

基于压电陶瓷的钢管混凝土组合结构界面损伤监测研究

许斌¹, 陈洪兵¹, 李俊¹

1. 湖南大学, 土木工程学院, 岳麓区橘子洲街道, 长沙市, 湖南省, 410082

引言: 钢管混凝土结构已被广泛应用于高层建筑中作为受力构件, 如何有效监测钢管与混凝土界面黏结质量, 是广受关注的问题。本研究运用 COMSOL Multiphysics®, 对基于压电波动法的钢管混凝土结构界面损伤监测进行耦合分析, 阐明缺陷对应力波传播的影响, 从而进一步指导压电超声检测技术在工程中的应用。

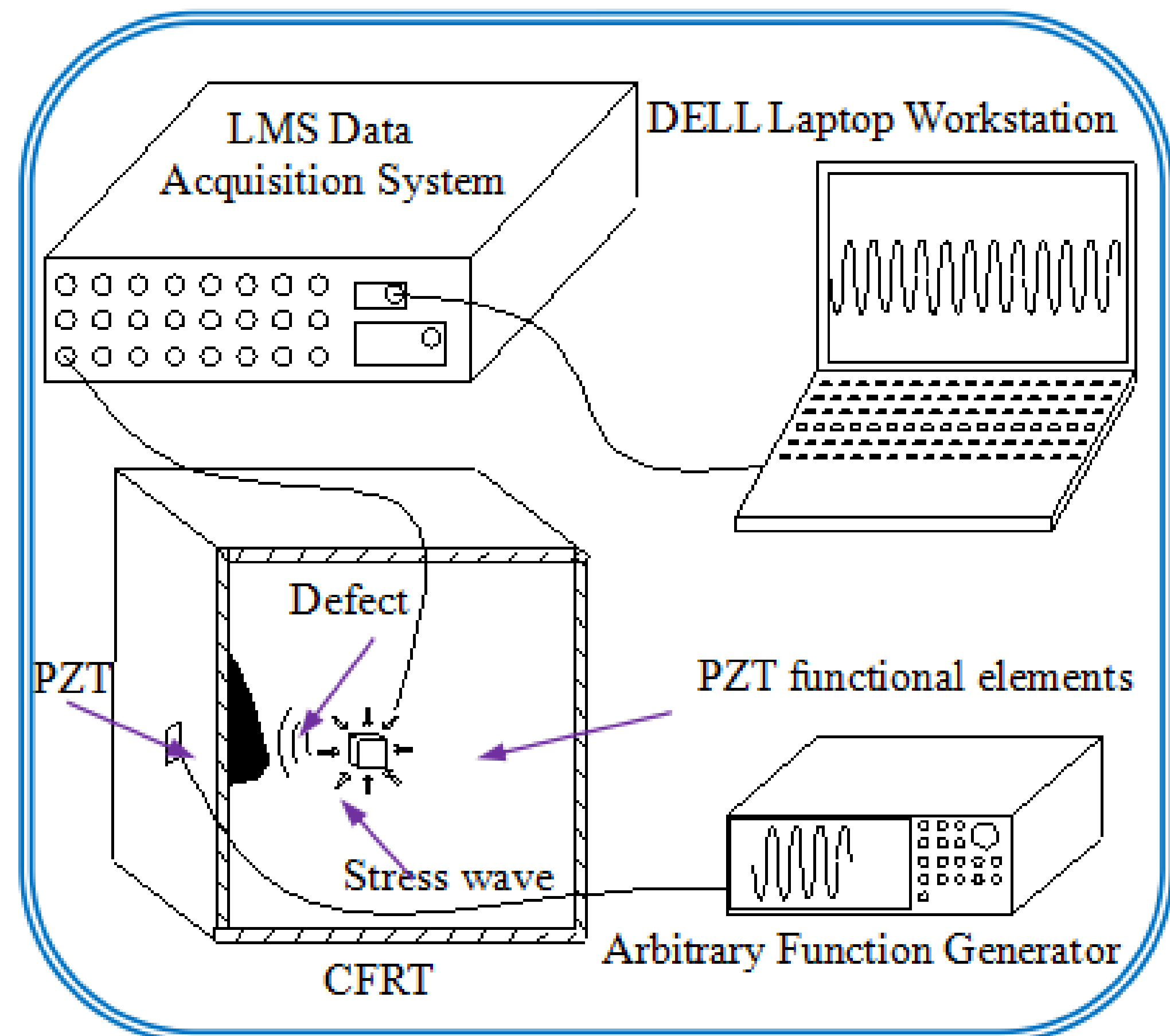


图 1. 基于PZT的波动法测试系统

计算方法: 利用有限元多物理场耦合理论, 将压电效应与钢管混凝土构件直接耦合, 分析应力波在构件中的传播特性以及界面剥离缺陷的识别机理。

$$\text{弹性力学基本假定: } \rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} = \nabla \cdot \mathbf{s} + \mathbf{F}_v \quad (1)$$

压电材料控制方程:

$$\mathbf{s} = \mathbf{S}_0 + \mathbf{c}_E : (\boldsymbol{\varepsilon} - \boldsymbol{\varepsilon}_0) - e^T \mathbf{E} \quad (2)$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{D}_r + e(\boldsymbol{\varepsilon} - \boldsymbol{\varepsilon}_0) - \boldsymbol{\varepsilon}_T \mathbf{E} \quad (3)$$

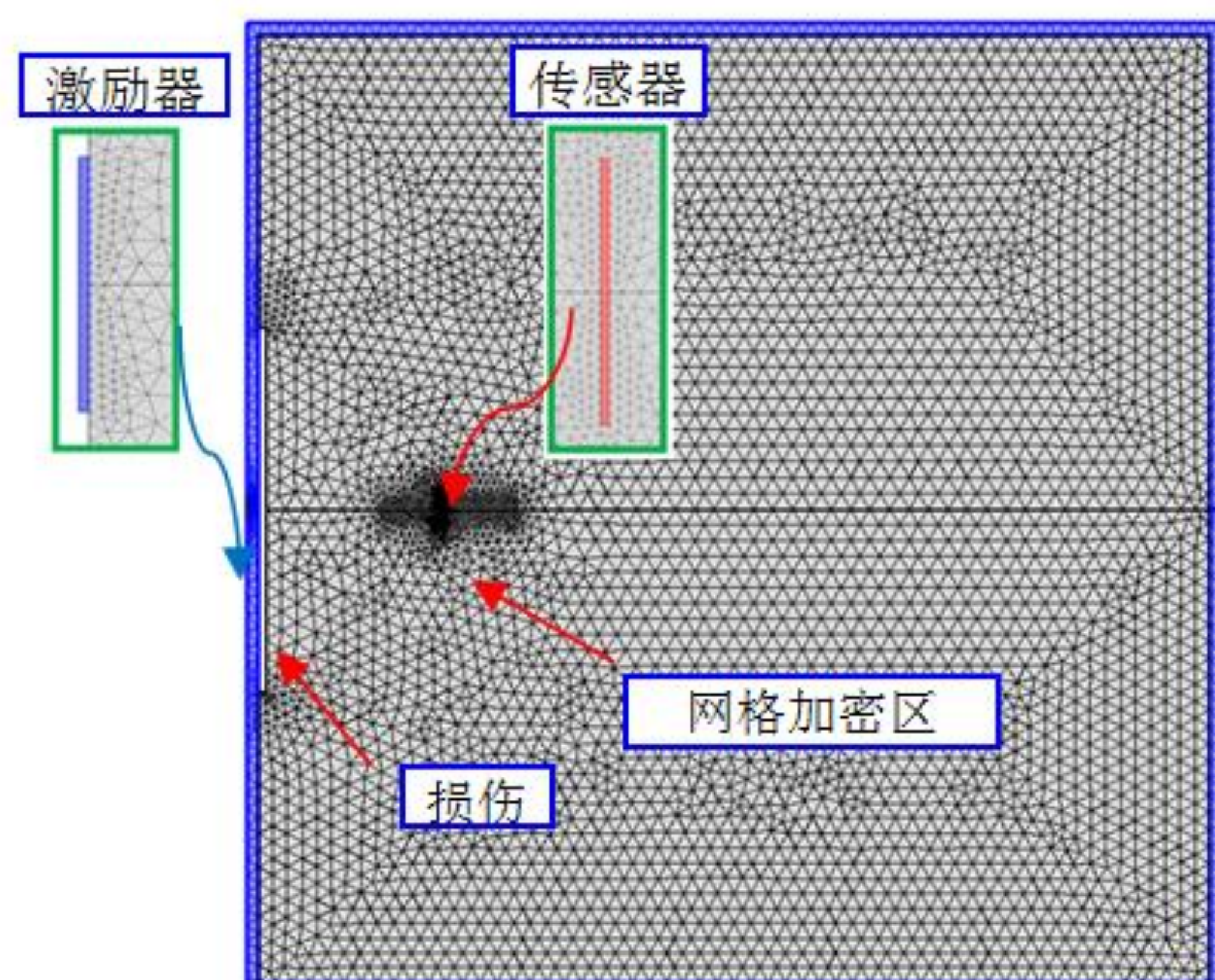


图 2. 有限元模型

结果: 应力波在钢管混凝土中传播存在反射、透射、绕射等多种传播形式。随着传播距离的增加, 波形幅值降低, 能量产生损耗, 剥离损伤改变了应力波的传播路径、时长、幅值等参数。

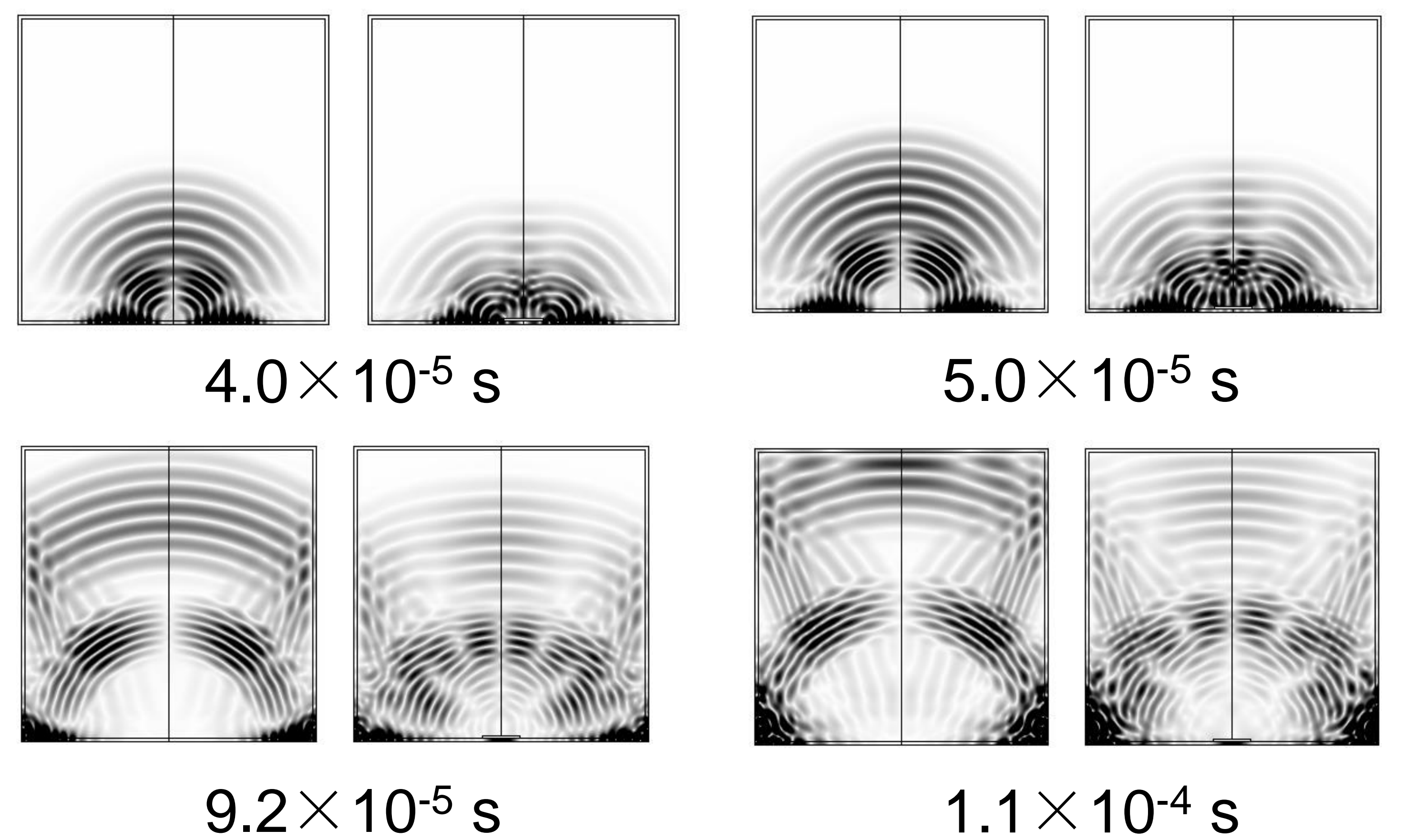


图 3. 不同时刻 t 的波场快照

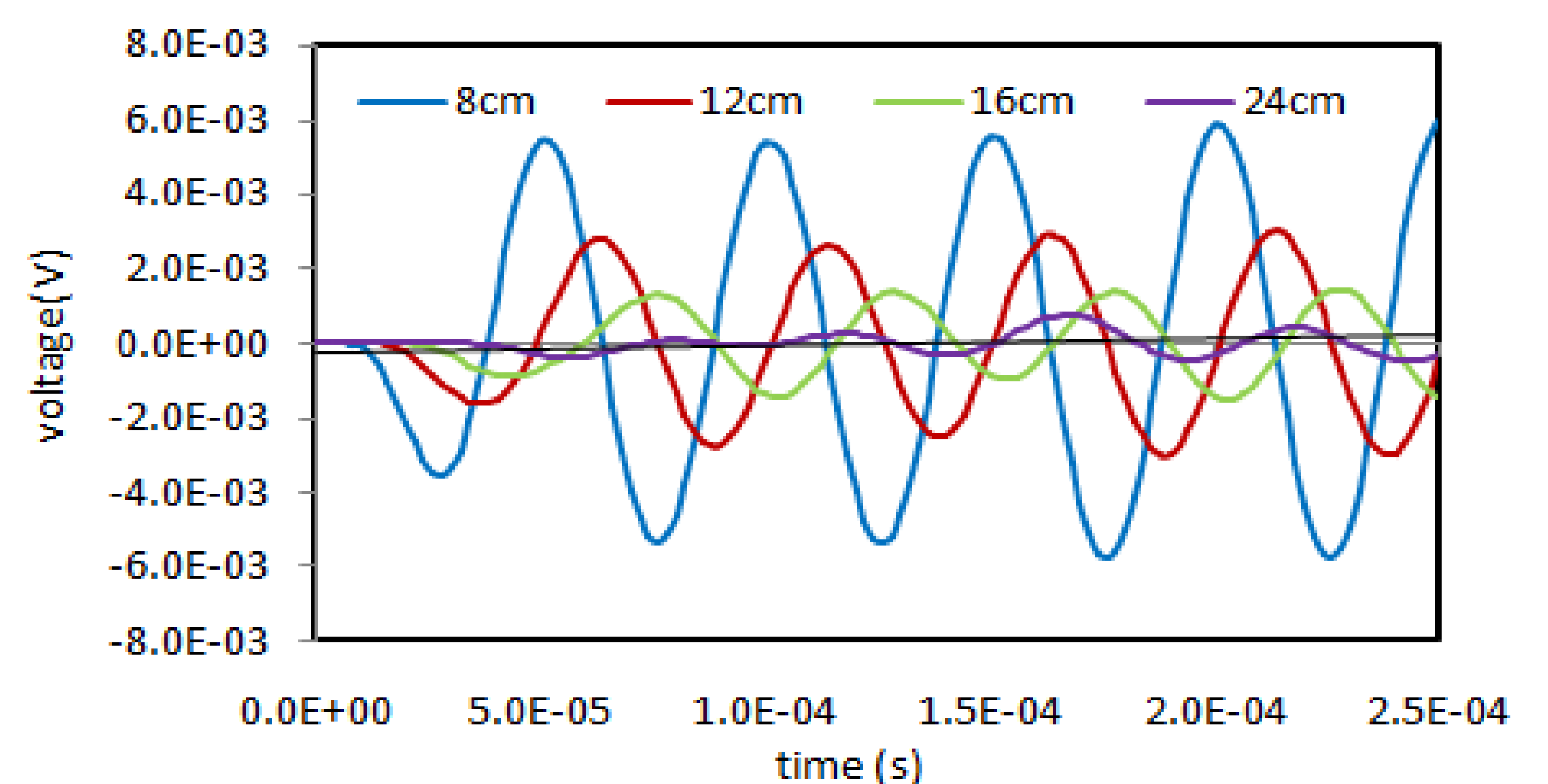


图 4. 改变接收间距时的输出电压

结论: 结合 COMSOL 有限元多物理场分析理论, 对基于压电的钢管-混凝土组合结构界面剥离缺陷的识别机理进行了深入分析。通过对应力波传播的时程分析, 直观地揭示了应力波在钢管混凝土中的传播特点。

参考文献:

1. 许斌, 李冰, 宋刚兵, 滕军, 令狐延. 基于压电陶瓷的钢管混凝土柱剥离损伤识别研究 [J]. 土木工程学报, 2012, 45 (7): 86-96.
2. Xu B, Li B, Song G. Active Debonding Detection for Large Rectangular CFSTs Based on Wavelet Packet Energy Spectrum with Piezoceramics [J]. Journal of Structural Engineering, 2012, 139(9): 1435-1443.