



### 国重室地震作用下岩石材料的非线性动态本构模型和动态力学性质取得进展

发布时间：2023-02-23 15:21

随着我国国民经济建设的持续快速发展以及西部大开发战略的实施，一大批大型岩体工程正在或即将营建。在交通工程领域，长度达数公里乃至数十公里的公路和铁路隧道因地势险要和部位关键，成为交通、铁路等生命线工程的主体结构与咽喉(如川藏铁路)。近一个世纪以来，世界范围内发生的一系列大地震使众多的岩体工程遭受震害，强地震动的的影响乃至诱发的破坏已成为不可避免的工程建设难题，开展地震动态响应规律研究是重大工程建设的迫切需求，岩石材料的动态本构关系是数值分析方法准确模拟地震动下岩体工程响应的基础和关键。

对此，岩土力学与工程国家重点实验室岩土工程抗震安全组盛谦、周永强和付晓东等研究人员针对地震作用下岩石材料的动态力学性质和动态本构模型开展了系统的研究。首先，基于地震作用的特点，将地震荷载等效成中低应变率的动态循环荷载，并系统研究总结该荷载作用下岩石材料的动态力学性质；其次，基于热力学理论，结合数据分析与损伤理论，首次详细分析了岩石材料在动态加载和动态循环荷载下率效应与损伤效应的相互关系；然后，运用次加载面理论和修正CWFS、动态增强因子模型，建立了地震作用下岩石动态非线性本构模型，该模型有效表征岩石材料滞回圈、累积塑性应变、损伤效应、率效应以及损伤和率效应的耦合效应，实现了岩石动态非线性本构的理论创新与发展；最后，在此基础上，通过数值实验，揭示了不同加载参数的分级和多级循环荷载、真三轴不同加载频率循环荷载下岩石材料的动态力学性质，有效地验证了该本构模型的准确性及应用前景，并首次揭示了地震荷载和循环荷载下岩石材料的动态力学性质差异，及不同地震荷载下岩石材料的动态力学性质差异，突破了试验机认识的局限，并提出了适用试验机一种快速确定地震荷载等效形式的方法。

该成果得到973项目、国家重点基金、自然科学基金的大力支持，发表在Rock Mechanics and Rock Engineering、Soil Dynamics and Earthquake Engineering、Mechanics of Materials、Journal of Engineering Mechanics等

岩土类顶级期刊的SCI论文10篇、国内三大岩土等期刊的EI论文8篇，其中一篇入选ESI高被引和热点论文。此外，授权发明专利3项。

论文链接：

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00603-022-02947-z>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00603-021-02756-w>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00603-020-02128-w>

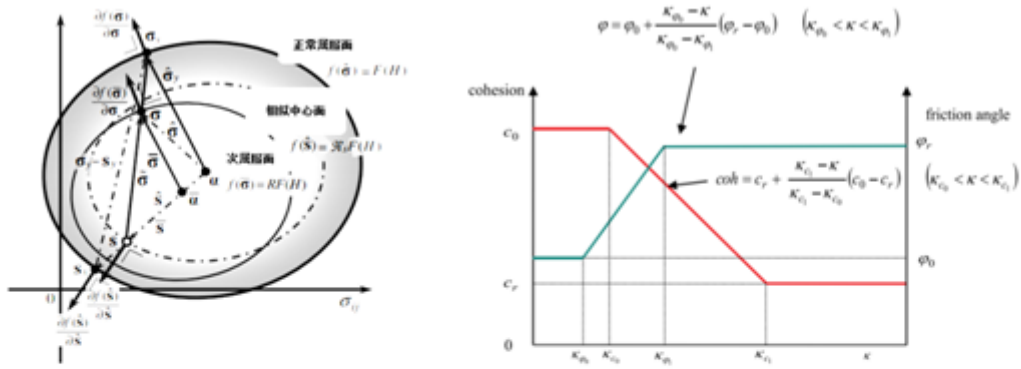
[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726119300818?  
via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726119300818?via%3Dihub)

[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267726119312953?  
via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0267726119312953?via%3Dihub)

[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167663619309603?  
via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167663619309603?via%3Dihub)

<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29EM.1943-7889.0002055>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s40948-021-00287-w>



$$F(\bar{\sigma}, \dot{\varepsilon}, \kappa) = \sqrt{J_2} + \beta(\kappa)\bar{I}_1 = RQ(\dot{\varepsilon}, \kappa)$$

$$\beta(\kappa) = \frac{2 \sin \varphi(\kappa)}{\sqrt{3}(3 - \sin \varphi(\kappa))}$$

$$Q(\dot{\varepsilon}, \kappa) = \frac{6c(\dot{\varepsilon}, \kappa) \cos \varphi(\kappa)}{\sqrt{3}(3 - \sin \varphi(\kappa))}$$

$$\varphi(\kappa) = \begin{cases} 1 & (\kappa \leq \kappa_{\phi_0}) \\ 1 + \frac{K_{\phi_0} - \kappa}{K_{\phi_0} - K_{\phi_1}} \left( \frac{\varphi_r}{\varphi_0} - 1 \right) & (\kappa_{\phi_0} < \kappa < \kappa_{\phi_1}) \\ \frac{\varphi_r}{\varphi_0} & (\kappa > \kappa_{\phi_1}) \end{cases} \quad c(\dot{\varepsilon}, D) = c(\dot{\varepsilon}, \kappa) = \begin{cases} c_0 \left( d \lg \left( \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_s} \right) + 1 \right) & (\kappa \leq \kappa_{c_0}) \\ c_0 \left( d \lg \left( \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_s} \right) + 1 \right) \left( \frac{c_r}{c_0} + \frac{K_{c_1} - \kappa}{K_{c_1} - K_{c_0}} \left( 1 - \frac{c_r}{c_0} \right) \right) & (\kappa_{c_0} < \kappa < \kappa_{c_1}) \\ c_r \left( d \lg \left( \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_s} \right) + 1 \right) & (\kappa > \kappa_{c_1}) \end{cases}$$

$$E(\dot{\varepsilon}, \kappa) = \begin{cases} E_s \left( a_0 \left( \lg \left( \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_s} \right) \right)^b + 1 \right) & \kappa = 0 \\ E_s \left( a_0 \left( \lg \left( \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_s} \right) \right)^b + 1 \right) \left( 1 - \left( 1 - \frac{E_E}{E_s} \right) \frac{\kappa}{\kappa_E} \right) & 0 < \kappa \leq \kappa_E \\ \left( a_0 \left( \lg \left( \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_s} \right) \right)^b + 1 \right) E_E & \kappa > \kappa_E \end{cases}$$

图1 地震作用下岩石材料的非线性动态本构模型

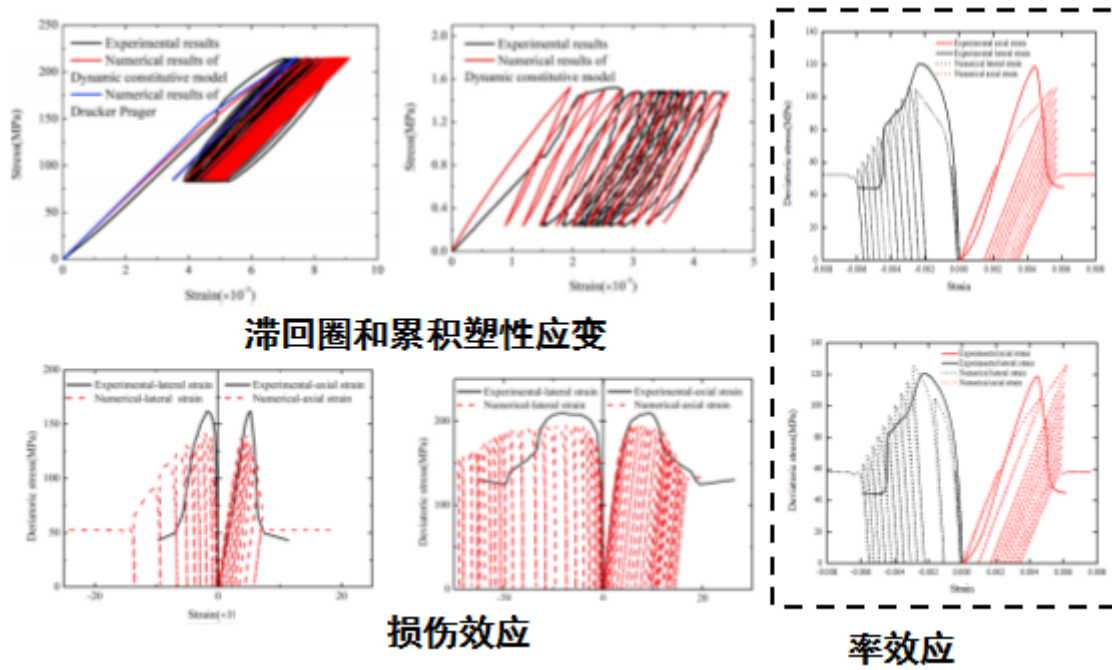


图2 地震类等效荷载作用下岩石材料的动态力学特征

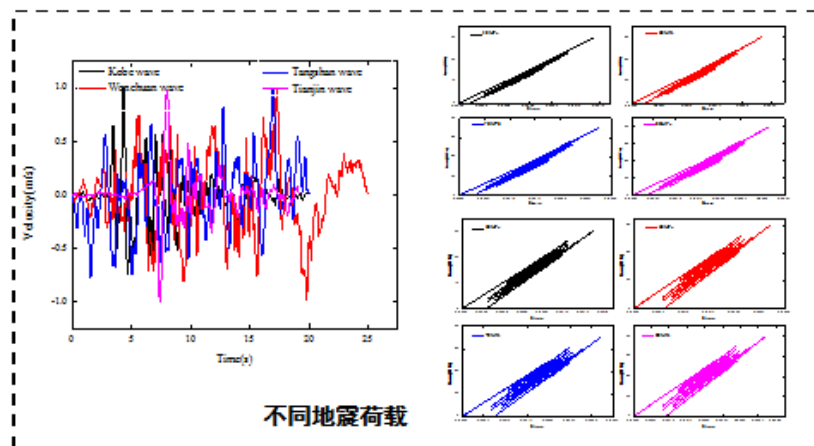


图3 不同真实地震作用下岩石材料的动态力学性质

# 检索报告

(报告编号: 2022-WJ-1409)

委托单位: 中国科学院武汉岩土力学研究所		
委托人: 周永强		
检索要求: 2022 年发表第一作者论文 "The Dynamic Mechanical Properties of a Hard Rock Under True Triaxial Damage-Controlled Dynamic Cyclic Loading with Different Loading Rates: A Case Study" 被 ESI Highly Cited Papers(last 10 years)和 ESI Hot Papers(last 2 years)收录情况		
检索结果		
数据库	Highly Cited Papers (last 10 years)收录	Hot Papers (last 2 years)收录
Essential Science Indicators	1 篇	1 篇
InCites Essential Science Indicators dataset updated Sep 08, 2022. Third BI-monthly of 2022. Data covers a 10-year and 6-month period: January 1, 2012 - June 30, 2022		
声明: 委托人接受本证明, 视为已对本证明所列论文归属核对, 确认无误, 若有不实, 由委托人承担全部责任。		
检索人	万杰	审核人 袁白

中国科学院武汉科技查新咨询检索中心  
公章  
2022-09-15  
联系电话: 027-87197719  
邮箱: chaxin@mail.whlib.ac.cn  
地址: 武汉市武昌区小洪山西 25 号

图4 ESI高被引和热点论文

下一篇: [国重室高浓度二氧化碳诱发混凝土快速碳化研究取得进展 \(../202302/t20230215\\_733259.html\)](#)

电话: 027-87198413

LRSM@whrsm.ac.cn

地址: 湖北省武汉市武昌区水果湖街小洪山2号

友情链接

[实验室概况 \(../sysgk/\)](#)

[科学研究 \(../kxyj/\)](#)

[研究团队 \(../yjtd/\)](#)

[开放交流 \(../kfjl/\)](#)

[人才培养 \(../rcpy/\)](#)

[运行管理 \(../yxgl/\)](#)

[共享服务 \(../gxfw/\)](#)



