

文章编号: 1001-4888(2018)02-0290-09

酸雨腐蚀后圆钢管再生混凝土柱偏压试验研究^{*}

黄宏^{1,2}, 周璐^{1,2}, 陈梦成^{1,2}, 徐传国^{1,2}, 杨超^{1,2}

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西南昌 330013; 2. 江西省建筑过程模拟与控制重点实验室, 江西南昌 330013)

摘要: 为模拟酸雨环境腐蚀条件下试件极限承载力的变化, 进行了 9 根圆形截面钢管混凝土柱的偏心受压试验, 试验综合考虑了偏心距、骨料类型和腐蚀程度三个主要参数, 研究了在通电条件下加速试件在酸雨环境下的腐蚀速度的机理; 分析了偏心距、骨料类型和腐蚀程度对试件的极限承载力影响; 并将有限元软件模拟计算与实际试验进行了比对。试验结果表明: 使用通电法加速试件在酸雨环境下的腐蚀速率, 在一定程度上, 法拉第电化学腐蚀定律适用该通电加速腐蚀试验; 随着偏心距和腐蚀程度的增加, 试件的极限承载力均呈现出降低的趋势, 而骨料类型(普通、再生)却对其不存在显著的影响; 利用有限元软件 ABAQUS 对所有圆形截面钢管混凝土偏心受压柱的极限承载力进行模拟, 试验结果与之吻合度较高。

关键词: 酸雨腐蚀; 圆钢管再生混凝土柱; 偏压; 极限承载力; ABAQUS 有限元分析软件

中图分类号: TU398 **文献标识码:** A **DOI:** 10.7520/1001-4888-16-201

0 引言

圆钢管混凝土结构具有施工方便、受力性能好和良好的经济效益等优点, 在建筑物结构中应用颇为广泛, 然而现代社会环境污染不断加重, 受酸雨腐蚀的建筑物随之增加, 建筑物的寿命大大减少, 伴随着废弃混凝土的排放量日益增加, 混凝土的需求量也越来越大, 而再生混凝土^[1]则是通过将已废弃的混凝土破碎整理, 然后替代天然骨料进行配制而成, 因此酸雨腐蚀下圆钢管再生混凝土偏心受压柱的研究很有意义。

目前, 已有学者对酸雨环境下混凝土的力学性能进行了相关的研究, 张英姿等^[2]通过将 C40 混凝土块放置在不同酸雨环境中进行腐蚀试验, 得出了其力学性能的变化规律。许崇法等^[3]研究了混凝土在酸雨及荷载等因素影响下的中性化规律及耦合效应。叶良等^[4]研究了在酸雨环境下腐蚀后, 再生混凝土的耐久性性能变化。Zha 等^[5]研究了在酸雨环境侵蚀下普通混凝土与再生混凝土质量损失和破碎强度等性能指标的变化。此外, 也有学者对再生混凝土受压柱同时进行了相关的研究, 陈宗平等^[6]对型钢再生混凝土偏心受压柱的力学性能开展了研究。陈宗平等^[7]还研究了方形截面钢管再生混凝土偏心受压长柱的承载性能。陈梦成等^[8]对在不同骨料类型的情况下钢管再生混凝土柱的力学性能变化进行了研究。Zhang 等^[9]以再生粗骨料取代率为变化参数, 研究了钢管再生混凝土柱的力学性能。而目前尚未见关于酸雨腐蚀后圆钢管再生混凝土偏压柱研究的报道。

本文对在酸雨环境下腐蚀后的圆形截面钢管再生混凝土偏心受压柱力学性能进行了研究。基于试验结果, 考察了通电法加速试件在酸雨环境下的腐蚀速度机理; 并分析了偏心距、骨料类型和腐蚀程度

^{*} 收稿日期: 2016-10-08; 修回日期: 2017-04-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(51378206, 51008122), 江西省青年科学基金项目(20143ACB21020), 江西省青年科学家培养对象(20133BCB23015)

通讯作者: 黄宏(1977—), 女, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事组合结构研究。Email: huanghong1977@foxmail.com

分别对试件极限承载力的影响；最后，将有限元软件模拟计算与实际试验两者之间进行对比。

1 试验概况

1.1 试验设计与加工

试验考虑了三个主要变化参数：腐蚀程度、骨料类型和偏心距，共设计 4 根圆形截面钢管普通混凝土柱和 5 根圆形截面钢管再生混凝土柱，表 1 为试件的具体参数。

表 1 试件参数一览表
Tab. 1 Parameters of specimens

试件编号	$B \times L$ /mm $\times$ mm	t /mm	λ /mm	e /mm	f_y /MPa	f_{cu} /MPa	β	N_{ue} /kN	N_{uc} /kN	N_{uc}/N_{ue}
NC-50-0	165 $\times$ 1100	3.640	26.7	50	333.3	54.1	0%	970	915	0.943
NC-50-1	165 $\times$ 1100	3.289	26.7	50	333.3	54.1	10%	900	864	0.960
NC-25-2	165 $\times$ 1100	2.913	26.7	25	333.3	54.1	20%	1220	1152	0.944
NC-50-2	165 $\times$ 1100	2.913	26.7	50	333.3	54.1	20%	800	745	0.931
RC-25-0	165 $\times$ 1100	3.640	26.7	25	333.3	52.7	0%	1340	1256	0.937
RC-50-0	165 $\times$ 1100	3.640	26.7	50	333.3	52.7	0%	850	821	0.966
RC-50-1	165 $\times$ 1100	3.289	26.7	50	333.3	52.7	10%	820	794	0.968
RC-25-2	165 $\times$ 1100	2.913	26.7	25	333.3	52.7	20%	1190	1146	0.963
RC-50-2	165 $\times$ 1100	2.913	26.7	50	333.3	52.7	20%	740	723	0.977

注：NC 代表普通混凝土（normal concrete）；RC 代表再生混凝土（recycled concrete）；25、50 分别代表偏心距大小；0、1、2 分别代表试件腐蚀程度为 0%、10%、20%；B 为试件截面宽度；L 为试件长度；t 为钢管壁厚；λ 为长细比（λ=L/i，i 为截面回转半径）；e 为偏心距；f_y 为钢管的屈服强度；f_{cu} 为混凝土立方体抗压强度；β 为腐蚀程度（β=δ/t，δ 为钢管厚度的减少量）；N_{ue} 为试件偏心受压极限承载力实测值；N_{uc} 为试件偏心受压极限承载力模拟值。

试验中所用的圆钢管为直缝焊管，试件两端分别设有厚度为 10mm 且大于钢管截面的方形盖板。试验中混凝土分别使用普通混凝土与再生混凝土，水泥为 425 号普通硅酸盐水泥，对于普通混凝土，每立方米的材料用量为：水泥 454kg，天然粗骨料 1161kg，砂 547kg，水 173kg；对于再生混凝土，使用颚式破碎机对已服役 50 年强度为 C40 的混凝土梁进行破碎和筛选以获得再生普通粗骨料，试验中再生普通粗骨料取代率设置为 50%，每立方米的材料用量分别为：水泥 454kg，天然粗骨料 581kg，再生普通粗骨料 581kg，砂 547kg，水 182kg。

在进行混凝土的浇筑之前，先在圆形钢管一端焊接好方形盖板，将圆形钢管焊有方形盖板的一端贴地并竖立，分四次进行浇筑混凝土，每一次浇筑后都使用插入式振捣棒对其进行振捣至密实，当试件全部浇筑好后，将之放置于自然环境下进行养护，时长为两周，将钢管内混凝土表面的浮浆凿除，然后在混凝土上涂抹高强环氧砂浆至与钢管截面齐平，再在另一端焊上盖板。

通过进行拉伸试验来确定圆形截面钢管的材料性质，而混凝土抗压强度 f_{cu} 则通过同条件养护下的边长为 150mm 的立方体试块测得。

1.2 腐蚀试验

本文试验模拟酸雨环境下圆钢管混凝土偏心受压柱的腐蚀，采用全浸泡试验法对 6 根圆钢管混凝土柱进行不同程度的腐蚀，腐蚀的具体装置如图 1(a) 所示。置于盆中的试件作为阳极，在盖板上焊接螺杆连接电源的正极，将阴极板放于试件周围且不可与试件相接触以防电路发生短路，盆中阴极板与电源的负极通过电线进行连接，将通过试件的恒定电流大小设定为 1.3A，而试件在酸雨环境下的腐蚀速率则是通过采用通电的方法来进行调节。

通电前，在试件沿长度方向每隔 40mm 便使用白色修正液进行标记，以便每次使用单向爪数显卡

尺对试件进行测量以达到减小误差产生的目的,盆中人工调制的酸雨溶液通过加入硝酸使其 pH 值达到 2.3 左右。酸雨溶液成分见表 2,随着试件不断被腐蚀,盆中溶液由浅绿色转为墨绿色,最后呈现出红褐色,如图 1(b)所示。

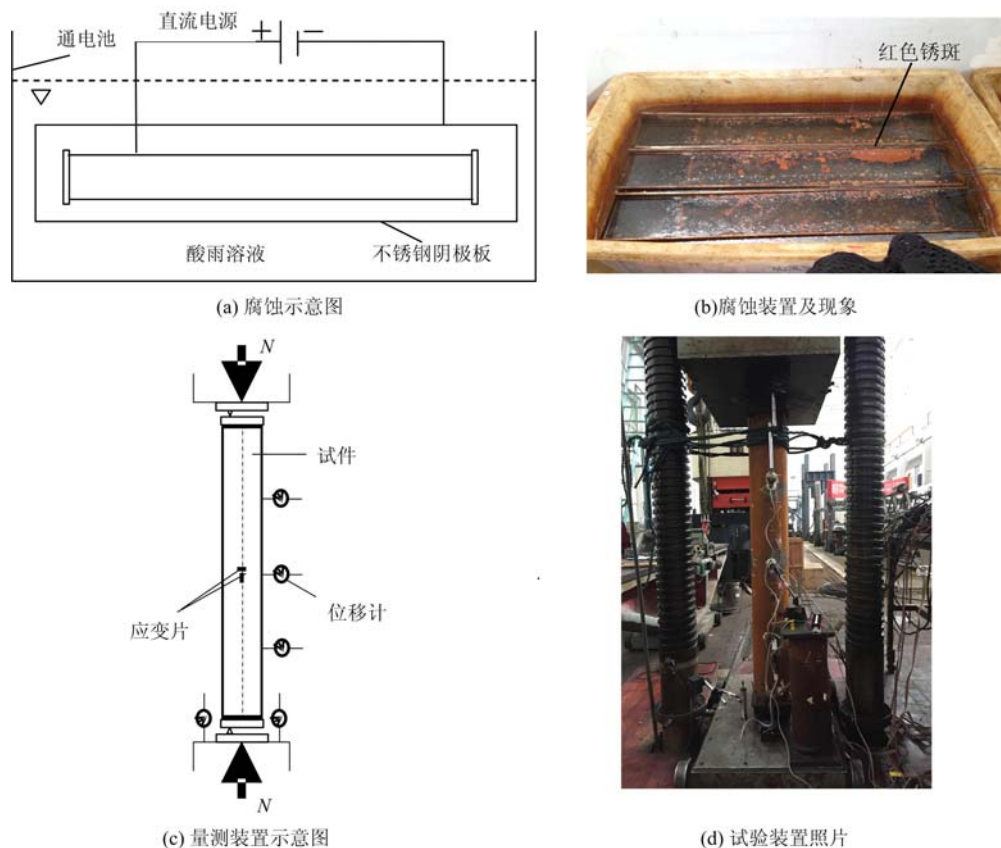


图 1 试验装置图

Fig. 1 The experimental setup

表 2 酸雨溶液成分

Tab. 2 Components of acid rain

盐的种类	MgSO ₄	NaSO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	Ca(NO ₃) ₂
含量/(g/L)	0.240	0.994	0.132	0.164

每周对钢管厚度进行测量,通过使用单向爪数显卡尺测得试验数据,将数据分析整理,得出每周实测腐蚀厚度值为上周实测钢管厚度值与本周实测钢管厚度值之差。厚度具体变化情况表如表 3 所示,每周理论腐蚀厚度值则根据法拉第电解第一定律(式(1))来进行计算,即金属在电解质溶液环境中发生电化学反应而被腐蚀,流过金属的电量为腐蚀量呈现线性关系,通过计算圆钢管混凝土偏心受压柱在酸雨溶液中的理论腐蚀值,确定每周的理论腐蚀厚度。

$$\Delta w = \frac{M}{nF} Q = k I \Delta t \quad (1)$$

式中, Δw 为金属在 Δt 内的腐蚀量, kg; Q 为金属在 Δt 内流过的电量, C; F 为法拉第常数, $1F=96485C$; n 为金属被氧化腐蚀时失去的价电子个数; k 为金属电化学当量, $k=M/(n \cdot F)$, g/(A · s); M 为金属原子量, g/mol; I 为流出阳极金属的电流, A。

测试结果表明:在腐蚀初期,每周的实测钢管腐蚀厚度值均略低于理论钢管腐蚀厚度值,产生这种现象的主要原因是由于钢板表面钝化膜的存在,对钢管有着保护的作用;随着腐蚀时间增加,每周的实测圆钢管腐蚀厚度值与理论腐蚀厚度值都较为相近,后期更是稍微快于理论腐蚀厚度值,由此表明圆钢管的腐蚀规律在一定程度上证明了法拉第第一电解定律。

表 3 典型试件的钢管厚度变化情况表
Tab. 3 Variation of steel tube thickness

时间(周)	0	1	2	3	4	5	6	7
理论厚度/mm	3.640	3.589	3.538	3.487	3.436	3.385	3.334	3.283
实测厚度/mm	3.640	3.592	3.543	3.494	3.444	3.393	3.342	3.289
每周理论腐蚀厚度/mm	—	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051
每周实测腐蚀厚度/mm	—	0.048	0.049	0.049	0.050	0.051	0.051	0.053
时间/周	8	9	10	11	12	13	14	
理论厚度/mm	3.232	3.181	3.130	3.079	3.028	2.977	2.926	
实测厚度/mm	3.237	3.184	3.131	3.077	3.022	2.967	2.913	
每周理论腐蚀厚度/mm	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
每周实测腐蚀厚度/mm	0.052	0.053	0.053	0.054	0.055	0.055	0.054	

1.3 力学试验

试验在华东交通大学重点实验室 NYL-500t 液压机上进行。为了对试验过程中试件的横向和竖向应变变化情况进行观察,在试件的对面两侧(即受拉区、受压区)四分点位置上分别布置直角应变片,在试件另两侧中部也分别布置一个直角应变片,沿着试件受拉区四分点处各布置一个电测位移计以精准测量试件的挠度,且将两个位移计设置于试件端部以测量试件的纵向总变形。图 1(c)和(d)为量测装置示意图与试验装置照片,试验中通过加载板对试件进行加载,为了精准加载位置,在加载板上设置凹槽,同时为了保证加载的顺利进行,将加载板与盖板通过螺杆进行连接。

试验中采用分级加载制度,于试验正式开始之前对试件进行预加载,使试件与加载板有一个良好的吻合过程,并同时观察应变仪读数。当试件处于弹性阶段时,以预计极限荷载的 1/10 为每级所加荷载值,当圆钢管发生屈服后,将每级所加荷载由 1/10 调整为 1/15,且每次需进行时长约为三分分钟的持荷过程,当试件临近破坏时,缓慢加载,直至进行到试验下降段,所加荷载约为极限荷载的 60%时,即可停止试验。试验全程采用计算机数据采集仪对测点的应变与位移进行自动采集。

2 试验结果分析

2.1 试验现象分析

通过对试验全过程进行观察可知,试验的全过程均在一个很好的控制范围之内,圆形截面钢管混凝土偏心受压构件有着较强的极限承载能力和较好的延性。当试件于受荷初期即处于弹性阶段时,试件跨中挠度变形很小,整体均不存在较大的形变;直至施加的外荷载为预计极限荷载的 70%左右时,于试件的中部,试件侧向弯曲变形较为明显。整体试件的破坏形态如图 2(a)所示,图 2(b)为试件的典型破坏状态图,由图可知,圆钢管混凝土柱内部混凝土并没有被压碎,裂缝明显。

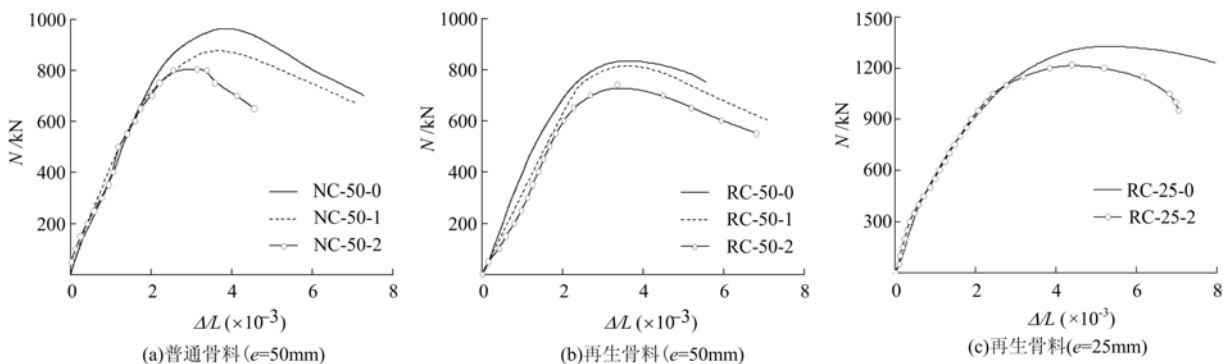
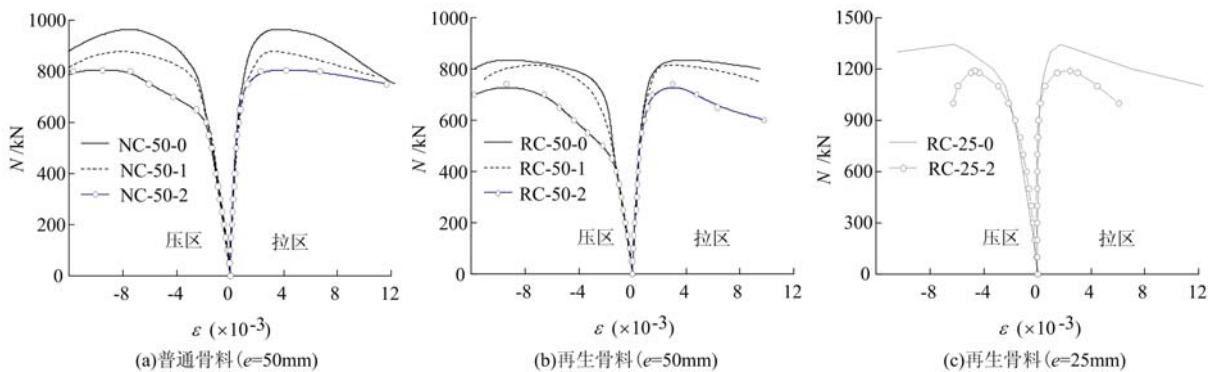
2.2 腐蚀程度的影响

图 3 为从试验中获得的同骨料类型与同偏心率、不同腐蚀程度情况下所施加荷载(N)与相对压缩率(即为竖向位移 Δ 与构件总长度 L 之比)的关系曲线图。在骨料类型和偏心距相同的条件下,随着腐蚀程度的增加,试件的承载力明显地呈现下降的趋势,部分试件弹性阶段的刚度有所降低,试件后期的延性也存在降低的趋势。图 4 为同骨料类型与同偏心率、不同腐蚀程度情况下,从试验中获得的施加荷载(N)与试件受拉区、受压区的中部横向应变的关系曲线图。在受压区应变数值用负数进行表示,于受拉区则用正数。在偏心距相同的情况下,试件的施加荷载—中部横向应变关系曲线相似。弹性阶段的应变增加较为缓慢,施加荷载与中部横向应变大致呈线性关系。而当所施加荷载达到极限荷载的 70%~85%时,钢材发生屈服,同时应变快速增加,出现了拐点,所施加荷载与应变则呈非线性关系。腐蚀程度对施加荷载—应变关系曲线的影响规律与对施加荷载—相对压缩率关系曲线的影响规律相同。



图 2 试件破坏形态

Fig. 2 Failure modes of specimens

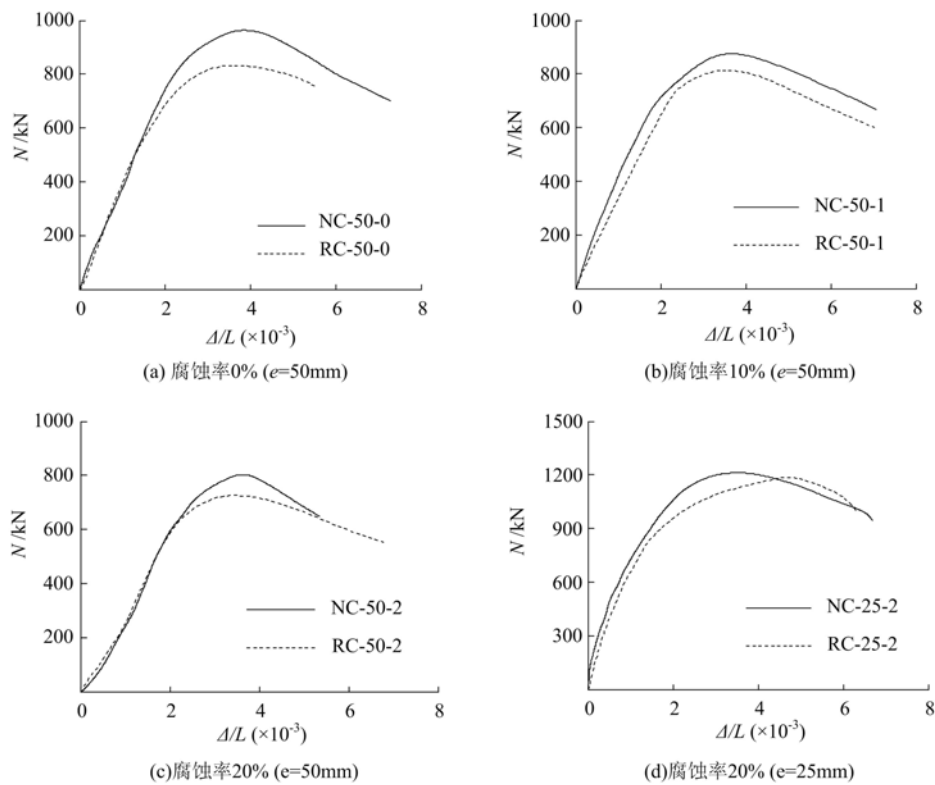
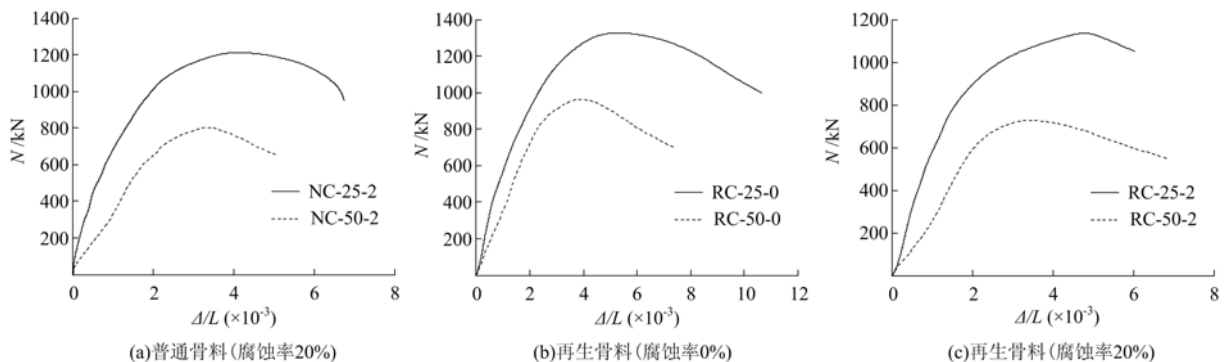
图 3 腐蚀程度影响下荷载 (N) 和相对压缩率 (Δ/L) 关系曲线Fig. 3 Load (N) versus relative compression rate (Δ/L) curves with different corrosion degree图 4 腐蚀程度影响下荷载 (N) 与受压和受拉区边缘纤维处应变 (ϵ) 关系曲线Fig. 4 Compressive load (N) versus extreme fiber strains (ϵ) with different corrosion degree

2.3 骨料类型的影响

图 5 为从试验中获得的不同骨料类型情况下所施加荷载 (N) 与相对压缩率 (Δ/L) 的关系曲线图。在同腐蚀程度和同偏心距的条件下,试件的刚度、延性差别并不大,而再生混凝土的极限承载力稍低于普通混凝土。

2.4 偏心距的影响

图 6 为从试验中获得的不同腐蚀程度与同骨料类型,不同偏心距条件下所施加荷载 (N) 与试件的相对压缩率 (Δ/L) 的关系曲线图。在同腐蚀程度和骨料类型的情况下,随着偏心距的增大,试件的极限承载力降低,而于弹性阶段,试件相对压缩率增大,刚度下降。

图5 骨料类型影响下荷载(N)和相对压缩率(Δ/L)关系曲线Fig. 5 Load (N) versus relative compression rate (Δ/L) curves with different types of aggregate图6 偏心距影响下荷载(N)和相对压缩率(Δ/L)关系曲线Fig. 6 Load (N) versus relative compression rate (Δ/L) curves with different eccentricity

3 理论分析

3.1 有限元建模

通过使用 ABAQUS 对试验中圆形截面钢管混凝土偏心受压构件进行建模计算分析,对受腐蚀的圆钢管管壁的厚度进行折减并进行有限元模拟。(1)单元类型的选取与网格划分:通过结构化网格划分技术将圆钢管、盖板以及混凝土划分成 8 节点减缩积分格式的三维实体单元(C3D8R)^[10]。构件计算模型如图 7 所示。(2)材料的本构关系模型:模型中钢材的本构关系采用有限元软件中的塑性分析模型^[11],该模型使用各向同性的强化准则,且钢材的本构关系并不考虑其受到酸雨腐蚀的影响。普通混凝土的本构关系模型采用塑性损伤模型^[11],而再生混凝土的本构关系模型则采用杨有福推导的再生混凝土本构关系模型^[12]。(3)钢管与混凝土的界面模型:钢管与混凝土之间的法向、切向接触分别选用“硬接触”和库仑摩擦模型^[11],摩擦系数 μ 取 0.6,圆钢管与盖板则采用绑定约束。(4)边界条件:采用全构件模型进行建模模拟分析,对构件的上盖板采用竖向位移加载,而下盖板作为一个固定端,约束 x 、

y 、 z 方向的位移,如图 7 所示。

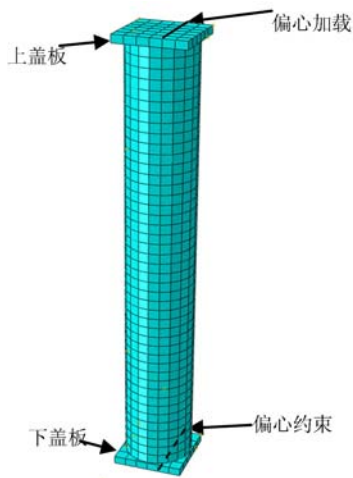


图 7 构件计算模型

Fig. 7 Calculation model



(a) 试验破坏形态



(b) 理论破坏形态

图 8 典型试件破坏形态比较

Fig. 8 Comparison of failure modes

3.2 破坏模式对比

典型试件的试验破坏形态如图 8 所示,将其与有限元理论破坏形态进行对比,理论模型与试验试件均在跨中部位出现不同程度的侧向弯曲且并未出现明显的鼓曲。

3.3 $N-\Delta/L$ 关系曲线对比

通过有限元方法对试件进行模拟分析计算,将有限元计算所得荷载—相对压缩率关系曲线与试验实测所得的关系曲线进行比较,见图 9,试件极限承载力值如表 1 所示,试件极限承载力模拟值与实测值之比的均值为 0.953,均方差为 0.018。在弹性阶段,有限元模拟曲线与试验实测曲线较为吻合,当曲线进入下降阶段,两者之间较为偏离,这可能是混凝土后期持续受荷,裂缝迅速扩展导致的。

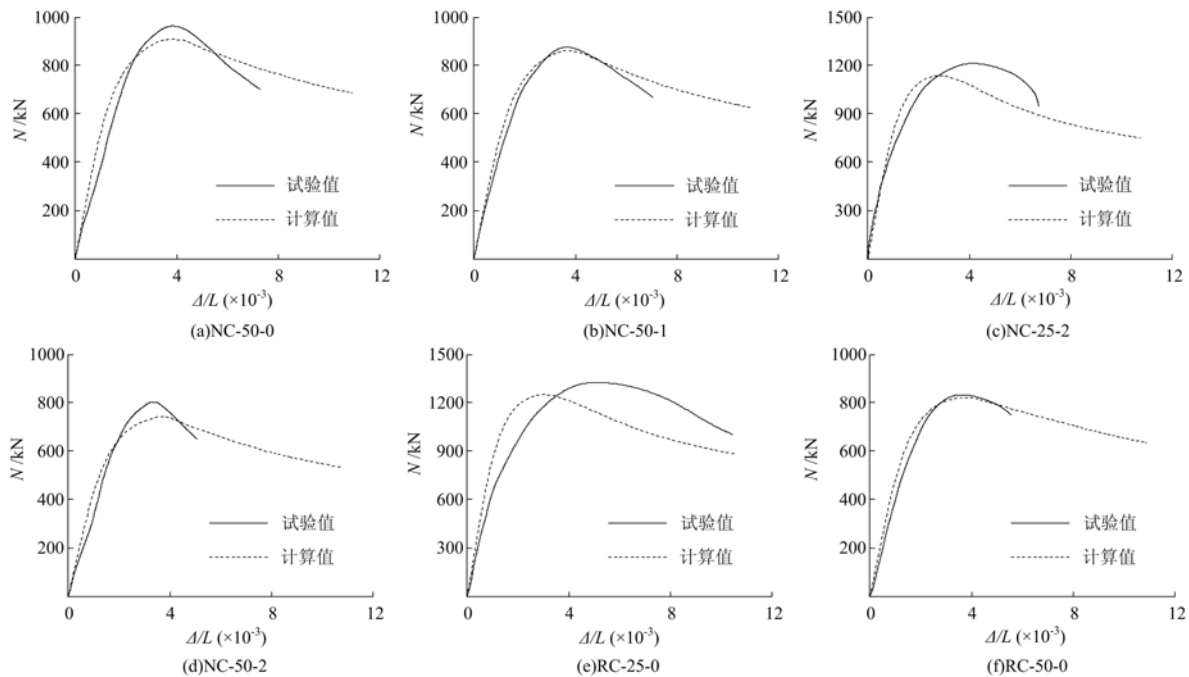


图 9 有限元计算曲线与本文试验曲线比较

Fig. 9 Comparisons of calculated load versus deformation curves with test results

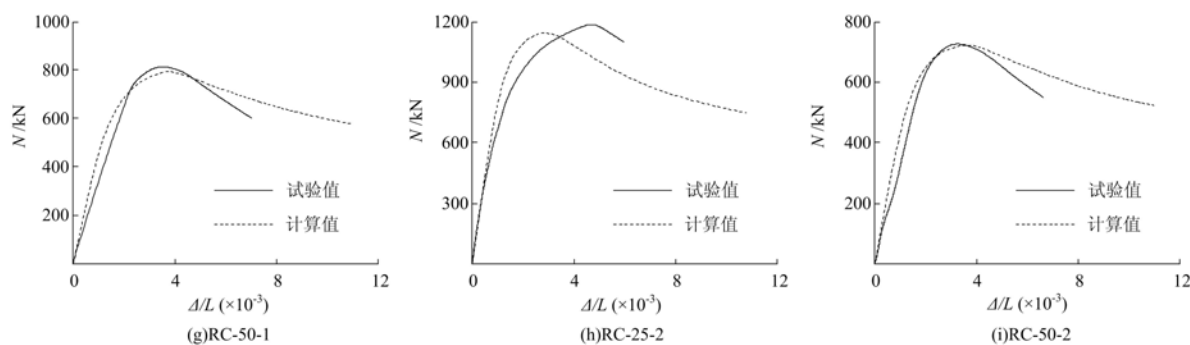


图9(续) 有限元计算曲线与本文试验曲线比较

Fig. 9 Comparisons of calculated load versus deformation curves with test results

4 结论

基于上述试验结果,可初步得到如下结论:

- (1) 在一定程度上,腐蚀试验可以使用法拉第电化学腐蚀定律来对酸雨环境下的钢管厚度进行预测。
- (2) 试件的承载力随腐蚀程度的增加而降低,且弹性阶段的刚度与后期延性均受腐蚀程度的影响而有所下降。
- (3) 再生混凝土试件与普通混凝土试件的刚度、延性相差并不大,而普通混凝土的极限承载力稍高于再生混凝土。
- (4) 偏心距越大,试件的极限承载力越小,弹性阶段的相对压缩率越大,而刚度则呈现下降趋势。
- (5) 对于所有试件,弹性阶段的有限元模拟计算曲线与试验曲线吻合良好。

参考文献:

- [1] 吴炎海,方映平,冯文贤,等. 钢管再生混凝土柱轴压受力性能试验研究[J]. 南昌大学学报(工科版), 2015(1):27—33 (WU Yanhai, FANG Yingping, FENG Wenxian, et al. Experimental study on mechanical behavior of recycled concrete filled steel tubular columns under axial compression [J]. Journal of Nanchang University (Engineering Science Edition), 2015(1):27—33 (in Chinese))
- [2] 张英姿,范颖芳,刘江林,等. 模拟酸雨环境下C40混凝土抗压性能试验研究[J]. 建筑材料学报, 2010, 13(1):105—110 (ZHANG Yingzi, FAN Yinfang, LIU Jianglin, et al. Experimental study on compressive strength of C40 concrete under simulated acid rain [J]. Journal of Building Materials, 2010, 13(1):105—110 (in Chinese))
- [3] 许崇法,曹双寅,范沈龙,等. 应力、碳化及酸雨作用下混凝土中性化试验研究[J]. 土木工程学报, 2014(5):64—70 (XU Chongfa, CAO Shuangyin, FAN Shenrong, et al. Study on the neutral test of concrete under the action of stress, carbonation and acid rain [J]. China Civil Engineering Journal, 2014(5):64—70 (in Chinese))
- [4] 叶良,童芸芸,孙平平. 模拟酸雨环境下再生混凝土的电化学测试与分析[J]. 水利水电技术, 2015, 46(11):138—141 (YE Liang, TONG Yunyun, SUN Pingping. Electrochemical test and analysis of recycled concrete under simulated acid rain [J]. Water Conservancy and Hydropower Technology, 2015, 46(11):138—141 (in Chinese))
- [5] Zha X X, Lu J K. Study of durability of recycled concrete under the environment of the acid rain[J]. Applied Mechanics & Materials, 2011, 71-78:5042—5045.
- [6] 陈宗平,钟铭,陈宇良,等. 型钢再生混凝土偏压柱受力性能试验及承载力计算[J]. 工程力学, 2014(4):160—170 (CHEN Zongping, ZHONG Ming, CHEN Yuliang, et al. Mechanical behavior test and bearing capacity calculation of eccentric compression columns under eccentric compression [J]. Engineering Mechanics, 2014(4):160—170 (in Chinese))
- [7] 陈宗平,郑述芳,李启良,等. 方钢管再生混凝土柱偏心受压承载性能试验研究[J]. 建筑结构学报, 2012, 33(9):21—29 (CHEN Zongping, ZHEN Shufang, LI Qiliang, et al. Experimental study on the bearing capacity of recycled concrete filled square steel tubular columns under eccentric compression [J]. Journal of Architectural

- Structure, 2012, 33(9):21–29 (in Chinese))
- [8] 陈梦成, 刘京剑, 黄宏. 钢管再生矿渣混凝土轴压短柱试验研究[J]. 建筑结构学报, 2013(s1):281–287 (CHEN Mengcheng, LIU Jingjian, HUANG Hong. Experimental study on short column of concrete filled steel tubular recycled slag concrete [J]. Journal of Architectural Structure, 2013(s1):281–287 (in Chinese))
- [9] Zhang W D, Wang Z B, Ding H J. Experimental study of the behavior of recycled aggregate concrete filled steel tubes under eccentric compression[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2011, 35(5):88–91.
- [10] 黄宏, 朱彦奇, 陈梦成, 等. 矩形中空夹层再生混凝土钢管短柱轴压试验研究[J]. 实验力学, 2016, 31(1):67–74 (HUANG Hong, ZHU Yanqi, CHEN Mengcheng, et al. Experimental study on the axial compression of recycled concrete filled steel tubular stub columns with rectangular hollow sandwich [J]. Journal of Experimental Mechanics, 2016, 31(1):67–74 (in Chinese))
- [11] 尧国皇. 钢管混凝土构件在复杂受力状态下的工作机理研究[D]. 福州大学, 2006 (YAO Guohuang. Research on behaviour of concrete-filled steel tubes subjected to complicated loading states[D]. Fuzhou University, 2006 (in Chinese))
- [12] 杨有福. 钢管再生混凝土构件荷载—变形关系的理论分析[J]. 工业建筑, 2007, 37(12):1–6 (YANG Youfu. Theoretical analysis of load deformation relationship of recycled concrete filled steel tubular members [J]. Industrial Buildings, 2007, 37(12):1–6 (in Chinese))

Experimental study of recycled concrete filled circular steel tube column subjected to eccentric compression after acid rain corrosion

HUANG Hong^{1,2}, ZHOU Lu^{1,2}, CHEN Meng-cheng^{1,2}, XU Chuan-guo^{1,2}, YANG Chao^{1,2}

(1. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. Jiangxi Key Laboratory of Control and Simulation of Construction Process, Nanchang 330013, China)

Abstract: In order to simulate the change of ultimate bearing capacity of recycled concrete filled circular steel tube column in acid rain corrosion environment, an eccentric compression experiment was carried out for 9 specimens. In experiment, three main parameters, including eccentricity, aggregate type and corrosion level were overall considered. The focus of experiment was on the mechanism of accelerating corrosion rate of specimen in acid rain environment and under the condition of power supply, and on the effect of eccentricity, aggregate type and corrosion level on specimen's ultimate bearing capacity, and on comparison between the simulation results from finite element analysis with experimental data. Experimental results indicate that the acceleration of specimen's corrosion rate in acid rain environment and under the condition of power supply, to some extent, can be explained by Faraday electrochemical corrosion law; the specimen's ultimate bearing capacity decreases with the increase of eccentricity and corrosion degree, and aggregate type (ordinary or recycled) has little influence on it. The ultimate bearing capacity of recycled concrete filled circular steel tube column was numerically simulated by ABAQUS finite element analysis software, simulated results are in good agreement with experimental data.

Keywords: acid rain corrosion; recycled concrete filled circular steel tube column; eccentric compression; ultimate bearing capacity; ABAQUS finite element analysis (FEA) software