

玻璃钢蜂窝夹层复合材料抗爆性能研究^{*}

孙 杰^{1,2} 朱立新¹ 钟 兵² 胡金华^{1,2} 王清洁¹

(1. 解放军理工大学工程兵工程学院, 南京 210007; 2. 中国人民解放军 61489 部队, 洛阳 471023)

摘要 介绍玻璃钢蜂窝夹层复合材料的结构与特点, 研究了玻璃钢蜂窝夹层复合材料的动、静态力学性能, 并根据材料测试结果研究了由其制作的浅埋抗爆结构的抗爆性能, 分析了实验现象和结果。玻璃钢蜂窝夹层结构复合材料具有良好的动、静态力学性能, 是制作浅埋抗爆结构的理想材料。

关键词 复合材料 玻璃钢蜂窝夹层结构 抗爆性能

为了适应高科技条件下机动作战的需要, 世界上许多国家将各类新型复合材料用于各种防护结构。美国采用芳纶纤维制作面板和加强筋、纸蜂窝作芯材, 制作了 C-658 移动式集装箱 C³I 电子系统掩蔽部。该掩蔽部能抗冲击波、弹片、生物武器和化学武器。瑞典用玻璃钢面板和泡沫塑料芯材制作集装箱工事和埋设构筑的球形掩蔽部。美国和日本分别用玻璃钢制作箱形步兵掩体和瓢形步兵射击掩体掩盖。由于玻璃钢的弹性模量较小, 所以由其制作的防护结构跨度小, 承受爆炸荷载时变形较大, 难以满足使用要求, 成为各国有关部门研究的课题。关于玻璃钢蜂窝夹层材料的抗爆性能研究至今未见有国内外文献报道。为此, 笔者对该材料及由其试制的浅埋抗爆结构进行了抗爆性能实验研究。

1 玻璃钢蜂窝夹层复合材料的结构^[1]

玻璃钢蜂窝夹层复合材料是在两层薄而强度高的玻璃钢面板之间夹持玻璃钢蜂窝芯材组成, 其结构如图 1 所示。它是一种新型复合材料, 通过复合不仅可充分发挥各组分材料的强度, 而且还具有高的比强度和比刚度、导热系数低、隔音抗声振、耐腐蚀、抗老化等特点。

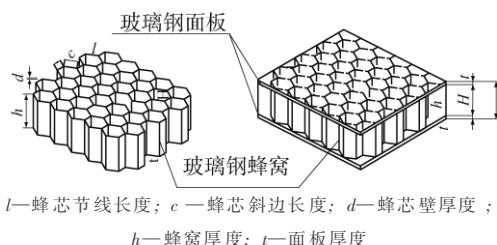


图 1 玻璃钢蜂窝夹层复合材料的结构

2 玻璃钢蜂窝夹层材料的动、静态力学性能

2.1 实验概况

根据文献[2]中“纤维增强塑料性能试验方法(GB 1447-83~GB 1451-83)”及“非金属夹层结构平拉强度和平压性能试验方法(GB 1452-87~

GB 1453-87)”等标准进行实验。

原材料: 玻璃钢面板采用柔性阻燃型 802 不饱和聚酯树脂和中碱无捻方格玻璃丝布。制作蜂窝时, 蜂窝布选用无碱有捻平纹或斜纹玻璃丝布, 粘结剂采用环氧树脂或白乳胶, 浸渍剂采用环氧树脂、酚醛树脂或 F01-36 醇溶性酚醛烘干清漆。

试样: 静力实验 10 组 75 个, 动力实验 11 组 83 个, 每组试样的有效数都不少于 5 个。

实验设备: 动力实验在 4 t 气-液连动快速加载机上进行。该加载机通过调整泄油孔来改变活塞的移动速度, 从而改变试样的变形速度; 泄油孔的直径为 5、12、28 mm, 动载作用时间控制在 2~200 ms, 换算成应变速率为 $0.01 \sim 0.1 \text{ s}^{-1}$ 。静力实验分别在 1 t 拉力试验机和 4 t 万能材料试验机上进行, 测量由设备自配仪器系统完成。

2.2 实验内容

实验内容包括在常规和三种不同加载速度下对玻璃钢试样的拉伸、压缩、弯曲、层间剪切、冲击剪切和玻璃钢蜂窝夹层材料试样的拉伸、平压、侧压强度和剪切、弯曲性能进行实验、测试。

2.3 实验结果

实验共取得 205 个数据, 处理后的结果见表 1、表 2。图 2、图 3 分别是实验所得的部分测试曲线。

表 1、表 2 和图 2、图 3 表明, (1) 玻璃钢蜂窝夹层复合材料和玻璃钢都具有良好的动态力学性能, 强度平均可提高 20%~40%。动态载荷作用时间越短, 材料强度提高越大, 这对制作抗爆荷载短时作用的防护结构是很有利的。(2) 玻璃钢蜂窝夹层复合材料和玻璃钢都具有构造的不均匀性和各向异性, 受环境影响较大, 因此出现实验数据的离散性。

^{*} “八五”、“九五”部重点科研项目(F335、F348)

收稿日期: 2002-12-16

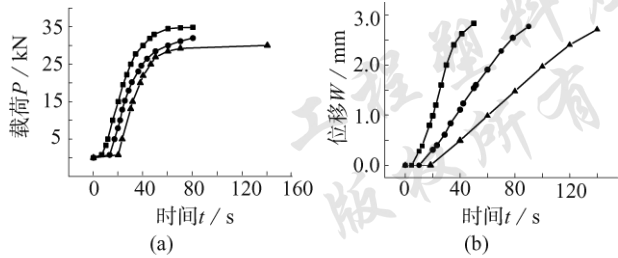
表 1 实测玻璃钢动、静态力学性能

项 目	静态载荷	动态载荷	提高倍数
拉伸强度/MPa	153.0	251.33	1.64
拉伸弹性模量/GPa	15.2	17.2	1.13
压缩强度/MPa	84.0	114.33	1.36
压缩弹性模量/GPa	12.3	15.0	1.22
弯曲强度/MPa	169.0	258.67	1.53
弯曲弹性模量/GPa	14.4	17.4	1.21
层间剪切强度/MPa	9.6	11.33	1.18
冲击剪切强度/MPa	11.3	18.77	1.66

表 2 实测玻璃钢蜂窝夹层复合材料的动、静态力学性能

项 目	静态载荷	动态载荷	提高倍数
拉伸强度/MPa	1.41	3.23	2.29
平压强度/MPa	1.01	1.26	1.25
侧压强度/MPa	7.93	9.29	1.17
侧压泊松比	0.27	0.30	1.11
弯曲强度/MPa	216.00	253.30	1.17
弯曲弹性模量/GPa	53.8	61.2	1.14
剪切强度/MPa	0.44	0.53	1.21
剪切弹性模量/GPa	2.65	2.93	1.10

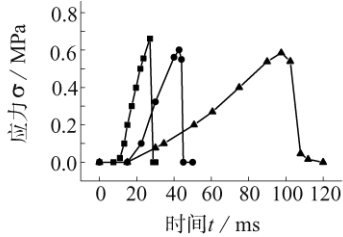
注:蜂窝为正六边形,厚度 40 mm,蜂芯斜边长 10 mm,蜂芯壁厚 0.2 mm,玻璃钢面板厚度 2.5 mm。



a—载荷-时间曲线; b—位移-时间曲线

■—泄油孔直径为28 mm; ●—泄油孔直径为12 mm;
▲—泄油孔直径为5 mm

图 2 玻璃钢蜂窝夹层材料弯曲试样的载荷-时间曲线和位移-时间曲线



■—泄油孔直径为28 mm; ●—泄油孔直径为12 mm;
▲—泄油孔直径为5 mm

图 3 玻璃钢蜂窝夹层材料剪切试样的应力-时间曲线

快速加载实验数据的离散性在 20% 以内,可信度符合标准要求。

3 玻璃钢蜂窝夹层复合材料结构的抗爆性能

3.1 抗爆结构设计

材料:玻璃钢蜂窝夹层复合材料,面板厚度 4.2 mm,蜂窝厚度 50 mm。

结构型式:双曲拱形,跨度为 230 cm,高度 220 cm。

3.2 抗爆性能实验

按照有关标准对浅埋结构进行了 TNT 集团装药的顶爆和侧爆实验,用电测系统分别测试了结构上的压力、应变、位移。装药、测点布置如图 4 所示。部分实测曲线和实验结果见图 5、图 6 和表 3。

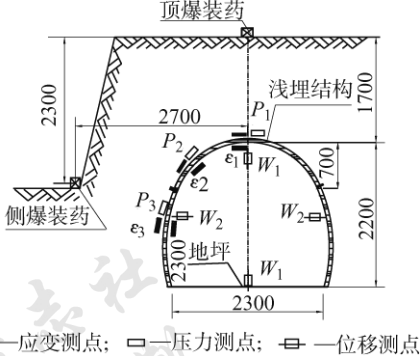


图 4 装药和测点布置

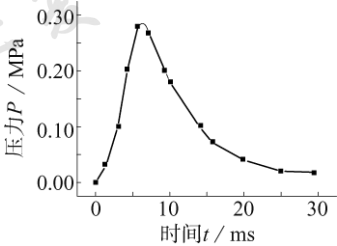


图 5 实测压力-时间曲线

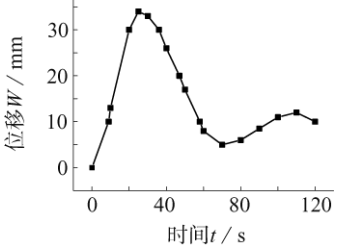


图 6 实测位移-时间曲线

表 3 部分实验结果

爆炸方式	TNT 装药/kg	拱 顶			拱 脚		
		压力/MPa	位移/mm	应变	压力/MPa	位移/mm	应变
顶爆	7.00	0.28	-33	2 093	0.05	29	916
侧爆	7.00	0.11	61	3 954	0.17	-25	554
侧爆	3.00	0.10	60	2 457	0.13	-28	909
顶爆	12.0	0.10	-32	3 510	0.06	33	708

4 实验分析

(1) 在 7 kg TNT 集团装药爆炸荷载作用下,实测结构上的最大压力为 0.28 MPa;最大弹性位移为:拱顶 61 mm,拱脚 29 mm;最大应变 ϵ 为:拱顶 3 954,拱脚 916,小于极限应变值(4 000);结构整体

完好稳定, 在高度和宽度上的塑性变形小于 1%。由此可见, 玻璃钢蜂窝夹层复合材料确实是一种强度高、刚度大、稳定性好的较理想抗爆结构材料。

(2) 用 12 kg TNT 集团装药进行实验, 拱顶压力仅为 7 kg TNT 集团装药爆炸压力的 35.7%。这说明玻璃钢蜂窝夹层复合材料的抗爆结构在爆炸荷载的重复作用下, 结构和上部土层的构造机理发生了变化, 加上玻璃钢蜂窝夹层复合材料的柔韧性, 使应力出现重分布, 从而起到了卸载作用, 同时也显示了该结构的抗爆能力储备。

(3) 玻璃钢蜂窝夹层复合材料的抗爆结构在爆炸荷载作用下表现出大变形的特性。从位移-时间曲线可以看出, 随着爆炸荷载的增加, 结构变形越来越大, 可达到几厘米至十几厘米, 荷载过后结构又反弹回去, 但有一定的残余变形。通过结构的大变形吸收了大量的能量, 缓冲了结构上的震动, 既有利于提高结构的承载力, 又减轻了结构内部的震动危害。

(4) 玻璃钢蜂窝夹层复合材料的抗爆结构在极限爆炸荷载作用下表现出脆性破坏的特性, 在爆炸荷载未达到极限荷载之前, 结构上的局部屈服破坏并不影响结构的承载能力和整体稳定性。但是, 一旦荷载达到极限, 结构便呈现出局部脆性破坏的特征, 一般发生在拱脚处 45°剪切方向上。



STUDY ON BLAST RESISTANCE OF GFRP HONEYCOMB SANDWICH COMPOSITE

Sun Jie^{1,2}, Zhu Lixin¹, Zhong Bing², Hu Jinhua^{1,2}, Wang Qingjie¹

(1. Engineering Institute of Engineer, PLA University of Sci. & Tech., Nanjing 210007, China; 2. Unit 61489, PLA, Luoyang 471023, China)

ABSTRACT The dynamic and static properties of glass fiber reinforced plastics (GFRP) honeycomb sandwich structural composite are researched. Then, the blast resistance of a shallow-buried blastproof structure made of it is also studied under explosion load, according to the material property experiment results above. Finally, it comes to conclusions from analysis of the phenomena and results of the experiments that it has good dynamic and static properties, and it is an ideal material of which shallow-buried blastproof structure is made.

KEYWORDS composite, GFRP honeycomb sandwich structure, blast resistance

巴斯夫公司推出聚砜聚醚砜塑料

目前, 巴斯夫公司又推出高性能聚砜聚醚砜塑料 Ultra-son 系列新产品。据介绍, 该新产品主要有以下三方面的关键性改进: ①易于脱模, 很容易同注射模分离, 这为产品的设计增加了灵活性; ②表面质量有很大的提高, 可加工成高光泽度产品; ③作为塑料制品要经常暴露于阳光下, Ultrason E1010 UNQ33 具有优良的抗紫外线辐射性能。

目前, 该产品已被批准用于生产食物容器, 它不仅耐油、耐热、多次使用不变形, 而且不被微波加热, 因此可以用作微波制品。日本市场上的微波容器大部分是用该材料制成的。

(李文)

(5) 玻璃钢蜂窝夹层复合材料的抗爆结构在爆炸荷载作用下受压面首先屈服破坏, 表现为蜂窝受压屈服、面板与蜂窝分离或面板屈服。

(6) 玻璃钢的层间剪切强度和层间拉伸强度较低, 为其拉伸强度的 5%~10% (金属约为 50%), 如何克服这一不利因素是结构设计必须解决的课题。实验表明, 在构件的连接上采用加厚边筋并用紧固件连接的方法是合理、可靠的, 不仅保证了构件的刚度和强度, 而且也保证了整个结构的稳定性。

(7) 由实测数据分析得出, 双曲空间拱结构的刚度要比一般拱结构的刚度高 40%。因此, 正确地选择结构型式, 不仅能保证结构的使用范围, 而且也是提高结构抗力的重要途径。

5 结语

该实验研究表明, 玻璃钢蜂窝夹层复合材料不仅具有轻质高强的特点, 而且具有良好的动态力学特性, 是制作浅埋抗爆结构的理想材料, 可广泛应用于防护工程中制作各种抗爆结构, 也可应用于民用建筑、渡河桥梁、伪装工程中制作轻质高强的承重结构、隔墙或用作隔音、减振、吸能材料。

参考文献

- 1 倪礼忠, 陈麒. 复合材料科学与工程. 北京: 科学出版社, 2002. 247
- 2 全国纤维增强塑料标准化技术委员会秘书处. 纤维增强塑料(玻璃钢)标准汇编. 北京: 中国标准出版社, 1988. 91

环保超薄快餐盒

由泉州梅洋塑胶五金制品有限公司承担的福建省重点新产品计划项目“21 环保超薄型密封快餐盒”, 近日在福建省泉州市通过了省级鉴定。

该公司通过对精密模具制造技术和超薄注塑大面积成型工艺的攻关, 突破了聚丙烯成型厚度的极限, 并将全套工艺技术运用到“21 环保超薄型密封快餐盒”系列产品的设计之中, 使产品能充分体现超薄(厚度在 0.5 mm 以下)、密封、可回收利用以及节约资源等优异特点。经专家评议, 该项技术在我国处于领先地位, 填补了国内在该项技术上的空白。

(罗阿华)