

# 取芯法检测混凝土强度与混凝土实际强度相关性的研究

于明刚<sup>1</sup>, 王春胜<sup>2</sup>, 迟 衡<sup>3</sup>, 迟培云<sup>4</sup>

<sup>1</sup>青岛高新区房地产开发有限公司, 山东 青岛

<sup>2</sup>青岛市建筑工程管理服务中心, 山东 青岛

<sup>3</sup>青岛理工建业检测科技有限公司, 山东 青岛

<sup>4</sup>青岛理工大学土木工程学院, 山东 青岛

收稿日期: 2022年8月26日; 录用日期: 2022年9月13日; 发布日期: 2022年9月20日

## 摘 要

本文研究了取芯法检测的混凝土强度偏离混凝土实际强度的影响因素, 诸如混凝土芯样端面形式, 直径大小, 端面修补方法及修补材料等, 介绍了国外相关的研究资料, 提出了修正建议。

## 关键词

取芯法, 检测, 混凝土强度, 处理方法

# Study on the Correlation between Concrete Strength and Concrete Strength by Core Taking

Minggang Yu<sup>1</sup>, Chunsheng Wang<sup>2</sup>, Heng Chi<sup>3</sup>, Peiyun Chi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Qingdao High-Tech Zone Real Estate Development Co., LTD., Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Qingdao City of Construction Engineering Management and Service Center, Qingdao Shandong

<sup>3</sup>Qingdao Institute of Construction Technology and Testing Technology Co., LTD., Qingdao Shandong

<sup>4</sup>School of Civil Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao Shandong

Received: Aug. 26<sup>th</sup>, 2022; accepted: Sep. 13<sup>th</sup>, 2022; published: Sep. 20<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

This paper studies the influence factors of the concrete strength deviation from the actual

文章引用: 于明刚, 王春胜, 迟衡, 迟培云. 取芯法检测混凝土强度与混凝土实际强度相关性的研究[J]. 土木工程, 2022, 11(9): 1014-1018. DOI: 10.12677/hjce.2022.119110

strength of concrete, such as the concrete core sample end surface form, diameter size, end surface repair method and repair materials. Relevant foreign research materials are introduced. Recommendations for amendments were made.

## Keywords

Core Extraction Method, Detection, Concrete Strength, Treatment Method

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 简述

试块的强度常常不符合设计要求。然而, 试块强度不能满足要求并不意味着构件混凝土的强度也不满足要求。因此, 在这种情况下需要测试构件混凝土的强度。取芯法检测构件混凝土的强度普遍被国内外的专家认为是直接最准确的方法。

但是, 彼得森斯(Petersons) [1]发现, 芯样试件强度与相同龄期圆柱体试件强度(注: 西方某些国家的混凝土标准试件采用圆柱体, 当混凝土的强度在 30 MPa 以上时, 由圆柱体试件测得的强度要比由立方体试件测得的强度约低 10%)之比总小于 1, 而且随圆柱体试件强度等级的提高而降低。此比值当圆柱体试件强度为 20 MPa 时略小于 1, 当圆柱体试件强度为 60 MPa 时则为 0.7。梅尔霍特雷(Malhotra) [2]指出, 当混凝土强度为 40 MPa 时, 芯样试件强度降低可达 15%。有研究报告指出[2] [3], 甚至在良好养护条件下, 芯样试件的强度大都不会超过标准试件的 70%~85%。美国混凝土协会[4]支持这种观点, 它认为, 如果芯样试件平均强度至少等于规定强度的 85%, 且无一个芯样试件强度值小于规定值的 75%时, 那么用芯样试件来代表所取范围内的混凝土是适当的。在其他一些国家, 也都规定芯样试件强度不宜大于标准试件强度的某一百分数: 德国为 85%, 丹麦为 90%, 挪威为 70% [5]。

中华人民共和国行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(JG/T384-2016) 2.1.2 规定[6]: 芯样试件抗压强度相当于边长为 150 mm 立方体试件的混凝土抗压强度(注: 标准中并未明确规定芯样的直径, 只是规定采用小于 100 mm 直径的芯样的数量要增加)。

大量实践经验表明, 采用取芯法检测得到的强度与构件混凝土的实际强度存在相当大的差别, 其准确性受到许多因素的影响, 诸如芯样直径、高径比(注: 各国标准基本上都规定此比为 1:1。本项研究也采用该比例, 故在此不再讨论该因素的影响。)、端面加工精度、端面修补方法以及端面修补材料的种类等。本文就是研究这些因素对采用取芯法检测混凝土强度准确性的影响程度。

## 2. 试验研究

### 2.1. 试验方案及试验结果

试验拟采用 C40 混凝土, 混凝土拌合物坍落度控制在 180~220 mm, 自然养护(环境温度为 15℃~25℃, 环境湿度为 35%~75%)。采用的原材料为: 水泥 P.C42.5; 河砂, 中砂; 花岗岩碎石, 粒径 5~20 mm; 自来水; 聚羧酸高性能减水剂, 掺量 1.0%。混凝土配合比及其试验结果见表 1。

采用表 1 的混凝土拌合物分别制作混凝土立方体试件 2 组(试件尺寸: 100 × 100 × 100 mm)和混凝土板 2 块(板尺寸分别为: 长 × 厚 × 高 = 1000 × 100 × 600 mm、600 × 70 × 600 mm), 混凝土板的模板

**Table 1.** Concrete mix ratio and its test results**表 1.** 混凝土配合比及其试验结果

混凝土配合比(kg/m <sup>3</sup> )					坍落度 (mm)	抗压强度(MPa)	
C	S	G	W	Ad		$f_7$	$f_{31}$
375	830	1015	165	3.75	205	35.8	46.5

采用竹胶板制作,侧面竖向模板外侧采用钢管加固,以防产生弯曲变形。之所以混凝土板厚选择 100 mm 和 70 mm,是因为国内外的资料都表明:采用高径比为 1 的混凝土芯样试件测得的抗压强度与立方体试件强度极为相近[7]。我国规范《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(JGJ/T384-2016) 5.0.2 规定[8]:抗压芯样试件的高径比(H/d)宜为 1,由此测得的抗压强度相当于 150 mm 立方体试件的混凝土抗压强度。混凝土拌合物采用强制式搅拌机搅拌,人工插捣,混凝土板沿高度方向浇注混凝土拌合物,24 h 后拆除模板,立方体试件和混凝土板采用同条件自然养护。28 d 后从混凝土板上钻取芯样。

两种尺寸的板厚 100 mm 和 70 mm,分别与取芯钻头直径相对应。因为在板成型时采用竖向浇筑,所以在侧面取芯时,当芯样规格(H×d)为 100×100 mm 和 70×70 mm 的两个顶面是模板面,无需切割加工,使之与试块的承压面类似,以消除切割加工对芯样的不良影响,每个板厚取 9 个芯样,养护 3 d 后进行抗压强度试验,试验结果见表 2。

**Table 2.** Compressive strength test results of core sample concrete**表 2.** 芯样混凝土抗压强度试验结果

芯样直径 (mm)	芯样端面 状态	芯样混凝土抗压强度(MPa)									$\bar{f}$	$\frac{\bar{f}}{f_{31}}$
		$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$f_9$		
100 (L <sub>1</sub> )	模板面	37.1	36.7	40.6	39.4	39.2	42.7	38.9	40.3	38.7	39.3	0.85
70 (L <sub>2</sub> )	模板面	37.7	38.6	37.3	39.2	37.7	38.7	37.5	39.6	37.4	38.2	0.82

再在 100 mm 厚的板上钻取直径 70 mm 的芯样 54 个,其中:

① 在芯样的一端切掉约 28 mm,然后用磨平机将切割面磨平(即一端磨平),9 块,养护 3 d 后进行抗压强度试验,试验结果见表 3 (L<sub>3</sub>)。

② 在芯样的一端切掉约 32 mm,然后分别用环氧树脂和高强硫铝酸盐水泥浆修补切割面至平整(即一端环氧树脂修补或一端水泥修补),补平层厚度控制在约 2 mm,各 9 块,养护 3 d 后进行抗压强度试验,试验结果见表 3 (L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>)。

**Table 3.** Compressive strength test results of core sample concrete**表 3.** 芯样混凝土抗压强度试验结果

芯样直径 (mm)	芯样端面 状态	芯样混凝土抗压强度(MPa)									$\bar{f}$	$\frac{\bar{f}}{f_{31}}$
		$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$f_9$		
70 (L <sub>3</sub> )	一端磨平	41.3	37.7	37.8	38.4	37.2	39.8	38.0	40.1	37.9	38.7	0.83
70 (L <sub>4</sub> )	一端环氧	40.2	38.7	38.2	38.1	38.9	41.0	38.4	39.0	40.3	39.2	0.84
70 (L <sub>5</sub> )	一端水泥	38.8	37.3	38.0	38.8	37.0	41.1	37.6	38.5	39.4	38.5	0.83

③ 在芯样的两端分别切掉约 13 mm, 然后用磨平机将切割面磨平(即两端磨平), 9 块, 养护 3 d 后进行抗压强度试验, 试验结果见表 4 (L<sub>6</sub>)。

④ 在芯样的两端分别切掉约 17 mm, 然后分别用环氧树脂和高强硫铝酸盐水泥浆修补切割面至平整(即两端环氧或水泥修补), 补平层厚度也控制在约 2 mm, 各 9 块, 养护 3 d 后进行抗压强度试验, 试验结果见表 4 (L<sub>6</sub>、L<sub>7</sub>、L<sub>8</sub>)。

**Table 4.** Compressive strength test results of core sample concrete

**表 4.** 芯样混凝土抗压强度试验结果

芯样直径 (mm)	芯样端面 状态	芯样混凝土抗压强度(MPa)										$\bar{f}$	$\frac{\bar{f}}{f_{31}}$
		$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$f_9$			
70 (L <sub>6</sub> )	二端磨平	39.3	40.0	38.9	38.2	41.9	41.7	39.1	38.4	42.5	40.0	0.86	
70 (L <sub>7</sub> )	二端环氧	42.0	39.5	40.3	42.6	41.2	41.3	38.9	42.7	42.0	41.2	0.89	
70 (L <sub>8</sub> )	二端水泥	40.1	40.6	44.1	41.3	41.8	43.1	42.2	40.9	42.4	41.8	0.90	

## 2.2. 试验结果分析

从表 2~4 的试验结果可以看出, 不论芯样断面采用何种处理方式, 芯样抗压强度值都要比混凝土立方体试件的抗压强度值( $f_{31} = 46.5$  MPa)低 10%~18%。其原因有以下几个方面: 1) 在钻取芯样时会对芯样混凝土的内部结构造成损害。在表 2 的试验结果中, 在芯样端面均为模板面的情况下, 直径为 70 mm 的芯样试件(L<sub>2</sub>)强度( $\bar{f} = 38.2$  MPa)要比直径为 100 mm 的芯样试件(L<sub>1</sub>)强度( $\bar{f} = 39.3$  MPa)低 2.8%。邦盖(Bungey) [9]、耶格曼(Jaegerman)和本特(Bentur) [8]等试验测得小芯样试件的一批试验数据也表明, 当骨料最大粒径为 20 mm 时, 50 mm 直径的芯样强度比直径为 100 mm 的芯样强度约低 10%。说明在钻取芯样的过程中, 芯样的直径越小, 抵抗钻头振动的能力越低, 芯样受到的损害越严重。所以, 在采用取芯法检测混凝土强度时, 在条件许可的情况下宜采用较大的芯样直径, 这样误差会更小一些。另外, 本试验采用竹胶板做模板, 其表面光洁度较高, 造成芯样端面的光洁度也较高, 因此测得的强度要比立方体试件的强度更低一些。2) 在芯样直径相同的条件下, 芯样的端面形式会对芯样试件的强度产生重要影响。在至少有一个端面是模板面的情况下, 另一端面不论采用何种处理方式, 芯样的强度基本相同(表 2、表 3 中 L<sub>2</sub>~L<sub>5</sub> 的强度差值在 1.0 MPa 之内)。说明在这里模板面起决定作用。这可能是因为竹胶板的表面光洁度较高, 造成芯样模板面的光洁度也很高, 使芯样断面与压力机压板之间的摩擦力降低所致。与表 4 中的芯样试件强度相比, 至少有一个模板面的芯样试件的强度要低 4.5%~8.6%。所以, 在采用芯样试件测强度时, 芯样试件两端不宜有模板面。3) 在芯样直径相同的条件下, 芯样端面的处理方法会对芯样强度产生较明显的影响, 其中采用机械磨光的处理方式测得的芯样强度(L<sub>6</sub>)要比另外两种处理方式(L<sub>7</sub>、L<sub>8</sub>)低。这可能是因为机械磨光会对芯样内部结构造成额外损害所致。所以, 芯样端面处理宜采用双面材料修补的方式。对于芯样断面修补采用何种材料更好, 从表 3、表 4 的试验结果中看不出哪一种材料具有明显的优势。所以, 选用高强硫铝酸盐水泥最好, 既操作简单又经济环保。

## 3. 结论

1) 采用取芯法检测结构混凝土的强度时, 在条件许可的情况下宜尽可能采用直径较大的钻头。取芯时, 钻机要安装牢固, 钻头旋转要平稳, 不得有颤动现象, 以减小对芯样的损伤。

2) 芯样加工时, 不宜保留模板面, 宜采用两端切割的方法, 切割时, 应控制高径比为 1, 然后, 端面可以采用机械磨光的方法, 但最好采用高强硫铝酸盐水泥修补的方法。

3) 试验结果和国外的研究资料均表明, 强度约为 40 MPa 的混凝土采用取芯法检测时, 测得的强度要比实际强度降低 10%~15%, 且混凝土强度越高, 强度降低越大。建议在实际检测过程中, 宜参照美国混凝土协会[4]的方法比较合理。考虑到各种影响因素, 混凝土检测强度的代表值至少应在芯样试件强度的基础上增加 10%。

4) 采用取芯法检测混凝土强度是一种较直观较简单的方法, 也能较准确地探知混凝土的真实强度和内部构造情况。所以, 这是一种值得推广的方法。

## 参考文献

- [1] Petersons, N. (1968) Should Standard Cube Test Specimens Be Replaced by Test Specimens Taken from Structures. *Matériaux et Construction*, **1**, 425-435. <https://doi.org/10.1007/BF02473740>
- [2] Malhotra, V.M. (1977) Contract Strength Requirements: Cores Versus *in Situ* Evaluation. *Journal of the American Concrete Institute*, **74**, 163-172. <https://doi.org/10.14359/10998>
- [3] Murphy, W.E. (1977) Discussion of Reference 8.99. *Journal of the American Concrete Institute*, **74**, 523-525.
- [4] ACI Committee 301 (1971) Specifications for Structural Concrete for Buildings (ACI 301-72). *Journal of the American Concrete Institute*, **68**, 413-450. (**72**, No. 7, 361-362, Revised 1975).
- [5] Bellander, U. (1978) Strength in Concrete Structure, CBI Reports 1:78. Swedish Cement and Concrete Research Institute, 15.
- [6] 中华人民共和国标准, 钻芯法检测混凝土强度技术规程(JGJ/T384-2016) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [7] [英] A. M. 内维尔, 著. 混凝土的性能[M]. 李国洋, 马贞勇, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983.
- [8] Jaegermann, C. and Bentur, A. (1977) Development of Destructive and Non-Destructive Testing Methods for Quality Control of Hardened Concrete on Building Sites and in Precast Factories. Research Report No. 017-196, Israel Institute of Technology Building Research Station, Haifa.
- [9] Bungey, J.H. (1979) Determining Concrete Strength by Using Small-Diameter Core. *Magazine of Concrete Research*, **31**, 91-98. <https://doi.org/10.1680/mac.1979.31.107.91>