

文章编号:1007-6492(2002)01-0093-04

# 混凝土几种抗压强度之间的关系

王有宗, 刘立新, 王仁义

( 郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘 要:** 由于实际结构中的混凝土与标准养护试块之间有很大差异, 所以传统检测方法中用标准养护试块抗压强度来确定结构中混凝土的强度等级是不恰当的. 为寻找最佳的能代表结构中混凝土强度的强度, 本试验对郑州市两个厂家的混凝土分别进行标养强度、同条件养护强度及结构实体取芯强度的测定, 分析三者之间的相互关系及造成其差异的因素, 得出三种强度的相关关系式, 从而找出了适合郑州市检测结构实体混凝土强度与混凝土强度等级判定标准之间的切合点.

**关键词:** 强度检测; 混凝土强度; 实体强度

**中图分类号:** TU 528.01 **文献标识码:** A

为实现与国际接轨, 我国对建筑工程质量监督和管理将逐步贯彻“验评分离、强化验收、完善手段、过程控制”的政策. 因此, 为保证建筑工程质量, 强化对施工质量的验收, 新修订的国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300<sup>[1]</sup> 中提出, 在对建筑工程验收时应进行实体检查. 据此原则而修订的国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204<sup>[2]</sup> 中规定, 在工程验收前应对结构实体中的混凝土强度(简称结构混凝土强度)进行检查.

混凝土抗压强度主要有标养强度、同条件养护强度和推定强度. 对于结构混凝土而言, 其推定强度中最直接的就是取芯强度. 标养强度是指试块在标准养护室养护至 28 d 时所测得的具有 95% 保证率的抗压强度<sup>[3]</sup>; 同条件养护强度为试块在与结构相同的条件下养护至要求龄期时所测得的具有 95% 保证率的抗压强度; 二者所用试块均为边长为 150 mm 的立方体. 取芯强度是指按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03:88 进行试验与计算的芯样强度.

混凝土强度等级是按标养强度确定的, 它基本反映了真实配合比和标准养护条件下的强度, 但在进行结构混凝土强度检测时, 由于标准养护试块不能反映结构构件的尺寸、形状、浇筑方式及结构的实际养护等情况, 还有施工现场的温、湿度变化情况, 所以可称其为仅反映原材料配合比的

“材料混凝土强度”, 使之与“结构混凝土强度”相区别. 同条件养护试块虽然与结构混凝土具有相同的施工方法和养护条件, 但其与结构中混凝土强度具有尺寸上的差异, 所以亦不能直接用其代表结构混凝土强度. 因此, 要加强对结构混凝土强度的验收, 首当其冲的是要找出合理的、能代表“结构混凝土强度”的强度.

## 1 试验方案

对同一组分混凝土, 比较以下强度值: 标养强度  $f_{cu,0}$ ; 同条件强度  $f_{cu,t}$ ; 实体强度(芯样)  $f_{cu,s}$ .

### 1.1 混凝土基本情况及试件制作

取郑州市 A、B 两个厂家的混凝土, A 厂家取 C20~C80, B 厂家取 C20~C60, 混凝土基本情况表 1 所示.

结构实体混凝土试件: 1500 mm × 600 mm × 1200 mm, 共 12 个;

试块: 100 mm × 100 mm × 100 mm, 标养、同条件养护每龄期各 3 组, 共 210 组.

结构实体试件采用普通振动棒振捣成型, 同条件养护试块采用振动台振动成型.

### 1.2 养护条件

同条件养护: 室外, 露天, 实验室北墙树荫下, 无阳光曝晒, 浇水养护 14 d;

标准养护: 在温度为  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , 湿度为 90% 以上的标准养护室内进行.

收稿日期: 2001-10-08; 修订日期: 2001-12-14

基金项目: 国家混凝土结构验收规范资助项目

作者简介: 王有宗(1977-), 女, 河南省封丘县人, 郑州大学硕士研究生, 主要从事钢筋混凝土及砌体结构方面的研究.  
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 试验所用混凝土基本情况  
Tab.1 The basic data of the concrete

强度等级	厂家	水泥	砂	石子	外加剂	掺合料	水泥:砂:石子:水
C20	A	长铝普通 425 #	中砂	普通饮用水	FN-2	粉煤灰	1:2.37:3.15:0.63
	B	普通 425 #	中砂	普通饮用水	FN-2	粉煤灰	1:2.15:2.87:0.53
C30	A	长铝普通 425 #	中砂	普通饮用水	FN-2	粉煤灰	1:1.73:2.39:0.50
	B	普通 425 #	中砂	普通饮用水	FN-2	粉煤灰	1:1.74:2.72:0.46
C40	A	长铝PO 525 #	中砂	普通饮用水	FDN	粉煤灰	1:1.66:2.49:0.47
	B	普通 525 #	中砂	普通饮用水	FYH-2	粉煤灰	1:1.63:2.66:0.43
C50	A	长铝普通 525 #	中砂	普通饮用水	FDN	粉煤灰	1:1.39:2.08:0.38
	B	普通 525 #	中砂	普通饮用水	FN-2	粉煤灰	1:1.31:1.96:0.36
C60	A	长铝普通 525 #	中砂	普通饮用水	FDN、硅粉	粉煤灰	1:1.09:1.86:0.36
	B	普通 525 #	中砂	普通饮用水	FN-2	粉煤灰	1:1.25:1.87:0.35
C70	A	长铝PO 42.5 等级	中砂	普通饮用水	UEA、FDN、硅粉	粉煤灰	1:1.21:2.05:0.38
C80	A	长铝PO 42.5 等级	中砂	普通饮用水	UEA、FDN、硅粉	粉煤灰	1:0.99:1.69:0.33

说明:石子粒径均为 5~20 mm 碎石.

1.3 试验时间

本试验中混凝土龄期为 14d,28d,是在 3 月中旬到 4 月中旬,平均气温为 13.5℃,无降雨.

1.4 测试方法

试块按《普通混凝土力学性能试验方法》GBJ 81—85 进行成型与试验,取芯强度按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS 03:88 进行试验与

计算.

2 试验结果及分析

2.1 混凝土各种强度试验结果

根据本试验所测的 $f_{cu,0}$ 、 $f_{cu,t}$ 、 $f_{cu,s}$ 数值,计算出 $f_{cu,s}/f_{cu,0}$ 、 $f_{cu,t}/f_{cu,0}$ 及 $f_{cu,s}/f_{cu,t}$ ,如表 2、表 3、表 4、表 5 所示.

表 2 A 厂家混凝土试验结果(龄期:14d)  
Tab.2 The testing results about the concrete of company A(curing age:14d)

强度	强度等级							平均值	变异系数
	C20	C30	C40	C50	C60	C70	C80		
$f_{cu,s}/f_{cu,0}$	0.811	0.681	0.934	0.743	0.666	0.952	0.950	0.820	0.155
$f_{cu,t}/f_{cu,0}$	0.863	0.803	0.852	0.892	0.816	0.982	0.984	0.885	0.083
$f_{cu,s}/f_{cu,t}$	0.934	0.848	1.096	0.833	0.816	0.969	0.966	0.923	0.108

表 3 B 厂家混凝土试验结果(龄期:14d)  
Tab.3 The testing results about the concrete of company B (curing age:14d)

强度	强度等级					平均值	变异系数
	C20	C30	C40	C50	C60		
$f_{cu,s}/f_{cu,0}$	0.846	0.956	1.012	0.763		0.894	0.124
$f_{cu,t}/f_{cu,0}$	1.048	0.877	0.907	0.941	0.993	0.953	0.072
$f_{cu,s}/f_{cu,t}$	0.807	1.089	1.116	0.810		0.956	0.178

表 4 A 厂家混凝土试验结果(龄期:28d)  
Tab.4 The testing results about the concrete of company A(curing age:28d)

强度	强度等级							平均值	变异系数
	C20	C30	C40	C50	C60	C70	C80		
$f_{cu,s}/f_{cu,0}$	0.846	0.924	0.897	0.870	0.837	0.869	0.822	0.866	0.041
$f_{cu,t}/f_{cu,0}$	0.844	0.846	0.892	0.864	0.993	0.938	0.924	0.900	0.061
$f_{cu,s}/f_{cu,t}$	1.003	1.093	1.006	1.007	0.843	0.927	0.890	0.967	0.088

表 5 B 厂家混凝土试验结果(龄期:28d)

Tab .5 The testing results about the concrete of company B(curing age :28d)

强度	强度等级					平均值	变异系数
	C20	C30	C40	C50	C60		
$f_{cu\ s}/f_{cu\ o}$	1.042	1.102	1.050	0.648	0.791	0.927	0.213
$f_{cu\ t}/f_{cu\ o}$	1.078	1.058	0.929	0.862	0.976	0.981	0.092
$f_{cu\ s}/f_{cu\ t}$	0.966	1.042	1.130	0.751	0.810	0.940	0.168

2.2 试验结果分析

为考虑结构型体及养护条件的影响,引入两个系数,其中: $\gamma$  为养护条件影响系数,  $\gamma = f_{cu\ t}/f_{cu\ o}$ ;  $\gamma_s$  为型体影响系数,  $\gamma_s = f_{cu\ s}/f_{cu\ t}$ ;  $\gamma$  为结构混凝土标养强度验收系数,  $\gamma = \frac{f_{cu\ s}}{f_{cu\ o}} = \frac{f_{cu\ s}}{f_{cu\ t}} \cdot \frac{f_{cu\ t}}{f_{cu\ o}} = \gamma_s \cdot \gamma$ .

(1) 养护条件不同的影响(同条件试块强度与标养强度的关系),如图 1、图 2 所示.

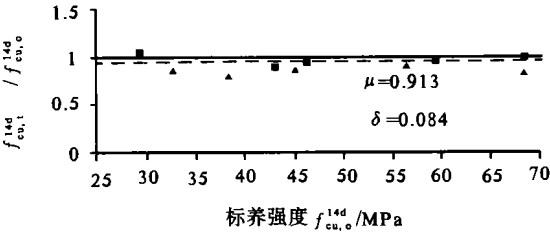


图 1 同条件强度与标养强度之比(龄期:14d)

Fig .1 The value of  $f_{cu\ t}/f_{cu\ o}$ (curing age :14 d)

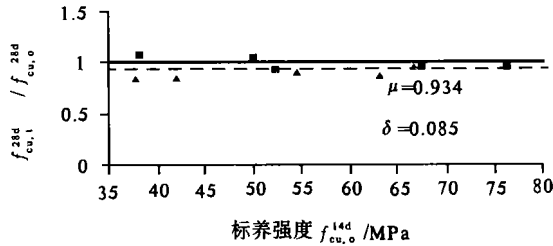


图 2 同条件强度与标养强度之比(龄期:28d)

Fig .2 The value of  $f_{cu\ t}/f_{cu\ o}$ (curing age :28 d)

由图 2 可以看出:由于养护条件的差异 $f_{cu\ t}/f_{cu\ o} = 0.934$ ;即  $\gamma^{28} = 0.934$ ,变异系数为  $\delta = 0.085$ .即:若留有与结构同条件养护试块,则判定结构混凝土是否合格可按下式进行:

$$f_{cu\ o} = \frac{f_{cu\ t}}{\gamma} = \frac{f_{cu\ t}}{0.934} = 1.07f_{cu\ t}.$$

(2) 型体不同的影响(构件强度和同条件试块强度的关系),如图 3、图 4 所示.

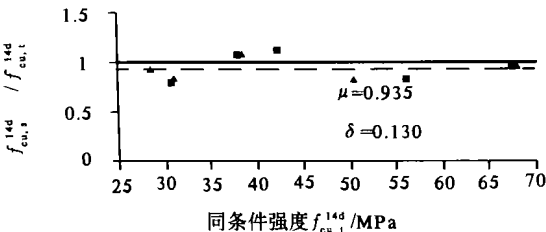


图 3 结构强度与同条件强度之比(龄期:14d)

Fig .3 The value of  $f_{cu\ s}/f_{cu\ t}$ (curing age :14 d)

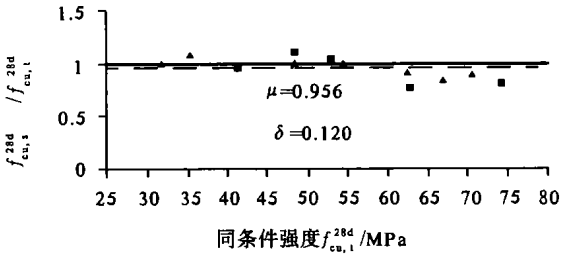


图 4 结构强度与同条件强度之比(龄期:28d)

Fig .4 The value of  $f_{cu\ s}/f_{cu\ t}$ (curing age :28 d)

由图 4 可以看出:由于试块与构件体表比不同导致相同养护条件对混凝土强度有不同的影响 $f_{cu\ s}/f_{cu\ t} = 0.956$ ,即  $\gamma_s^{28} = 0.956$ ,变异系数为  $\delta = 0.120$ .

(3) 综合影响(结构强度与标养强度的关系)如图 5、图 6 所示.

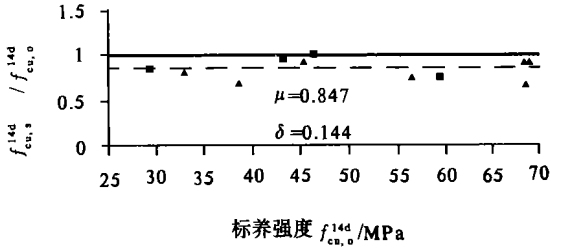


图 5 结构强度与标养强度之比(龄期:14d)

Fig .5 The value of  $f_{cu\ s}/f_{cu\ o}$ (curing age :14 d)

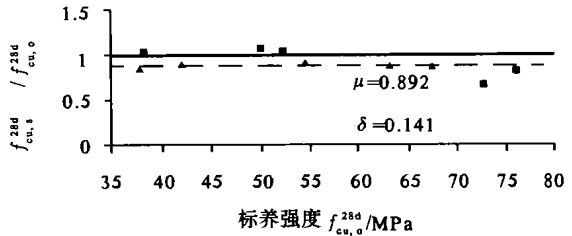


图 6 结构强度与标养强度之比(龄期:28d)

Fig .6 The value of  $f_{cu\ s}/f_{cu\ o}$ (curing age :28 d)

图 1~6 中,▲为 A 厂家混凝土试验结果;■为 B 厂家混凝土试验结果.

由图 6 可知: $f_{cu\ s}/f_{cu\ o} = 0.892$ ,即  $\gamma^{28} = 0.892$ , $\delta = 0.141$ .设计规范确定混凝土设计强度时考虑结构中混凝土与试件混凝土在受力性能上的差别,乘入系数 0.88 加以修正,亦即在设计计算中取结构混凝土实体强度 $f_{cu\ s}$ 为混凝土标养强度的 0.88<sup>[1]</sup>.本试验中所得数据与设计规范中所取 0.88 比较接近.

在对结构实体进行强度检测时,若由取芯方法判定结构混凝土强度是否达到设计要求时,可按下式进行 $f_{cu,o}=\frac{f_{cu,s}}{\gamma_s}=\frac{f_{cu,s}}{0.956}=1.12f_{cu,s}$ .

由图 1~6 中可以看出: $\gamma^{14}=0.913$ ,  $\gamma^{28}=0.934$ ,增加 2.3%;  $\gamma_s^{14}=0.935$ ,  $\gamma_s^{28}=0.956$ ,增加 2.2%;  $\gamma^{14}=0.847$ ,  $\gamma^{28}=0.892$ ,增加 5.3%. 由此可知,随着龄期的增长,同条件试块强度与标准养护试块强度、结构混凝土强度与同条件试块以及结构混凝土与标准养护试块之间的差异逐渐减小.这是由于试验所用为商品混凝土,其中均掺有较多的粉煤灰,故强度增长滞后.由以上增长比率可知结构实体中的混凝土,其强度增长幅度较标准养护试块及同条件试块更高一些.

3 结论

(1) 当由同条件养护试块对结构实体强度进行检验时,建议按式(1)考虑:

$f_{cu,o}=1.07f_{cu,t}$ , (1)

(2) 当由取芯强度检验实体强度是否满足设计要求时,建议按式(2)进行

$f_{cu,o}=1.12f_{cu,s}$ , (2)

(3) 在对结构混凝土进行检测时,虽然取芯强度是其最直接的代表强度,但由于取芯工作量大,芯样加工质量亦难控制,所以,在检测结构混凝土强度时并不提倡大量的取芯工作.

(4) 由于本试验采用的混凝土均为郑州市厂家所提供,所以在运用式(1),(2)时应根据当地具体情况加以修正.

参考文献

[1] GB 50300, 建筑工程施工质量验收统一标准[S].  
[2] GB 50204, 混凝土结构工程施工质量验收规范[S].  
[3] 郑州工学院土木建筑工程系. 钢筋混凝土结构[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1991.  
[4] GBJ 10-89, 混凝土结构设计规范[S].

The Relations between the Compressive Strengths of Concrete

WANG You zong, LIU Li xin, WANG Ren yi

(College of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract** : Because of the great difference between the structure and the sample under the standard curing condition , it is inappropriate to ascertain the grade of the concrete in the structure by the standard curing sample . The strength of concrete under the standard curing and the same curing condition to the structures of two concrete companies is determined in the experiment . As the most direct putative strength , the strength of the specimens taken out from the structure is also analyzed . The experiment was conducted to find the optimal compressive strength that can represent the concrete of the structure . Through discussing the correlation and the influencing factors between the strength listed before , the correlative formulas are given out . The appropriate methods to test the structural concrete strength and to determine the grade of the structural concrete in Zhengzhou are also introduced in this paper .

**Key words** : test of strength ; strength of concrete ; strength of structural concrete