
超早龄期可打印混凝土与基底的界面粘结抗剪强度研究

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41160.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

超早龄期可打印混凝土与基底的界面粘结抗剪强度研究。3D打印混凝土技术有望替代喷射混凝土，应用于硬岩隧道衬砌建造。针对超早龄期可打印混凝土—基底界面粘结抗剪强度难以快速测试的问题，本文提出一种快速粘结剪切测试方法，单次测试可在1分钟内完成，并且可在2分钟内准备下一次测试。基于该方法，本文系统揭示了配合比、龄期和界面粗糙度对界面粘结性能的影响，并建立了无量纲公式，为衬砌打印的材料设计与施工优化提供参考。

关键词

岩石隧道；可打印混凝土；界面；快速粘结剪切测试；抗剪强度

研究背景

喷射混凝土长期用于硬岩隧道的初期支护与衬砌施工，但回弹损耗、现场粉尘和施工质量波动等问题仍难避免。3D打印混凝土具有免模板、自动化和精准成型等优势，为硬岩隧道衬砌建造提供了新路径。然而，打印混凝土与岩石基底在超早龄期的界面粘结性能，直接关系到成型稳定性与结构安全，亟需快速、可靠的测试方法提供支撑。

核心观点

本文面向硬岩隧道3D打印混凝土衬砌中的界面粘结难题，围绕如何表征、如何测试、如何预测，形成了三方面创新。

第一，提出了界面粗糙度的量化表征与等效模拟方法。论文采用人工岩石基底模拟硬岩环境，并借助孔壁表面形貌参数对界面粗糙度进行定量描述，使不同粗糙界面能够可控、可重复地用于试验研究，为复杂岩面条件下的界面性能分析提供了基础。

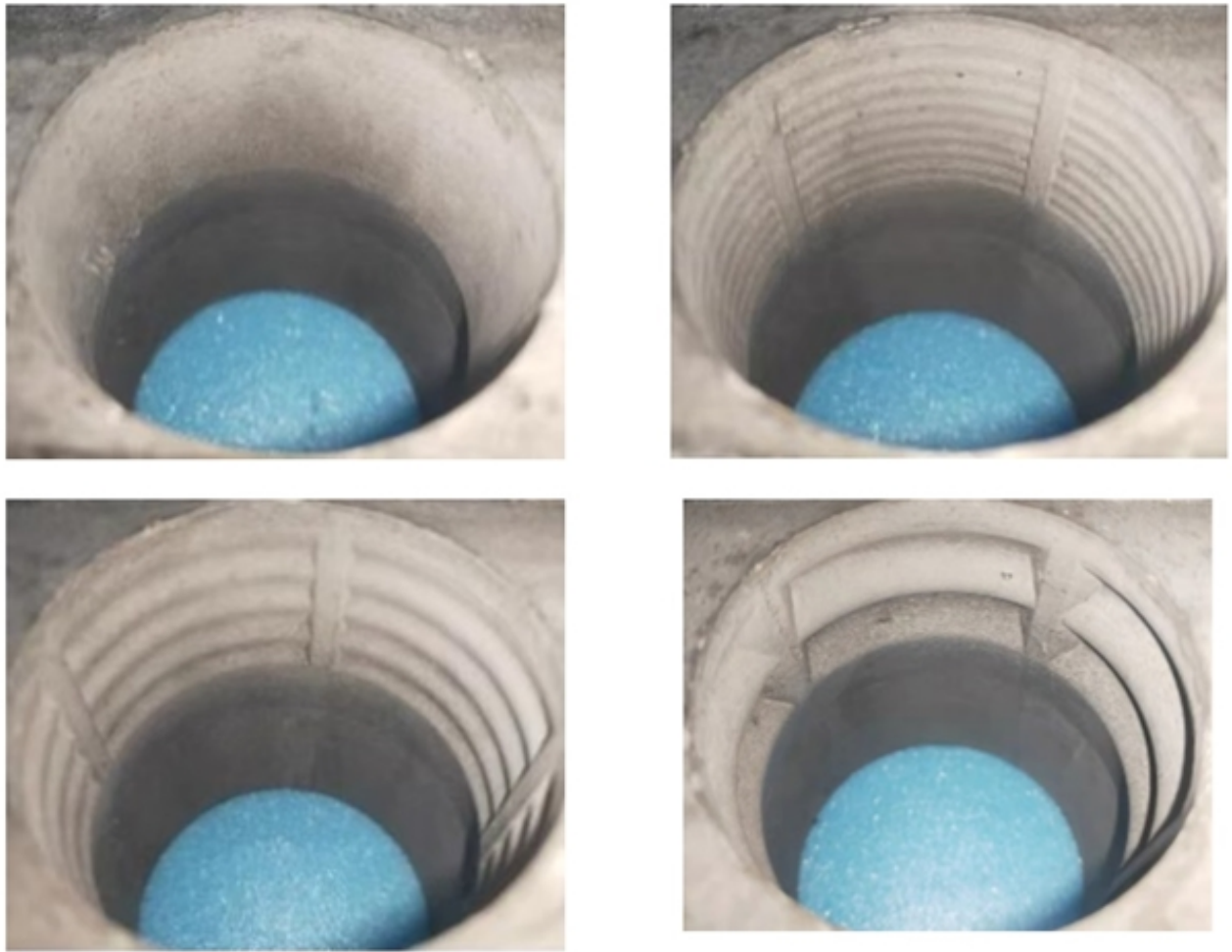


图1. 人工岩石模拟硬岩表面粗糙度

第二，研发了快速粘结剪切测试方法（FBST）。传统直剪试验耗时较长，难以捕捉快硬早强材料在分钟尺度内快速变化的界面强度；该方法可在1分钟内完成单次测试，并在2分钟内准备下一次测试，显著提高了超早龄期的测试效率。

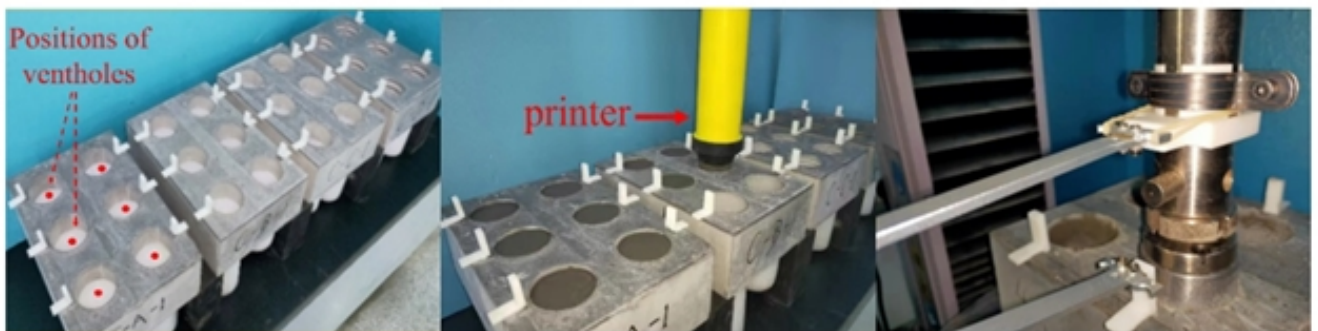


图2. 快速粘结剪切测试方法（FBST）

第三，建立了考虑配合比、龄期、界面粗糙度和破坏模式的无量纲预测公式。研究发现界面抗剪强度随龄期增长持续提升，且粗糙度和材料组成对界面抗剪强度影响显著；界面抗剪性能受粘结

、嵌固和材料本体强度共同控制。该公式将多因素影响统一纳入预测框架，为硬岩隧道3D打印衬砌的材料设计、界面优化和施工窗口判断提供了量化依据。

$$\frac{\tau}{\tau_0} = \left(\frac{t'}{t_f - t_i} + 1 \right)^a \cdot \left(\frac{1}{1 + c \cdot \frac{Z_1 Z_2}{D_{50}}} + b \cdot \frac{c \cdot \frac{Z_1 Z_2}{D_{50}}}{1 + c \cdot \frac{Z_1 Z_2}{D_{50}}} \right)$$

其中， τ —界面抗剪强度； τ_0 —初始参考强度； t' —测试龄期； t_f —终点时间； t_i —起始时间； a —龄期指数； Z_1 、 Z_2 —材料离子活性参数； D_{50} —表面中位粗糙度； c —化学作用系数； b —权重系数

结论与展望

本文提出的快速粘结剪切测试方法，为超早龄期可打印混凝土—基底界面性能评价提供了高效手段。研究表明，界面抗剪强度随龄期增长显著提升，并受到材料配合比、界面粗糙度及破坏模式的共同影响。所建立的无量纲公式进一步实现了多因素耦合作用下界面抗剪强度的定量预测。未来，该方法可拓展至真实岩石基底、不同打印工艺参数及现场施工环境，为硬岩隧道3D打印衬砌的材料设计、界面优化和工程应用提供支撑。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fsce/EN/10.1007/s11709-024-1012-3>

作者：袁勇等 来源：《工程·结构与土木工程》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发