

UDC

中华人民共和国行业标准



P

JGJ/T 15 - 2008

早期推定混凝土强度试验方法标准

Standard for test method of early estimating
compressive strength of concrete

2008 - 02 - 29 发布

2008 - 09 - 01 实施

中华人民共和国建设部 发布

中华人民共和国行业标准

早期推定混凝土强度试验方法标准

Standard for test method of early estimating
compressive strength of concrete

JGJ/T 15-2008

中华人民共和国行业标准

早期推定混凝土强度试验方法标准

Standard for test method of early estimating
compressive strength of concrete

JGJ/T 15-2008

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：1½ 字数：40 千字

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月第一次印刷

印数：1—30,000 册 定价：10.00 元

统一书号：15112·14708

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国建设部 公告

第 819 号

建设部关于发布行业标准 《早期推定混凝土强度试验方法标准》的公告

现批准《早期推定混凝土强度试验方法标准》为行业标准，编号为 JGJ/T 15—2008，自 2008 年 9 月 1 日起实施。原《早期推定混凝土强度试验方法》JGJ 15—83 同时废止。

本标准由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

2008 年 2 月 29 日

前言

根据建设部《关于印发〈二〇〇四年度工程建设城建、建工行业标准制订、修订计划〉的通知》(建标[2004] 66号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,对原行业标准《早期推定混凝土强度试验方法》JGJ 15-83进行了修订。

本标准的主要技术内容是:1. 总则;2. 术语、符号;3. 混凝土加速养护法;4. 砂浆促凝压蒸法;5. 早龄期法;6. 混凝土强度关系式的建立与强度的推定;7. 早期推定混凝土强度的应用;以及混凝土强度关系式的建立方法。

修订的主要技术内容是:1. 将标准名称修订为《早期推定混凝土强度试验方法标准》;2. 增加了砂浆促凝压蒸法推定混凝土强度的试验方法;3. 增加了用早龄期强度推定混凝土 28d 强度的方法;4. 增加早期推定混凝土强度的应用一章,目的是充分利用早期推定的混凝土强度进行混凝土质量控制;5. 附录 A 中增加了采用幂函数回归法建立混凝土强度关系式的方法。

本标准由建设部负责管理,由主编单位负责具体技术内容的解释。

本标准主编单位:中国建筑科学研究院(地址:北京市北三环东路 30 号;邮政编码:100013)

本标准参加单位:贵州中建建筑科研设计院

西安建筑科技大学

浙江省台州市建设工程质量检测中心

北京城建混凝土有限公司

宁波市北仑区建设局

北京灵感科技发展有限公司

建研建材有限公司

台州四强新型建材有限公司

上虞市宏兴机械仪器制造有限公司

本标准主要起草人:张仁瑜 张秀芳 林力勋 尚建丽

孙盛佩 朱效荣 姚德正 孙 辉

罗世明 张关来

目次

1 总则	1
2 术语、符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 混凝土加速养护法	4
3.1 基本规定	4
3.2 加速养护设备	4
3.3 加速养护试验方法	5
4 砂浆促凝压蒸法	7
4.1 设备	7
4.2 专用促凝剂	8
4.3 促凝压蒸试验方法	8
5 早龄期法	10
6 混凝土强度关系式的建立与强度的推定	11
7 早期推定混凝土强度的应用	13
7.1 基本规定	13
7.2 混凝土配合比的早期推测	13
7.3 混凝土强度的早期控制	13
7.4 混凝土强度的早期评估	14
附录 A 混凝土强度关系式的建立方法	15
A.1 线性回归法	15
A.2 幂函数回归法	16
本标准用词说明	18
附：条文说明	19

1 总 则

1.0.1 为规范早期推定混凝土强度试验方法及其应用，达到适用可靠、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于混凝土强度的早期推定、混凝土生产和施工中的强度控制以及混凝土配合比调整的辅助设计。

1.0.3 早期推定混凝土强度时，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 沸水法 boiling water method

混凝土试件成型、静置后，浸入沸水中养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.2 热水法 80℃ heated water method

混凝土试件成型、静置后，浸入 80℃ 热水中养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.3 温水法 55℃ warm water method

混凝土试件成型、静置后，浸入 55℃ 温水中养护，测得加速养护混凝土试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.4 砂浆促凝压蒸法 accelerated setting mortar method with high temperature and pressure curing

筛取混凝土拌合物中的砂浆，加入促凝剂，成型试件，然后置于高温高压中养护，测得加速养护砂浆试件抗压强度，以此推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.5 早龄期法 early ages method

以早龄期标准养护混凝土抗压强度推定标准养护 28d 混凝土抗压强度的方法。

2.1.6 加速试验周期 accelerated testing period

从加水拌和、取样、成型、加速养护至冷却破型前的时间总和。

2.2 符 号

a, b ——回归系数；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组标准养护 28d 混凝土试件抗压强度值；

$f_{cu,i}^a$ ——第 i 组加速养护混凝土（砂浆）试件抗压强度值；

f_{cu}^a ——加速养护混凝土（砂浆）试件抗压强度值；

$f_{cu,i}^e$ ——第 i 组标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值；

f_{cu}^e ——标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值；

$m_{f_{cu}}$ —— n 组标准养护 28d 混凝土试件抗压强度平均值；

n ——试件组数；

r ——回归方程的相关系数；

S^* ——回归方程的剩余标准差；

$\hat{\sigma}$ ——早期推定混凝土强度标准差的控制目标值；

σ ——标准养护 28d 混凝土强度标准差的控制目标值；

σ_e ——早期推定混凝土强度误差的标准差。

3 混凝土加速养护法

3.1 基本规定

3.1.1 混凝土试件加速养护前，加速养护箱内水温应达到规定要求，且箱内各处水温相差不应大于 2°C 。

3.1.2 加速养护箱内的水温应于浸放试件后 15min 内恢复到规定温度。

3.1.3 在加速养护期间内，应连续或定时测定并记录养护水的温度。

3.1.4 对于具有温度自动控制装置的加速养护箱，还应采用独立于温度自动控制装置之外的温度计或其他测温装置校核水的温度。

3.2 加速养护设备

3.2.1 加速养护箱的形状、尺寸应根据试件的尺寸、数量及在箱内放置形式而确定。试件与箱壁之间及各个试件之间应至少留有 50mm 的空隙，试件底面距热源不应小于 100mm。在整个养护期间，箱内水面与试件顶面之间应至少保持 50mm 的距离（见图 3.2.1）。

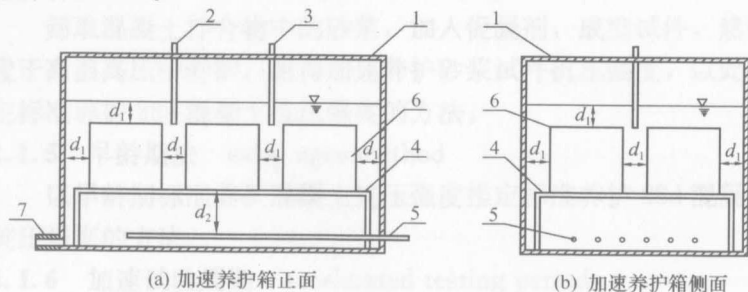


图 3.2.1 加速养护箱示意

1—具有保温功能的养护箱；2—温度传感器；3—校核温度计；
4—放置试件的支架；5—加热元件；6—试件；7—排水口

3.2.2 试验所采用试模应符合现行行业标准《混凝土试模》JG 3019 的规定。带模加速养护时，试模应具有密封装置，保证不漏失水分。试验时，可采用特制的密封试模（见图 3.2.2），也可在普通试模上覆盖橡皮垫，加盖钢板，用夹具夹紧，使试模密封。

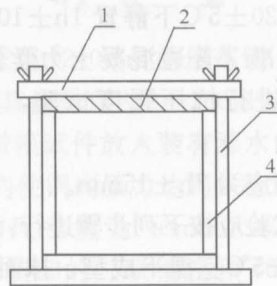


图 3.2.2 试模密封装置示意

1—钢板；2—橡皮垫；3—拉杆；4—试模

3.3 加速养护试验方法

3.3.1 沸水法试验应按下列步骤进行：

1 试件应在 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 室温下成型、抹面，随即应以橡皮垫或塑料布覆盖表面，然后静置。从加水拌和、取样、成型、静置至脱模，时间应为 $24\text{h} \pm 15\text{min}$ 。

2 应将脱模试件立即浸入加速养护箱内的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和沸水中。整个养护期间，箱中水应保持沸腾。

3 试件应在沸水中养护 $4\text{h} \pm 5\text{min}$ ，水温不应低于 98°C 。取出试件，应在室温 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下静置 $1\text{h} \pm 10\text{min}$ ，使其冷却。然后，应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行抗压强度试验，测得其加速养护强度 f_{cu}^{a} 。

4 加速试验周期应为 $29\text{h} \pm 15\text{min}$ 。

3.3.2 80°C 热水法试验应按下列步骤进行：

1 试件应在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 室温下成型、抹面，随即密封试模。从加水拌和、取样、成型至静置结束，时间应为 $1\text{h} \pm 10\text{min}$ 。

2 应将带有试模的试件浸入养护箱 $80 \pm 2^\circ\text{C}$ 热水中。整个养护期间，箱中水温应保持 $80 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

3 试件应在 $80 \pm 2^\circ\text{C}$ 热水中养护 $5\text{h} \pm 5\text{min}$ ，取出带模试件，脱模，应在室温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下静置 $1\text{h} \pm 10\text{min}$ ，使其冷却。然后，应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行抗压强度试验，测得其加速养护强度 f_{cu}^{a} 。

4 加速试验周期应为 $7\text{h} \pm 15\text{min}$ 。

3.3.3 55°C 温水法试验应按下列步骤进行：

1 试件应在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 室温下成型、抹面，随即应密封试模。从加水拌和、取样、成型至静置结束，时间应为 $1\text{h} \pm 10\text{min}$ 。

2 应将带有试模的试件浸入养护箱 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 温水中。整个养护期间，箱中水温应保持 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

3 试件应在 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 温水中养护 $23\text{h} \pm 15\text{min}$ ，取出带模试件，脱模，应在室温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下静置 $1\text{h} \pm 10\text{min}$ ，使其冷却。然后，应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行抗压强度试验，测得其加速养护强度 f_{cu}^{a} 。

4 加速试验周期应为 $25\text{h} \pm 15\text{min}$ 。

3.3.4 采用沸水法、热水法、温水法测得的加速养护强度推定标准养护 28d 强度时，应事先通过试验建立二者的强度关系式。建立公式的方法和要求应符合本标准第 6 章的规定。

4 砂浆促凝压蒸法

4.1 设 备

4.1.1 压蒸设备宜采用 $\phi 240\text{mm}$ 的压蒸锅（见图 4.1.1），压蒸锅上应装有压力表，其量程宜为 $0 \sim 160\text{kPa}$ 。

4.1.2 热源应保证带模试件放入装有沸水的压蒸锅并加盖安全阀后，在 $15 \pm 1\text{min}$ 内使锅内压力达到并稳定在 $90 \pm 10\text{kPa}$ 。

4.1.3 专用试模的尺寸宜为 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ （见图 4.1.3）。试模宜由可装卸的三联钢模和 $160\text{mm} \times 80\text{mm} \times 8\text{mm}$ 的钢盖板组成，钢模应符合现行行业标准《水泥胶砂试模》JC/T 726 的要求。

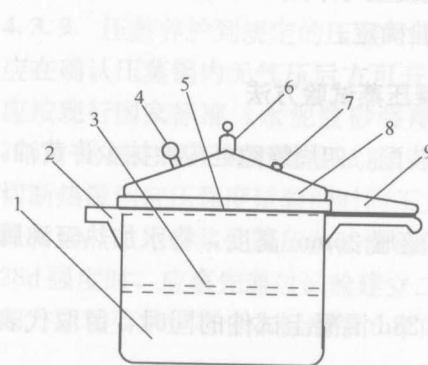


图 4.1.1 压蒸锅构造

1—锅体；2—小手柄；3—蒸屈；4—压力表；
5—密封圈；6—限压阀；7—易熔塞；
8—锅盖；9—大手柄

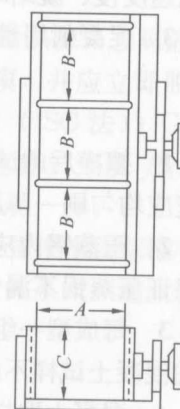


图 4.1.3 试模构造

$A = 50\text{mm}$;
 $B = C = 40\text{mm}$

4.1.4 筛子孔径应为 $\phi 5\text{mm}$ ，并应配备相应尺寸的料盘。

4.1.5 案秤的称量应为 5kg ，感量不应大于 5g ；天平的称量应

为 100g, 感量不应大于 0.1g。

4.2 专用促凝剂

4.2.1 专用促凝剂应采用分析纯或化学纯化学试剂, 并按表 4.2.1 规定的质量比配制, 称准至 0.1g 将所用的化学试剂分别研细, 按比例拌匀后, 应装入塑料袋密封, 置于阴凉干燥处保存, 保存期不得超过 7d。

表 4.2.1 促凝剂配方 (质量比)

型 号	无水碳酸钠 Na_2CO_3 (%)	无水硫酸钠 Na_2SO_4 (%)	铝酸钠 NaAlO_2 (%)
CS	75	25	—
CAS	60	25	15

4.2.2 试验用的促凝剂宜优先选用 CS 型; 对于早期强度低、水化速度慢、凝结时间长的混凝土可采用 CAS 型。

4.2.3 促凝剂用量应通过试验确定。

4.3 促凝压蒸试验方法

4.3.1 擦净后的试模应紧密装配, 四周缝隙处应涂抹少许黄油, 内壁应均匀刷一薄层机油。

4.3.2 压蒸锅内应加水至离蒸屉 20mm 高度, 将水加热至沸腾并保证压蒸锅不漏气。

4.3.3 每成型一组标准养护 28d 混凝土试件的同时, 留取代表性的混凝土试样不应少于 3kg。

4.3.4 混凝土取样后应立即进行试验。将湿布擦过的筛子与料盘置于混凝土振动台上, 应将混凝土试样一次性均匀摊放于筛子中。开动振动台后, 应用小铲翻拌筛内混凝土试样, 当粗骨料表面不粘砂浆并基本不见砂浆落入料盘时, 可停止振动。

4.3.5 筛分完毕后, 应立即将料盘中的砂浆试样拌匀, 并称取 600g 砂浆放入湿布擦过的水泥净浆搅拌锅中, 均匀撒入已称好

的促凝剂, 快速搅拌 30s。

4.3.6 从搅拌锅中取出的砂浆, 应一次加入置于混凝土振动台上的专用试模中, 振实砂浆, 振动成型时间可参考表 4.3.6。振动完毕应立即用小刀将高出试模的砂浆刮去并抹平, 盖上钢盖板。从掺入促凝剂至盖上钢盖板为止宜在 3min 内完成。

表 4.3.6 振动成型时间参考表

混凝土种类	塑性混凝土	流动性混凝土
振动成型时间 (s)	30~50	20~40

4.3.7 应将盖有钢盖板的带模试件立即放入水已烧沸的压蒸锅内, 立即加盖、压阀, 压蒸时间应从加盖、压阀后起计, 宜为 1h。

4.3.8 记录压蒸过程中的升压时间。应从加盖、压阀起至蒸汽压力达到 $90 \pm 10\text{kPa}$ 并开始释放蒸汽为止。升压时间应为 $15 \pm 1\text{min}$ 。

4.3.9 压蒸养护到规定的压蒸时间后, 应切断热源, 去阀放气。应在确认压蒸锅内无气压后方可开盖取出试模, 并应立即脱模。应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671 的规定进行抗压强度试验, 测得其加速养护强度 f_{cu}^a 。从切断热源到抗压强度试验的时间不宜超过 3min。

4.3.10 采用砂浆促凝压蒸法测得的加速养护强度推定标准养护 28d 强度时, 应事先通过试验建立二者的强度关系式。建立公式的方法和要求应符合本标准第 6 章的规定。

5 早龄期法

5.0.1 早龄期法的龄期宜采用 3d 或 7d。

5.0.2 早龄期混凝土试件的抗压强度试验宜在 $3d \pm 1h$ 或 $7d \pm 2h$ 龄期内完成, 试验应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行。

5.0.3 采用早龄期法时, 早龄期混凝土试件与标准养护 28d 混凝土试件应取自同盘混凝土, 且制作与养护条件应相同。

5.0.4 采用早龄期标准养护混凝土强度推定标准养护 28d 强度时, 应事先通过试验建立二者的强度关系式。建立公式的方法和要求应符合本标准第 6 章的规定。

6 混凝土强度关系式的建立与强度的推定

6.0.1 建立混凝土强度关系式时, 可采用线性方程 (6.0.1-1) 或幂函数方程 (6.0.1-2):

$$f_{cu}^e = a + b f_{cu}^a \quad (6.0.1-1)$$

$$f_{cu}^e = a (f_{cu}^a)^b \quad (6.0.1-2)$$

式中 f_{cu}^e ——标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值 (MPa);

f_{cu}^a ——加速养护混凝土 (砂浆) 试件抗压强度值 (MPa);

a 、 b ——回归系数, 应按本标准附录 A 的规定计算。

6.0.2 为建立混凝土强度关系式而进行专门试验时, 应采用与工程相同的原材料制作试件。混凝土拌合物的坍落度或工作度应与工程所用的相近。

6.0.3 每一混凝土试样应至少成型两组试件并组成一个对组。其中一组应按本标准规定进行加速养护, 测得加速养护强度; 另一组应进行标准养护, 测得 28d 抗压强度。

6.0.4 建立强度关系式时, 混凝土试件数量不应少于 30 对组。混凝土试样拌合物的水灰 (胶) 比不应少于三种。每种水灰 (胶) 比拌合物成型的试件对组数宜相同, 其最大和最小水灰 (胶) 比之差之差不宜小于 0.2, 且应使推定的水灰 (胶) 比位于所选水灰 (胶) 比范围的中间区段。

6.0.5 按回归方法建立强度关系式时, 其相关系数不应小于 0.90, 关系式的剩余标准差不应大于标准养护 28d 强度平均值的 10%。强度关系式的相关系数、剩余标准差可按本标准附录 A 的方法计算。

6.0.6 当应用专门建立的强度关系式推定实际工程用的混凝土

强度时,应与建立强度关系式时的条件基本相同;其混凝土试件的加速养护强度应在事前建立强度关系式时的最大、最小加速养护强度值范围内,不应外延。

6.0.7 混凝土强度关系式在应用过程中,宜利用应用过程中积累的数据加原有试验数据修正原混凝土强度关系式,修正后的混凝土强度关系式仍应满足本标准第 6.0.5 条的要求。

7 早期推定混凝土强度的应用

7.1 基本规定

7.1.1 已建立满足本标准第 6.0.5 条要求的强度关系式后,当早期推定混凝土强度的误差符合均值为零的正态分布时,可采用本标准第 7.2 节、第 7.3 节、第 7.4 节进行混凝土配合比的早期推测、混凝土强度的早期控制和早期推定。

7.1.2 对于现场取样的混凝土,取样后应立即移至温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 的室内成型试件。

7.2 混凝土配合比的早期推测

7.2.1 混凝土配合比设计应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定进行。

7.2.2 早期推定混凝土强度的方法可作为混凝土配合比调整的辅助设计。

7.3 混凝土强度的早期控制

7.3.1 混凝土标准养护 28d 强度平均值和标准差的控制目标值 (μ_{cu} 和 σ),应根据正常生产中测得的混凝土强度资料,按月(或季)求得。强度的控制目标值不应低于混凝土的配制强度。

7.3.2 早期推定混凝土强度平均值的控制目标值应与混凝土标准养护 28d 强度平均值的目标值相等。

7.3.3 早期推定混凝土强度标准差的控制目标值 σ 可按下式计算:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 - \sigma_c^2} \quad (7.3.3)$$

式中 σ ——早期推定混凝土强度标准差的控制目标值;

σ_c ——标准养护 28d 混凝土强度标准差的控制目标值;

σ_e ——早期推定混凝土强度误差的标准差。

7.3.4 应采用早期推定混凝土强度的质量控制图对混凝土强度进行早期控制。

7.4 混凝土强度的早期评估

7.4.1 混凝土强度的早期评估宜与质量控制图同时使用,并作为工序质量控制的依据。混凝土工程的验收评定应以标准养护 28d 强度为依据。

7.4.2 混凝土强度的早期评估可采用现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107 中的非统计方法和统计方法中方差未知的方法进行评估。

附录 A 混凝土强度关系式的建立方法

A.1 线性回归法

A.1.1 宜按线性回归方法建立式 (A.1.1-1) 的混凝土强度关系式,并按式 (A.1.1-2) 和式 (A.1.1-3) 计算回归系数。

$$f_{cu}^e = a + b f_{cu}^a \quad (A.1.1-1)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} f_{cu,i}^a) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a}{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^a)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a \right)^2} \quad (A.1.1-2)$$

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} - \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a \quad (A.1.1-3)$$

式中 f_{cu}^e ——标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值 (MPa);

f_{cu}^a ——加速养护混凝土 (砂浆) 试件抗压强度值 (MPa);

$f_{cu,i}^a$ ——第 i 组加速养护混凝土 (砂浆) 试件抗压强度值 (MPa);

$f_{cu,i}$ ——第 i 组标准养护 28d 混凝土试件抗压强度值 (MPa);

n ——试件组数;

a, b ——回归系数。

A.1.2 相关系数应按下式计算:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} f_{cu,i}^a) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (f_{cu,i})^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i} \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^a)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^a \right)^2 \right)}} \quad (A.1.2)$$

式中 r —— 相关系数。

A. 1.3 剩余标准差应按下列式计算：

$$S^* = \sqrt{\frac{(1-r^2) \left(\sum_{i=1}^n (f_{cu,i})^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_{cu,i} \right)^2 \right)}{n-2}} \quad (\text{A. 1.3})$$

式中 S^* —— 剩余标准差。

A. 2 幂函数回归法

A. 2.1 宜按幂函数回归方法建立式 (A. 2.1-1) 的混凝土强度关系式，并按式 (A. 2.1-2) 和式 (A. 2.1-3) 计算回归系数。

$$f_{cu}^e = a(f_{cu}^a)^b \quad (\text{A. 2.1-1})$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln f_{cu,i} \ln f_{cu,i}^a) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i}^a}{\sum_{i=1}^n (\ln f_{cu,i}^a)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i}^a \right)^2} \quad (\text{A. 2.1-2})$$

$$c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i} - \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_{cu,i}^a$$

$$a = e^c \quad (\text{A. 2.1-3})$$

式中 a, b —— 回归系数。

A. 2.2 相关系数应按下列式计算：

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - f_{cu,i}^e)^2}{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - m_{f_{cu}})^2}} \quad (\text{A. 2.2})$$

式中 r —— 相关系数；

$f_{cu,i}^e$ —— 第 i 组标准养护 28d 混凝土抗压强度的推定值 (MPa)；

$m_{f_{cu}}$ —— n 组标准养护 28d 混凝土试件抗压强度平均值 (MPa)。

A. 2.3 剩余标准差应按下列式计算：

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - f_{cu,i}^e)^2}{n-2}} \quad (\text{A. 2.3})$$

式中 S^* —— 剩余标准差。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国行业标准

早期推定混凝土强度试验方法标准

JGJ/T 15 - 2008

条文说明

前 言

《早期推定混凝土强度试验方法标准》JGJ/T 15-2008, 经建设部 2008 年 2 月 29 日以第 819 号公告批准发布。

本标准第一版的主编单位是中国建筑科学研究院, 参加单位是北京市建筑工程局、中国建筑第四工程局、西安冶金建筑学院、中国建筑第三工程局、河北第一建筑工程公司、广西第五建筑工程公司、北京市第一建筑构件厂、上海市混凝土制品一厂、沈阳市建筑工程研究所、山西省第一建筑工程公司、中国建筑第六工程局第四公司。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《早期推定混凝土强度试验方法标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明, 供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处, 请将意见函寄中国建筑科学研究院(主编单位)。

目 次

1 总则	22
3 混凝土加速养护法	23
3.1 基本规定	23
3.2 加速养护设备	23
3.3 加速养护试验方法	23
4 砂浆促凝压蒸法	25
4.1 设备	25
4.2 专用促凝剂	25
4.3 促凝压蒸试验方法	26
5 早龄期法	28
6 混凝土强度关系式的建立与强度的推定	29
7 早期推定混凝土强度的应用	31
7.1 基本规定	31
7.2 混凝土配合比的早期推测	31
7.3 混凝土强度的早期控制	31
7.4 混凝土强度的早期评估	36

1 总 则

1.0.1 混凝土标准养护 28d 强度的试验方法, 由于试验周期长, 既不能及时预报施工中的质量状况, 又不能据此及时设计和调整配合比, 不利于加强混凝土质量管理和充分利用水泥活性。因此, 有必要制定早期推定混凝土强度的试验方法标准。

1.0.2 通过建立标准养护 28d 强度与早期强度二者的关系式, 利用早期强度推定标准养护 28d 强度。推定的混凝土强度仅适用于混凝土生产和施工中的强度控制以及混凝土配合比的调整和辅助设计。

3 混凝土加速养护法

3.1 基本规定

3.1.1~3.1.4 三种混凝土加速养护法均为试件置于一定温度的水介质中经较短时间的加速养护, 因此, 水温不均匀和试件放入养护箱内造成水温降低的延续时间较长, 均将影响混凝土试件强度发展条件的同一性。鉴于水温对混凝土加速养护强度的影响较大, 且加速养护时间较短, 因此对水温进行了较严格的规定。

3.2 加速养护设备

3.2.1 由于养护水对试验结果的影响较大, 因此对热源的位置和功率、水位高度、试件放置位置和距离等都作了规定。

3.2.2 80℃热水法和 55℃温水法是由于试件成型后, 经短暂静置, 即置于热水或温水中养护。为防止未结硬的混凝土表面受养护热水的扰动, 漏失水分, 影响试验结果, 故规定所用试模应具有密封装置。

3.3 加速养护试验方法

3.3.1~3.3.3 三种混凝土加速养护试验方法的加速养护制度的确定, 主要是考虑既求得较高的早期强度, 又使试验时间较短, 并适应一般的工作时间。

加速养护制度中的前置时间、加速养护时间和后置时间, 经二十余年的应用是合适的, 本次修订未作改动。

对预拌混凝土在出料地点取样时, 前置时间为从混凝土搅拌车出口或泵送出口取样, 至成型、静置结束的时间。

沸水法是将脱模试件置于沸水中养护, 因养护水的碱饱和与

否对加速养护强度有一定的影响,故规定养护水为碱饱和沸水,以减小试验误差。

3.3.4 采用加速养护强度推定标准养护 28d 强度时,需预先通过试验建立二者的强度关系式,根据推定公式进行混凝土强度的早期推定。

4 砂浆促凝压蒸法

4.1 设 备

4.1.1 压蒸设备可采用市场上均能购到的 $\phi 240\text{mm}$ 压力锅,通过改装,安装压力表即可。因压蒸锅的稳定压力取决于限压阀的重量, $\phi 240\text{mm}$ 压蒸锅的压力基本上稳定在 $90 \pm 10\text{kPa}$,稳定时的温度约 120°C 。采用量程 $0 \sim 160\text{kPa}$ 的压力表,比较适合测量 $90 \pm 10\text{kPa}$ 的压力。

4.1.2 采用 2.0kW 的电炉基本上可保证压蒸锅的压力在 $15 \pm 1\text{min}$ 达到稳定压力。夏季或冬季可适当减小或增大热源的功率。

4.1.3 采用 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的三联专用钢模,一方面是为了使试模能放到压蒸锅内,另一方面是为了能和水泥抗压夹具配套使用。钢盖板的尺寸以能盖住试模中的砂浆为宜。

4.1.4 筛孔直径采用 5mm ,以保证筛得的砂浆中不含粗骨料。

4.2 专用促凝剂

4.2.1 本方法参照《公路工程水泥混凝土试验规程》JTJ 053-94,选用 CS 和 CAS 型 2 种促凝剂。促凝剂是砂浆促凝压蒸法的关键材料。

4.2.2 相同掺量下,掺 CS 型促凝剂砂浆的凝结时间比掺 CAS 型的要长,为了避免在成型过程中砂浆凝结太快以致无法成型,因此宜优先选用 CS 型促凝剂。但对于大流动性或大掺量矿物掺合料及掺缓凝型外加剂等混凝土,因其早期强度低,水化速度慢,凝结时间长,可采用 CAS 型促凝剂。

4.2.3 若促凝剂用量过少,砂浆压蒸后的强度较低,容易造成强度离散性大;若促凝剂用量过多,易造成砂浆凝结过快,以致

无法成型。因此合理选择促凝剂的用量是本方法的关键。

对于流动性混凝土,因其坍落度较大,混凝土凝结时间较长,可适当增加促凝剂的用量。通过试验比较,促凝剂用量 6g (即砂浆试样质量的 1%) 时比较合适。对于塑性混凝土,因坍落度较小,混凝土凝结时间较快,宜减少促凝剂的用量。试验表明大水胶比的塑性混凝土促凝剂用量可多一些,小水胶比的塑性混凝土则要少一些,其用量范围为砂浆试样质量的 0.6%~0.8% 时比较适宜。

对水胶比小于 0.4 的高强混凝土,因胶凝材料在混凝土中的相对含量增大,其凝结硬化速度相对加快,因此促凝剂用量应更少。本次试验中,当促凝剂用量减少到 2g (即砂浆试样质量的 0.33%) 时,才能满足成型要求。

考虑到在本次标准修订的试验中,没有进行各种原材料品种及掺量下的促凝剂用量的系统试验研究工作,试验有一定的局限性,而全国各地混凝土原材料的品种及掺量千变万化,无法给出一个统一的掺量,因此本标准规定“促凝剂用量应通过试验确定”。上述给出的促凝剂用量是我们在试验中总结得出的,可供参考。

4.3 促凝压蒸试验方法

4.3.2 为了防止沸水飞溅到试模上,规定水与蒸屉有 20mm 的距离。如果压蒸锅漏气,就不能保证 $90 \pm 10\text{kPa}$ 的稳定压力,所以试验前一定要检查压蒸锅,保证其不漏气。

4.3.3 试验表明,留取 3kg 左右的混凝土试样,可以成型一组砂浆试模,如果太少就缺乏代表性。

4.3.4 筛至粗骨料表面不粘砂浆,并基本不见砂浆落入料盘为止,此时水泥砂浆基本上和粗骨料分离。

4.3.5 600g 砂浆正好能装满 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 50\text{mm}$ 三联试模。为了缩短中间操作时间,需预先称好促凝剂。通过试验比较,快速搅拌 30s 基本上能使促凝剂和砂浆混合均匀。

4.3.6 塑性混凝土因其流动性小,振动成型时间可长些,而流动性混凝土则要短些。表 4.3.6 给出振动成型时间的参考值,具体时间可通过试验确定。

4.3.7 为了统一压蒸时间,应预先将压蒸锅内的水烧沸。压蒸时间从加盖、压阀后起计,而不是从蒸汽达到稳定压力 $90 \pm 10\text{kPa}$ 时起计。压蒸时间一般为 1h,由于水泥品种不同 (如普通型、早强型),混凝土中有的掺、有的不掺矿物掺合料,掺量又各不相同,外加剂又有缓凝型和早强型等品种,所以压蒸时间不一定限制为 1h,可根据水泥、外加剂及矿物掺合料的品种与掺量,适当延长或缩短压蒸时间,具体时间可通过试验确定。

4.3.8 为了使砂浆在相同的压力和温度下,保持相同的强度增长时间,规定每次试验都保持相同的升压时间就显得尤为重要。试验表明,采用 2.0kW 的热源基本上能满足上述要求。如果试验受季节气温影响,可通过增减热源的功率来保证压蒸过程的升压时间。

4.3.9 压蒸养护到规定时间后,一定要去阀放气,在确认压蒸锅内无气压后再开盖取出试模,以免发生意外。取试模时要带上厚手套,以防止烫伤手。为了减少因时间带来的试验误差,一般宜在取出试模后 3min 内进行抗压强度试验。

5 早龄期法

5.0.1~5.0.3 以早龄期 3d、7d 标准养护混凝土强度推定标准养护 28d 强度的方法,也是一种有效、可行的早期推定混凝土强度的方法,在实际工作中已有不少单位在使用,这次将其列入本标准。

受各种因素的影响,采用这种方法进行推定也是有误差的,因此有必要对试验条件、推定公式的建立与应用等加以规范。

6 混凝土强度关系式的建立与强度的推定

6.0.1 通过对试验结果的回归分析,表明加速养护(早期)强度与标准养护 28d 强度间具有较好的线性相关关系,且线性回归方程便于实际应用,故推荐以线性回归方程作为混凝土强度关系式。

有些情况下,幂函数方程比线性回归方程的显著性高一些,故本次修订增加了幂函数方程。通过对变量的适当变换,把非线性的相关关系转换成线性的相关关系,然后用线性回归的方法进行处理。在实际应用中,可选择相关性较好的方程作为混凝土强度关系式。

6.0.2 因水泥品种、粗细骨料品种、矿物掺合料的品种和掺量以及外加剂的品质等均影响混凝土强度的增长速度,因此应采用与工程相同的原材料建立强度关系式。当任何一种原材料发生变化时需重新建立新的强度关系式。

6.0.4 回归方程中的 f_{cu} 的变化范围(幅度)对回归方程的稳定性有直接影响。所以对 f_{cu} 的变化范围应有适当规定。考虑到常用强度等级混凝土水灰比的变化幅度,规定了在建立回归方程式时,混凝土试样最大、最小水灰比之差不得小于 0.2。

为便于对各次建立的回归方程的线性显著性进行比较,对观测值的数量(即成对试验数据组数)应有一个统一的规定。虽观测值的数量越多,推定值越准确,但考虑到试验工作量不能太大,同时,参考国外同类标准的有关规定,选定建立回归方程的试件数量不应少于 30 对组。

6.0.5 衡量回归方程相关显著性的参数是相关系数,用加速养护(早期)强度推定标准养护 28d 强度的精确度一般用剩余标准

差表示,所以标准中规定计算相关系数和剩余标准差,据此确定本次试验所建立的混凝土强度关系式是否可用。

为了提高所建立强度关系式的显著性水平,本次修订将相关系数由 0.85 提高到 0.90。

6.0.7 回归方程与用于试验的原材料(主要是水泥)的品种和质量状况有直接关系,水泥强度、质量和矿物组成的变化,将带来混凝土强度关系式系数的变化,它对推定误差有较大影响。为了保证强度关系式的可靠性,可用生产积累的数据校核强度关系式。若无异常情况,可用积累的数据加原有试验数据修订原强度关系式。当发现有系统误差时,应重新建立混凝土强度关系式。

7 早期推定混凝土强度的应用

7.1 基本规定

7.1.1 标准养护强度与推定强度之差为推定强度的误差,误差应服从均值为零的正态分布,其检验应依据《数据的统计处理和解释 正态性检验》GB/T 4882 和《数据的统计处理和解释 正态分布均值和方差的估计与检验方法》GB 4889 进行。

7.1.2 在实际应用中,试验条件变化较大的是原材料的初始温度,特别是冬夏两季,在露天堆放的砂、石、水泥等原材料的初始温度相差很大,与建立强度公式时存放在室内的原材料也有较大的差异,这种情况对推定结果均有较明显的影响,有试验资料表明这种影响甚至会产生较大误差。本条规定就是尽量避免原材料的初始温度对推定结果的影响。

7.2 混凝土配合比的早期推测

7.2.2 因《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 是依据标准养护 28d 强度进行配合比设计的,这往往不能及时满足工程的需要,为此,可根据早期推定的混凝土强度对混凝土配合比进行调整。

7.3 混凝土强度的早期控制

7.3.3 早期推定混凝土强度的关系式为:

$$f_{cu}^e = a + b f_{cu}^a \quad (1)$$

标准养护 28d 混凝土强度与早期推定的混凝土强度之间有如下关系:

$$f_{cu} = f_{cu}^e + \epsilon \quad (2)$$

式中 ϵ ——早期推定混凝土强度的误差。

经本标准第 7.1.1 条检验误差 ϵ 服从均值为零的正态分布。以某一段时间（如月、季）为统计期的标准养护 28d 混凝土强度是服从正态分布的，即 $f_{cu} \sim N(\mu, \sigma^2)$ 。同批混凝土因养护条件和龄期不同的加速养护混凝土强度 f_{cu}^a ，假定也是服从正态分布，可以表示为 $f_{cu}^a \sim N(\mu_a, \sigma_a^2)$ 。早期推定混凝土强度 f_{cu}^e 和 f_{cu}^a 是线性关系，服从正态分布的随机变量经线性变换后仍服从正态分布，即 $f_{cu}^e \sim N(\hat{\mu}, \hat{\sigma}^2)$ 。

根据数学期望的性质，公式 (1) 有：

$$E(f_{cu}^e) = A + BE(f_{cu}^a) = \hat{\mu}$$

公式 (2) 有： $E(f_{cu}) = A + BE(f_{cu}^a) + E(\epsilon)$ 即： $\mu = \hat{\mu}$

根据数学方差的性质，公式 (1) 有：

$$D(f_{cu}^e) = D(A + Bf_{cu}^a), \text{ 即 } \sigma^2 = B^2\sigma_a^2;$$

公式 (2) 有：

$$D(f_{cu}) = D(A + Bf_{cu}^a + \epsilon)$$

即 $\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_\epsilon^2$ 或 $\sigma = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_\epsilon^2}$ 。

由于早期推定混凝土强度的标准差 $\hat{\sigma}$ ，其值既受 σ 影响，又受 σ_ϵ 的影响。所以当早期推定混凝土强度值出现异常时，应从两个方面去查找原因。可以先从查早期推定混凝土强度的试验偏差入手，然后再查混凝土的生产过程，及时分析原因，采取对策，使生产恢复到稳定状态。

7.3.4 通常采用质量控制图进行混凝土质量控制。常用的控制图有计量型的单值-移动极差控制图 ($X-R$)，由单值 (X) 和移动极差 (R) 2 个控制图组成，如图 1、图 2 所示。移动极差就是在 1 个序列中相邻 2 个观测值之间的绝对差，即第 1 个观测值与第 2 个观测值的绝对差，第 2 个观测值与第 3 个观测值的绝对差，以此类推。

标准养护 28d 强度的单值 (X) 控制图的控制中心线坐标为强度控制目标值 μ_{cu} 。上控制限 (UCL) 和下控制限 (LCL) 分

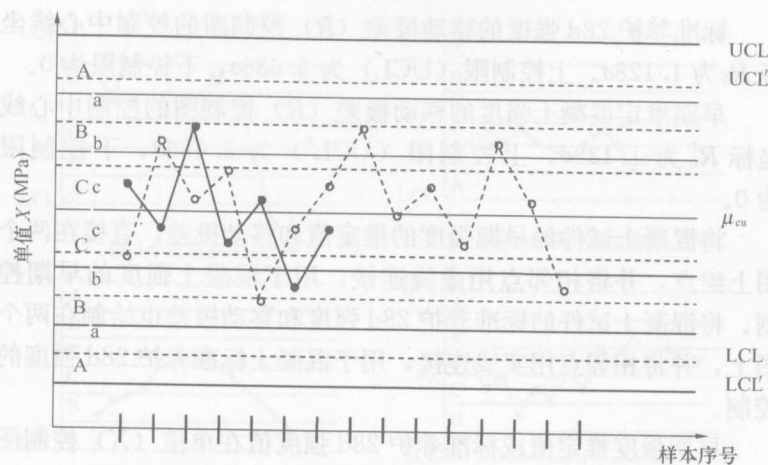


图 1 单值 (X) 控制

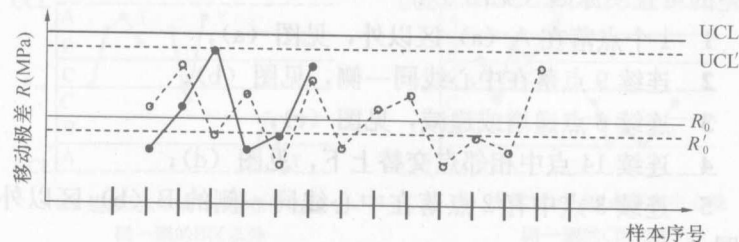


图 2 移动极差 (R) 控制

别位于中心线之上与之下的 3σ 距离处。将控制图等分为 6 个区，每个区宽 σ 。6 个区的符号分别为 A、B、C、C、B、A，两个 A 区、B 区及 C 区都关于中心线对称。在图 1 中以实线划分该 6 区。

早期推定混凝土强度的单值 (X) 控制图的控制中心线坐标为强度控制目标值 μ_{cu} 。上控制限 (UCL') 和下控制限 (LCL') 分别位于中心线之上与之下的 3σ 距离处。将控制图等分为 6 个区，每个区宽 σ 。6 个区的符号分别为 a、b、c、c、b、a，两个 a 区、b 区及 c 区都关于中心线对称。在图 1 中以虚线划分该 6 区。

标准养护 28d 强度的移动极差 (R) 控制图的控制中心线坐标 R_0 为 1.128σ 。上控制限 (UCL) 为 3.686σ ，下控制限为 0。

早期推定混凝土强度的移动极差 (R) 控制图的控制中心线坐标 R'_0 为 1.128σ 。上控制限 (UCL') 为 3.686σ ，下控制限为 0。

将混凝土试件的早期强度的推定值和移动极差，直接在两个图上绘点，并将相邻点用虚线连接，用于混凝土强度的早期控制。将混凝土试件的标准养护 28d 强度和移动极差也绘制在两个图上，并将相邻点用实线连接，用于混凝土标准养护 28d 强度的控制。

早期强度推定值或标准养护 28d 强度值在单值 (X) 控制图上的点各自出现下列模式检验情形之一时，表明生产过程已出现变差的可查明原因 (见图 3)：

- 1 1 个点落在 A (a) 区以外，见图 (a)；
- 2 连续 9 点落在中心线同一侧，见图 (b)；
- 3 连续 6 点递增或递减，见图 (c)；
- 4 连续 14 点中相邻点交替上下，见图 (d)；
- 5 连续 3 点中有 2 点落在中心线同一侧的 B (b) 区以外，见图 (e)；
- 6 连续 5 点中有 4 点落在中心线同一侧的 C (c) 区以外，见图 (f)；
- 7 连续 15 点落在中心线两侧的 C (c) 区内，见图 (g)；
- 8 连续 8 点落在中心线两侧且无一在 C (c) 区内，见图 (h)。

图 3 的模式检验是依据《常规控制图》GB/T 4091-2001 确定的。对移动极差控制图上的点是否出现变差的可查明原因，因该标准未给出检验的模式，故没有作出规定，可参考单值 (X) 控制图进行检验。

当出现变差的可查明原因时，应加以诊断和纠正，使之不再发生。

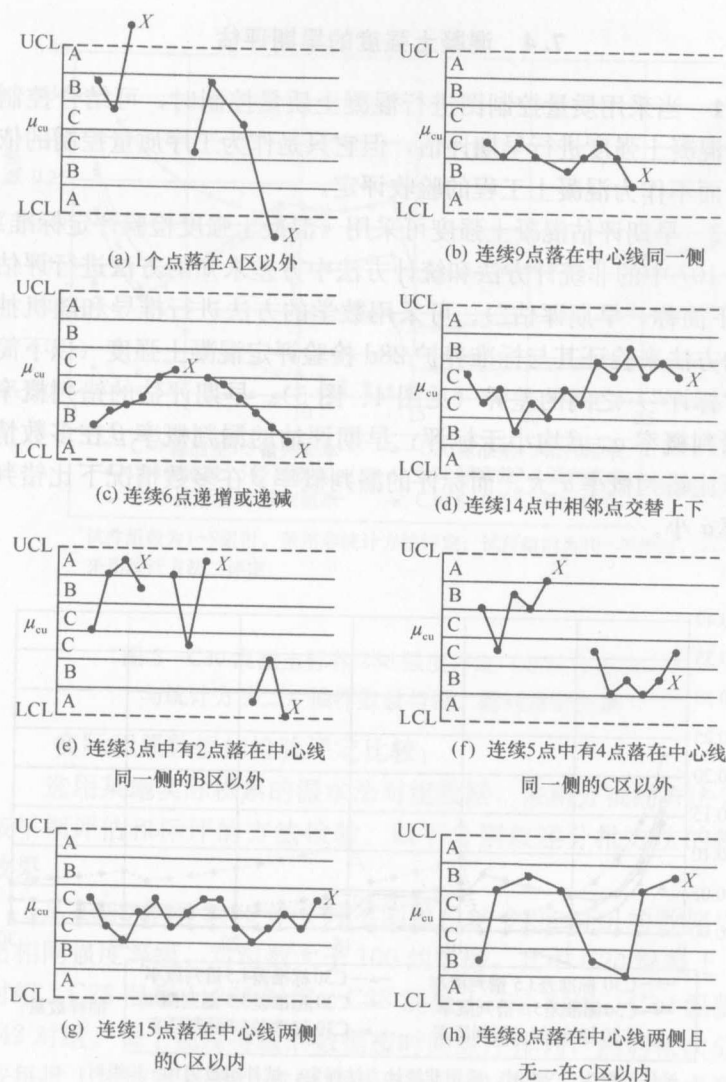


图 3 可查明原因的检验

控制图使用一段时间后，应根据实际强度水平对中心线和控制界限进行修正。

7.4 混凝土强度的早期评估

7.4.1 当采用质量控制图进行混凝土质量控制时,可结合控制图对混凝土强度进行早期评估,但它只是作为工序质量控制的依据,而不作为混凝土工程的验收评定。

7.4.2 早期评估混凝土强度可采用《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107 中的非统计方法和统计方法中方差未知的方法进行评估(以下简称“早期评估”)。可采用数学的方法进行推导和随机抽样的方法来验证其与标准养护 28d 检验评定混凝土强度(以下简称“标评”)之间的差异(见图 4、图 5)。早期评估的错判概率和漏判概率 α 、 β 均小于标评;早期评估的漏判概率 β 在多数情况下比错判概率 α 大。而标评的漏判概率 β 在多数情况下比错判概率 α 小。

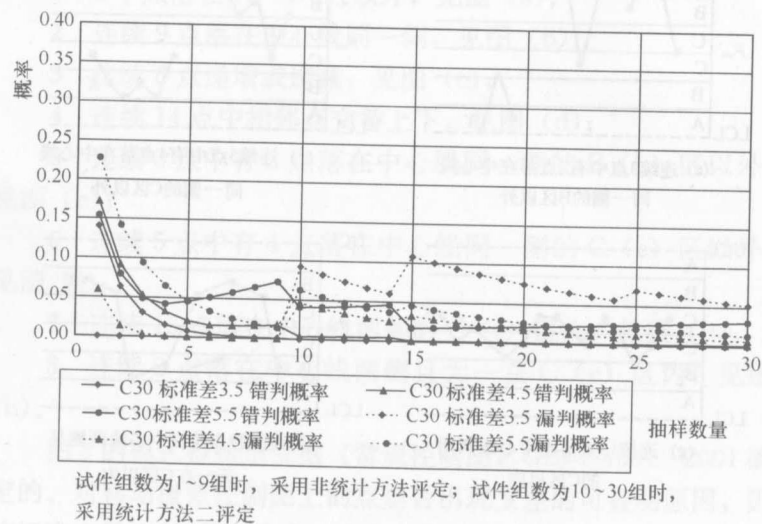


图 4 C30 混凝土早期推定强度评估(非统计方法与统计方法二)抽样数量与错、漏判概率关系

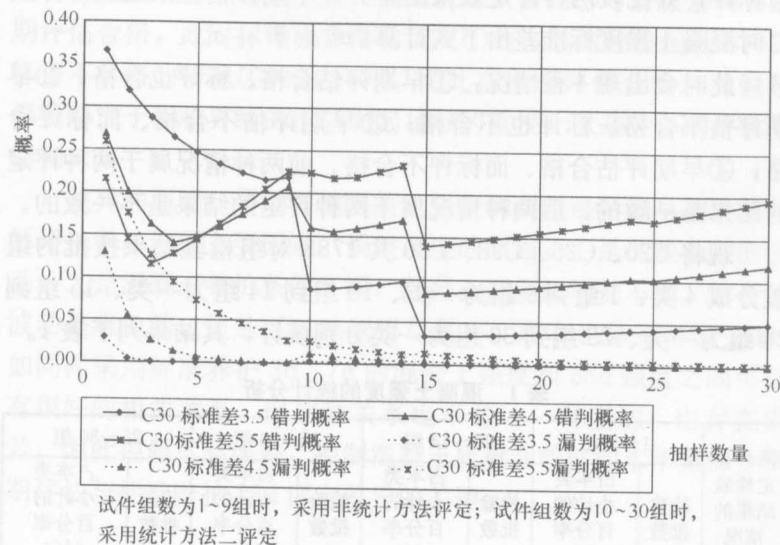


图 5 C30 混凝土标养 28d 强度评定(非统计方法与统计方法二)抽样数量与错、漏判概率关系

实际积累数据的检验评定比较:

选用某地实际积累的温水法对组数据,采用分批的方法分别按早期评估和标评的方法检验。以下分别叙述分批方法的检验效果。

从 1982 年至 2002 年 6 月不同单位的 2096 对组的数据中选出相同强度等级、对组数大于 100 的数据,其中 C20 混凝土 449 对组、C25 混凝土 266 对组、C28 混凝土 731 对组、C30 混凝土 342 对组。每个强度等级的数据按时间顺序排列,然后依次分别按每批 1 组或每批 2 组或每批 3 组……或每批 30 组,组成早期评估和标评验收批分别评定。

如 C20 混凝土 449 对组,其早期推定强度和标养 28d 强度可分别分成 1 组为一批共 449 批、2 组为一批共 224 批、3 组为一批共 149 批、……30 组为一批共 14 批。然后分别进行早期评估

与标评, 并比较两种评定效果的差异。早期评估在采用统计方法二时混凝土强度标准差由下式计算: $\sigma^2 = \sigma^2 + \sigma_e^2$ 。

此时会出现 4 种情况: ①早期评估合格、标评也合格; ②早期评估不合格、标评也不合格; ③早期评估不合格、而标评合格; ④早期评估合格、而标评不合格。前两种情况属于两种评定的结果是一致的, 后两种情况属于两种评定的结果是不一致的。

现将 C20、C25、C28、C30 共 1788 对组检验结果按批的组数分成 4 类: 1 组到 9 组为一类、10 组到 14 组为一类、15 组到 24 组为一类、25 组到 30 组为一类分别统计, 其结果列于表 1。

表 1 混凝土强度的统计分析

两种评定 检验结果 的情况	1~9 组		10~14 组		15~24 组		25~30 组	
	检验 批数	占本类 小计的 百分率 (%)	检验 批数	占本类 小计的 百分率 (%)	检验 批数	占本类 小计的 百分率 (%)	检验 批数	占本类 小计的 百分率 (%)
①	3664	73	555	74	694	75	285	74
②	530	10	60	8	79	9	35	9
③	450	9	51	7	37	4	15	4
④	401	8	82	11	109	12	49	13
小计	5045	—	748	—	919	—	381	—

检验结果分析: 早期评估结果与标评结果基本一致。从表 1 中可以看出: 每类中的 4 种情况的批数占本类的百分率基本相同, 其百分率的平均值分别为 74%、9%、6%、11%。也就是说早期评估和标评结果完全一致的情况①与情况②约占 83%, 不一致的约占 17%。可以说两种评定办法的结果大体上是一致的。

早期评估与标评的差异: 情况②与情况③均为早期评估不合格, 此时标评也判为不合格的约占这两种情况的 60%, 标评判为合格的约占 40%。也就是说当早期评估判为不合格时, 标评有 60%的可能是合格, 有 40%的可能在标评时是合格的。因

此可以说出现情况③是一种有益的警告。情况①与情况④均为早期评估合格, 此时标评也合格的情况①约占这两种情况的 87%, 标评不合格的情况④约占 13%。因此在早期评估合格时对验收函数略大于验收界线的也应引起足够的重视, 以避免早期评估的错判。

差异的原因: 早期评估混凝土强度的误差是影响早期评估与标评结果一致的主要因素。误差产生的原因: 一是试验条件的波动; 二是混凝土养护条件不同, 混凝土强度的增长不同。前者的波动是难免的, 但是可以控制得尽量小。后者也是不可避免的, 如同样采用标准养护 3d、7d 的混凝土强度和 28d 强度之间可以有很好的相关关系, 但这种关系也不是一一对应的, 也存在误差。因此控制试验误差, 控制混凝土质量在较好的水平是减少早期评估与标准养护 28d 评定差异的关键。