

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.04.013

杨乃鑫, 陈灯红, 彭刚, 等. 循环荷载后围压水对混凝土力学特性影响[J]. 水利水运工程学报, 2017(4): 89-96. (YANG Naixin, CHEN Denghong, PENG Gang, et al. Mechanical properties of concrete under confining pressure after cyclic loading[J]. Hydro-Science and Engineering, 2017(4): 89-96. (in Chinese))

循环荷载后围压水对混凝土力学特性影响

杨乃鑫^{1,2}, 陈灯红^{1,2}, 彭刚^{1,2}, 肖杰^{1,2}, 徐童淋^{1,2}

(1. 三峡地区地质灾害与生态环境湖北省协同创新中心, 湖北 宜昌 443002; 2. 三峡大学 土木与建筑学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 对不同围压(0, 2, 5, 10 MPa)下的水饱和混凝土试件, 历经 25 次循环荷载作用后(荷载下限 140 kN, 上限 260 kN, 频率 0.1 Hz), 进行了不同加载速率(地震荷载作用下的混凝土应变速率响应范围 $10^{-5}/s \sim 10^{-2}/s$)下的静动态常三轴抗压性能试验。分析了混凝土峰值应力、峰值应变以及损伤特性。结果表明: 历经循环荷载后, 随着加载速率的增加, 混凝土峰值应力增大, 峰值应变整体上逐渐增大, 损伤变量 D 增长速度减缓; 随着围压增加, 混凝土峰值应力和峰值应变逐渐增大, 损伤变量 D 增长速度降低, 但损伤极限差值越来越大。基于上述试验结果, 得到了历经荷载循环后混凝土动态峰值应力与围压、加载速率有关的经验计算式及历经荷载循环后混凝土动态峰值应变与围压、加载速率有关的经验式。

关键词: 混凝土; 水环境; 围压; 循环荷载

中图分类号: TU528.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2017)04-0089-08

大坝、海洋平台及桥墩等建筑物常常受外界水压力和荷载历史等因素的影响, 导致整个结构的功能丧失, 甚至破坏。目前, 对混凝土力学性能的研究多数仅考虑单一因素的影响, 而当混凝土遭受多因素相互作用时, 对其力学性能的研究还相对较少。

Butler^[1]研究发现, 水环境中主动孔隙水压力使材料产生的拉应变是造成混凝土开裂的主要原因。Xuan 等^[2]进行了高围压下混凝土抗压性能试验, 结果表明高围压下混凝土内的孔隙水对混凝土强度有较大削弱。CHEN Z 等^[3]选择混凝土内水分含量、荷载作用方式以及加载速率等影响因素, 对混凝土的多轴强度进行了研究。彭刚等^[4]进行了有压孔隙水环境中不同加载速率下混凝土抗压性能试验, 发现在有压水环境中, 混凝土峰值应力随围压的提升而增大, 增大幅度随加载速率加快而升高, 混凝土率敏感性由于围压的影响而提高。Bruhwiler 等^[5]研究了经历多次预压荷载作用后混凝土断裂特性的改变。林皋等^[6]通过楔入劈拉试验研究了历经荷载循环后混凝土的断裂特性, 发现混凝土的断裂特性是受加载历史影响的物理量; 随后研究了三向等压荷载历史对混凝土强度的影响, 给出了混凝土强度与荷载历史关系的经验表达式^[7]。肖诗云等^[8]对历经极限抗压强度荷载作用后的混凝土试件, 进行不同加载速率下的动态抗压试验, 研究了不同加载速率下荷载历史对混凝土应力应变空间损伤演化规律的影响。

综上所述, 围压、循环荷载和加载速率对混凝土力学性能有较大影响。基于此, 对历经循环荷载作用后不同水围压下混凝土的效应特性进行研究。

收稿日期: 2016-07-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51279092, 51309143); 三峡大学研究生科研创新基金资助项目(SDYC2016027)

作者简介: 杨乃鑫(1993—), 男, 河南郑州人, 硕士研究生, 主要从事结构抗震及混凝土材料动力特性研究。

E-mail: 1026597540@qq.com 通信作者: 彭刚(E-mail: gpeng158@126.com)

1 试验设计

试验所用仪器为三峡大学 10 MN 大型多功能三轴仪。该加载系统可进行 $10^{-5}/s \sim 10^{-2}/s$ 加载速率范围的静动态加载试验, 竖向最大行程为 300 mm, 可提供最大动态和静态加载压力分别为 5 和 10 MN。水环境加载设备可进行水平和竖向加孔隙水压试验, 能提供的最大围压和最大孔隙水压力值均为 30 MPa。

试验所用的混凝土试件为 $\Phi 150 \times 300$ mm 圆柱体, 设计强度 30 MPa, 试件成型方式为钢模浇筑, 在自然环境下静置 24 h 成型后拆模并编号, 标准养护 28 d 后置于自然环境中。试件所用水泥为宜昌三峡水泥有限公司生产的 P·O 42.5 硅酸盐水泥; 水为自来水; 粗骨料采用 5~30 mm 连续级配河卵石; 细骨料为连续级配天然河砂, 细度模数为 1.8, 属细砂。拌合物坍落度为 5~30 mm, 满足和易性要求。混凝土材料用量为: 粗骨料 $171.8 \text{ kg}/\text{m}^3$, 细骨料 $718.2 \text{ kg}/\text{m}^3$, 水 $170.0 \text{ kg}/\text{m}^3$, 水泥 $340.0 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

在进行力学试验前, 需要使打磨后的试件处于水饱和状态。处理方法为: 在围压桶中加压(围压值与加载时相同)浸泡 24 h 后, 水环境加载系统中驱动器位移不随时间改变, 则认为混凝土试件已经满足水饱和状况。

加载试验时首先经过平均值、振幅和频率分别为 200 kN, 60 kN 和 0.1 Hz 的 25 次循环荷载作用, 循环加载结束后竖向荷载降至 20 kN, 再用计算机操作三轴系统以试验所需的加载速率进行加载直至试件失去承载能力(见图 1), 加载试验过程中保证水环境系统中的水压力不变。

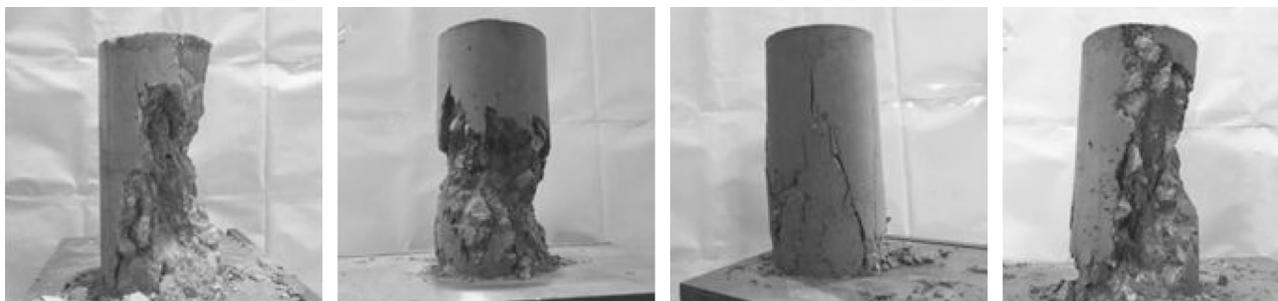


图 1 围压 2 MPa 下载速率 $10^{-5}/s \sim 10^{-2}/s$ 时试件的破坏

Fig. 1 Failure of test specimen under 2 MPa confining pressures with loading rate from $10^{-5}/s$ to $10^{-2}/s$

2 试验结果分析

2.1 强度分析

表 1 为混凝土在不同围压以及不同加载速率下的峰值应力统计, 其变化趋势分别见图 2 和图 3。

表 1 混凝土峰值应力统计

Tab. 1 Concrete peak stress statistics

围压/MPa	峰值应力/MPa			
	加载速率/ 10^{-5} s^{-1}	加载速率/ 10^{-4} s^{-1}	加载速率/ 10^{-3} s^{-1}	加载速率/ 10^{-2} s^{-1}
0	22.28/-	23.90/7.27%	26.87/20.60%	31.59/41.79%
2	28.08/-	31.30/11.47%	34.44/22.65%	41.18/46.65%
5	32.79/-	37.98/15.83%	46.24/41.02%	50.93/55.32%
10	34.46/-	41.33/19.94%	50.19/45.65%	59.96/74.00%

注: “/”前数值为峰值应力, “/”后数值为相对于第 1 列的增幅。

分析表 1 和图 2 可知, 随着加载速率的升高, 历经荷载循环后不同围压状况下混凝土材料的峰值应力呈增大趋势。随着加载速率的增加(以 $10^{-5}/s$ 为静态加载速率), 历经循环荷载后不同围压状况下混凝土材料

的峰值应力增加幅度逐渐增大。由表1和图3可知,水环境状态下围压升高时,历经循环荷载后混凝土峰值应力呈增大趋势。

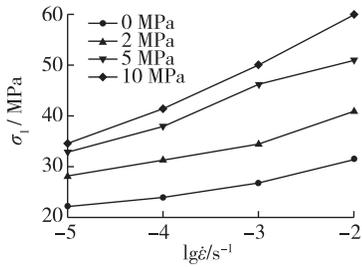


图2 峰值应力随加载速率的变化

Fig. 2 Peak stress changing with loading rates

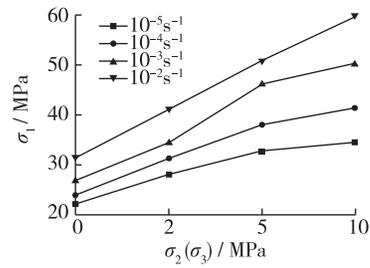


图3 峰值应力随围压的变化

Fig. 3 Peak stress changing with confining pressures

将文献[9]以及试验得到的混凝土在不同加载速率、不同围压下的峰值应力绘于图4。可见,混凝土抗压峰值应力都随加载速率的增加而增加,水饱和混凝土的峰值应力随围压的增大而增大。在围压为0情况下,历经循环荷载历史的混凝土比未经循环荷载历史的混凝土峰值强度增加幅度高,即率敏感性增强。在围压为2,5和10 MPa情况下,循环加载历史降低了混凝土率敏感性。分析其原因,混凝土在经历循环荷载时会经历压实过程,随着围压升高会更快地从压密阶段进入弹塑性变形阶段,在围压为0情况下,经过25次循环荷载的混凝土变得更加密实,孔隙间的距离变得更小,Stefan效应增强,因此,围压为0时水饱和混凝土率敏感性提高;围压为2,5,10 MPa情况下,由于存在围压,混凝土经过25次循环荷载后已经从压实阶段进入弹塑性变形阶段,混凝土形成了比较大的贯通裂缝,相应地削弱了Stefan效应,因此2,5,10 MPa围压水饱和混凝土率敏感性相对于未经循环荷载历史的试件要低。

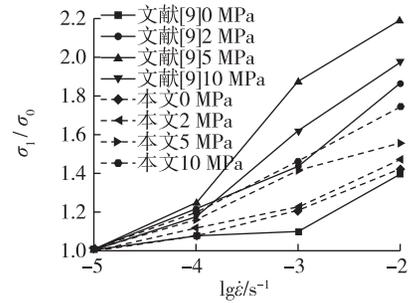


图4 不同加载速率及不同围压下混凝土的峰值应力增幅对比

Fig. 4 Comparison of peak stress increase of concrete under different loading rates and different confining pressures

试验结果表明,随加载速率增加,混凝土动态峰值应力的增幅与加载速率的对数有线性增长变化规律用下式^[10]拟合:

$$C_{DIF} = 1 + m \lg(\dot{\epsilon}_c / \dot{\epsilon}_{cs}) \quad (1)$$

式中: C_{DIF} 为混凝土动态抗压峰值应力增长值, $C_{DIF} = \sigma / f_{cs}$; σ 为当前加载速率下的峰值应力; f_{cs} 为静态加载速率下的峰值应力; $\dot{\epsilon}_c$ 为当前加载速率; $\dot{\epsilon}_{cs}$ 为静态加载速率,取 $10^{-5}/s$; m 为表征材料力学特征的参数。

用式(1)对水饱和混凝土试件的动态强度进行最小二乘法拟合,得到0,2,10 MPa围压下拟合参数 m 分别为0.124 17,0.140 52,0.238 02; R^2 分别为0.935 7,0.952 4,0.991 7,动态强度增幅与加载速率的变化规律见图5。

由图5可知,随着围压升高,加载速率对历经循环荷载后混凝土材料峰值应力的影响增大,即当水环境状态下围压升高时,历经荷载循环后峰值应力的率敏感性增强。分析原因:随着围压增加,围压阻碍混凝土横向开裂的能力增强,因此强度增大;与此同时混凝土破坏时水会更快地进入到新生成的裂缝中,导致混凝土内部含水量增加,黏性效应增强,因此率敏感性增强。按照莫尔-库仑准则推导出混凝土三轴强度公式^[11]。

$$\sigma_1 = f_c + k\sigma_3 \quad (2)$$

式中: σ_1 为轴向峰值应力; f_c 为混凝土单轴抗压强度; σ_3 为围压值, k 为常数。

将式(2)进行变换后得如下公式:

$$\sigma_1/f_c = 1 + k\sigma_3/f_c \quad (3)$$

对表1中的试验数据用式(3)进行线性回归分析,结果表明:随着加载速率的增大,拟合参数 k 与加载速率的对数表现出线性变化规律,用式(4)拟合:

$$k = a + b \lg \dot{\epsilon} \quad (4)$$

拟合得到参数 a 和 b , 变化趋势见图6。

将式(4)代入式(2),能够得到历经荷载循环后混凝土动态峰值应力与围压、加载速率有关的经验式(5):

$$\sigma_1/f_c = 1 + (a + b \lg \dot{\epsilon}) \sigma_3/f_c \quad (5)$$

2.2 变形分析

不同加载速率下,历经荷载历史循环后水饱和混凝土试件的峰值应变值如表2所示,变化关系曲线见图7和8。

分析表2和图7得知,随着加载速率的增大,历经荷载循环后混凝土峰值应变整体上呈逐渐增大的趋势。水饱和混凝土试件的峰值应变,在加载速率为 $10^{-4}/s$, $10^{-3}/s$, $10^{-2}/s$ 时相对于加载速率为 $10^{-5}/s$ 时增加的百分比见表2。由表2和图8得知,随着水环境中围压的升高,混凝土峰值应变有逐渐增大的变化趋势。

表2 混凝土的峰值应变

Tab.2 Peak strain of concrete

围压/MPa	峰值应变/ 10^{-3}			
	加载速率/ $10^{-5} s^{-1}$	加载速率/ $10^{-4} s^{-1}$	加载速率/ $10^{-3} s^{-1}$	加载速率/ $10^{-2} s^{-1}$
0	3.330/-	3.841/15.32%	4.146/24.50%	5.155/54.80%
2	4.005/-	4.182/4.40%	5.289/32.05%	7.013/75.10%
5	4.724/-	4.370/-7.50%	6.774/43.39%	10.866/130.03%
10	4.579/-	5.263/14.94%	10.500/129.29%	12.274/168.03%

注:“/”前数值为峰值应变,“/”后数值为相对于第1列的增幅。

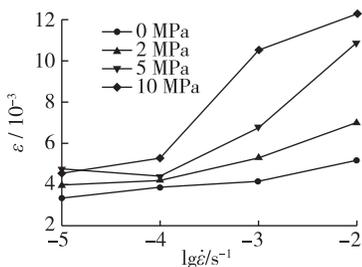


图7 峰值应变随加载速率变化

Fig.7 Peak strain changing with loading rates

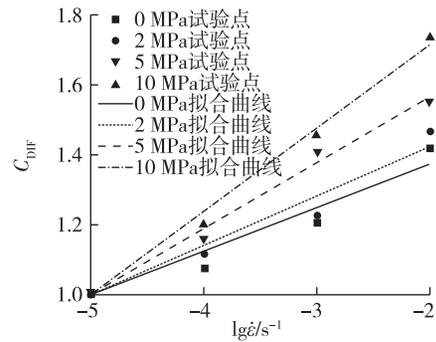


图5 峰值应力增加幅度与加载速率的关系

Fig.5 Relationships between amplitude of peak stresses and loading rates

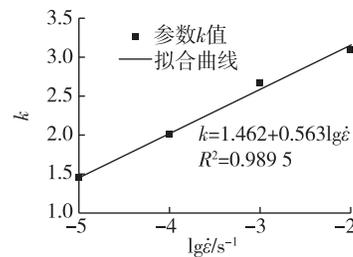


图6 参数 k 与加载速率的线性拟合

Fig.6 Linear fitting of parameter k and loading rate

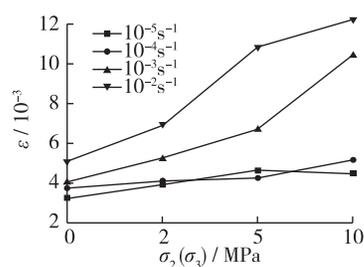


图8 峰值应变随围压变化

Fig.8 Peak strain changing with confining pressures

对比分析数据,随着加载速率的增加,混凝土动态变形的增幅与加载速率的对数呈线性增长的趋势,用

如下公式拟合。

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{cs} = 1 + \mu \lg(\dot{\varepsilon}_c / \dot{\varepsilon}_{cs}) \quad (6)$$

式中: ε_{cs} 为混凝土在加载速率为 $10^{-5}/s$ 时的峰值应变; ε_c 为混凝土在加载速率为 $10^{-4}/s, 10^{-3}/s, 10^{-2}/s$ 时的峰值应变; μ 是代表混凝土力学特征的参数。 $\dot{\varepsilon}_c, \dot{\varepsilon}_{cs}$ 的意义与式(1)相同。

用式(6)对水饱和混凝土试件的动态变形进行最小二乘法拟合, 得到变化规律见图9。

分析图9可知, 随着水围压的增大, 峰值应变增量与加载速率对数的拟合曲线的斜率 μ 逐渐增大, 即围压提高了峰值应变的率敏感性。原因分析: 围压作用下阻碍了混凝土内的微裂纹不能继续扩展, 不能进一步形成宏观裂缝, 同时混凝土开裂过程中水进入新开裂的裂缝内部导致整个混凝土试样的黏性效应增加, 混凝土发生挤压流动和塑性变形, 直至破坏, 最终混凝土变形增大, 峰值应变的率敏感性提高。对比分析可知, 随水围压的增加, 拟合参数 μ 与围压呈线性关系, $\mu = a + b\sigma_3$, 拟合效果见图10。

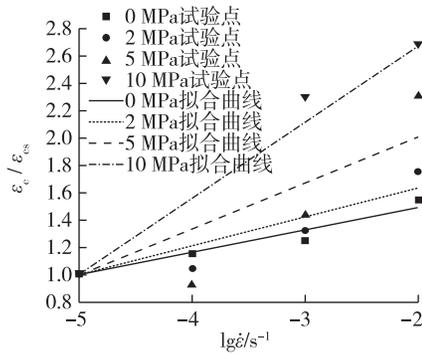


图9 峰值应变增加幅度与加载速率的关系

Fig. 9 Relationships between amplitude of peak strains and loading rates

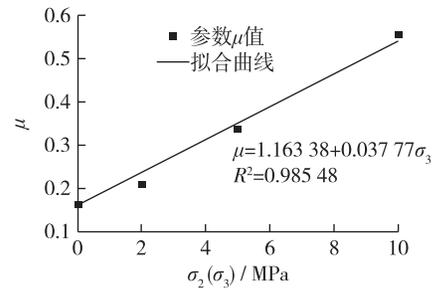


图10 参数 μ 与围压的拟合

Fig. 10 Fitting of parameters μ and confining pressure

将拟合式 $\mu = a + b\sigma_3$ 代入式(6), 得到历经荷载循环后混凝土动态峰值应变与围压、加载速率有关的经验式(7):

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{cs} = 1 + (a + b\sigma_3) \lg(\dot{\varepsilon}_c / \dot{\varepsilon}_{cs}) \quad (7)$$

3 混凝土率型损伤本构模型

3.1 模型选取

由于混凝土凝固初期水化热等影响, 其成型后内部会存在一定的裂缝和孔隙。当有外部荷载作用在试件上时, 内部初始孔隙就会逐渐发展并且整个过程是连续的。不仅如此, 裂缝发展的主方向和荷载的施加方向呈一定的角度, 并且刚好为 90° 。到目前为止, 较多的研究者已经推导出了不同的混凝土损伤本构模型, 而且模型各有差异。基于试验成果, 采用 Weibull-Lognormal 损伤本构模型的混凝土应力-应变关系式。从而, 建立起如下所示的损伤模型:

$$\sigma = \begin{cases} E\varepsilon \left\{ \exp \left[-\frac{1}{m} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{pk}} \right)^m \right] \right\} & 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{pk} \\ \sigma_{pk} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\ln \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{pk}} \right) / t \right)^2 \right) & \varepsilon \geq \varepsilon_{pk} \end{cases} \quad (8)$$

损伤变量 D 的表达式为:

$$D = \begin{cases} 1 - \exp\left[-\frac{1}{m}\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{pk}}\right)^m\right] & 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{pk} \\ 1 - \frac{\sigma_{pk}}{E\varepsilon} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\ln\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{pk}}\right)/t\right)^2\right) & \varepsilon \geq \varepsilon_{pk} \end{cases} \quad (9)$$

式中： E 为弹性模量； σ_{pk} 为峰值应力； ε_{pk} 为峰值应变； $m = 1/\ln(E\varepsilon_{pk}/\sigma_{pk})$ ， t 可以通过对试验数据拟合后得到， m 和 t 分别为上升段和下降段的形状限制参数。许多国内外学者认为不同加载速率下混凝土本构模型全曲线有相同的变化规律，并且曲线走势变化不大，文中所得数据的应力应变全曲线与该结论一致。通过对不同工况试验数据分析研究，文中所有工况的结果都可用式(8)进行拟合分析。选取部分图形，见图11，其中S0,S2,S5,S10表示水饱和混凝土围压为0,2,5,10 MPa；4种加载速率 $10^{-5}/s, 10^{-4}/s, 10^{-3}/s, 10^{-2}/s$ 分别用a,b,c,d表示。

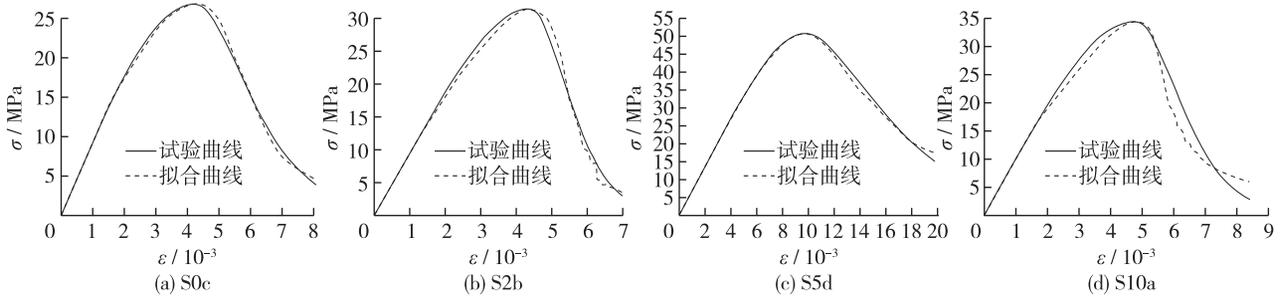


图11 试验曲线与拟合曲线对比

Fig. 11 Comparison between test curve and fitting curve

3.2 损伤变量分析

文中用 D 来表征损伤变量，对试验数据利用式(9)计算的损伤变量变化规律曲线见图12和图13。

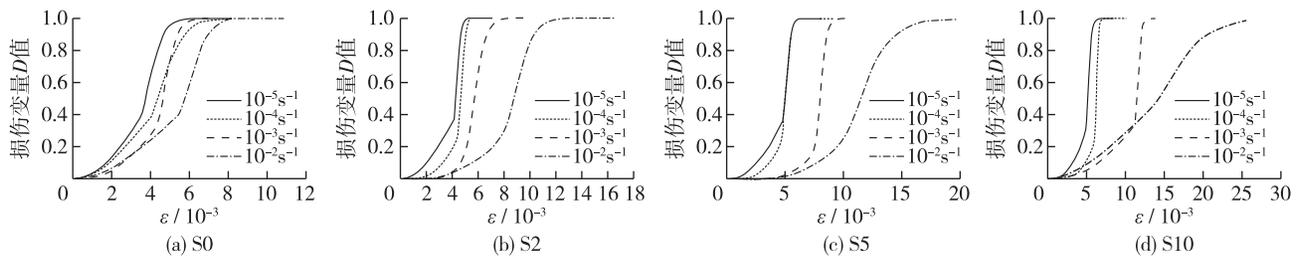


图12 不同围压下损伤变量 D 随加载速率的变化

Fig. 12 Changes in damage variables with loading rates under different confining pressures

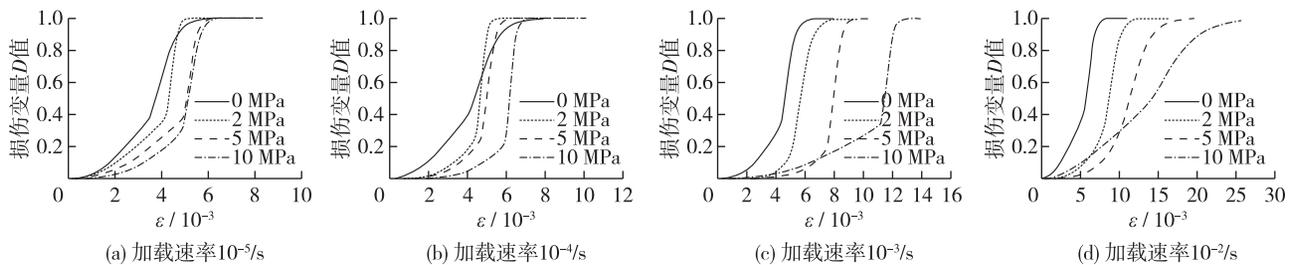


图13 不同加载速率下损伤变量 D 随围压的变化

Fig. 13 Changes in damage variables with confining pressures under different loading rates

从图 12 可知,损伤变量 D 随应变的增加有相同的变化规律。但当加载速率增大时,曲线的增长速度变慢,也就是说 D 值的增长速度减缓。产生这种现象的原因是:加载速率较高时,混凝土的破坏是按照最短路径的原则发生,因此产生较少的裂纹,损伤也相对较小。从图 13 得知,损伤变量 D 随应变的增长亦有相同的变化规律。当围压增大时,曲线的增长速度变慢,即 D 值的增长速度降低,但损伤极限差值越来越大。究其原因,由于围压的存在并随围压增大,外部围压水在破坏前期更快进入混凝土内部,孔隙中含水量增大,导致混凝土黏性效应增强,阻碍试件横向变形,延缓了裂缝的发展,损伤变化趋势变缓。

4 结 语

通过对历经荷载循环历史的水饱和混凝土在不同围压下的常三轴抗压性能试验研究,得出如下结论:

(1) 水饱和混凝土的峰值应力随加载速率的增大而增大;其峰值应力亦随围压的增大而增强。通过对试验数据进行线性回归分析,得到了历经荷载循环后混凝土动态峰值应力与围压、加载速率有关的经验式。

(2) 水饱和混凝土的峰值应变随加载速率的增大整体上呈增大趋势;其峰值应变随围压的增长表现为增大趋势。对数据进行分析,得到了历经荷载循环后混凝土动态峰值应变与围压、加载速率有关的经验式。

(3) 基于 Weibull-Lognormal 损伤本构模型,研究了损伤变量 D 的变化规律:随着加载速率的增大,损伤变量 D 的增长速度减缓;随着围压的增大, D 值的增长速度亦降低,但损伤极限差值越来越大。

参 考 文 献:

- [1] BUTLER J. The influence of pore pressure upon concrete[J]. Magazine of Concrete Research, 1981, 33(114): 3-17.
- [2] XUAN H V, MALECOT Y, DAUDEVILLE L, et al. Experimental analysis of concrete behavior under high confinement: Effect of the saturation ratio[J]. International Journal of Solids and Structures, 2009, 46(5): 1105-1120.
- [3] CHEN Z, HU Y, LI Q, et al. Behavior of concrete in water subjected to dynamic triaxial compression[J]. Journal of Engineering Mechanics, 2010, 136(3): 379-389.
- [4] 彭刚,王乾峰,梁春华.有压孔隙水环境中的混凝土动态抗压性能研究[J].土木工程学报,2015,48(1):11-18.(PENG Gang, WANG Qianfeng, LIANG Chunhua. Study on dynamic compressive properties of concrete under pore water pressure environment[J]. China Civil Engineering Journal, 2015, 48(1): 11-18. (in Chinese))
- [5] BRÜHWILER E, WITTMANN F H. Failure of dam concrete subjected to seismic loading conditions[J]. Engineering Fracture Mechanics, 1990, 35(1/3): 565-571.
- [6] 林皋,周洪涛,黄承逵.循环加载历史对混凝土断裂特性影响的试验研究[J].水利学报,1994(5):25-30.(LIN Gao, ZHOU Hongtao, HUANG Chenkui. Experimental study of the effect of cyclic loading history on the fracture properties of concrete [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1994(5): 25-30. (in Chinese))
- [7] 林皋,王哲,逯静洲,等.三向等压荷载历史对混凝土的强度和变形特性影响的研究[J].水力发电学报,2001(3):31-41.(LIN Gao, WANG Zhe, LU Jingzhou, et al. Effect of triaxial equi-compressional loading history on the strength and deformation behavior of concrete[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2001(3): 31-41. (in Chinese))
- [8] 肖诗云,张剑.荷载历史对混凝土动态受压损伤特性影响试验研究[J].水利学报,2010,41(8):943-952.(XIAO Shiyun, ZHANG Jian. Experiment study on effect of load histories on dynamic compressive damage behaviors of concrete[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(8): 943-952. (in Chinese))
- [9] 梁春华.水压作用下的混凝土率效应研究[D].宜昌:三峡大学,2013.(LIANG Chunhua. The study on rate effect of concrete under hydraulic pressure[D]. Yichang: China Three Gorges University, 2013. (in Chinese))
- [10] 闫东明.混凝土动态力学性能试验与理论研究[D].大连:大连理工大学,2006.(YAN Dongming. Experimental and theoretical study on the dynamic properties of concrete[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006. (in Chinese))
- [11] RICHART F E, BRANDTZAEG A, BROWN R L. A study of the failure of concrete under combined compressive stresses[M]. Illinois: University of Illinois, 1928: 185.

Mechanical properties of concrete under confining pressure after cyclic loading

YANG Naixin^{1,2}, CHEN Denghong^{1,2}, PENG Gang^{1,2}, XIAO Jie^{1,2}, XU Tonglin^{1,2}

(1. Collaborative Innovation Center of Geological Hazards and Ecological Environment in Three Gorges Area in Hubei Province, Yichang 443002, China; 2. College of Civil Engineering & Architecture, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: After 25 cycles of loads (the lower limit of load is 140 kN, the upper limit of load is 260 kN, the frequency is 0.1 Hz), the triaxial compression tests for different confining pressures (0, 2, 5, 10 MPa) of water saturated concrete under different loading rates (the response range of strain rate of concrete under seismic load is $10^{-5}/s \sim 10^{-2}/s$) are carried out, and the peak stress and peak strain of concrete and damage characteristics are analyzed in this study. The analysis results show that after cyclic loading: ① with the increase of the loading rates, the peak stress and the peak strain of concrete increase gradually, and the growth rate of damage variables slows down; ② with the increase of the confining pressures, the peak stress and the peak strain of concrete increase gradually. The growth rate of the damage variables is slowing down, but the D -value of damage limit is becoming larger. Based on the experimental results mentioned above, an empirical formula for the dynamic peak stress of concrete with the confining pressures and loading rates after cyclic loading is obtained from the experimental tests. And an empirical formula for the dynamic peak strain of concrete with the confining pressures and loading rates after cyclic loading has also been got based on the above test results.

Key words: concrete; water environment; confining pressure; cyclic load

CNKI 推出《中国高被引图书年报》

日前,中国知网(CNKI)中国科学文献计量评价研究中心推出了一套《中国高被引图书年报》,该报告基于中国大陆建国以来出版的422万余本图书被近3年国内期刊、博硕、会议论文的引用频次,分学科、分时段遴选高被引优秀学术图书予以发布。据研制方介绍,他们统计并分析了2013—2015年中国学术期刊813万余篇、中国博士学位论文101万余篇、中国重要会议论文39万余篇,累计引文达1451万条。根据统计数据,422万本图书至少被引1次的图书达72万本。研制方根据中国图书馆分类法,将72万本图书划分为105个学科,分1949—2009年和2010—2014年两个时间段,分别遴选被引最高的TOP 10%图书,共计选出70911本优秀图书收入《中国高被引图书年报》。统计数据显示,这7万本高被引优秀图书虽然只占全部图书的1.68%,却获得67.4%的总被引频次,可见这些图书质量上乘,在同类图书中发挥了更加重要的作用。该报告还首次发布各学科“学科h指数”排名前20的出版单位的评价指标,对客观评价出版社的社会效益——特别是学术出版物的社会效益具有重要的参考价值。

该报告从图书被引用的角度出发,评价图书的学术影响力,弥补了以销量和借阅等指标无法准确评价学术图书的缺憾,科学、客观地评价了图书、图书作者以及出版单位对各学科发展的贡献。

《中国高被引图书年报》把建国以来出版图书全部纳入评价范围属国内首创,是全面、客观评价图书学术影响力的工具,填补了目前图书学术水平定量评价的空白,在帮助图书馆建设特色馆藏和提高服务水平、帮助出版管理部门了解我国学术出版物现状、帮助科研机构科研管理、帮助读者购买和阅读图书等方面,均具有较强的参考价值,也为出版社评估出版业绩、决策再版图书、策划学科选题提供有用的信息。

《中国高被引图书年报》由《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司出版。该产品的形式为光盘电子出版物,分为理学、工学、农学、医学、人文科学和社会科学6个分卷,随盘赠送图书,欢迎您咨询、订购。咨询电话:010-82710850 82895056 转 8599, E-mail: aspt@cnki.net