

# 废弃混凝土水泥稳定土疲劳寿命的研究

孟 晋

沈阳工业大学 辽宁 沈阳 110000

**【摘要】**：通过室内疲劳试验，研究了水泥稳定土疲劳寿命在变幅荷载条件下随废弃混凝土掺量、水泥掺量、加载频率变化情况，结果表明：三因素都对其疲劳寿命产生影响，影响程度不同：水泥掺量影响最明显，加载频率影响最低。

**【关键词】**：变幅疲劳荷载；废弃混凝土；水泥稳定土；疲劳寿命

## Study on Fatigue Life of Waste Concrete Cement Stabilized Soil

Jin Meng

Shenyang University of Technology, Liaoning Shenyang 110000

**Abstract:** Through indoor fatigue test, the fatigue life of cement-stabilized soil under variable amplitude load was studied with the content of abandoned concrete, cement content and loading frequency. The results showed that the three factors all had influence on the fatigue life of cement-stabilized soil with different degrees of influence: cement content had the most obvious influence, while loading frequency had the lowest influence.

**Keywords:** Variable amplitude fatigue load; waste concrete; cement stabilized soil; fatigue life

目前，随着我国危房改造工程不断发展，废弃混凝土处理成为热门研究课题，不少学者对其进行研究，虽取得了一定的成果<sup>[1]</sup>，但仍然存在许多问题。近年来，不少学者将其作为掺和料加入到水泥土中进行研究<sup>[2]</sup>，例如：马啸<sup>[3]</sup>等研究了废弃混凝土不同掺入比和不同水泥比的水泥土的抗压强度，得到了水泥土抗压强度的变化规律；赵光鹏<sup>[4-5]</sup>等通过大量实验证明废弃混凝土的掺入对水泥土力学性能的改善有显著效果。

目前有关废弃混凝土水泥稳定土的研究集中在力学特性方面，而废弃混凝土水泥稳定土疲劳特性相关的研究较少。本文通过设计正交试验，分析了三因素对水泥稳定土疲劳寿命的影响，为此类废弃混凝土的研究提供了参考。

## 1 试验部分

### 1.1 原材料

水泥：采用P·O 42.5水泥，质量符合国家标准。粉质黏土：选用某施工现场地下2.4m土层中黏土，满足规范要求，经测试，其物理性能指标如表1所示。

表1 粉质粘土的物理力学指标

Tab. 1 Results of physical behaviors of silty clay

含水率 w	重度 g	密度 ρ	液限 w <sub>L</sub>	塑限 w <sub>P</sub>	液性指数 IP	塑性指数 IL
27.2	19.7	1.96	33.5	18.7	0.56	14.8

废弃混凝土为避免其他杂质的影响，采用自配C30混凝土，养护28d后利用鄂式破碎机破碎。

### 1.2 试件制备

制备70.7mm×70.7mm×70.7mm的立方体试件，试件制备过程中环境温度均控制在(20±5)℃，脱模后将试件放入温度

(20±1)℃清水中进行养护，如图1、图2所示。



图1 试件制备

Fig 1 Preparation of test piece



图2 试件养护

Fig 2 Specimen maintenance

## 2 试验结果及分析

### 2.1 水泥稳定土疲劳破坏形态

水泥稳定土破坏形态分为四个阶段：第一阶段为裂缝萌生阶段，如图3(a)所示；第二阶段为裂缝扩展阶段，如图3(b)所示；第三阶段为裂缝贯穿阶段，如图3(c)所示；第四阶段为破坏阶段，如图3(d)所示。



a 裂纹萌生阶段 b 裂纹拓展阶段 c 裂纹贯穿阶段 d 试件破坏

图3 水泥稳定土疲劳破坏过程

Fig.3 Fatigue failure process of cement stabilized soil specimen

### 2.2 废弃混凝土掺量对水泥稳定土疲劳寿命的影响

水泥稳定土疲劳寿命随废弃混凝土掺量变化的情况如图4所示。

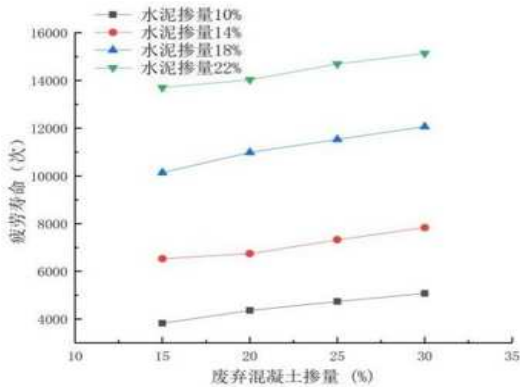


图4 水泥稳定土疲劳寿命随废弃混凝土掺量变化的情况

Fig.4 Variation of fatigue life of cement-stabilized soil with the content of waste concrete

由图4可知当水泥掺量一定时,水泥稳定土的疲劳寿命均随废弃混凝土掺量的增加而逐渐提高,提高程度有所不同。

### 2.3 水泥稳定土疲劳寿命随水泥掺量变化的情况

水泥稳定土疲劳寿命随水泥掺量变化的规律如图5所示。

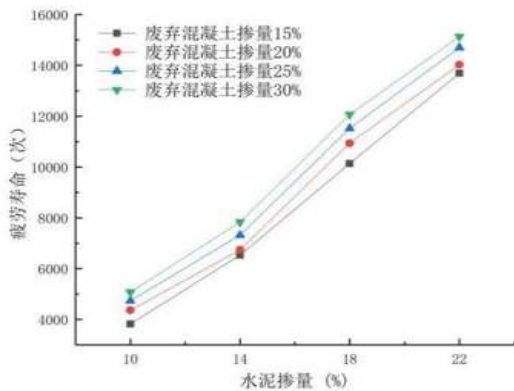


图5 水泥掺量对水泥稳定土疲劳寿命的影响

Fig. 5 The effect of cement content on fatigue life of cement stabilized soil

由图5可知,当废弃混凝土掺量一定时,水泥稳定土疲劳寿命随水泥掺量增加而不断提高,其中当废弃混凝土掺量为15%时,水泥掺量为22%时,其疲劳寿命较其他提高明显,根据分析可知,水泥掺量增加,水化作用加速,水泥稳定土结构更加稳固,疲劳寿命得到显著提高。

总体分析可知,水泥稳定土疲劳寿命随水泥掺量的增加而提高,水泥掺量对其疲劳寿命的影响显著,两者双掺对其疲劳寿命的提高起积极作用。

### 2.4 水泥稳定土疲劳寿命随加载频率变化的情况

在水泥掺量一定,废弃混凝土掺量不同的条件下,疲劳寿命随加载频率变化的规律如图6所示。

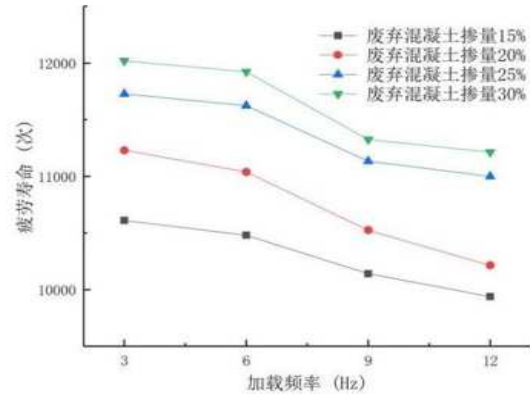


图6 水泥稳定土疲劳寿命随加载频率变化

Fig.6 Variation of fatigue life of cement stabilized soil with loading frequency

由图6可知,当废弃混凝土掺量一定时,水泥稳定土的疲劳寿命随加载频率的增加而不断降低,且在6~9Hz时降低速度显著,究其原因,是因为疲劳加载过程中有共振现象产生。

### 2.5 疲劳寿命随两因素回归方程的建立及分析

#### 2.5.1 水泥掺量及废弃混凝土掺量变化对疲劳寿命的影响

设置加载频率为定值,设自变量为水泥掺量、废弃混凝土掺量,因变量为疲劳寿命。应用SPSS软件进行多元线性回归分析,得到的结果如下:

表2 模型摘要

Tab. 2 Model summary

模型	R	R <sup>2</sup>	调整 R <sup>2</sup>	标准偏斜度误差	Durbin-Watson
1	0.995	0.994	0.993	0.3574	1.445

由表2可知,R<sup>2</sup>调整为0.993,可以看出线性回归方程与实验结果的相关性为99.3%,拟合度较高,进而可以看出此回归方程能较好地反应试验数据。

水泥稳定土疲劳寿命随两因素变化的方差分析结果如表3所示。

表3 方差分析

Tab.3 Variance Analysis

模型	平方和	df	均方	F	显著性水平
回归	232.421	3	116.230	909.154	0.000
1 残差	1.663	14	0.126		
总计	234.079	17			

由表3可知,显著性水平等于0,小于规范要求的0.05,

说明两因素中至少有一个因素对试件疲劳寿命产生显著影响。

$$N = 0.843 a_c + 0.099 c - 6.433 \quad (1)$$

两因素对水泥稳定土疲劳寿命的系数分析结果如表 4 所示。

表 4 系数

Tab. 4 Coefficients

模型	非标准化系数		标准化系数	t	Sig.	共线性统计	
	B	标准误差				允差	VIF
(常量)	-6.432	0.492		-13.150	0.000		
1 水泥掺量	0.842	0.021	0.985	42.185	0.000	1.000	1.000
废弃混凝土掺量	0.098	0.015	0.146	6.216	0.000	1.000	1.000

由表 4 分析可知，两者的显著系数均为 0，小于 0.05，说明两者对疲劳寿命的影响明显，由共线分析 VIF 等于 1 可知，两者能产生独立影响，进而可得到线性回归方程：

### 3 结论

本文研究了水泥稳定土在变幅荷载条件下的疲劳特性，分析了废弃混凝土掺量、水泥掺量、加载频率三因素对试件疲劳寿命的影响规律，得到以下结论：

通过试验结果可知废弃混凝土及水泥掺量都对水泥稳定土疲劳寿命产生不同程度的影响，其中水泥掺量对其影响程度最大，变幅加载荷载下加载频率对其影响较小。

在变幅荷载下建立了疲劳寿命随加载频率、废弃混凝土掺量和水泥掺量的回归方程并得到了变化曲线。

### 参考文献：

- [1] 陈四利,宁宝宽.岩土材料的环境效应[M].北京:冶金工业出版社,2010.
- [2] 王海湘,张金团,于冬生.废弃混凝土颗粒改良红粘土的击实与抗压性能试验研究[J].吉林建筑大学学报,2017(02):33-38.
- [3] 马啸,陈四利,侯芮.掺入废弃混凝土颗粒的水泥复合土力学特性研究[J].硅酸盐通报,2018,37(03):1010-1016.
- [4] 赵光鹏.废弃混凝土-水泥土实验研究[D].天津:天津城市建设学院,2008.
- [5] 赵光鹏.探讨废弃混凝土对于提高软土强度的可行性[J].天津建设科技,2008(02): 19-21.

作者简介：孟晋（1978.02-），汉族，女，辽宁省籍贯，土木工程专业，研究方向为岩土工程和新型建筑材料。