

中山大学提出基于三维方向编码贝叶斯神经网络的典型城市环境爆炸载荷预测方法

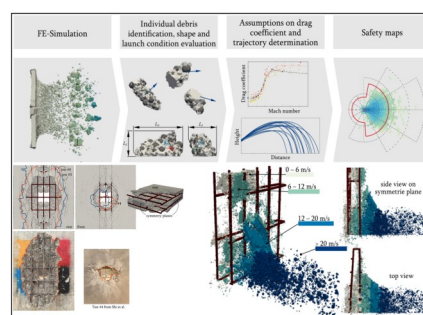
城市环境中爆炸载荷的精准、快速预测是抗爆设计与灾后应急响应的关键基础。然而,传统数值方法因计算成本高昂、耗时冗长而难以满足实时需求。针对该瓶颈,中山大学研究团队提出了一种三维方向编码贝叶斯神经网络(3D-DeBNN),实现了典型城市环境全三维空间的爆炸载荷的高效预测。该研究结合3D方向编码特征工程来提取物理信息特征,表征兴趣点(POI)周围的环境和物理信息,并学习特征与爆炸载荷之间的映射关系,生成了基于MC dropout的3D-DeBNN和基于深度集成的3D-DeBNN两种模型。通过与blastFoam模拟数据对比验证发现,基于MC dropout的3D-DeBNN在0.6 s内(MAPE<8%,PICP>80%)实现了整个3D城市空间的爆炸载荷预测,而基于深度集成的3D-DeBNN在3 s内实现了更高的精度(MAPE<7%,PICP>95%);相交而言,基于深度集成的3D-DeBNN具有更好的预测性能,而基于MC dropout的3D-DeBNN的预测速度更优。该研究为复杂条件下的爆炸载荷预测提供了新颖有效的方法。

源自:Weiwen Peng, Peiji Huang, Chunjiang Leng, et al. Blast loading prediction in a typical urban environment based on 3D direction-encoded Bayesian neural network[J]. *Reliability Engineering & System Safety*, 2025, 7: 111415.

弗劳恩霍夫研究所提出爆炸荷载作用下混凝土结构的破碎、碎片形成和抛掷数值模拟方法

爆炸事故往往会造成混凝土结构严重毁损,并生成大量高速抛射碎片,对人类与设施构成严峻威胁。目前为止,对爆炸引发的混凝土碎片的风险分析评估主要基于经验数据,原因在于混凝土在破裂、剥落及碎片形成过程中的高精度模拟仍极具挑战。弗劳恩霍夫研究所研究团队采用细观有限元和RHT本构模型,通过在骨料-砂浆界面布设粘聚力单元,实现了动态加载下混凝土试样的碎片形成和抛掷的准确模拟,并与已有试验数据对比证明了该方法可以准确预测混凝土碎片最大速度、碎片质量分布和碎片抛掷距离,为爆炸荷载下混凝土碎片场评估提供了可靠工具。

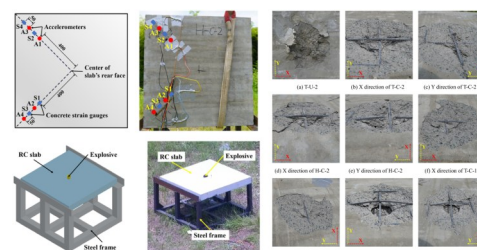
源自:Christoph Grunwald, Malte von Ramin, Werner Riedel, et al. Simulating the break-up, debris formation and throw of concrete structures under explosive loading[J]. *International Journal of Impact Engineering*, 2025, 196: 105154.



浙江大学报道高强钢筋和超高性能混凝土在接触爆炸荷载作用下的抗爆性能

浙江大学研究团队系统评估了630 MPa级高强钢筋(T63)与超高性能混凝土(UHPC)在接触爆炸荷载下的协同抗爆性能。通过设计5组1:1缩尺钢筋混凝土板(1000 mm×1000 mm×100 mm,配筋率0.55%)并开展50~200 g TNT接触爆试验,结合加速度与应变测试,揭示了材料组合对损伤模式的定量影响:T63钢筋显著抑制贯穿、减小裂缝与钢筋变形;UHPC进一步降低爆坑/震落面积并提升能量耗散。试验表明,传统McVay、Morishita和UFC 3-340-02经验公式均低估了高强组合板的实际抗力,需建立考虑钢筋强度、混凝土等级等多参数的新模型。该研究为高强钢筋-UHPC结构在民防工程中的高效应用提供了关键试验依据。

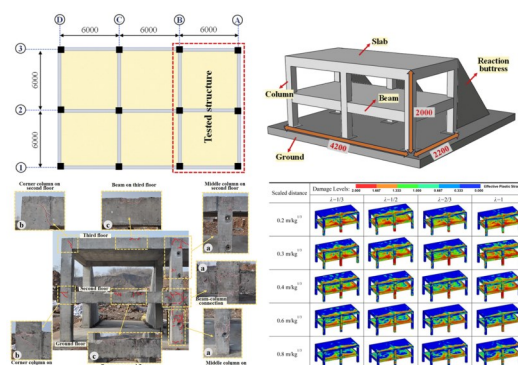
源自:Jiyang Wang, Yihang Xu, Shubin Wang, et al. Effect of high-strength rebar and ultra-high-performance concrete on blast resistance of slabs under contact explosion loads[J]. *International Journal of Impact Engineering*, 2025, 198: 105230.



东南大学联合河海大学报道外爆荷载作用下钢筋混凝土框架结构响应的缩尺定律

东南大学联合河海大学研究团队通过1/3缩尺两层RC框架外爆试验与LS-DYNA多尺度数值模拟(缩放系数为1/3、1/2、2/3、1),系统研究了RC框架在外部爆炸作用下的缩尺定律。研究发现水平响应符合传统Hopkinson-Baker相似律,而竖向变形因活载与自重缩放不一致出现显著偏差(最大13.9%)。该研究首次提出了通过调节缩尺模型活载系数(基于原型结构质量与活载的显式解析式)来实现试验中竖向响应相似,无需改动材料密度;经修正后,所有缩尺模型的竖向变形与原型偏差降至6.8%以内。该修正公式可直接用于试验设计,为爆炸防护工程的缩尺试验提供了一条简便、准确的新路径。

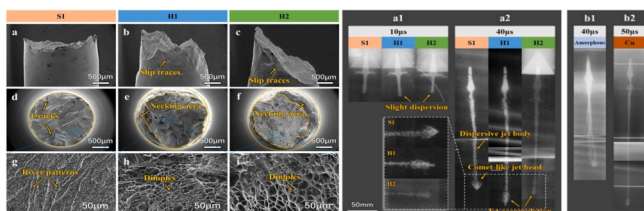
源自:Ruian Li, Jun Yu, Xingde Zhou. Scaling laws of the structural responses for RC frame structures under external explosions[J]. *International Journal of Impact Engineering*, 2025, 206: 105411.



北京理工大学提出高熵合金射流后效毁伤能力提升策略

在保证射流侵彻能力条件下,如何兼顾其后效毁伤,已成为聚能装药领域的研究热点。北京理工大学研究团队研究了单相体心立方结构(BCC)的H1、H2及BCC+ α_2 双相结构的S1三种高熵合金(E-HEAs)的动态力学性能,并开展了射流侵彻试验。研究表明,单相合金H1和H2在动态压缩(21~44%断裂应变)和动态拉伸(14%~21%)载荷下均保持优异的变形能力,而双相合金S1表现出优异的压缩变形能力(31%),但拉伸塑性较弱(2%);侵彻试验结果显示S1与H1射流侵深相同,均为1.1装药口径,但S1射流后效毁伤显著增强。另外,E-HEAs中的活性元素会引发燃烧反应,造成目标高温损伤。该研究表明通过调控E-HEAs在不同加载条件下的动态塑性,可有效平衡聚能射流的侵彻性能与后效毁伤,可为多功能聚能装药设计提供理论依据与合金选型策略。

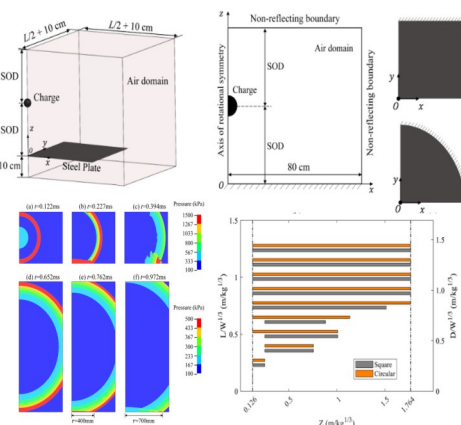
源自:Xudong Liu, Yihao Lu, Xutao Wang, et al. Moderating jet coherency to enhance the aftereffect damage while retaining desired penetration capability of shaped charge liners with Ti-Zr-Nb-Al energetic high-entropy alloys[J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2025, 1035: 181585.



同济大学报道近场爆炸作用下钢板动力响应的两段不耦合数值方法

同济大学研究团队通过对比流固耦合(FSI)模型和两种两阶段解耦模型(2Stage-DI和2Stage-UI),系统研究了近场爆炸下钢质平板的动态响应,并量化了两阶段解耦模型的适用缩尺距离范围。研究发现,2Stage-DI模型的计算效率显著高于FSI模型,计算时间缩短约10倍;其适用性受平板尺寸、厚度和形状的显著影响:随着平板尺寸(边长或直径)增加,适用范围扩大;厚度在1~5 mm时适用范围先增大后减小;圆形平板的适用范围比同等面积的方形平板更广。此外,基于动能等效的2Stage-UI模型也能有效预测近场爆炸下的平板响应。该研究为工程实践中近场爆炸防护设计提供了高效且可靠的数值分析框架,尤其适用于快速评估多种工况下的结构抗爆性能。

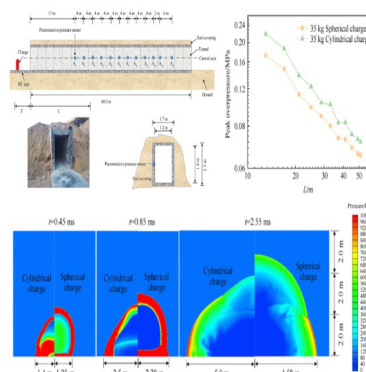
源自:Weifang Xiao, Dengke Li. Numerical investigations on the dynamic response of steel plates subjected to near-field explosions using a two-stage uncoupled approach [J]. *International Journal of Impact Engineering*, 2025, 205: 105404.



湖南大学联合军事科学院报道隧道入口处圆柱形与球形炸药爆炸对隧道内冲击波载荷的影响规律

湖南大学联合军事科学院研究团队通过实验和数值模拟研究了隧道入口处圆柱形与球形炸药爆炸对隧道内冲击波载荷的影响规律。结果表明,圆柱形炸药的爆炸当量显著高于球形炸药,传统方法忽视炸药形状会导致载荷预测低估,威胁工程安全,并提出了一种基于球形炸药的圆柱形炸药爆炸当量系数 k ,并通过数值模拟验证了其可靠性。机制分析揭示,圆柱形炸药爆炸能量更倾向于沿径向传播,导致更多能量进入隧道,这是隧道内冲击波载荷增加的根本原因。进一步研究发现,比例距离和炸药质量与隧道截面尺寸比是影响当量系数 k 的两个主要因素,基于大量数值计算结果拟合得到了 k 的经验公式,并通过文献实验结果验证了其准确性。该研究为隧道冲击波载荷的计算提供了新的量化方法,有助于提高隧道防护设计的安全性。

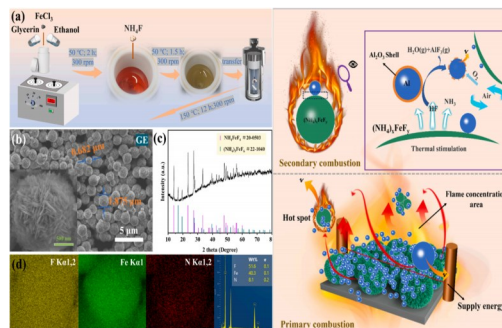
源自:Xin Fang, Heng Li, She-rong Zhang, et al. Experimental and numerical study on external explosions of cylindrical versus spherical charges at tunnel entrance[J]. *Defence Technology*, 2025, 46: 227-243.



南京理工大学提出一种用于改善铝粉的燃烧性能的氟铁酸铵氧化剂

Al粉表面致密的钝化层严重阻碍Al燃烧过程中的传质,含氟氧化剂(如金属氟化物、含氟聚合物)可显著改善其燃烧性能,南京理工大学研究团队采用溶剂热法生产了基于氟铁酸铵的高熵针状累积含氟氧化剂,研究表明,加热含氟氧化剂可以释放HF和 NH_3 的气态产物。HF腐蚀钝化层, NH_3 为燃料提供动能,产生多热点和二次燃烧,防止反应烧结。与传统的 FeF_3 相比,该新型含氟氧化剂通过降低铝粉的起燃温度,提高其放热焓、火焰面积和F释放能力,大大改善了Al粉末的燃烧。

源自:Bernigaud P, Davidenko D, Catoire L. Nanostructured oxidizer of ammonium fluoroferrates with high gas yield and F release capacity to improve the combustion behavior of Al powder[J]. *Combustion and Flame*, 2025, 278: 114255.



(东南大学 冯彬 编译)