

贯入法检测三合土砌筑砂浆强度技术应用研究

陈希伟¹ 林慈楷¹ 黄启云² 高志强¹ 要东明²

1 广东省建筑设计研究院集团股份有限公司

2 广东省有色工业建筑质量检测站有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i5.4527

[摘要] 本文综合分析贯入法在检测砂浆抗压强度中的应用,特别针对三合土这一传统建筑材料,通过参考现有文献中的贯入法检测三合土砂浆和老旧房屋抗压强度的研究,探讨了贯入法在三合土抗压强度检测中的可行性、方法及应用效果。通过对比不同文献中的试验数据,提出了贯入法检测三合土抗压强度的技术要点,为实际工程应用提供参考。

[关键词] 三合土; 抗压强度; 无损检测; 古建筑保护; 老旧房屋安全鉴定

中图分类号: K928.71 文献标识码: A

Overview of the compressive strength technology of triad soil masonry mortar tested by penetration method

Xiwei Chen¹ Cikai Lin¹ Qiyun Huang² Zhiqiang Gao¹ Dongming Yao²

1 Guangdong Architectural Design and Research Institute Group Co., Ltd

2 Guangdong Nonferrous Metals Industry Construction Quality Inspection Station Co., LTD

[Abstract] this paper comprehensive analysis of penetration method in the detection of mortar compressive strength, especially for the traditional building materials, through reference to the existing literature in the penetration method detection triad soil mortar and old house compressive strength research, discusses the penetration method in triad soil compressive strength detection feasibility, method and application effect. By comparing the test data in different literature, the technical points of penetration detection of compressive strength of three soil are put forward to provide reference for practical engineering application.

[Key words] penetration method; three combined soil; compressive strength; nondestructive testing; the protection of ancient buildings; and the safety appraisal of old houses

引言

砂浆抗压强度是衡量砌体结构质量和安全性的重要指标。三合土作为一种由石灰、黏土和砂按一定比例混合而成的传统建筑材料,其抗压强度的准确评估对于古建筑保护、老旧房屋安全鉴定具有重要意义。贯入法作为一种无损检测技术,因其操作便捷、快速高效的特点,在砂浆抗压强度检测中被广泛关注。然而,目前针对三合土抗压强度检测的贯入法研究相对较少。本文旨在通过综合现有文献,探讨贯入法在三合土抗压强度检测中的应用,为相关标准的制定及工程实践提供参考。

1 贯入法检测砂浆抗压强度的基本原理

贯入法利用贯入仪器在砂浆表面施加一定的贯入力,通过测量贯入深度或贯入阻力,间接推算出砂浆的抗压强度。贯入深度与砂浆抗压强度之间存在一定的相关性,通过建立贯入深度与抗压强度的关系模型(测强曲线),可以实现对砂浆抗压强度的无损检测。

贯入法的基本原理同样适用于三合土的抗压强度检测。三合土因其成分复杂,力学性能和耐久性受原材料性质及配比影响显著。传统直接法检测会破坏材料结构,不适合用于古建筑或重要结构的检测。因此,无损检测法如贯入法成为研究热点。然而,三合土的不同配比和养护条件对贯入法检测结果的准确性提出了挑战。

2 不同材质砌块及不同压应力对贯入法检测砂浆抗压强度影响

《砌筑砂浆抗压强度贯入法检测的影响因素研究》文章中对不同材质砌块及不同压应力对贯入法检测砂浆抗压强度影响进行了试验研究,作者首先采用石块、粘土砖、加气混凝土砌块三种不同材质的砌块与同盘同等级同配合比的砌筑砂浆制作砌体,同时制作标准试块,分别在试块和砌体上进行贯入试验。结果表明:采用同盘砂浆不同材质砌块的砌体,贯入深度值的变化基本上与砌筑砂浆强度变化趋势一致,可忽略砌块材质对检测的影响。

其次作者采用M5.0、M10.0的水泥砂浆和混合砂浆分别砌筑了四组普通粘土砖砌体，每组为3个砌体，并采用压力机对砌体上部施加荷载，直至破坏，并在加载的不同时期分别进行贯入检测，砌体所受压力不同时，贯入深度值不同，在最大荷载的40%~50%时贯入深度最小，变化幅度不超过1.5mm。实际检测中砌体通常已受力，且受力状态难以准确测定，为简化检测技术，正常情况下，贯入法检测中可以不考虑砌体所受应力状态，可忽略压应力影响。

3 贯入法检测砌筑砂浆相对于回弹的优势

《贯入法与回弹法检测砌筑砂浆抗压强度对比性研究》一文中作者通过制作水泥砂浆试块和混合砂浆试块各15组，每组3块，使用回弹法和贯入法在试块上进行试验，并记录结果，并对试块进行实验室试压试验，根据相关标准计算试块抗压强度推定值，并与实验室试压结果进行对比。对回弹法和贯入法采集的数据进行整理，分别计算混合砂浆和水泥砂浆试块的抗压强度推定值。分析回弹法和贯入法的相对误差和标准差，评估两种方法的准确性，结果如下：

对于混合砂浆，回弹法的平均强度相对误差为40.9%，标准差为45.5%；贯入法的平均强度相对误差为7.6%，标准差为11.6%。

对于水泥砂浆，回弹法的平均强度相对误差为58.3%，标准差为65.1%；贯入法的平均强度相对误差为23.9%，标准差为27.3%。

由此可得出：贯入法在检测砌筑砂浆抗压强度时，其离散性小于回弹法，相对误差和标准差均较低，因此更准确。

对于同强度等级的砌筑砂浆，贯入法在检测混合砂浆时的相对误差和标准差均小于检测水泥砂浆。

4 实验设计与方法

4.1 实验材料

实验选取传统配比的三合土砂浆作为研究对象，以反映实际工程中的常见材料。石灰和黄泥的配比为1:3，即每份石灰配三份黄泥。这一配比既能保证砂浆的强度，又能保持良好的施工性能。在砂浆中加入适量的水，确保混合均匀。制备好的砂浆用来制备标准试块，试块的制备过程严格按照标准进行，以确保实验结果的可靠性和可重复性。

4.2 实验仪器

实验主要采用以下仪器：

贯入仪：贯入仪用于在砂浆表面施加贯入力并测量贯入深度。贯入仪的选择需要考虑其贯入力范围和精度，以确保能够准确检测不同强度的砂浆。贯入仪器的主要组成部分包括贯入针、施力装置和深度测量装置。

标准抗压试验机：标准抗压试验机用于测定砂浆试块的抗压强度，作为对比参考。抗压试验机的选择应符合国家标准，能够提供稳定的加载速度和精确的载荷测量。试验机的测量范围应适应砂浆试块的强度范围。

4.3 实验步骤

为确保实验的科学性和结果的可靠性，实验步骤设计如下：

(1) 制备试块

将石灰和黄泥按照1:3的比例混合均匀，加入适量的水，继续混合至均匀状态。将混合好的砂浆倒入标准模具中，振动密实，刮平表面，制备成标准尺寸的试块。试块的尺寸通常为70.7mm×70.7mm×70.7mm。试块成型后在室温下养护28天，以确保砂浆达到稳定状态。

(2) 贯入法检测

在砂浆试块养护期满后，进行贯入法检测。具体操作如下：清洁试块表面，确保无杂质。将贯入仪固定在试块表面，确保贯入针垂直于试块表面。施加贯入力，记录贯入深度或贯入阻力。贯入力的施加应平稳、连续，以避免对砂浆表面造成破坏。在试块的不同位置进行多次贯入检测，记录每次检测的贯入深度或阻力值。

(3) 标准抗压试验

对同批次的砂浆试块进行标准抗压试验。具体操作如下：将试块放置在抗压试验机上，确保试块中心对准试验机的加载中心。以均匀的加载速度施加压力，直至试块破坏，记录最大破坏载荷。计算每个试块的抗压强度。

(4) 数据分析

将贯入法检测结果与标准抗压试验结果进行对比分析。具体步骤如下：将贯入深度或贯入阻力与抗压强度进行数据配对，进行统计分析。利用回归分析等统计方法，建立贯入法检测结果与抗压强度之间的关系模型。分析贯入法检测结果的稳定性和重复性，评估贯入法的检测精度。

5 实验结果与分析

5.1 贯入深度与抗压强度关系

通过实验数据分析，贯入深度与砂浆抗压强度之间存在显著的相关性。具体实验步骤中，我们对多组标准砂浆试块进行贯入法检测和标准抗压试验，得到了如下数据：

试块编号	贯入深度 (mm)	抗压强度 (MPa)
A1	5.2	8.4
A2	4.9	9.1
A3	5.1	8.6
B1	6.8	6.5
B2	7.0	6.3
B3	6.7	6.7
C1	8.2	4.2
C2	8.0	4.5
C3	8.3	4.1

从上述数据可以看出，贯入深度与抗压强度呈现反向相关关系。即贯入深度越小，砂浆的抗压强度越高；贯入深度越大，砂浆的抗压强度越低。通过线性回归分析，可以建立贯入深度与抗压强度之间的关系模型。设贯入深度为D，抗压强度为C，则回归方程可以表示为：

$$C = a - b \cdot D$$

根据实验数据进行回归分析,得到方程系数为 $a=12.5a$ 和 $b=0.97b$ 。回归方程为:

$$C = 12.5 - 0.97 \cdot D$$

该模型的决定系数 R^2 为0.87,表明模型拟合效果较好。通过模型,可以根据贯入深度预测砂浆的抗压强度,为现场快速检测提供了科学依据。

5.2 影响因素分析

贯入法检测结果受多种因素影响,包括砂浆配比、水分含量和贯入速度等。这些因素可能导致检测结果的偏差和不确定性,需要在实验中进行控制和分析。

砂浆配比对其力学性能有显著影响。为研究配比对贯入深度和抗压强度的影响,我们制备了三种不同配比的砂浆试块,并进行贯入法和标准抗压试验。结果如下:

配比 (石灰:黄泥)	贯入深度 (mm)	抗压强度 (MPa)
1:2	5.0	9.2
1:3	6.5	7.0
1:4	8.0	5.5

从数据可以看出,石灰比例越高,砂浆的抗压强度越高,贯入深度越小。不同配比的砂浆在力学性能上存在显著差异,因此在检测前需要明确砂浆的配比,确保贯入法检测结果的准确性。

6 实验结果的应用

依据第五章的实验结果,对广州市南沙区某村镇的老旧房屋改造项目即将拆除的房屋中随机选取3栋三合土砂浆和烧结普通砖砌筑的房屋,从3栋房屋中抽取10片墙体采用贯入法检测砌筑砂浆的贯入深度,采用第五章的1:3的配比推定曲线推定10片墙体的砌筑砂浆抗压强度,结果详见表6-1。

剪切法验证:贯入法检测部位的墙体拆除后,选取每个贯入法测区部位选取5个测点,从每个测点处单块砖大面上取下2个原状砂浆大片,加工成尺寸接近片状体。砂浆片单个试件的各项尺寸:厚度应为7mm-15mm,宽度应为15mm-50mm,长度应按净跨度不小于22mm确定,按要求装袋密封,依据《砌体工程现场检测技术标准》GB/50315-2011中第11章规定,采用砂浆片剪切法检测其抗剪强度,并推定其抗压强度,结果详见表6-1。

检测结果对比:对剪切法与贯入法检测结果进行对比验证,发现对于同一墙体同一检测部位砌筑砂浆采用两种不同检测法,检测结果基本一致。剪切法与贯入法检测结果对比图详见图6-1。

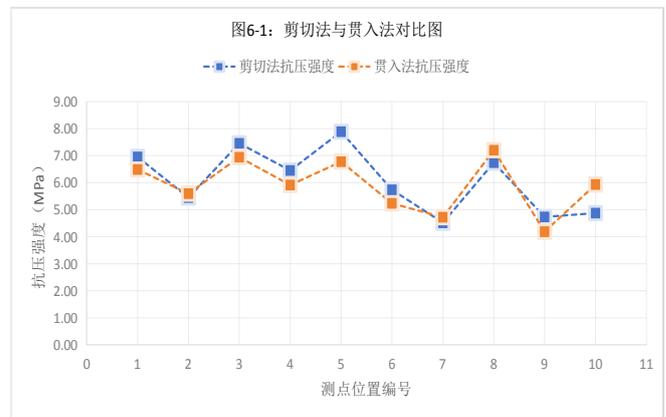
7 结论与展望

本文通过综合现有文献中的研究成果,探讨了贯入法在三合土抗压强度检测中的应用可行性,并制定了三合土砂浆的回归方程,同时采用剪切法去验证该回归方程,研究表明,该贯入法回归方程能够快速、准确地评估三合土的抗压强度,适用于古建筑保护、老旧房屋安全鉴定等工程领域。未来研究可进一步探索不同龄期及养护条件下三合土的贯入曲线制作方法,以完善相关标准并提高检测精度。同时,结合其他无损检测技术,

构建综合检测系统,为三合土结构的安全鉴定提供更加全面和准确的技术支持。

表6-1 贯入法及砂浆片剪切法结果表

墙体编号	贯入深度平均值 (mm)	贯入法抗压强度推定强度 (MPa)	砂浆片剪切强度平均值 (MPa)	剪切法抗压强度推定值 (MPa)
1	6.2	6.49	0.97	6.95
2	7.12	5.59	0.76	5.45
3	5.73	6.94	1.04	7.46
4	6.79	5.91	0.9	6.45
5	5.9	6.78	1.1	7.89
6	7.49	5.23	0.8	5.74
7	8.02	4.72	0.63	4.52
8	5.46	7.2	0.94	6.74
9	8.57	4.19	0.66	4.73
10	6.77	5.93	0.68	4.88



广东省住房和城乡建设厅研究开发项目《既有中小学校和医院建筑抗震能力提升关键技术研究与应用》(2022-K10-072332)。

【参考文献】

- [1]赵福志,李占鸿,周云.贯入法检测石灰砂浆抗压强度方法研究[J].住宅科技,2017,37(11):68-71.
- [2]蒋宣艳,付艳.贯入法检测砂浆抗压强度的应用研究[J].黑龙江交通科技,2019,42(1):64-65.
- [3]丁叮,姜勇.Excel在贯入法检测砌筑砂浆抗压强度测强曲线回归分析中的应用[J].工程质量A版,2012,(3):8-9.

[4]陈松.砌筑砂浆抗压强度贯入法检测的影响因素研究[J].工程质量A版,2007,(8):8-10.

[5]董林,杨昊.贯入法与回弹法检测砌筑砂浆抗压强度对比性研究[J].工程质量,2012,30(11):17-19.

[6]荣辉.石灰的掺入对水泥砂浆凝结行为及力学性能的研究[C].2007.

[7]蔡自强.贯入法检测混合砂浆强度的试验研究[J].建筑工程技术与设计,2016,(20):2949.

[8]徐强;张华.贯入法在建筑材料检测中的应用[J].土木工程学报,2020,(21):1.

[9]钟玉华.贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术的应用[J].广东建材,2012,28(07):33-35.

[10]史桂英,单泽宽.砂浆抗渗性和抗压强度影响因素分析[J].门窗,2015,(01):51.

[11]李敏.干混砌筑砂浆检测中的物理性能和力学性能评估方法研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020,(7):4121-4122.

[12]赵福志,李占鸿,周云.贯入法检测石灰砂浆抗压强度方法研究[J].住宅科技,2017,37(11):68-71.

[13]张强,王敏.砂浆贯入法检测的理论与实践[J].建筑科技,2016,(11):11.

[14]广东省住房和城乡建设厅研究开发项目《既有中小学校和医院建筑抗震能力提升关键技术研究与应用》(2022-K10-072332).

作者简介:

陈希伟(1990--),男,汉族,北京顺义人,本科,中级职称,从事建筑工程质量检测、鉴定工作10年。