

带肋 FRP 筋-混凝土界面黏结失效细观机理研究

Investigation on the mesoscopic mechanism of the interfacial bonding failure between ribbed FRP bar and concrete

章子华¹ 杨犇¹ 周春恒¹ 王轩¹

Zihua Zhang¹ Ben Yang¹ Chunheng Zhou¹ Xuan Wang¹

(1. 宁波大学土木工程与地理环境学院, 宁波 315211)

(1. School of Civil & Environmental Engineering and Geography Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

摘要: FRP 筋与混凝土之间良好的界面黏结性能是二者协同工作的基础。通过中心拉拔试验可以获得界面的黏结滑移关系, 但难以直接观测界面的黏结失效过程。既有的有限元模拟手段多基于宏观、二维和简化肋的模型, 无法准确描述 FRP 筋和混凝土之间的机械咬合作用, 也难以从本质上揭示 FRP 筋与混凝土界面黏结失效机理。本文基于厚壁圆筒理论提出了 FRP 筋-混凝土界面极限黏结强度计算模型, 模型考虑了界面破坏面夹角、混凝土保护层厚度、FRP 筋直径和混凝土强度对界面黏结强度的影响, 通过与试验结果对比验证了模型的准确性。分别采用自下而上建模方法与逆向工程建模方法建立 FRP 筋-混凝土中心拉拔试件的几何模型, 在细观水平上实现了带肋 FRP 筋拔出全过程的精细有限元模拟。在此基础上, 探讨了肋尺寸对界面黏结性能的影响, 以及不同建模方法对模拟精度的影响。结果表明: 筋材表面形式对界面黏结滑移关系有显著影响。本文所提方法可以有效模拟 FRP 筋-混凝土界面黏结滑移曲线波动段, 获得筋肋剥离的破坏模式。增加肋高会显著提高极限黏结强度, 但会降低残余黏结强度。增加肋宽会导致峰值滑移量增加、极限黏结强度降低和残余黏结强度提高。适当的增加肋间距能改善界面黏结性能, 但肋距过大反而会降低界面黏结性能。与传统的自下而上建模方法相比, 逆向工程建模方法可以更加准确描述筋肋几何特征, 故基于该方法获得的界面黏结滑移曲线更加符合试验结果。

关键词: 厚壁圆筒模型; FRP 筋混凝土; 精细有限元; 逆向工程; 黏结滑移关系