

施工企业中高级技术工人培训丛书

混凝土工

马全海 蔡惠良编

上海科学技术文献出版社

施工企业中高级技术工人培训丛书

混 凝 土 工

马全海 蔡惠良 编

上海科学技术文献出版社

内 容 提 要

本书主要供中、高级建筑工人学习之用。书中介绍了混凝土的主要特性及其组成材料的基本性能、技术要求和配合比；阐述了混凝土的搅拌、运输、灌注、振捣、养护等施工操作方法，以及混凝土整体结构和预制件的施工工艺，还介绍了滑模、升板、大模板和泵送混凝土等新工艺。此外，对钢筋混凝土结构理论知识和计算原理也作了简要介绍。

本书也可供中等专业技术学校师生学习参考。

施工企业中高级技术工人培训丛书

混 凝 土 工

马全海、蔡惠良 编

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

新华书店经销

上海十二印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 8.25 字数 199,000

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数：1—14,000

ISBN 7-80513-306-9/Z·82

定价：3.00元

《科技新书目》183-272

前 言

为了提高工人的技术素质,适应当前施工企业工人岗位培训之急需,上海经济技术咨询服务中心培训部和上海宝钢冶金建设公司教培中心组织有经验的工程技术人员编写了这套施工企业中、高级技术工人培训丛书,即《木工》、《瓦工》、《架工》、《混凝土工》、《抹灰工》、《钢筋工》、《汽车驾驶员》、《汽车修理工》、《机械安装工》、《筑炉工》、《电工》、《焊工》、《铆工》、《管工》等14本。

本丛书内容以各类中、高级技术工人应知知识为主,适当增加了一些在目前各工种已推广应用的新工艺、新技术。在编写中,力求做到内容少而精,实用,语言通俗易懂。本丛书可作为建设系统中、高级技术工人的岗位培训教材,亦可供有关中等专业技术学校师生参考。

本丛书的编委是:李彦博、王道正、冯桂烜、易传刚、沈有福。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误之处难免,欢迎读者批评指正。

上海经济技术咨询服务中心培训部
上海宝钢冶金建设公司教培中心
一九八八年十月

目 录

第一章 概述	1
第一节 混凝土的概念.....	1
第二节 混凝土的分类.....	3
第三节 混凝土的主要性质.....	5
复习思考题.....	8
第二章 混凝土的组成材料	9
第一节 水泥.....	9
第二节 砂.....	27
第三节 石子.....	32
第四节 水.....	39
第五节 掺料.....	40
复习思考题.....	45
第三章 混凝土的配合比设计	46
第一节 配合比设计的方法和步骤.....	47
第二节 计算实例.....	54
复习思考题.....	60
第四章 混凝土施工工艺	61
第一节 施工前的准备.....	61
第二节 混凝土的搅拌.....	64
第三节 混凝土的运输.....	73
第四节 混凝土的浇灌和振捣.....	82
第五节 泵车浇灌混凝土.....	100

第六节 混凝土的养护	111
第七节 混凝土的拆模	115
复习思考题	118
第五章 混凝土整体结构浇筑	119
第一节 基础浇筑	119
第二节 设备地坑及池子浇筑	133
第三节 框架结构的浇灌	137
第四节 拱壳结构的浇灌	143
第五节 其他几种混凝土结构	146
复习思考题	148
第六章 混凝土结构施工新工艺	149
第一节 大模板施工	149
第二节 滑模施工	151
第三节 升板法施工	158
第四节 预应力混凝土施工工艺	166
复习思考题	174
第七章 混凝土预制构件的浇灌	175
第一节 预制屋架	175
第二节 鱼腹式吊车梁	178
第三节 柱子	179
第四节 空心楼板与槽板	180
复习思考题	182
第八章 混凝土的冬季施工	183
第一节 温度对混凝土的影响	183
第二节 原材料加热	184
第三节 养护方法	185
复习思考题	193

第九章 特种混凝土	194
第一节 防水混凝土	194
第二节 耐热混凝土	198
第三节 耐酸混凝土	200
第四节 耐碱混凝土	202
复习思考题	205
第十章 混凝土的质量检查与缺陷处理	206
第一节 质量检查	206
第二节 混凝土的缺陷及产生原因	215
第三节 混凝土缺陷的修补方法	219
复习思考题	222
第十一章 钢筋混凝土结构的一般理论知识	223
第一节 钢筋混凝土结构的工作特点	223
第二节 钢筋混凝土的物理力学性能	225
第三节 钢筋混凝土结构设计计算的基本原理	233
第四节 受弯构件正截面的强度计算	238
复习思考题	256

第一章 概 述

第一节 混凝土的概念

混凝土是重要的建筑材料，人们很早就使用混凝土了。随着水泥制造工业的发展，混凝土广泛地应用于工农业各项基本建设工程和国防工程。混凝土是由胶结材料、水（或其他调剂）及骨料按一定配合比拌合、浇灌、成型、硬化后所形成的一种人造石材。通常所称的混凝土是以水泥、水、砂和石子组成。

混凝土具有许多优良性质：它可按设计要求制成各种形状和尺寸的构件；混凝土象天然石材一样具有很强的抗压能力，深受人们的欢迎；混凝土的一些重要技术性能，如容重、强度、密实性和热传导性等，可以在一定范围内变动。更使它倍受欢迎是混凝土与钢筋配制成钢筋混凝土，使构件的抗拉、抗弯能力大大提高，可用作各种大跨度结构和薄壁细小构件。混凝土是现代重要的建筑材料，在土木建筑、水利、电力、矿井、桥梁、道路和国防工程方面都被广泛使用。混凝土有耐磨、耐腐蚀和防射线的性能，因而在核工业领域大放异彩。钢筋混凝土结构可以代替钢、木结构，可以节省大量钢材和木材。近年来混凝土制品广泛推广到农业建设，用混凝土修筑农田水利、住宅以及建造水泥船等，对发展农业起着积极作用。

混凝土的抗压能力很强，但它的抗拉能力却很差。其抗拉能力仅为抗压能力的十分之一左右。混凝土受拉时很容易断裂，因此它的使用范围受到限制。工程结构中，往往要求混凝

土构件受弯，例如常见的梁、板等构件受力后要产生弯曲变形。上部受压缩短，下部受拉伸长，如图 1-1 所示。如果用纯混凝土制作这种构件，将会因为承受不起拉力而断裂，如图 1-2 所示。

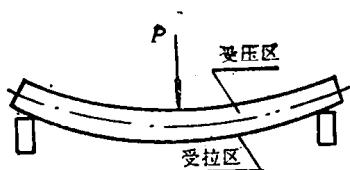


图 1-1 受弯构件示意

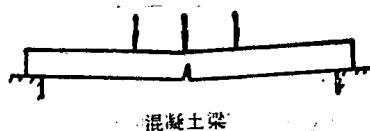


图 1-2 混凝土梁

如果在这类混凝土构件受拉部位配上抗拉能力很强的钢筋，使钢筋和混凝土很好地结合成一个整体，使混凝土和钢筋共同工作，当构件在外力作用下产生变形时，在构件受压区产生的压力由混凝土承受；在构件受拉区产生的拉力由钢筋承受。两种性质不同的材料充分发挥各自的特长，分别承担两种不同性质的力，这样就会产生令人满意的结果，如图 1-3 所示。这种配有钢筋的混凝土叫钢筋混凝土。

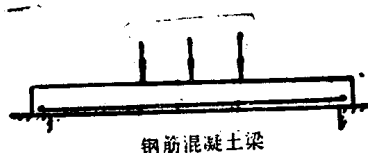


图 1-3 钢筋混凝土梁

钢筋混凝土优越性很多，在工程结构中被广泛采用。但钢筋混凝土也存在着一一定的缺点。例如，当构件在外力作用下，受拉区的钢筋和混凝土都被拉长，随着拉力的增加，往往在钢筋还没有充分发挥作用的情况下，混凝土已超过了它的抗拉极限，开

始出现裂缝,如图1-4所示。这是因为在拉力作用下,钢筋可以有较大的伸长,而混凝土受不了这样大的拉力,它不能象钢筋那样伸长,结果就被拉裂了。随着外力的增加,裂缝的宽度和长度也不断增大,裂缝会从构件表面向内部扩展,使钢筋暴露出来。钢筋受到空气中水分和有害气体的作用而产生锈蚀,就会影响构件的耐久性。



图1-4 受弯构件出现裂缝

为了解决钢筋混凝土构件受拉区中钢筋和混凝土两种材料允许伸长值相差过大,导致裂缝产生的问题,制作构件时,可以在受拉区用人工的方法,预先对混凝土施加一定的压力,使混凝土预先受压,产生一定的压缩变形。当构件受力时受拉区所出现的拉应力及其引起的拉伸变形,首先与预先受压产生的压应力和压缩变形相抵销,然后随着外力的继续增大,混凝土才逐步受拉开裂,这样既充分发挥了钢筋的作用,又延缓了混凝土裂缝的出现和进一步展开,甚至通过计算还能使构件在一定的受力范围内不出现裂缝。这种预先施加压应力的钢筋混凝土就叫预应力钢筋混凝土,一般简称预应力混凝土。

第二节 混凝土的分类

按照不同的分类方法,混凝土大致可以分为如下的种类:

1. 按胶结材料分:

水泥混凝土、沥青混凝土、石膏混凝土、硫磺混凝土、水玻璃混凝土、塑料混凝土等。

2. 按容重分:

特重混凝土——容重大于 2700 千克/米³, 以钢屑、重晶石为骨料。

重混凝土——即普通混凝土, 容重为 2100~2600 千克/米³, 一般以砂石为骨料。

稍轻混凝土——容重为 1900~2000 千克/米³, 以碎砖、矿渣为骨料。

轻混凝土——容重为 1000~1900 千克/米³, 以膨胀矿渣珠、膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、陶粒等轻骨料为骨料。

特轻混凝土——容重小于 1000 千克/米³, 如泡沫混凝土、加气混凝土等。

3. 按工作特性分:

干硬性混凝土、塑性混凝土、流动性混凝土等。

4. 按用途分:

(1) 普通混凝土。用于一般工业与民用建筑的基础、柱、梁、楼板、屋架等。要求有足够的强度和耐久性。

(2) 防水混凝土。用于堤坝、船闸、水池、地下建筑物。要求有良好的密实性、不透水性和抗冻能力。

(3) 道路混凝土。用于路面和机场跑道。要求耐磨、抗弯及抗冻。

(4) 耐热混凝土。用于高温车间、高炉基础、烟囱、烟道等。

(5) 耐酸混凝土。用于化学工业的输液管、洗涤池、车间地坪等。要求能抵抗硫酸、盐酸、硝酸等强酸和腐蚀性气体的侵蚀。

(6) 耐碱混凝土。用于冶金及化学工业的构筑物、车间地面等。要求能抵抗碱性(如苛性钠等)的腐蚀。

(7) 耐油混凝土。用于石化厂的贮油罐以及经常与油类接触的设备基础和车间地面。要求对油类有一定的抗渗透性能。

(8) 其他混凝土。如能防止射线穿透的防辐射混凝土、对坚硬物体具有足够耐磨性能的钢屑混凝土、在坚硬物体碰撞下不起火花的不发火混凝土及耐低温的混凝土、高强混凝土等。

第三节 混凝土的主要性质

混凝土在工程中应用只有一百多年历史,现在发展成为一种应用非常广泛的建筑材料。它所以发展得这样快,应用如此广泛,这是因为混凝土具有很多优良性质:

1. 混凝土的强度。混凝土强度的主要指标是抗压强度,而其抗拉、抗折、抗剪强度以及与钢筋粘结力等均随混凝土抗压强度的不同而不同。

混凝土象天然石材一样,具有良好的抗压性能,能承受较大的压力荷载。混凝土在长期压力作用下本身变形极小,这是混凝土最为宝贵的特性。

混凝土单位面积所承受的荷载称为抗压强度。混凝土的标号 R , 就是根据标准立方体试件($20 \times 20 \times 20$ 厘米), 在标准条件(温度 $20^\circ \pm 3^\circ\text{C}$, 相对湿度在 90% 以上)下, 养护至 28 天的抗压强度极限平均值来确定的。混凝土标号分为 75、100、150、200、250、300、400、500 和 600 号等九个等级。标号越大, 抗压强度越高。这就可以满足不同工程、不同部位所需的不同强度要求。

混凝土轴心抗压标准强度 R^b 。可以由混凝土的立方强度 R

乘一个系数表示, 计算式: $R^b_a = 0.7 R$ 。

混凝土轴心抗压设计强度 R^b_a 是设计者进行设计计算的依据, 它与轴心抗压标准强度的关系式表示如下:

$$R_a = K_n R^b_a$$

式中 K_n ——强度系数, 按下列数值取用:

$$R \leq 200 \text{ 号时}, \quad K_n = 0.80$$

$$250 \text{ 号} < R \leq 400 \text{ 号时}, \quad K_n = 0.83$$

$$R \geq 500 \text{ 号时}, \quad K_n = 0.86$$

混凝土试配强度 R_n , 应考虑到实际施工条件和混凝土不均匀性, 《钢筋混凝土施工验收规范》规定, 它要比设计标号提高 10~15%。表达式是:

$$R_n = K_n \cdot R_{\text{标}} = (1.1 \sim 1.15) R_{\text{标}}$$

混凝土的抗拉强度 R_L , 它与抗压强度的关系用下式表示:

$$R_L = 0.5 \sqrt[3]{R^2}$$

式中: R_L ——混凝土抗拉强度(单位 P_a —帕);

R ——混凝土抗压强度(单位 P_a —帕)。

混凝土的抗拉强度是确定混凝土抗裂性的重要指标。

混凝土的抗弯强度约为抗压强度的 $1/7 \sim 1/5$, 也是混凝土的一项重要指标。

混凝土的抗剪强度高于抗弯、抗拉强度, 约为抗压强度的 $1/6 \sim 1/4$ 。对钢筋混凝土受弯构件及其支座边缘截面或偏心受拉构件, 抗剪强度是一项重要指标。

2. 混凝土的密实度。它是表示混凝土中孔隙含量的百分数。混凝土密实度高, 其强度高、抗冻和抗渗性能也好。

3. 混凝土的抗渗性。它表示混凝土抵抗压力水不渗透的性能。抗渗标号有: B—2、B—4、B—6、B—8 及 B—16 等。以 B—8 为例, 即表示混凝土按标准方法试验, 在 8 千克/厘米²(7.84

$\times 10^5$ 帕) 压力下未发现渗水现象。

4. 混凝土的抗冻性。严寒地区要求混凝土具有抗冻性, 免遭冰雪冻融破坏。抗冻标号有: M—10、M—15、M—25、M—50、M—100、M—150 及 M—200 等。可根据当地气候条件和结构所处部位按规范要求来选定。

5. 混凝土的收缩和徐变。收缩是因为混凝土在水化反应和硬化过程中体积变小引起的。收缩会对混凝土结构产生不利影响, 常使混凝土出现细微裂缝, 严重降低其耐久性, 在预应力混凝土中导致钢筋预应力损失。徐变是在荷重长时间作用下, 混凝土产生的塑性变形。徐变会造成预应力钢筋混凝土结构的预应力损失。徐变太大能使结构物在后期失去工作能力, 应予以控制。但徐变能消除部分应力集中现象, 使应力重新分布均匀, 还能消除大体积混凝土中温度变形所产生的破坏应力, 因而对混凝土有利。

6. 混凝土的耐火性。混凝土是热的不良导体, 遇火只能损伤其表面, 而不易破坏其内部结构。

7. 混凝土的耐久性。混凝土对自然气候干湿变化、冷热变迁、雨水冲刷、外力磨擦碰撞都有较强抵抗力, 混凝土耐久性好, 长达 50 年以上。

8. 混凝土的可塑性。混凝土拌合物具有良好的可塑性, 利用这一特点, 可按设计要求制成各种复杂形状和尺寸的混凝土构件。

9. 混凝土的流动性和均匀稳定性。流动性和稳定性都是混凝土拌合物的特性。工作特性也称和易性、稠度、可塑性等。流动性是指在重力作用下, 拌合物是否易于流动的能力, 表示搅拌、浇灌、捣实的难易程度。均匀稳定性是指拌合物内各组成材料混合均匀程度, 并在运输、浇灌、捣实过程中有一定粘聚、保水

能力,不分层离析,不严重泌水。这些都是混凝土拌合物的重要特性。流动性可用坍落度、干硬度等指标表示。坍落度大,流动性也大。

10. 混凝土的水化热。在凝结硬化过程中混凝土会产生水化热。大体积混凝土水化热效应更显著,内部温度急剧升高会导致严重事故,要引起重视。

此外混凝土也存在不少缺点,诸如混凝土自重大,构件运输安装困难;浇捣后养护时间长周转慢、效率低;现场施工受气候条件制约影响,延长施工时间;混凝土不易加固修理等等。这与其优点相比可谓微不足道。

复习思考题

1. 什么是混凝土?什么是钢筋混凝土?什么是预应力混凝土?它们的受力性能有何差异?

2. 什么是混凝土的标号?混凝土为什么要划分标号?为什么混凝土的标号以抗压强度为标准。

3. 混凝土有那些特性?

4. 什么是混凝土的和易性?流动性?稠度?坍落度?它们之间有什么关系?

5. 混凝土的抗拉、抗弯、抗剪强度与抗压强度的关系怎样?

第二章 混凝土的组成材料

第一节 水 泥

一、水泥的特性

水泥是一种水硬性无机胶结材料，它不仅可以在空气中硬化，而且能在水中更好地硬化，在潮湿的环境中，甚至经过数十年其强度还在缓慢地增长。这一特点与另一类“气硬性材料”（如石膏，石灰等）不相同，气硬性胶结材料只能在空气中硬化。

水泥原料主要是石灰石和粘土，往往还和其他含二氧化硅、氧化铝及氧化铁的物质适当配合，制成“生料”，经高温煅烧成“熟料”。然后再在熟料中加入适量的生石膏（一般加入2~5%，用以调节水泥的凝结时间），用球磨机磨成细粉即成水泥。

由于这种水泥熟料的主要成分是硅酸钙，因此叫它硅酸盐水泥，也就是通常说的普通水泥。水泥的特性是由水泥熟料中矿物成份的主要特性决定的（见表2-1）。

从表2-1中可知 C_3S 的水化深度最大，含量最多，是决定水泥标号高低的主要成份。能凝结硬化并产生强度是水泥的两大特性，而又以强度最为重要。对强度起主要作用的 C_3S 和 C_2S 这两种成份之和占水泥总量的75%左右。如果配制高强度水泥，就应使 C_3S 含量多一些，并相应减少 C_2S 含量；如果配制凝结快的水泥，则应该提高 C_3A 含量，减少 C_4AF 含量，因为 C_3A 与水作用反应极快。有特殊要求的水泥，可以通过对这些成份的调整，获得所需的特殊性能。

表 2-1 水泥的矿物成份含量和特性

矿物名称	化 学 式	代 号	含 量 (%)	单矿物的28 天水化深度 (μm)	主 要 特 性
硅酸三钙	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	45~55	5.7	水化速度快,水化热较高,强度最高
硅酸二钙	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	17~31	4.7	水化速度最慢,水化热最低,早期强度低,后期强度增长率高
铝酸三钙	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	6~10	0.9	水化速度最快,水化热最高,强度发展很快但不高,体积收缩大,抗硫酸盐侵蚀性差
铁 铝 酸 四 钙	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	CaAF	10~18	—	水化速度较快,水化热和强度中等,体积收缩较小,含水量多时提高抗拉强度有利