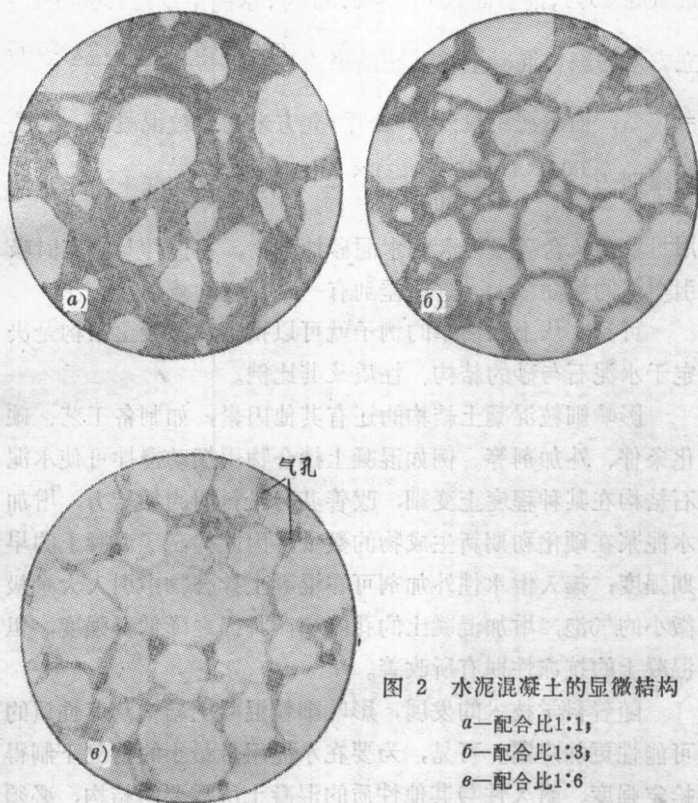


图 2 水泥混凝土的显微结构

a—配合比1:1;

b—配合比1:3;

c—配合比1:6

在細粒混凝土中，特别是在富配合比中，水泥石的质量对混凝土的强度及其他性质更有决定性的影响。此外水泥石的数量对这类混凝土的结构与性质也有影响。水泥石在混凝土中的含量越大，水泥砂拌合物越能在較低的 B/H 情况下浇灌，而且混凝土可以达到較高的强度。但此时材料的总孔隙率与

收縮增加,抗冻性降低。例如与水泥产生化学作用的水約为其重量的 20%,則当同是 $B/I=0.35$ 时,水泥用量为 1000 公斤/

立方米的細粒混凝土,其孔隙率为 $\frac{1000 \times (0.35 - 0.2) \times 100}{1000}$

=15%,而水泥用量为 600 公斤/立方米的細粒混凝土,其孔

隙率則为 $\frac{600 \times (0.35 - 0.2) \times 100}{1000} = 9\%$ (实际上由于水泥

用量較少及含砂量較大的水泥砂拌合物,在攪拌与搗实时吸引空气的傾向較大,这些差別有一定程度的减小)。

可見,从上面简单的例子就可以指出,混凝土結構是决定于水泥石与砂的結構、性质及其比例。

影响細粒混凝土結構的还有其它因素:如制备工艺、硬化条件、外加剂等。例如混凝土拌合物用振動攪拌可使水泥石結構在某种程度上变細,改善其与集料間的粘結力,增加水泥浆在硬化初期新生成物的数量,因此提高了混凝土的早期强度;掺入憎水性外加剂可在混凝土拌合物中引入大量极微小的气泡,增加混凝土的孔隙率,并因之降低其强度,但混凝土的抗冻性則有所改善。

随着科学技术的发展,影响細粒混凝土結構及其性质的可能性更加广闊。可見,为要在水泥用量最小的情况下制得給定强度、耐久性与其他性质的混凝土所需要的結構,必須清楚地理解并能控制細粒混凝土結構的形成过程,同时还要知道它不同于普通混凝土或砂浆的結構与性质特点。

一般粗集料混凝土与細粒混凝土同是人造石材,自然具有許多决定这种材料性质及結構形成的共同关系。首先是决定水泥石結構形成的关系,例如水泥石的强度与水灰比的关系。技术粘度与加入混凝土拌合物中水量的关系,以及許多

其他的關係也都是共同的。

但是細粒混凝土與普通混凝土畢竟不同，它的水泥石含量高，集料的粒度小、孔隙率與比表面積大，通過改變級配去調整集料性質的可能性較小，在許多情況下沒有刚性石材骨架。細粒混凝土結構的這些特點造成它性質及基本關係上（這些基本關係決定着與普通混凝土不相同的因素對其性能的影響）的某些差別。例如水泥砂拌合物的技術粘度與需水量的提高，細粒混凝土的強度與砂的性質及水灰比變化的關係很顯著，稜柱體強度有一定程度的提高，而變形模量降低等。

細粒混凝土與砂漿的區別是：水泥石含量提高，對砂的要求較高，水泥砂拌合物的流動度較小。

與砂漿比較，這類混凝土具有較高的強度，但是收縮也較大。水泥砂拌合物的技術粘度不僅與砂的質量有關，而且也與其組成級配等有關。表 1 列出普通混凝土、細粒混凝土及砂漿單項材料用量的比較資料，表列數據証實這些材料的配合比顯然不同，因此在結構與性質上也互不相同。這一切可使我們將細粒混凝土看作獨立的一類混凝土來研究。

普通混凝土、細粒混凝土及砂漿
組成材料的大概含量

表 1

混 凝 土 的 種 類	組 成 材 料 體 積 (%)			
	水 泥	水	砂	碎 石 或 礫 石
普通重混凝土	7~14	15~20	20~25	40~58
細粒混凝土	15~25	25~35	30~60	無
砂漿	9~15	22~26	58~68	無

上述关于細粒混凝土結構的基本概念，以后将用来研究細粒混凝土的性质及其工艺。

抗 压 强 度

根据大量的研究結果确定，混凝土与砂浆的抗压强度基本上取决于水泥的活性及水灰比或灰水比。这一关系可以下式表达：

$$R_{28} = AR_n(Q/B - B),$$

式中 R_{28} ——混凝土或砂浆的28天龄期抗压强度；

R_n ——按硬練砂浆試驗测定的水泥活性；

Q/B ——灰水比；

A 及 B ——系数，視材料結構、集料质量、工艺特性而定。

按Б. Г. 斯科拉姆泰也夫(Скрамтаев)教授的試驗，普通混凝土在采用碎石时，系数 $A=0.5$ ，当采用砾石及細砂时 $A=0.4$ ，系数 B 在两种情况下均等于0.5。按Н. А. 波波夫(Попов)教授的試驗，砂浆采用优良級配的石英砂时，系数 $A=0.45$ ；采用細砂时 $A=0.25$ ；系数 $B=0.4$ (Q/B 变动在0.5至1.25之間)。但是砂浆的系数 A 是用 $7 \times 7 \times 7$ 厘米試件試驗取得的，与普通混凝土相比較，应乘以考虑試件尺寸的換算系数。用优质砂配制的砂浆的系数 A 約等于0.36，用細砂則 $A=0.22$ 。

混凝土与砂浆的系数 A 和 B 的明显差別反映出这些材料在結構、配合比及应用原材料上的不同。細粒混凝土由于本身結構上的特点，也应该有另外的系数 A 与 B 。

为了更深入地研究各种因素与細粒混凝土抗压强度的关系，曾在B. B. 古比雪夫軍事工程学院进行許多試驗。試驗所

用材料的詳細性質見附录 1。細粒混凝土的強度是用 $7 \times 7 \times 7$ 厘米立方體試件測定的。這樣的試驗雖然不能完全符合細粒混凝土在薄壁結構中的硬化和受力條件，但是比用 $20 \times 20 \times 20$ 厘米立方體試件更接近。應當指出，有的試驗證明 $7 \times 7 \times 7$ 厘米立方強度大致與按 ГОСТ 910—41 帶墊板試驗的 $4 \times 4 \times 16$ 厘米稜柱體端部的強度相符合，但前者的試驗結果分散性較小。不同尺寸的混凝土試件在這種情況下能得到相同抗壓強度的原因，首先可以解釋為試件尺寸差別不很大，其次是採用墊板減少了壓力機壓板對試件產生的壓縮效應。

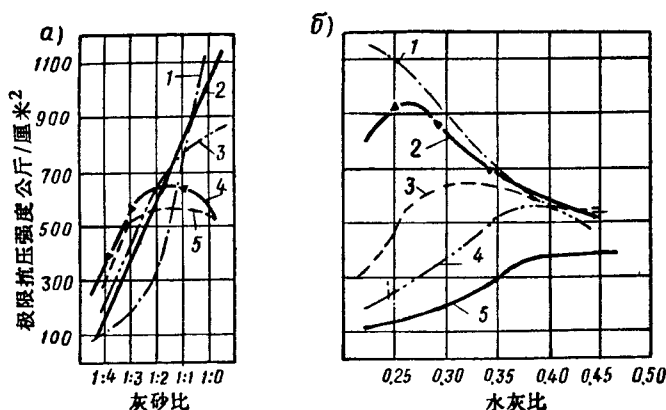


图 3 細粒混凝土抗压强度与配合比及水灰比的关系

a— B/H 不同；1— $B/H=0.25$ ；2— $B/H=0.3$ ；3— $B/H=0.35$ ；4— $B/H=0.4$ ；5— $B/H=0.45$ ；б)—混凝土的配合比不同，1—1:0；2—1:1；3—1:2；4—1:3；5—1:4

图 3 表明用中砂（粒度模量为 2.42）及 500 号水泥配制的各种配合比細粒混凝土試驗結果。图 4 列出用不同水泥及砂配制的細粒混凝土試驗結果。混凝土均在 28 天齡期进行試

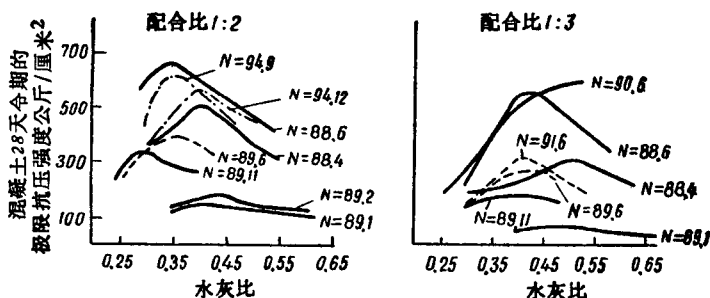


图 4 以不同水泥与砂配制的细粒混凝土的试验结果(曲线旁第一个数字——水泥编号;第二个数字——砂编号)

驗①。

試驗結果表明,与普通混凝土或砂浆一样,水泥砂混凝土的强度基本上取决于水泥的活性与水灰比。

对每一种配合比的混凝土来说,都有它自己特定的最佳水灰比,即在这种条件下将可达到这一水灰比中混凝土的最大强度。同时混凝土具有该种捣实条件下所能达到的最大密实度(图5)。

在水灰比较低时,水泥砂拌合物不能达到足够的密实度,而密实度减小将引起强度降低。在水灰比较高时,由于混凝土中不与水泥起化学作用的剩余水量增加,同样会减小其密实度并降低强度。

混凝土最大强度将随着最佳水灰比的减小而增大。最佳水灰比则随着水泥用量增加而减小,因此富水泥砂拌合物可获得较高强度的混凝土。但是正如下面将要指出的那样,随

① 此处所列系标准条件下硬化的试件试验结果,蒸压养护的砂混凝土强度没有研究。

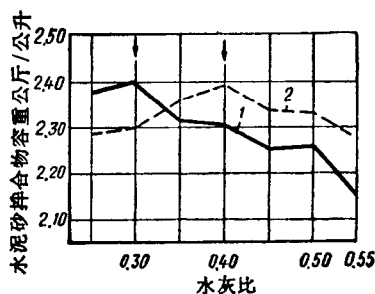


图 5 不同配合比的細粒混凝土密实度与强度間的关系
1—1:1; 2—1:2.5。箭头所指为达到最高强度时的最佳 B/Π

着水泥用量增加到超出一定限度，它的利用效率将降低，因此用很富的混凝土拌合物是不經濟的。

水泥淨浆的最佳水灰比最小，因之水泥石就具有采用該种水泥可能达到的最大抗压强度。在水泥浆中加入集料，就增大其需水量与技术粘度，提高最佳水灰比值，也就降低了混凝土可以达到的最大强度。

水泥和砂的质量与混凝土拌合物的制备和捣实方法也影响最佳水灰比的数值。减少水泥需水量，改善砂的顆粒級配，特别是增大砂的粒度，采用較强制的方法制备及捣实水泥砂拌合物，均能借降低水灰比将拌合物浇筑密实，并获得較坚固的細粒混凝土。

如在同一水灰比时比較一下不同配合比的細粒混凝土强度(图 3)，則发现富配合比①的水泥石强度最高。随着水灰比的提高，最佳配合比的混凝土終究显示出最高强度，最佳配

① 原书为“低水灰比”，恐系富配合比之誤。——譯者注