

Research on the Bonding Force of Concrete Interface at Different Ages under Pressure

Yuanpu Deng Shuai Jiang Yingjun Mao

Quzhou University, Quzhou, Zhejiang, 324000, China

Abstract

Both the process of concrete repair and the current 3D concrete printing technology face the problem of bonding between layers of new and aged concrete, as well as the development of bonding performance under different stresses. The paper uses concrete specimens to study the bonding performance of concrete under different ages and overlying loads through splitting failure. The experimental results show that with the increase of overlying pressure, the bonding force between layers of concrete increases to a certain extent. However, it is not very obvious and further research is needed in the future.

Keywords

concrete age; bonding force; stress state

混凝土不同龄期界面在压力作用下的粘结力研究

邓元普 姜帅 毛英俊

衢州学院, 中国·浙江 衢州 324000

摘 要

混凝土修补过程和如今的3D混凝土打印工艺中都存在新老龄期混凝土层间界面的粘结以及在不同应力作用下粘结性能发展问题, 论文利用混凝土试块采用劈裂破坏的方式, 研究混凝土在不同龄期、不同上覆荷载作用下粘结性能问题, 试验结果显示, 随着上覆压力的增加, 混凝土层间黏结力有一定增加, 但是不是很明显, 后续需要进一步进行研究。

关键词

混凝土龄期; 黏结力; 应力状态

1 研究背景

钢筋混凝土结构是目前建筑工程应用最广泛的结构形式, 随着服役时间的增长, 混凝土内部由于受到外界环境的侵蚀, 产生裂缝, 导致保护层开裂, 降低了结构耐久性, 造成了巨大的经济损失^[1]。对于保护层脱落后构件的修复, 一般将已破坏的混凝土清除后, 清洗暴露出的钢筋, 再用新混凝土填补, 使结构复原^[2]。然而, 在修复过程中, 新老混凝土存在着薄弱界面, 其粘结性能值得关注。影响新旧混凝土之间应力的影响因素主要包括界面粗糙程度、混凝土材料种类、界面剂等, 而其应力状态的影响研究较为不足。

近年来, 混凝土3D打印技术因其具有无模化打印、经济高效、绿色节能等优势, 开始逐步应用于建筑土木工程领域^[3], 形成了房建、桥梁、建筑小品等一系列打印应用案例。

在3D混凝土打印过程中, 打印机喷头挤出每层条带由于所处的混凝土龄期不一致, 故存在着不同龄期混凝土粘结的问题^[4], 这个问题也是导致打印混凝土力学性能不同于现浇混凝土的重要原因。此外, 打印混凝土的界面又和修补混凝土界面有所不同, 主要在于:

①打印混凝土层间界面所处不同龄期一般在初凝到终凝之间, 而修补混凝土的层间界面是新浇筑混凝土和老旧混凝土的粘结问题。

②打印混凝土在打印过程中存在着条带层层堆积的问题, 势必造成混凝土界面所处的应力发生变化, 应力增长过程中粘结性能的变化也是值得研究的问题。

2 试验设计和结果分析

2.1 试验设计

本试验通过浇筑150mm×150mm×150mm试块, 其中混凝土材料由32.5快硬早强型硫铝酸盐水泥、硅灰、石英砂, 并掺入减水剂, 采用劈裂试验的方式进行试验。配合比如表1所示。

【基金项目】浙江省大学生科技创新项目(项目编号: 2021R435004)。

【作者简介】邓元普(2001-), 男, 布依族, 中国贵州黔西人, 本科, 从事混凝土耐久性研究。

表 1 混凝土试件配合

水泥	硅灰	石英砂	减水剂	水	水胶比	砂胶比
6.00	1.00	7.00	0.08	2.80	1.4	1
6.00	1.00	7.00	0.08	2.80	0.4	1

在混凝土采用机械搅拌（如图 1 所示），在浇筑过程中，首先在拌制均匀后，在模具中浇筑一半，间隔 45min 后，另外拌制同样配合比的砂浆进行浇筑，同时在模具顶面覆盖一块质地坚硬的木质平板，不同编号试件上面分别覆盖 0kg、2kg、4kg、8kg 的砝码（如图 2 所示），每种覆重浇筑三个试件，其中 0kg 表示下层混凝土承受上层混凝土自重。3 天后脱模，脱模后显示不同龄期混凝土间形成一道较为平整的层间界面（如图 3 所示）。之后浸水养护 42 天，养护过程中试件上方同样进行覆重。42 天养护完成后取出试件，将试验放置于液压机上进行劈裂试验，根据混凝土劈裂试验要求控制加载速度。



图 1 混凝土机械搅拌



图 2 混凝土试件配重养护



图 3 不同龄期混凝土硬化后的界面

2.2 结果分析

劈裂破坏为脆性破坏，因此当试件发生破坏时即停止加载，记录试验破坏后每组试件的极限荷载，以此可以推导混凝土层间抗拉强度。每级覆重后的试件加载结果如表 2 所示。

表 2 每级覆重试件劈裂值

压力值 (kN)	4kg(自重)			4+2kg		4+4kg			4+8kg		
劈裂值 (kN)	68	80	75	75	92	71	75	68	91	65	107
平均值 (kN)	74.3			79.3		78			91		

根据试验，可知劈裂破坏时，最终的破坏面均能沿着既定的界面破坏，说明其界面是薄弱面。此外，从劈裂值的结果来看，试验结果显示，随着上覆压力的增大，其劈裂荷载呈现一定程度的递增趋势，但是规律性不强，且有一定的离散性。分析原因：

- ①试件样本比较少，试验结果受浇筑、养护、试验手段等偶然性影响。
- ②区别于 3D 打印试件的界面平整，试件浇筑时，界面容易受扰动，导致最后脱模后的界面曲折不平整，对试验结果有影响，如需开展后续工作，需重新设计浇筑装置，重点控制其界面平整度。如图 4 所示。



(a) 非平整界面 (b) 平整界面

图 4

此外，破坏界面的微观孔隙特征尚未研究。从劈裂试件的破坏面（如图 5 所示）可以看到，层间界面存在着浇筑孔隙，不同压力作用下孔隙的分布规律以及这些孔隙对界面破坏的影响规律尚未探明。

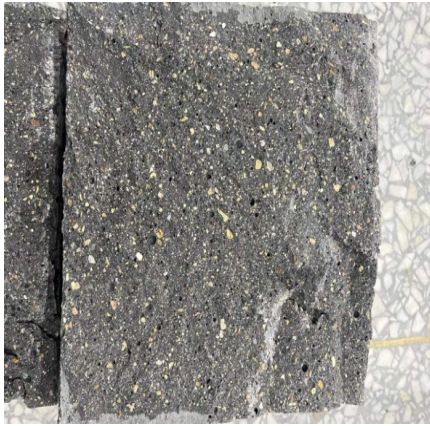


图 5 破坏界面孔隙

3 结论及展望

本实验通过上覆不同荷载等级，研究混凝土在初凝阶段界面龄期相差 45min 的粘结性能，劈裂试验结果显示，在一定荷载作用下，层间粘结力呈现递增的趋势。

本次试验较少，接下来研究需要进一步大量的试验结果验证。此外，对于界面平整度的控制、层间界面孔隙对界面性能的研究规律，也需要进一步的研究。

参考文献

- [1] 金伟良.腐蚀混凝土结构学[M].北京:科学出版社,2012.
- [2] 徐建芝,丁铸,邢峰.钢筋混凝土电化学脱盐修复技术研究现状[J].混凝土,2008(9):22-24.
- [3] Cnet.com.Dubai unveils world's first 3D-printed office building. <https://www.cnet.com/news/dubai-unveils-worlds-first-3d-printed-office-building/>,2016.
- [4] 田泽皓,王里,张心颖,等.3D打印混凝土层间弱面的形成机制与改善方法[J].硅酸盐通报,2020,39(7):2052-2058.