

*Relazione di prova*

# **INDAGINE RELATIVA ALLA RESISTENZA DEI PANNELLI EMMEDUE M2 ALL'URTO DI OGGETTI SPINTI DAL VENTO**

*Presentata a*

**Angelo Candiracci, Presidente  
EMMEDUE S.p.A. — *Advanced Building System*  
Via Toniolo 39/B Z.I. Bellocchi  
61032 Fano (PU) Italia**

*Esaminatori*

**Ernst W. Kiesling, Ph.D., P.E.  
Larry J. Tanner, P.E.**

*Data di presentazione*

22 luglio 2005

Wind Science and Engineering  
Texas Tech University  
Lubbock, Texas 79409



*Relazione di prova*

# **INDAGINE SULLA RESISTENZA DEI PANNELLI EMMEDUE M2 A PROIETTILI SCAGLIATI DAL VENTO**

*Presentata a*

**Angelo Candiracci, Presidente  
EMMEDUE S.p.A. –Advanced Building System  
Via Toniolo 39/B – Z.I. Bellocchi  
61032 Fano (PU) Italia**

*Prova eseguita da*

**The Wind Science and Engineering Research Center  
Texas Tech University  
Box 41023  
Lubbock, TX 79409-1023**

*Esaminatori*

**Ernst W. Kiesling, Ph.D., P.E.  
Larry J. Tanner, P.E.**

*Data di presentazione*

**22 luglio 2005**

# INDAGINE SULLA RESISTENZA DEI PANNELLI EMMEDUE M2 A PROIETTILI SCAGLIATI DAL VENTO

## Descrizione sommaria del progetto

L'azienda EMMEDUE S.p.A., nella persona del sig. Angelo Candiracci, ha contattato il Wind Science and Engineering (WISE) Research Center presso la Texas Tech University affinché stabilisse la resistenza dei suoi pannelli cementizi isolanti all'impatto di detriti. Precedenti collaudi erano già stati eseguiti in data 02 maggio 2005. Seguono le specifiche relative a ogni prova, i risultati e le conclusioni.

I pannelli M2 sono stati sottoposti a cinque serie di collaudi – PSME100, PSM100HP con armatura sovrapposta, PSM100HP con armatura sfalsata, e due campioni PDME120 con armature aumentate. Le finalità della prova erano le seguenti: 1) stabilire la capacità del pannello PSME100 di attenersi a quanto stabilito dall'Hurricane Shelter Test Protocol 3 (Protocollo di prova per ripari antiuragano – missile di legno del peso di 6,8 kg, di dimensioni 5 x 10 cm lanciato a 129 km/h) 2) stabilire la capacità del PSM100HP con armatura sovrapposta di resistere a un missile di un tornado del peso di 6,8 kg, di dimensioni 5 x 10 cm lanciato a 161 km/h, 3) stabilire la capacità del pannello PDME120 con armatura massima a resistere all'impatto con un tubo di acciaio da 34 kg secondo quanto stabilito dalla Nuclear Regulatory Agency (agenzia di controllo dell'uso civile di materiali nucleari) lanciato a 113 km/h 4) stabilire la capacità del pannello PDME120 con armatura minima a resistere all'impatto con un tubo di acciaio da 34 kg secondo quanto stabilito dalla Nuclear Regulatory Agency lanciato a 80 km/h e 5) stabilire la capacità del pannello PSM100HP con armatura sfalsata a resistere al missile di un tornado del peso di 6,8 kg, di dimensioni 5 x 10 cm lanciato a 161 km/h.

**I serie:** La prova è stata realizzata su un pannello M2 PSME100 da 122 x 244 cm, v. **Figura 1**. Il pannello è stato inserito all'interno di una struttura di fissaggio per prova da 122 x 244 cm formata da elementi perimetrali di acciaio C4 x 5,4 con perni del diametro di ¼" (0,635 cm) x 14 cm di lunghezza saldati alle scanalature a distanza di 30,4 cm l'uno dall'altro. La rete metallica del pannello da collaudare è stata fissata ai perni con fili metallici. È stato adottato l'Hurricane Shelter Test Protocol 3 (Protocollo di prova per ripari antiuragano).

**II serie:** La prova è stata realizzata su un pannello M2 PSM100HP da 122 x 244 cm, v.

**Figura 1.** Il pannello è stato inserito all'interno di una struttura di fissaggio per prova da 122 x 244 cm formata da elementi perimetrali di acciaio C4 x 5,4 con perni del diametro di ¼" (0,635 cm) x 14 cm di lunghezza saldati alle scanalature a distanza di 30,4 cm l'uno dall'altro. La rete metallica del pannello da collaudare è stata fissata ai perni con fili metallici. È stato adottato il Tornado Shelter Test Protocol 4 (Protocollo di prova per ripari antitornado).

**III serie:** La prova è stata realizzata su un pannello M2 PDME120 da 122 x 244 cm, v. **Figura 1**, con la seguente armatura massima: filo metallico di rinforzo da 7/32" (0,55 cm) su rete a intervalli di 7,6 cm per 12 cm, con un ulteriore filo metallico da 7/32" (0,55 cm) per rinforzo verticale su tutta la superficie. Il pannello è stato inserito all'interno di una struttura di fissaggio per prova da 122 x 244 cm formata da elementi perimetrali di acciaio C4 x 5,4 con perni del diametro di ¼" (0,635 cm) x 14 cm di lunghezza saldati alle scanalature a distanza di 30,4 cm l'uno dall'altro. La rete metallica del pannello da collaudare è stata fissata con fili metallici ai perni. È stato adottato il protocollo del Nuclear Regulatory Agency Test (Prova dell'Agenzia di controllo dell'uso civile di materiali nucleari) per strutture di contenimento, protocollo 5b.

**IV serie:** La prova è stata realizzata su un pannello M2 PDME120 da 122 x 244 cm, v. **Figura 1**, con la seguente armatura minima: 7 filo metallico di rinforzo da 7/32" (0,55 cm) su rete a intervalli di di 7,6 cm per 12 cm. Il pannello è stato inserito all'interno di una struttura di fissaggio per prova da 122 x 244 cm formata da elementi perimetrali di acciaio C4 x 5,4 con perni del diametro di ¼" (0,635 cm) x 14 cm di lunghezza saldati alle scanalature a distanza di 30,4 cm l'uno dall'altro. La rete metallica del pannello da collaudare è stata fissata con fili metallici ai perni. È stato adottato il protocollo del Nuclear Regulatory Agency (Test Prova dell'Agenzia di controllo dell'uso civile di materiali nucleari) per strutture di contenimento, protocollo 5a.

**V serie:** La prova è stata realizzata su un pannello M2 PSM100HP da 122 x 244 cm, v. **Figura 1**, con la seguente modifica dell'armatura: nella V serie i doppi fili metallici di rinforzo erano sfalsati contro quelli in linea per aumentare la copertura dell'armatura. Il pannello è stato inserito all'interno di una struttura di fissaggio per prova da 122 x 244 cm formata da elementi perimetrali di acciaio C4 x 5,4 con perni del diametro di ¼" (0,635 cm) x 14 cm di lunghezza saldati alle scanalature a distanza di 30,4 cm l'uno dall'altro. La rete metallica del pannello da collaudare è stata fissata con fili metallici ai

perni. È stato adottato il protocollo del Tornado Shelter Missile (Missile per ripari antitornado), protocollo 4.

Per le Specifiche dei Materiali – Disegno del lotto e Applicazione dell'intonaco, v. **Figura 2**.

## **Protocollo di prova**

### **Introduzione**

L'obiettivo principale da perseguire nella prova dei ripari antitempesta e dei loro componenti contro l'impatto di detriti è accertarne la conformità a elevati standard di prestazione per la protezione degli occupanti dei ripari dai detriti scagliati dal vento. Tra i criteri di prestazione si considera la capacità di prevenire la perforazione del riparo o del componente da parte del missile progettato ed evitare deformazioni che possano ferire gli occupanti.

### **Criteri della prova**

La prova descritta viene effettuata simulando l'impatto di detriti scagliati dal vento. Le simulazioni principali vengono realizzate con impatti di tavole di legno dalle dimensioni di 5 x 10 cm che viaggiano lungo l'asse longitudinale della tavola e colpiscono l'oggetto della prova perpendicolarmente alla sua superficie. Questo tipo di simulazione è regolamentato, tra le altre, dalle norme ASTM E 1886-04 "Metodo di prova standard per la prestazione di finestre da esterni, muri di cinta, porte e sistemi di protezione da impatto colpiti da missili ed esposti a differenziali di pressione ciclica", SSTD 12-99 "Norma della prova SBCII per stabilire la resistenza all'impatto di detriti scagliati dal vento", ANSI A250.13-2003 "Prova e valutazione di componenti resistenti a forti tempeste per le strutture delle porte a battente", la norma della National Storm Shelter Association (NSSA) "Norma per la progettazione, la costruzione e la resistenza di ripari antitempesta", e il Criterio di prova antitornado della Texas Tech University, Wind Science and Engineering adottato dalla Federal Emergency Management Agency nella pubblicazione di FEMA 320, "Come ripararsi da una tempesta" e FEMA 361, "Guida alla progettazione e alla costruzione di ripari collettivi". Per la prova contro l'uragano

la norma prevede l'uso di una tavola di legno del peso di 4 kg e delle dimensioni di 5 x 10 cm, chiamata missile, che viaggia orizzontalmente alla velocità di 55 km/h, corrispondente a un vento di 177-241 km/h. Questo è il criterio usato per le strutture di protezione delle proprietà.

Per la prova contro il tornado la norma prevede l'uso di una tavola di legno del peso di 6,8 kg e delle dimensioni di 5 x 10 cm che viaggia orizzontalmente a 161 km/h, corrispondenti a un vento di 402 km/h. Questo è il criterio usato per la progettazione delle superfici verticali per la protezione degli occupanti.

Per i detriti in caduta lanciati da un tornado, la norma prevede l'uso di una tavola di legno del peso di 6,8 kg e delle dimensioni di 5 x 10 cm che viaggia alla velocità di 108 km/h e si scaglia sulla superficie perpendicolarmente. La velocità di 108 km/h è un criterio usato per superfici in posizione orizzontale rispetto al terreno e con un angolo di inclinazione inferiore a 30 gradi. Oltre a questi criteri vengono considerati anche ulteriori fattori di sicurezza, in quanto c'è una possibilità, sebbene molto remota, che un missile viaggi lungo il proprio asse e colpisca la superficie perpendicolarmente.

### **Procedimento della prova**

Il primo test che viene effettuato su un sistema è volto a stabilire se la costruzione di base o l'elemento strutturale è in grado di resistere all'impatto. A tal fine l'oggetto da collaudare viene colpito in una zona generica oppure in un punto considerato più vulnerabile. Se il sistema resiste all'impatto, la prova si concentra sui punti di collegamento e sulle condizioni di sostegno del materiale. I muri del riparo o i pannelli della prova vengono colpiti con tre missili appositi in punti diversi e vulnerabili. I tetti/soffitti del riparo, costruiti in modo diverso dai muri, vengono colpiti con tre missili appositi in punti diversi e vulnerabili. Le strutture accessorie del riparo, i condotti, le persiane, le finestre, le scatole elettriche, i ripiani, i sedili ecc. vengono colpiti da un solo missile.

I collaudi di pressione eseguiti in laboratorio non vengono condotti sui ripari o i relativi pannelli. L'analisi numerica della pressione del vento viene descritta nelle norme sopra menzionate nel paragrafo Criteri della prova.

### **Criteri di approvazione/rifiuto**

I criteri per l'approvazione/rifiuto del riparo/protezione/pannello sono i seguenti:

- 1) L'oggetto della prova deve essere colpito da minimo tre missili nella zona di maggior vulnerabilità;
- 2) Il missile può penetrare questo oggetto della prova, ma non deve perforarne il lato di sicurezza (superficie posteriore);
- 3) L'incurvatura permanente dell'oggetto dopo l'impatto deve essere inferiore a 7,6 cm;
- 4) Segmenti, scheggiature o altre parti dell'oggetto scalfite in altra maniera, sebbene ancora attaccate allo stesso, non devono superare i 7,6 cm o più nella parte di sicurezza; e
- 5) I segmenti dell'oggetto della prova o elementi accessori attaccati non devono essere lanciati o gettati in altra maniera nella parte di sicurezza dalla forza dell'impatto.

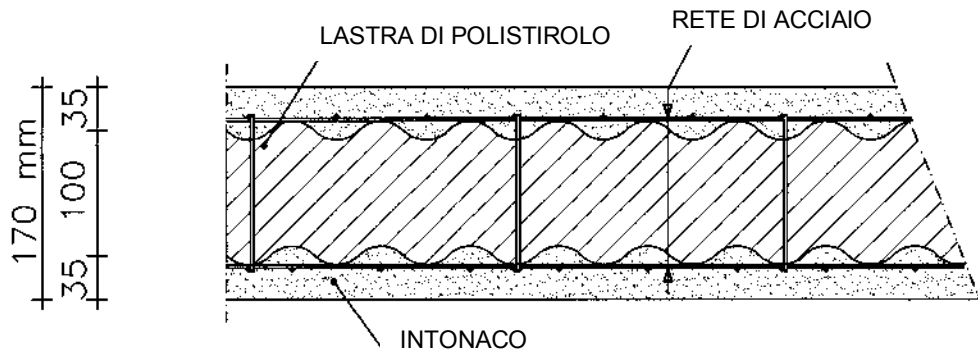
### **Apparecchiatura della prova**

Cannone pneumatico per l'impatto dei detriti:

- 1) Serbatoio dell'aria – 136 litri, Numero Modello Manchester 301853.
- 2) Valvola elettrica per l'aria in eccesso – Numero Modello Matryx MX200 – 600501.
- 3) Innesto veloce in alluminio da 10 cm per collegare la canna alla valvola.
- 4) Canna in PVC schedule 40 di 10 cm x 6,10 m di lunghezza.
- 5) Coppia di sensori ottici di misurazione dei tempi – Numero Modello Keyence PZ251R e PZ125T da 12/24 Volt.
- 6) Strumento per l'elaborazione e la filtrazione dei dati.
- 7) Coppia di temporizzatori di precisione – Numero Modello BK Precision Timer 1823 Universal Counter.
- 8) Pannello di controllo con comandi di pressione, mirino al laser e un sistema di tiro a tre fasi per evitare spari di missili involontari.
- 9) Affusto di cannone a movimento orizzontale con forza motrice a corrente diretta e controllo di velocità variabile.
- 10) Affusto di cannone montato su un elevatore a forbice idraulico su ruote – Numero Modello Autoquip 84B16F20.
- 11) Struttura di reazione in acciaio composta da travi di acciaio verticali e orizzontali ancorata al pavimento su cui fissare la parte superiore e inferiore dell'oggetto da collaudare.

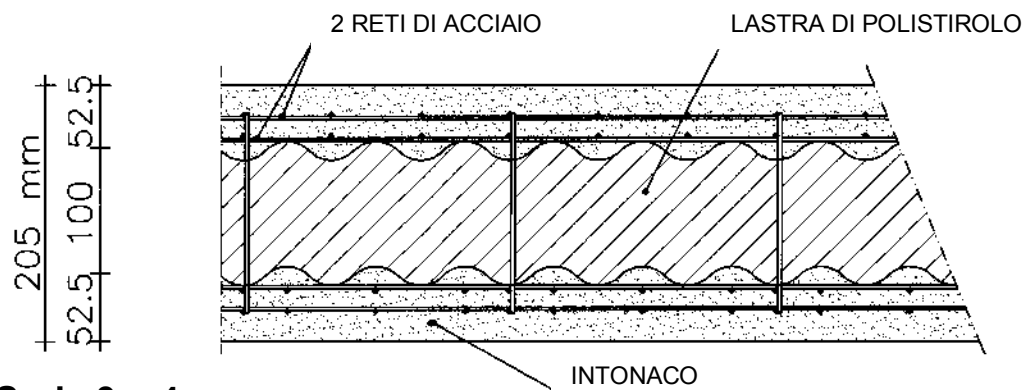
**Serie 1**

1 PSME100 $\phi$ 3,5 H=244cm



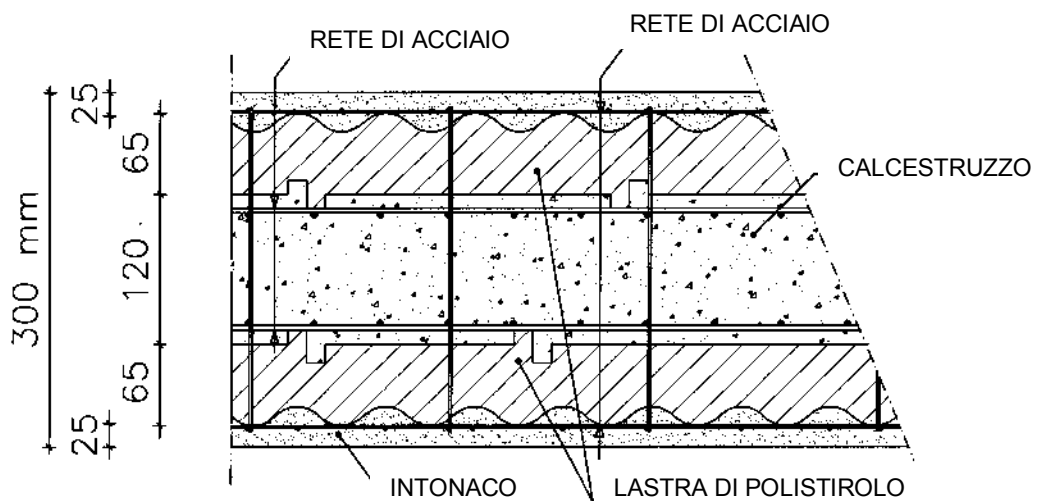
**Serie 2 e 5**

2 PSM100HP $\phi$ 3,5 H=244cm



**Serie 3 e 4**

3 PDME120 H=244cm



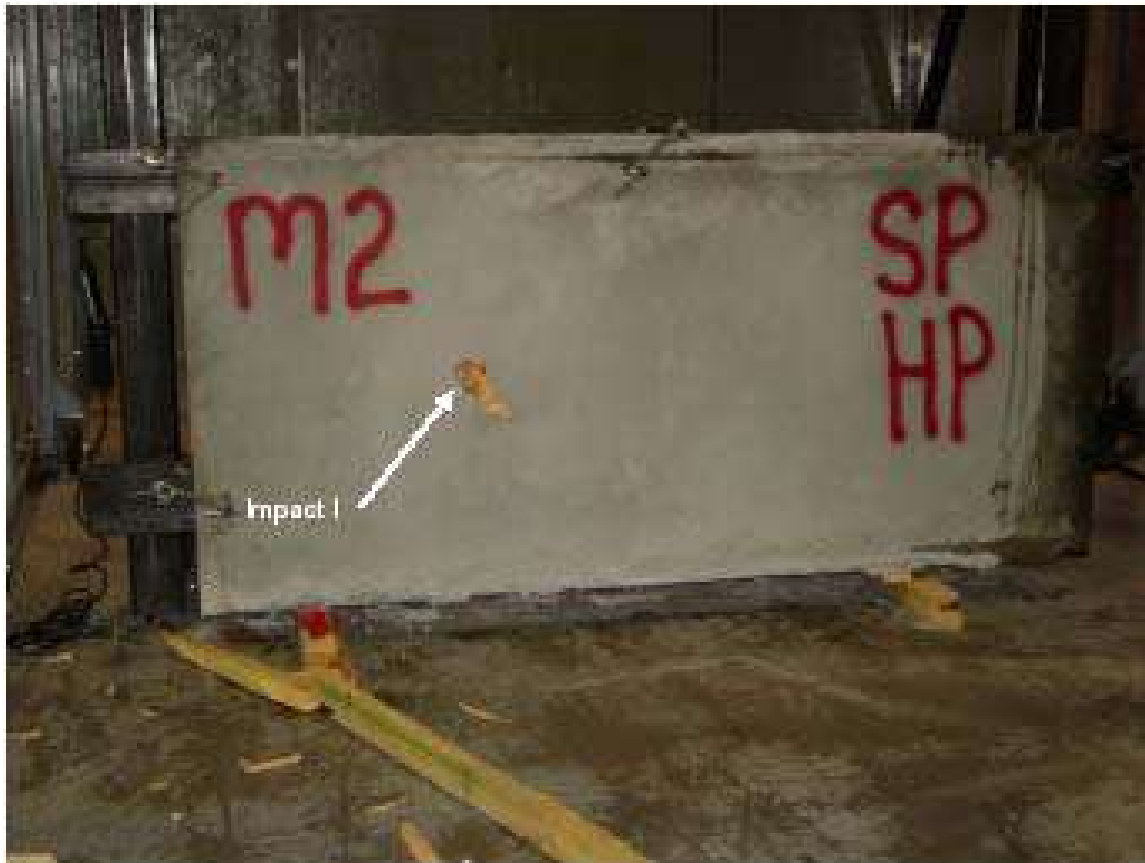
**Figura 1.** Serie 1 – 5 pannelli M2



## Prova II serie, Protocollo 4

### Sparo missile I – 6,8 kg 164 km/h Protocollo di prova antitornado

Il campione PSM100HP della II serie è stato colpito dal missile per il test anti-tornado a sinistra del centro del pannello. Il missile ha lasciato un segno dalle dimensioni di circa 5 x 10 cm, profondo circa 2,5 cm. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nella parte posteriore del pannello.



**Pannello della II serie colpito dal missile I**



**Resti frantumati del missile del tornado impatto I**

## Sparo missile II – 6,8 kg 161 km/h Protocollo per ripari antitornado

Il campione PSM100HP della II serie è stato colpito al centro dal missile per la prova regolamentata dal protocollo per ripari antitornado. È stata riscontrata una penetrazione di 1,9 cm nella zona del segno sulla superficie esterna di circa 8,2 cm. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del bersaglio.



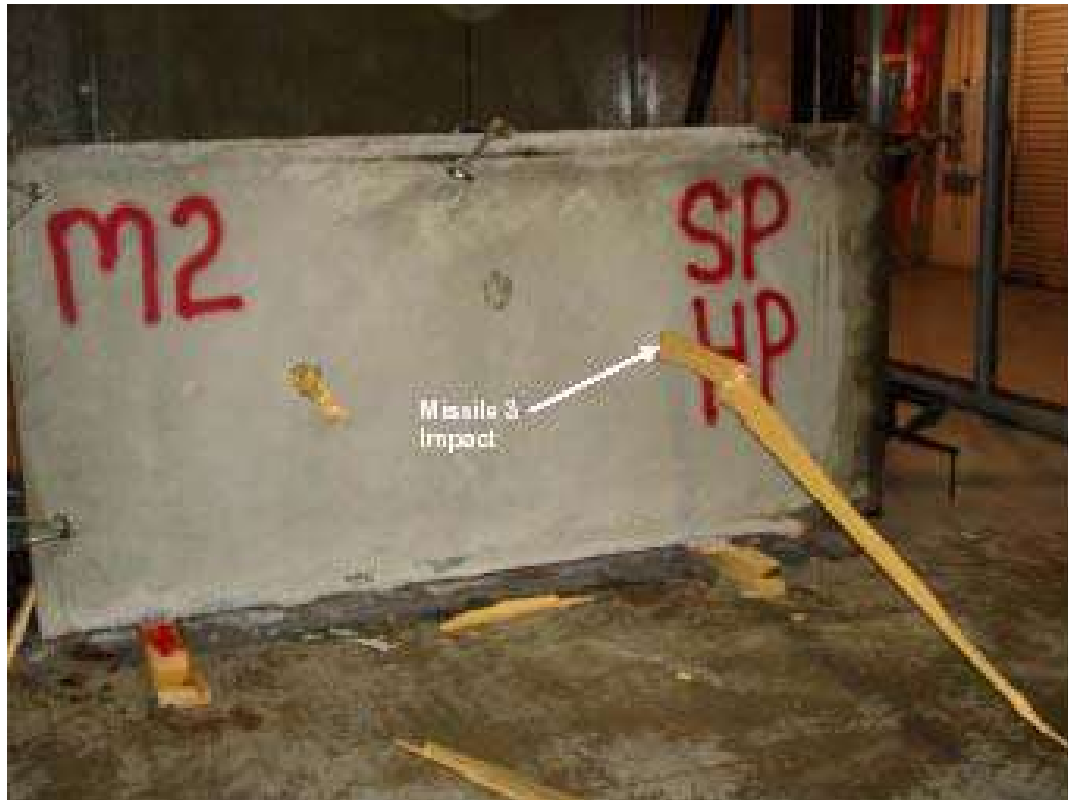
**Impatto della II serie da parte del Missile per riparo antitornado II**



**Campione dopo l'impatto II della II serie**

### **Sparo missile III – 6,8 kg 161 km/h Protocollo per ripari antitornado**

Il missile ha colpito il campione PSM100HP della serie II a destra del segno dell'impatto II. Lo strato esterno di intonaco è stato perforato in quanto il missile ha spostato i fili metallici dell'armatura, fermandosi sullo strato di intonaco del lato posteriore per un totale di 10,7 cm di penetrazione. Non sono stati riscontrati danni interni rilevanti sul lato posteriore del campione.



**Impatto contro riparo antitornado su campione II serie**



**Lato dell'impatto sul pannello della II serie dopo l'impatto III da parte del missile per riparo antitornado**

### Prova III serie, Protocollo 5b

#### Sparo missile I – tubo da 34 kg a 120 km/h Prova dell'agenzia di controllo dell'uso di civile di materiale nucleare per strutture di protezione

Il missile ha colpito il campione PDME 120 della III serie a destra del centro del pannello. Il missile è penetrato nello stesso di 13,6 cm, perforando il primo strato di intonaco, il nucleo di schiuma e il centro di calcestruzzo fino a raggiungere il primo strato delle barre di armatura. Il lato posteriore mostrava crepe radiali che si estendevano dal punto dell'impatto verso i bordi del muro, non è stata riscontrata alcuna scheggiatura.



**Pannello della III serie colpito dal missile della prova di controllo nucleare**



**Cratere dell'impatto con il missile della prova di controllo nucleare della II serie**



**Crepe radiali sul lato posteriore del campione di impatto della III serie**



## Prova della IV serie, protocollo 5a

### Sparo missile I – tubo da 34 kg a 84 km/h – Prova dell'agenzia di controllo dell'uso di civile di materiale nucleare per strutture di protezione

Il missile ha colpito il campione PDME 120 della IV serie a destra del centro del pannello. Il missile è penetrato al suo interno di 11,7 cm. L'intonaco del lato esterno e il nucleo di schiuma sono stati superati ma il missile è stato contenuto dallo strato di calcestruzzo centrale. Il lato posteriore del pannello mostrava crepe radiali che si estendevano verso i bordi del muro.



**Impatto I con il missile della prova di controllo nucleare IV serie protocollo 5a**



**Danno dell'impatto con il missile I sulla IV serie protocollo 5a**



**Crepe radiali sul lato posteriore del campione della IV serie**

## **Prova della V serie, protocollo 4**

### **Sparo missile I – 6,8 kg 164 km/h Protocollo antitornado**

Il missile ha colpito il campione PSM100HP della V serie al centro del pannello, ed è penetrato al suo interno di 8,9 cm. Il primo strato di armatura con fili metallici è stato colpito. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del campione.



**Impatto sul pannello del missile del tornato protocollo I - V serie**



Failed layer of  
reinforcing wire  
from Missile 1

Strato di armatura con fili  
metallici colpito dal missile 1

**Penetrazione del missile 1 del tornado nel pannello della V serie**

### **Sparo missile II – 6,8 kg 164 km/h Protocollo antitornado**

Il missile del tornado ha colpito il campione PSM100HP della V serie a destra del centro del pannello, ed è penetrato nel suo interno di 2,5 cm fermandosi al primo strato di armatura che è rimasto intatto. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del campione.



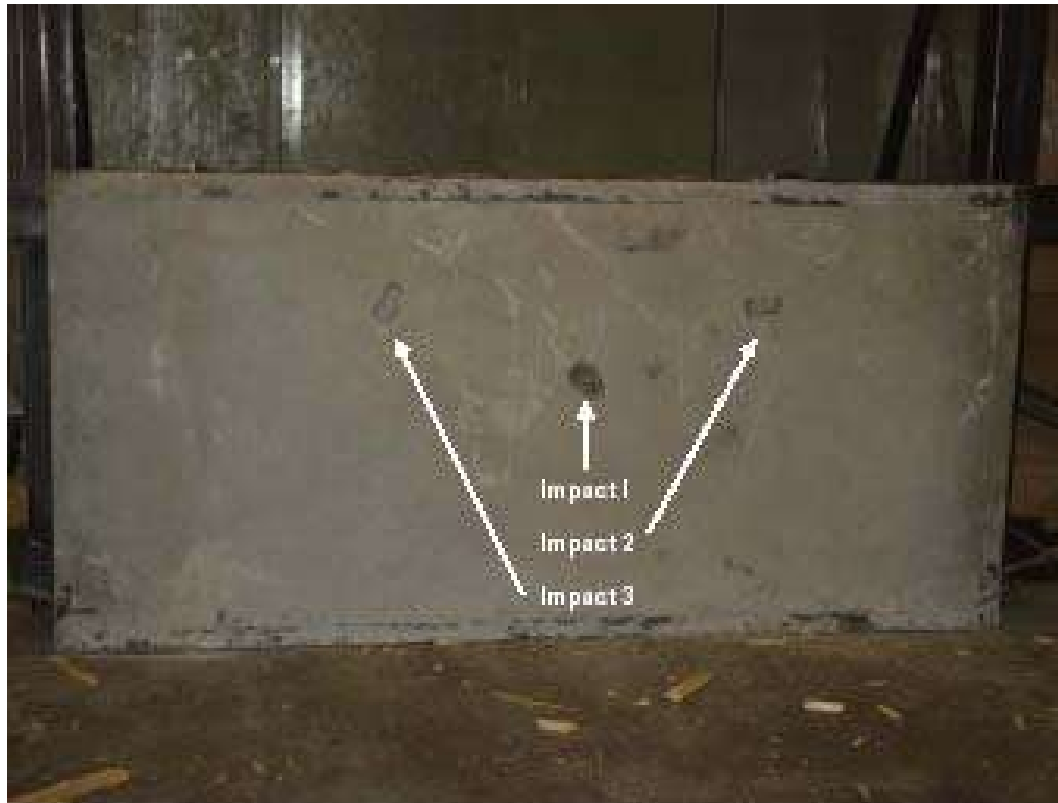
**Pannello della V serie colpito dal II missile del test anti-tornado**



**Pannello della V serie colpito dal II missile del test anti-tornado**

### **Sparo missile III – 6,8 kg a 163 km/h Protocollo antitornado**

Il missile del test anti-tornado ha colpito il campione PSM100HP della V serie a sinistra del centro del pannello, ed è penetrato nel suo interno di 1,9 cm fermandosi al primo strato di armatura che è rimasto intatto. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del campione.



**Pannello della V serie colpito dai missili del test anti-tornado I, II e III**



**Pannello della serie V colpito dal terzo missile del test anti-tornado**



## Conclusioni

*Nei limiti della ragionevole certezza progettuale e tecnica, e soggetta a cambiare qualora si rendano disponibili ulteriori informazioni, la mia opinione professionale è la seguente:*

Seguono i risultati dei collaudi di impatto con detriti effettuati presso la Debris Impact Test Facility della Texas Tech University su pannelli cementizi isolanti prodotti da EMMEDUE M2 – *Advanced Building System* di Fano, Italia. I collaudi erano compatibili con quanto richiesto da quattro protocolli diversi:

Protocollo 1 - Missile di legno del peso di 4 kg e delle dimensioni di 5 x 10 cm lanciato alla velocità di 55 km/h come richiesto dal Codice Edilizio della Florida del Sud per le strutture di protezione antiuragano.

Protocollo 2 - Missile di legno del peso di 6,8 kg e delle dimensioni di 5 x 10 cm lanciato alla velocità di 106 km/h come consigliato per i ripari antiuragano.

Protocollo 3 - Missile di legno del peso di 6,8 kg e delle dimensioni di 5 x 10 cm lanciato alla velocità di 129 km/h come consigliato per i ripari antiuragano.

Protocollo 4 - Missile di legno del peso di 6,8 kg e delle dimensioni di 5 x 10 cm lanciato alla velocità di 161 km/h, come richiesto dalle direttive FEMA 320/361 per i ripari antitornado.

Protocollo 5a - Missile a tubo di acciaio del peso di 34 kg lanciato alla velocità di 80 km/h, come richiesto dalla Nuclear Regulatory Agency degli Stati Uniti

Protocollo 5b - Missile a tubo di acciaio del peso di 34 kg lanciato alla velocità di 113 km/h, come richiesto dalla Nuclear Regulatory Agency degli Stati Uniti.

<b>Serie</b>	<b>Protocollo 1</b>	<b>Protocollo 2</b>	<b>Protocollo 3</b>	<b>Protocollo 4</b>	<b>Protocollo 5.a</b>	<b>Protocollo 5.b</b>
I Serie PSME100	Non testato	Non testato	Non testato	Non testato	Non testato	Non testato
II Serie PSM100HP	Non testato	Non testato	Non testato	Superato	Non testato	Non testato
III Serie PDME120 – armatura massima	Non testato	Non testato	Non testato	Non testato	Non testato	Superato
IV Serie PDME 120 – armatura leggera	Non testato	Non testato	Non testato	Non testato	Superato	Non testato
V Serie PSM100HP armatura sfalsata	Non testato	Non testato	Non testato	Superato	Non testato	Non testato

## **Uso della relazione di prova e dei logo TTU e WISE**

La vostra azienda è autorizzata a citare o distribuire la relazione scritta e le foto e/o video integrativi. Tuttavia la Texas Tech University non può promuovere i prodotti, né può essere usato a scopi pubblicitari il nome dell'università o di nessuno dei suoi dipartimenti o membri del personale senza autorizzazione scritta della stessa. L'università sposterà querela contro i responsabili di qualsiasi uso improprio o falsa interpretazione della relazione e/o delle immagini.

I fabbricanti o i produttori di ripari antitempesta che hanno fatto collaudare i propri prodotti presso la Texas Tech University possono usare il logo della Texas Tech University Wind Engineering a condizione che osservino quanto segue:

- I. Il logo della Texas Tech University Wind Engineering non deve essere troppo evidente per evitare di fuorviare il pubblico o sfruttare eccessivamente il nome della Texas Tech University Wind Engineering.  
Ogni qualvolta viene esposto il logo, nel testo si deve usare una delle due frasi in alternativa:

### Alternativa 1 – Ripari interi

L'uso del logo della Texas Tech University Wind Engineering significa che è stata effettuata la prova dell'intera struttura di riparo e sono state superate con successo le prove di resistenza all'impatto del missile svolte presso la Texas Tech University.

### Alternativa 2 – Componente del riparo

L'uso del logo della Texas Tech University Wind Engineering non significa che è stato effettuato presso la Texas Tech la prova dell'intera struttura di riparo, ma è stato collaudato solo [nome del componente da citare esplicitamente] che ha superato positivamente le prove di resistenza all'impatto del missile svolte presso la Texas Tech University.

- III. Tutti i testi pubblicitari e promozionali che usano il logo della Texas Tech University Wind Engineering prima della distribuzione devono essere presentati all'Office of Technology Transfer and Intellectual Property (Ufficio del trasferimento tecnologico e della proprietà intellettuale) della Texas Tech University per essere esaminati e approvati.

La Texas Tech University si opporrà a qualsiasi uso del logo della Texas Tech University Wind Engineering che non sia conforme a quanto stabilito sopra.