

# 不同锈蚀模式对锈蚀钢-混凝土组合梁实验影响研究

王楚贺 石卫华

湖南科技大学土木工程学院

**摘要:** 在研究锈蚀钢-混组合梁的力学性能的过程中, 由于国内学者大多在进行氯盐以及硫酸盐等侵入性介质对钢-混组合梁的研究, 但是在不同锈蚀模式对腐蚀钢-混凝土力学性能实验的影响却少有研究, 本实验用到了人工气候环境来模拟自然环境的锈蚀形态以及电化学加速锈蚀模拟自然环境对钢筋的锈蚀两种锈蚀模式, 旨在探讨不同锈蚀模式对腐蚀钢-混凝土疲劳性能研究实验的影响。

**关键词:** 人工气候环境模拟; 电化学锈蚀; 栓钉锈蚀; 组合梁

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.10.023

## 一、前言

过去我国在钢-混结构中的设计中, 大多注意的都是其安全性及其适用性, 随着钢-混组合梁因其良好的力学性能以及适用性被普遍应用桥梁和建筑中, 另一大问题耐久性逐渐的被大家所关注, 钢梁锈蚀可以通过打

磨掉锈蚀部分, 刷防锈漆解决, 但是在实际使用中随着侵入性介质通过渗透作用沿着混凝土表面以及混凝土与钢梁的结合面进入到钢-混凝土组合梁内部会造成栓钉的锈蚀, 从而导致组合梁的力学性能下降<sup>[1]</sup>。本实验旨在探究不同锈蚀模式对锈蚀钢-混组合梁实验的影响。

## 二、实验概况

### (一) 试件设计与材料性能

本实验设计了4根完全相同的组合梁以及一根未锈蚀的组合梁作为对照组, 其中两根组合梁FSCB0-FSCB1用于人工气候环境模拟实验, 另外两根组合梁FSCB3-FSCB4则用于电化学锈蚀实验。本文所用构件长度1800mm, 钢梁截面为130mm×125mm×6.5mm的H型钢, 采用标号42.5的普通硅酸盐水泥, 构件设计强度为C40。构件尺寸如图2.1.1所示。构件混凝土力学性能如表2.1.1所示, 钢筋、栓钉以及钢梁材料性能如表2.1.2所示。

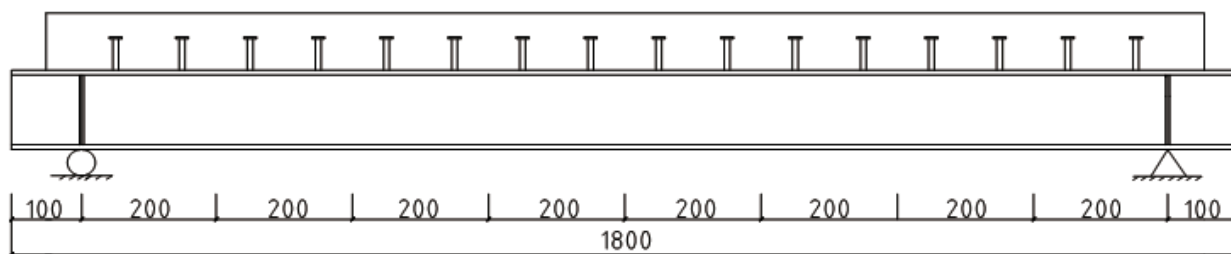


图 2.1.1 试件几何尺寸

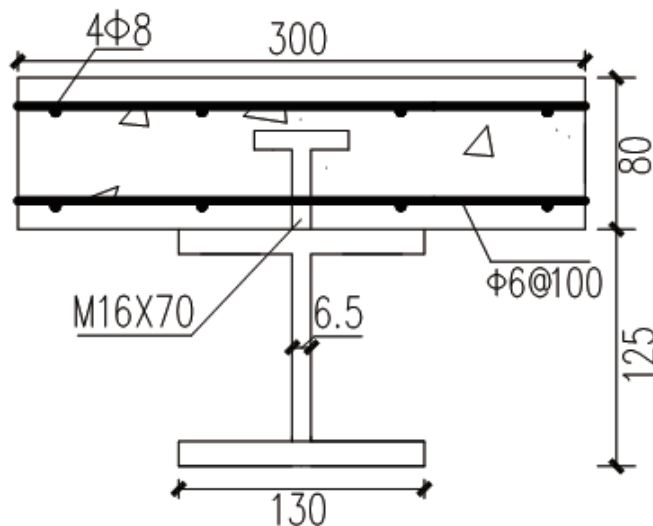


图 2.1.2 试件横截面尺寸及构造

表 2.1.1 混凝土力学性能

试件编号	立方体抗压强度 $f_{cu}$ (N/mm <sup>2</sup> )	弹性模量 $E_c$ / ( $\times 10^4$ /mm <sup>2</sup> )
SCB0	52.4	3.55
SCB1	49.6	3.40
SCB2	53.5	3.58
SCB3	52.7	3.54

表 2.1.2 钢梁、栓钉及钢筋材料性能

材料	屈服强度 $f_y$ /Mpa	极限强度 $f_u$ /Mpa	屈强比 $f_y/f_u$
栓钉	342	470	0.73
钢梁	315	430	0.73
钢筋	309	425	0.72

(二) 实验方案

在构件制作过程中，钢筋表面涂环氧树脂胶对钢筋进行防锈处理，试件在标准养护28天后取出，采用钢丝刷打磨方式去除钢梁表面锈迹<sup>[2]</sup>，将钢梁刷防锈漆待到防锈漆干后，将SCB0、SCB1放入人工环境模拟箱中进行模拟自然侵蚀的锈蚀形态，环境箱采用间断喷淋盐雾和干湿循环的方式。锈蚀制度为25℃喷淋5%氯化钠溶液1h和45℃烘干7h为一循环，待到试件达到预定时间后将其从环境箱中搬出，用清水洗去盐渍，再自然阴干。SCB2、SCB3的锈蚀模式为通电锈蚀模式如图2.2.1，先将构件混凝土部分放入5%的盐水中水平面与钢梁和混凝土交界面平齐浸泡14天如图2.2.2，使氯离子渗入到混凝土中之后取出构件。将梁端翼缘处打磨掉锈迹增强其导电性，再将钢板放到构件飞翼板上表面。恒定电源正极接钢梁，负极接钢板。将浸泡5%氯化钠的海绵铺到构件飞翼板上表面，如图2.2.3。

实验前期以10KN为一级加载，后期以位移1mm为一级来控制，稳定时间四分钟。观察组合梁的变形情况并且对挠度、应变、滑移进行采集，以组合梁承载力开始下降且跨中混凝土上表面被压碎为试件破坏的标准。之后破开混凝土取栓钉对其破坏形式进行研究分析。

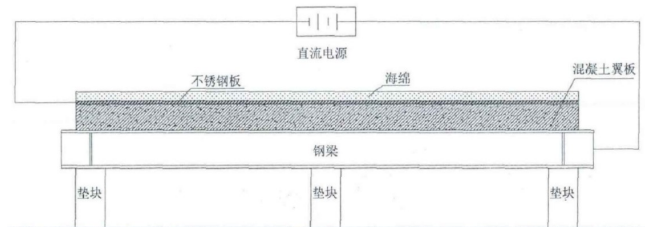


图 2.2.1 通电锈蚀装置



图 2.2.1 构件浸泡



图 2.2.2 通电锈蚀

三、实验结果以及分析

(一) 锈蚀结果

本实验通过随机取3个栓钉的实际直径平均值来计算栓钉的截面面积

$$\rho = (A_0 - A) / A_0$$

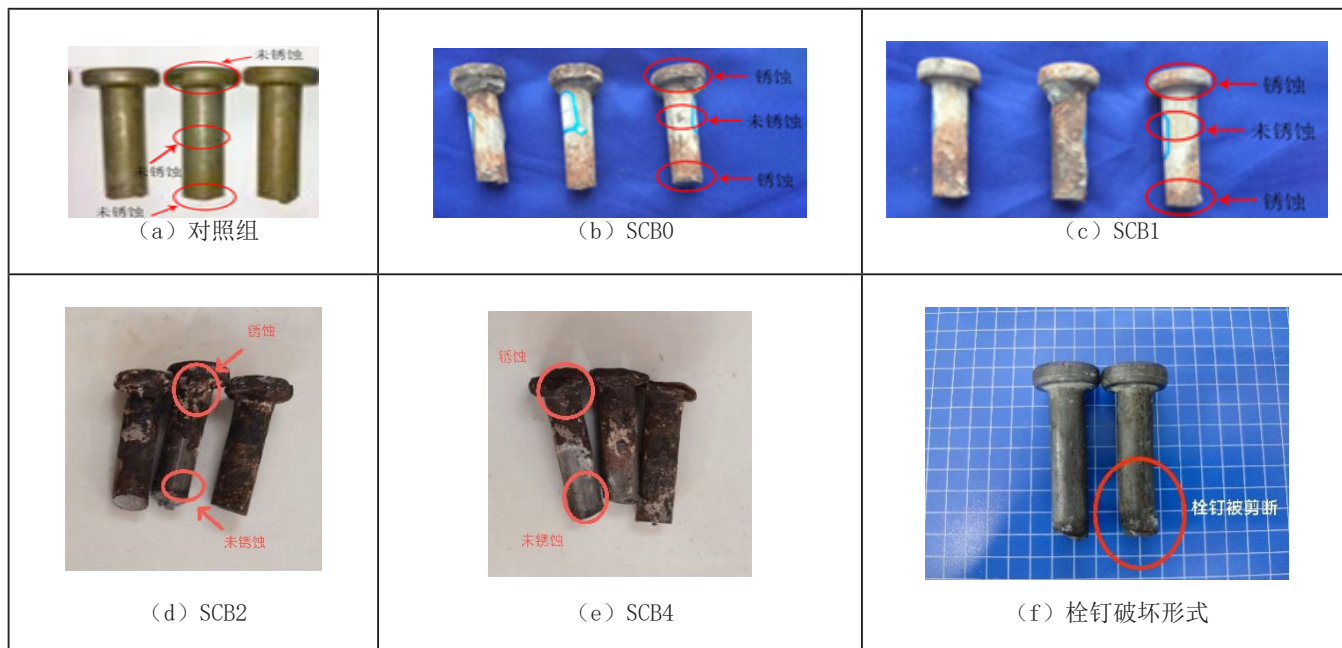
式中 $A_0$ 表示锈蚀前的栓钉截面面积， $A$ 表示锈蚀后的栓钉截面面积， $\rho$ 表示栓钉锈蚀率。本文通过控制栓钉实际锈蚀率来对比人工气候环境箱与通电锈蚀对锈蚀钢-混凝土组合梁实验影响进行研究。

表 3.1 锈蚀率

试件编号	锈蚀时间	锈蚀模式	栓钉锈蚀率 $\rho$ /%
对照组	0	无锈蚀	0
SCB0	5年	人工气候环境箱模拟锈蚀	4.2%
SCB1	5年	人工气候环境箱模拟锈蚀	3.8%
SCB2	25d	通电锈蚀	4.5%
SCB3	25d	通电锈蚀	4.1%

(二) 锈蚀结果分析

钢-混凝土组合梁在外荷载作用下发生变形，栓钉在传递剪力的同时，自身也发生变形，混凝土在压应力的作用下也会发生变形，引起钢梁和混凝土板之间发生相对移动而产生滑移<sup>[3]</sup>在压应力作用下，组合梁发生变形由栓钉来承担抗剪作用如图3.1(f)，组合梁栓钉根部被剪断。图3.1为破开混凝土后栓钉锈蚀情况，从图



中可知，人工气候环境箱模拟锈蚀构件栓钉的锈蚀部分为栓钉头部和根部，说明氯离子通过混凝土渗透作用到达栓钉头部以及通过混凝土与钢梁的结合面渗入到达栓钉根部。而电化学锈模式中，栓钉锈蚀部分主要为栓钉的头部，说明氯离子主要渗透路径为混凝土翼缘上表面。

#### 四、结论

在实际工程中，由于侵入性介质会全方位的侵入构件之中，侵入性介质不可避免的会沿着混凝土与钢梁的交界面侵入到构件中对栓钉根部造成锈蚀，而构件剪应力主要是由栓钉根部承担。相较而言人工气候环境箱模拟更贴近于构件使用情况。对于电化学加速锈蚀模式而

言应考虑栓钉根部锈蚀程度不足对实验造成的影响。

#### 参考文献

- [1] 石卫华. 考虑耐久性的钢-混凝土组合梁结构力学性能研究及可靠性分析[D]. 中南大学, 2013.
- [2] Bertoa L, Simionib B, Saettab B. Numerical modelling of bond behaviour in RC structures affected by reinforcement corrosion[J]. Engineering Structures, 2008, 30 (7) : 1375-1385
- [3] 孙文彬. 部分剪力连接钢-混凝土筒支组合梁滑移性能分析[J]长沙交通学院学报, 2001, 17 (4) : 55-59.

