

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 02820404.2

[51] Int. Cl.

B32B 5/02 (2006.01)

B32B 33/00 (2006.01)

E04H 9/14 (2006.01)

F41H 5/04 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 3 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 100469566C

[22] 申请日 2002.10.11 [21] 申请号 02820404.2

[30] 优先权

[32] 2001.10.15 [33] US [31] 09/977,648

[86] 国际申请 PCT/US2002/033259 2002.10.11

[87] 国际公布 WO2003/033252 英 2003.4.24

[85] 进入国家阶段日期 2004.4.15

[73] 专利权人 杜邦公司

地址 美国特拉华州

[72] 发明人 杰弗里·艾伦·汉克斯

[56] 参考文献

US 5733643A 1998.3.31

CN 1094471A 1994.11.2

GB 2191147A 1987.12.9

DE 19512582A1 1995.10.19

GB 2277141A 1994.10.19

审查员 陈秀娟

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 于 辉

权利要求书 3 页 说明书 11 页

[54] 发明名称

用于防风暴的纤维强化复合盖板

[57] 摘要

一种复合材料，其适宜作为抵御风吹碎片（如因龙卷风引起的碎片）的建筑物的组成部分，该复合材料包括由含有树脂粘在一起的高强度纤维的织物制成的第一层和由结构盖板材料（如胶合板）制成的第二层。

1、一种复合材料，其包括：

(a) 由织物制成的第一层，它含有用树脂粘在一起的高强度纤维，其中按照 FEMA 出版物 320 的第 1 次修订版的图 AG-5 和 14，在所述第一层上覆盖一层 3/4 英寸胶合板，用#10d 钉固定到一框架上，按照 ASTM 测试步骤 E1886-97 使用 6.8 公斤弹丸以 161 公里/小时的速度对其进行撞击，所述第一层将偏移 5.0-17.5 厘米，和

(b) 由结构盖板制成的第二层，该第二层为胶合板。

2、如权利要求 1 的复合材料，其中所述偏移在 8.0-16.0 厘米的范围内。

3、如权利要求 1 的复合材料，其中所述高强度纤维选自芳族聚酰胺纤维、玻璃纤维、聚乙烯纤维、聚乙烯醇纤维、聚丙烯酸酯纤维、聚吡咯纤维或碳纤维。

4、如权利要求 1 的复合材料，其中所述高强度纤维包括芳族聚酰胺。

5、如权利要求 1 的复合材料，其中所述高强度纤维是玻璃。

6、如权利要求 1 的复合材料，其中所述第二层厚度为至少 0.65 厘米。

7、一种建筑结构，所述结构的一部分包括组成如下的复合材料：

(a) 由织物制成的第一层，它含有用树脂粘在一起的高强度纤维，

其中按照 FEMA 出版物 320 的第 1 次修订版的图 AG-5 和 14, 在所述第一层上覆盖一层 3/4 英寸胶合板, 用#10d 钉固定到一框架上, 按照 ASTM 测试步骤 E1886-97 使用 6.8 公斤弹丸以 161 公里/小时的速度对其进行撞击, 所述第一层将偏移 5.0-17.5 厘米, 和

(b) 由结构盖板制成的第二层, 该第二层为胶合板,

其中所述第一层面对所述结构的内部, 所述第二层面对或者包括所述结构的外层。

8、如权利要求 7 的建筑物, 其中所述结构部分包括墙壁。

9、如权利要求 7 的建筑物, 其中所述结构部分包括天花板。

10、如权利要求 7 的建筑物, 其中所述的结构盖板制成的第二层的厚度是至少 0.65 厘米。

11、如权利要求 7 的建筑物, 其中所述偏移在 8.0-16.0 厘米的范围内。

12、如权利要求 7 的建筑物, 其中所述高强度纤维选自芳族聚酰胺纤维、玻璃纤维、聚乙烯纤维、聚乙烯醇纤维、聚丙烯酸酯纤维、聚吡咯纤维或碳纤维。

13、如权利要求 7 的建筑物, 其中所述高强度纤维包括芳族聚酰胺。

14、如权利要求 7 的建筑物, 其中所述高强度纤维是玻璃。

15、如权利要求 7 的建筑物结构，其中所述第二层的厚度是至少 1.27 厘米。

用于防风暴的纤维强化复合盖板

技术领域

本发明涉及使用高强度层压复合盖板来对墙壁和门进行强化,从而防止风吹碎片(如严重风暴事件(特别是龙卷风)产生的碎片)的穿透。

发明背景

在易于发生龙卷风或飓风的地区,当发生严重风暴事件时,风暴掩体和地下室对提供安全的避难所是必不可少的。这些掩体通常是由浇注混凝土、钢筋强化的砌筑结构或重的片状金属构成的。适合风暴掩体和地下室的设计的细节详述于联邦紧急事件管理处(FEMA)的出版物如《躲避风暴》(Taking Shelter from the Storm)-出版物 320 和《社区掩体的设计和建筑指南》(Design and Construction Guidance for Community Shelters)-出版物 361。目前的设计依赖于使用普通的重型建筑材料如混凝土和钢筋,以抵御风暴中产生的风吹碎片。

目前的设计不容易融入到当前的建筑实践中,并且使得墙壁结构的重量显著增加。FEMA 出版物 320 中所述的木结构方案要求用实体砌筑结构填充墙壁部分或者用 14 号钢板提供连续的盖板。这些掩体的门要求用最小 14 号片状金属强化以提供所需的穿透抵抗力。这些方案麻烦,难以安装并且难以进行野外现场实施。至于门,目前的方案使得门重并且美感差。

Clemson 大学在 2000 年 5 月 31 日向联邦紧急事件管理处递交了一篇题为“严重风暴的强化保护”(Enhanced Protection for Severe Wind Storms)的报告,它描述了另外几种强化掩体墙壁以抵御风吹碎片的方

法。其中包括使用 4 个墙壁(数值 9、10、11 和 17),它们是用 Kevlar® 布制成的。第 36 页的图 12 显示了这些柔性布料提供的耐冲击性不满足“龙卷风掩体的国家性能标准”所需的 44%。该研究所提供的方法所提供的耐冲击性都不到国家性能标准的 60%。

特别需要一种对墙壁和门进行强化的方法,所述墙壁和门具有重量轻且适合野外作业的盖板,以充分抵御风吹碎片(如龙卷风和飓风所产生的碎片)的穿透。然而,龙卷风产生的风速可以超过 200 英里/小时,它大大超过飓风产生的风速。因此特别需要这种重量轻且适合野外作业的盖板,以经受较高龙卷风风速产生的风吹碎片。

发明概述

本发明涉及:

一种复合材料,它包括:

(a) 由织物制成的第一层,它含有用树脂粘在一起的高强度纤维,其中按照 FEMA 出版物 320(第 1 次修订版,特别是图 AG-5 和 14),在所述第一层上覆盖一层 3/4 英寸胶合板,用#10d 钉固定到一框架上,按照 ASTM 测试步骤 E1886-97 使用 6.8 公斤(15 磅)弹丸以 161 公里(100 英里)/小时的速度对其进行撞击,所述第一层将偏移(deflect) 5.0-17.5 厘米,和

(b) 由结构盖板制成的第二层。

该材料特别适合在世界上遭受风吹碎片(由飓风产生,以及由风速相当高的龙卷风产生)的地区构建风暴掩体和住房。

发明详述

在形成抵御风吹碎片(如由风速超过 200 英里/小时的龙卷风产生的碎片)的建筑物的材料时,必不可少的原料是一种含有高强度纤

维的织物。所述织物可以是机织的或者不是机织的，然而优选是机织织物。高强度纤维为公知并且本文所用的高强度纤维是指韧性为至少 10 g/dtex 且拉伸模量为至少 150 g/dtex 的纤维。纱线可以由诸如芳族聚酰胺、聚烯烃、聚苯并噁唑、聚苯并噻唑、玻璃等的纤维制成，并且可以由这些纱线的混合物制成。

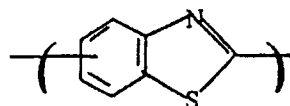
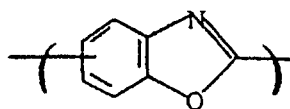
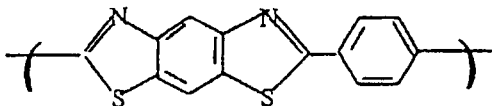
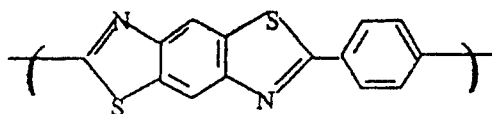
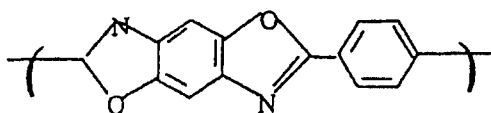
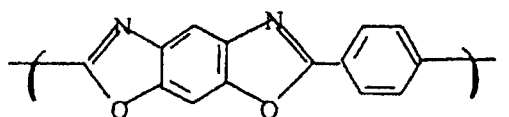
所述织物可以包括高达 100% 的芳族聚酰胺纤维。“芳族聚酰胺”是指一种聚酰胺，其中至少 85% 的酰胺(-CO-NH-)键直接与两个芳环相连。芳族聚酰胺纤维的实例描述在《人造纤维科技 1》(Man-Made Fibers-Science and Technology¹)第 2 卷，题为“形成纤维的芳族聚酰胺”的节，第 297 页，W. Black 等人，Interscience 出版社，1968。芳族聚酰胺纤维还公开在美国专利 4,172,938、3,869,429、3,819,587、3,673,143、3,354,127 和 3,094,511。

对-芳族聚酰胺是芳族聚酰胺纱线中常见的聚合物，并且聚(对-亚苯基对苯二甲酰胺)(PPD-T)是一种常见的对-芳族聚酰胺。PPD-T 是指由对-亚苯基二胺和对苯二甲酰氯等摩尔聚合获得的均聚物，也指由加入少量其它二胺的对-亚苯基二胺与加入少量其它二酰氯的对苯二甲酰氯获得的共聚物。一般说来，以对-亚苯基二胺或对苯二甲酰氯的量为基准，其它二胺和其它二酰氯可以高达约 10 mol% 的量使用，或者可以稍高，只要其它二胺和二酰氯不干扰所述聚合反应的反应性基团。PPD-T 还指由加入有其它芳族二胺和其它芳族二酰氯（例如 2,6-萘甲酰氯或氯-或二氯对苯二甲酰氯或 3,4-二氨基二苯基醚）制得的共聚物。

“聚烯烃”是指聚乙烯或聚丙烯。聚乙烯是指主要为线性的聚乙烯材料，优选分子量大于一百万，可以含有少量的支链或共聚单体，它们的量在每 100 个主链碳原子中不超过 5 个改性单元，并且聚乙烯还可以混合有不超过约 50 重量%的一种或多种聚合添加剂（如烯烃-1-聚合物，特别是低密度聚乙烯、丙烯等）或低分子量添加剂，如通

常加入的抗氧化剂、润滑剂、紫外线掩蔽剂、着色剂等。这些通常称之为延长链的聚乙烯 (ECPE)。同样, 聚丙烯是一种主要为线性的聚丙烯材料, 优选分子量大于一百万。高分子量线性聚烯烃纤维可商购获得。

聚苯并噁唑和聚苯并噻唑优选由具有下面结构的聚合物构成:



尽管所示与氮原子相连的芳基可以是杂环, 但是它们优选是碳环; 并且尽管它们可以是稠合或者未稠合的多环系, 但是它们优选是

单个的六元环。尽管在二唑系的主链中所示的基团是优选的对-亚苯基，但是该基团可以被不干扰该聚合物的制备的任意二价有机基团替代，或者根本没有这样的基团。例如，该基团可以是高达 12 个碳原子的脂族、甲代亚苯基、亚联苯基、双亚苯基等。

本发明的另一要求是使用一树脂对所用织物中的高强度纤维的单根纤维进行粘合。所述树脂可以选自各种组分如聚乙烯、离子交联聚合物、聚丙烯、尼龙、聚酯、乙烯基酯、环氧和酚醛塑料和热塑性弹性体。

所述树脂可以通过涂布或浸渍（例如在压力下）涂敷到含有高强度纤维的所述织物上。

然而，本发明的关键是具有高强度纤维的织物/树脂的组合。已发现，当被牢固地固定在载体材料上时，这种组合必需具备在一定范围内的偏移能力。

因此，当按照龙卷风掩体的国家性能标准(第一次补充，FEMA，1999 年 5 月 28 日)使用 ASTM 测定方法 E1886-97，题为“外窗、某些墙壁、门和风暴百叶窗在受飞弹冲击并暴露于循环压差下时的性能的标准测定方法”测定时，所述高强度织物/树脂组合必须具有偏移能力。该试验的要点包括安装测试样品，在此为具有高强度纤维的织物/树脂的组合，用一以 161 公里(100 英里)/小时的速度推进的 6.8 公斤(15 磅) 2 × 4 飞弹撞击样品，并观察和测定这些测试结果。针对各种不同的要求，ASTM 测试步骤 E1886-97 有不同的规定，如使用 2 × 4 木制飞弹、飞弹推进设备、速度测定系统和使用高速视频或摄影照相机。应理解的是，本文中的试验步骤涉及用#10d 普通钉将任意测试样品(即高强度织物/树脂组合)和一层 3/4-英寸胶合板(按照 FEMA 出版物 320(第 1 次修订版，特别是图 AG-5 和 14)中所述的插钉布置设定间隔)固定在按照上述出版物建造的框架上，其中胶合板作为所述框架的最外层。然后在两个中部开间(middle bay)之一的中心撞击所

述墙壁系统的胶合板表面。所述 2×4 木质飞弹应用合适的标志标记以便跟踪弹丸穿透的深度。应安置摄影或视频照相机以监控弹丸穿透的深度，并且这种照相机应具有 1000 帧/秒的最小帧频。

根据所述的测定步骤，含有树脂粘结的高强度纤维的织物组合将偏移 5.0-17.5 cm。更优选该偏移在 8.0-16.0 cm 的范围内，最优选 10.0-15.0 cm。该偏移度可以通过其在建筑结构中的最终用途来决定。例如，在住房中所述织物/树脂组合的最大偏移可能并不是优选的，这是由于居住者与含有该织物/树脂组合的墙壁的距离很近的缘故。而上面范围中的最小偏移可能需要增加织物的厚度，这样使得建筑物的成本升高。本文所用的织物包括多层布料。本文所说的偏移(deflection)是指所述高强度织物/树脂组合与结构盖板之间分开的最大测定距离。应理解的是该测定必需结合高速照相术进行。为了说明目的，对于偏移的测量，在使用弹丸的测定步骤期间，结构盖板可能会发生一些弯曲。所测得的偏移是指高强度织物/树脂组合与弯曲的盖板部分之间的距离。该距离可以根据回顾前述测定期间的摄影或视频记录，确定整个过程中穿透的最大深度，并减去结构盖板的厚度来确定。

对于含有高强度纤维的织物（即 Kevlar®芳族聚酰胺）和胶合板的配合使用，已在 Clemson 大学报告(本发明的背景中引用过)中测定过。然而根据该报告的测定步骤，用 9 磅弹丸以 73 英里/小时的速度可以完全穿透所述 Kevlar®芳族聚酰胺/胶合板。

在本发明中，由于这种组合的另一目的是墙壁或门的结构强化，因此含有高强度纤维的织物/树脂的组合将与以木材为主的结构盖板材料或其它结构盖板材料一起使用。术语“结构盖板”包括提供结构建筑载体的任意材料。优选的材料是木材，特别是胶合板，这是由于其在建筑业中广泛使用。然而，已知有其它材料的结构盖板用作建筑载体：一个典型实例是用水泥强化的纤维板。所述织物/树脂组合通

常是柔性的并且将与盖板(为了描述的目的, 盖板可以是至少 0.65 cm (0.25 英寸), 并优选为了支撑的目的, 是至少 1.27 cm (0.5 英寸))一起使用。结构盖板的类型对本发明的成功并不是关键性的。该盖板可以是实心的, 例如得自硬或软木材, 或者可以为复合形式(如胶合板)或者非木材盖板(如水泥强化的纤维板)。作为实际问题, 仅考虑成本, 据信本发明在大多数用途中将与胶合板一起使用, 这是由于胶合板是墙壁结构中的常用材料。所述结构盖板没有最大厚度, 在建筑结构中结构盖板可以作为外墙或者面对外墙, 而织物/树脂的组合面对建筑物的内部, 即例如保护居住者的房间。

因此在构建一保护性掩体或者一个或多个居住的房间时, 有意将所述结构盖板面对任何风吹碎片的方向, 以便该碎片在接触织物/树脂组合之前撞击木材并抑制织物/树脂组合的偏移。应理解的是由于可以使用具有结构盖板的传统建筑结构和工艺, 因此本发明特别有益。

应注意的是, 在德国 DE 195 12582 中已公开使用芳族聚酰胺纤维/木材组合作为室内射击场的墙壁、天花板和地板的包层。然而, 射击场中的抵御高速/低重量弹丸的要求与本发明中对墙壁偏移和抵御由超过 200 英里/小时的风速带来的风吹碎片的穿透的要求完全不同。

为了进一步描述本发明, 提供了以下实施例。

实施例

实施例 1

在由离子交联聚乙烯树脂制成的 2 层 0.0045 厚薄膜之间, 通过对由芳族聚酰胺纤维制成的 3 层 458.1 克/平方米(13.5 盎司/平方码)的平织织物进行堆积, 制得一张 0.915 米(3-英尺)宽×1.22 米(4-英尺)

长的纤维强化复合衬板。将所得织物和树脂的堆叠物放置在一已预热至 300°F 的热液压机中。向该堆叠物料施加 $1.10 \times 10^6 \text{ Pa}$ (160 psi) 的压力持续 1 小时, 以将聚合物外层熔融并使其浸入置于其间的织物层中。然后将液压机冷却到 150°F 以下并释放压力。

将所得衬板钉到一由 2×4 构架材制得的木制框架上, 如 FEMA 出版物 320 中所述。使用 #10 电动钉子将该复合衬板固定到所述木制框架上, 同时将一 3/4" 胶合板单层覆盖在该衬板的待撞击面上。

将所得墙板固定在一刚性测量框架上, 使得墙板的两侧均有 0.915 米(3-英尺)大小得到完全支撑。用 6.8 公斤(15-lb) 2×4 木质弹丸以 161 公里/小时(100 mph) 的前进速度撞击该样品, 以接近满足龙卷风掩体的国家性能标准(第一次补充, FEMA, 1999 年 5 月 28 日)的“对掩体墙壁和天花板的风吹飞弹撞击耐性”规定的的能力。按照 ASTM E 1886-97 进行炮轰准备和射击。

该墙板阻止了弹丸的穿透, 正如 FEMA 规定所要求的, 并且弹丸被弹回。在撞击过程中拍摄的高速相片显示弹丸在被弹回之前穿入墙壁约 15.2 cm。计算得出该复合衬板的偏移为 13.4 cm。在墙壁外面的胶合板层显示仅在弹丸进入点周围局部受损。

实施例 2

通过将 7 层由 S-2 玻璃纤维制成的 339.4 克/平方米(10 盎司/平方码)的平织织物与 4 层由离子交联聚合聚乙烯树脂制成的 0.0045 厚薄膜一起堆叠, 制得一张 0.915 米(3-英尺)宽×1.22 米(4-英尺)长的纤维强化过的复合衬板。将所得织物和树脂的堆叠物放置在一已预热至 300°F 的热液压机中。向该堆叠物料施加 $1.10 \times 10^6 \text{ Pa}$ (160 psi) 的压力持续 1 小时, 以将聚合物熔融并使其浸入置于其间的织物层中。然后将该液压机冷却到 150°F 以下并释放压力。

将所得衬板钉到一由 2×4 构架材制得的木制框架上, 如 FEMA

出版物 320 中所述。使用#10 电动钉子将所述复合衬板固定到该木制框架上，同时将一 3/4"胶合板单层覆盖在该衬板的待撞击面上。

将所得墙板固定在一刚性测量框架上，使得墙板的两侧均有 3-英尺大小得到完全支撑。用 6.8 公斤(15-lb)2×4 木质弹丸以 161 公里/小时(100 mph)的前进速度撞击该样品，从而接近满足龙卷风掩体的国家性能标准(第一次补充，FEMA，1999 年 5 月 28 日)的“对掩体墙壁和天花板的风吹飞弹撞击耐性”规定的的能力。按照 ASTM E 1886-97 进行炮轰准备和射击。

该墙板阻止了弹丸的穿透，正如 FEMA 规定所要求的，并且弹丸被弹回。在撞击过程中拍摄的高速相片显示弹丸在被弹回之前穿入墙壁约 11.4 cm。计算得出该复合衬板的偏移为 9.6 cm。在墙壁外面的胶合板层显示仅在弹丸进入点周围局部受损。

实施例 3-干织物对照

通过在边缘缝合由芳族聚酰胺纤维制成的 3 层 458.1 克/平方米(13.5 盎司/平方码)的平织织物，制得一 0.915 米(3-英尺)宽×1.22 米(4-英尺)长的干织物衬板材料。

将所得织物包钉到一由 2×4 构架材制得的木制框架上，如 FEMA 出版物 320 中所述。使用#10 电动钉子将所述织物衬板固定到该木制框架上，同时将一 3/4"胶合板单层覆盖在该衬板的待撞击面上。

将所得墙板固定在一刚性测量框架上，使得墙板的两侧均有 3-英尺大小得到完全支撑。用 6.8 公斤(15-lb)2×4 木质弹丸以 161 公里/小时(100 mph)的前进速度撞击该样品，从而接近满足龙卷风掩体的国家性能标准(第一次补充，FEMA，1999 年 5 月 28 日)的“对掩体墙壁和天花板的风吹飞弹撞击耐性”规定的的能力。按照 ASTM E 1886-97 进行炮轰准备和射击。

该墙板阻止了弹丸的穿透，正如 FEMA 规定所要求的，并且弹

丸被弹回。在撞击过程中拍摄的高速相片显示弹丸在被弹回之前穿入墙壁约 17.8 cm。计算得出该复合衬板的偏移为 16 cm，它比含有树脂的实施例 1 中的复合衬板的偏移多 2.6 cm。在墙壁外面的胶合板层也显示明显超过撞击点的开裂。紧固零件周围的织物也明显拉出。

实施例 4-对照

从 Sioux Manufacturing Company 购得一 1.22 米(4-英尺)宽×2.44 米(8-英尺)长的纤维强化复合衬板，它是由 3 层 458.1 克/平方米(13.5 盎司/平方码)的涂布有酚醛树脂的平织芳族聚酰胺织物制成，并按照 MIL-L-6247A 中关于防弹盔甲的描述进行模制。

将所得衬板钉到一由 2×4 构架材制得的木制框架上，如 FEMA 出版物 320 中所述。使用#10 电动钉子将所述复合衬板固定到该木制框架上，同时将 2 层 3/4"胶合板覆盖在该衬板的待撞击面上。

将所得墙板固定在一刚性测量框架上，使得墙板上有一 1.22 米(4-英尺)大小得到完全支撑。用 6.8 公斤(15-lb)2×4 木质弹丸以 161 公里/小时(100 mph)的前进速度撞击该样品，从而接近满足龙卷风掩体的国家性能标准(第一次补充，FEMA，1999 年 5 月 28 日)的“对掩体墙壁和天花板的风吹飞弹撞击耐性”规定的的能力。按照 ASTM E 1886-97 进行炮轰准备和射击。

该墙壁不阻止弹丸的穿透，正如 FEMA 规定所要求的，并且其 2 x 4 木质弹丸本身也嵌入该墙壁中。

实施例 5

通过堆叠 3 层按照 Mil Spec MIL-L-62474 生产的由芳族聚酰胺纤维制得的 458.1 克/平方米(13.5 盎司/平方码)平织织物的酚醛预浸料坯 (prepreg)，制得一张 0.915 米(3-英尺)宽×1.22 米(4-英尺)长的纤维强化复合衬板。将该预浸料坯堆叠物放置在一已预热至 330°F 的热液压

机中。向该堆叠物料施加 $1.10 \times 10^6 \text{ Pa}$ (160 psi) 的压力 (相对 MIL-L-62474 所要求的为 $1.38 \times 10^6 \text{ Pa}$ (200 psi)) 持续 30 分钟以将树脂固化。然后将该液压机冷却到 150°F 以下并释放压力。所得物料比按照军用要求压制的商购获得的层压物更柔韧。

将所得衬板钉到一由 2×4 构架材制得的木制框架上, 如 FEMA 出版物 320 中所述。使用 #10 电动钉子将所述复合衬板固定到该木制框架上, 同时将一 3/4" 胶合板单层覆盖在该衬板的待撞击面上。

将所得墙板固定在一刚性测量框架上, 使得墙板的两侧均有 0.915 米(3-英尺)大小得到完全支撑。用 6.8 公斤(15-lb) 2×4 木质弹丸以 161 公里/小时(100 mph) 的前进速度撞击该样品, 从而接近满足龙卷风掩体的国家性能标准(第一次补充, FEMA, 1999 年 5 月 28 日) 的“对掩体墙壁和天花板的风吹飞弹撞击耐性”规定的的能力。按照 ASTM E 1886-97 进行炮轰准备和射击。

该墙板阻止了弹丸的穿透, 正如 FEMA 规定所要求的, 并且弹丸被弹回。在撞击过程中拍摄的高速相片显示弹丸在被弹回之前穿入墙壁约 10.2 cm。计算得出该复合衬板的偏移为 8.4 cm。在墙壁外面的胶合板层显示仅在弹丸进入点周围局部受损。