

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

11 febbraio 2005

Wind Science and Engineering
Texas Tech University
Lubbock, Texas 79409



ANALISI DELLA RESISTENZA AI PROIETTILI DEI PANNELLI EMMEDUE M2

Sintesi del progetto

Il Sig. Angelo Candiracci di EMMEDUE S.p.A. ha contattato il centro di ricerca Wind Science and Engineering (WISE) della Texas Tech University allo scopo di determinare la resistenza all'impatto di macerie dei propri pannelli cementizi isolati. I test sono stati effettuati il 21 gennaio 2005. Riportiamo qui di seguito le specifiche relative ad ogni test, i risultati e le conclusioni.

Sono state condotte tre serie di test sui pannelli M2 - PSME80, PSM80HP e PSME100.

Gli obiettivi dei test erano 1) determinare la capacità dei campioni di soddisfare il Protocollo di Collaudo per Uragani della Florida del Sud (missile di legno da 9 libbre, 2 x 4 pollici, lanciato a 34 miglia/ora, 2) determinare la capacità dei campioni di resistere al missile di legno per rifugio anti-uragani da 15 libbre, 2 x 4 pollici, lanciato a 66 miglia/ora, 3) determinare la capacità dei campioni di resistere al missile di legno per tornado da 15 libbre, 2 x 4 pollici, lanciato a 66 miglia/ora, secondo il Protocollo di Collaudo FEMA 320 e FEMA 361, e 4) determinare la capacità del pannello PDME100 di resistere al missile in tubi di acciaio da 75 libbre dell'Agenzia Normativa Nucleare lanciato a 70 miglia/ora.

Serie 1: Il pannello testato era costituito da un pannello M2 PSME80 da 4 x 8 piedi, vedi **Figura 1**. Il pannello è stato posizionato all'interno di un'attrezzatura di collaudo da 4 x 8 piedi, composta da elementi perimetrali in acciaio C4 x 5.4 con perni misuranti $\frac{1}{4}$ di pollice di circonferenza e $5 \frac{1}{2}$ pollici di lunghezza, saldati ai canali in centri da 12 pollici. La struttura in fili metallici del pannello testato era legata ai perni tramite fili metallici. Il protocollo di collaudo era il Test per Uragani della Florida del Sud.

Serie 2: Il pannello testato era costituito da un pannello M2 PSM80HP da 4 x 8 piedi, vedi **Figura 1**. Il pannello era posizionato all'interno di un'attrezzatura di collaudo da 4 x 8 piedi, costituita da elementi perimetrali in acciaio C4 x 5.4 con perni misuranti $\frac{1}{4}$ di pollice di circonferenza e $\frac{1}{2}$ pollice di lunghezza, saldati ai canali in centri da 12 pollici. La struttura in fili metallici del pannello testato era legata ai perni tramite fili metallici. Il protocollo di collaudo era il Test per Rifugi Anti-Uragani e Rifugi Anti-Tornado.

Serie 3: Il pannello testato era costituito da un pannello M2 PDME100 da 4 x 8 piedi, vedi **Figura 1**. Il pannello era posizionato all'interno di un'attrezzatura di collaudo da 4 x 8 piedi, costituita da elementi perimetrali in acciaio C4 x 5.4 con perni misuranti $\frac{1}{4}$ di pollice di circonferenza e $5 \frac{1}{2}$ pollici di lunghezza, saldati ai canali in centri da 12 pollici. La struttura in fili metallici del pannello testato era legata ai perni tramite fili metallici. Il protocollo di collaudo era per il Test per Rifugi Anti-Tornado e per il Test dell'Agenzia Normativa Nucleare per imbarcazioni di contenimento.

Per le specifiche dei materiali, la progettazione del lotto e l'applicazione dell'intonaco, consultare la **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.

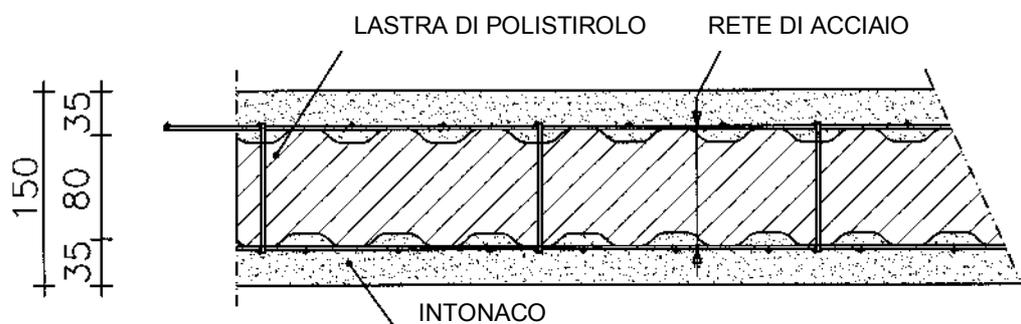
Apparecchiatura della prova

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.

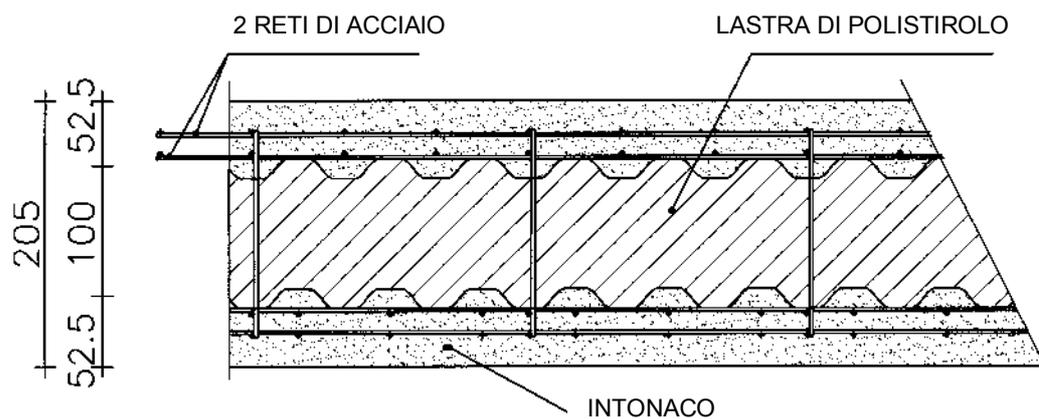
Serie 1

2 PSME80 ϕ 3,5 H=244cm



Serie 2

2 PSM100HP H=244cm



Serie 3

2 PDME100 H=244cm

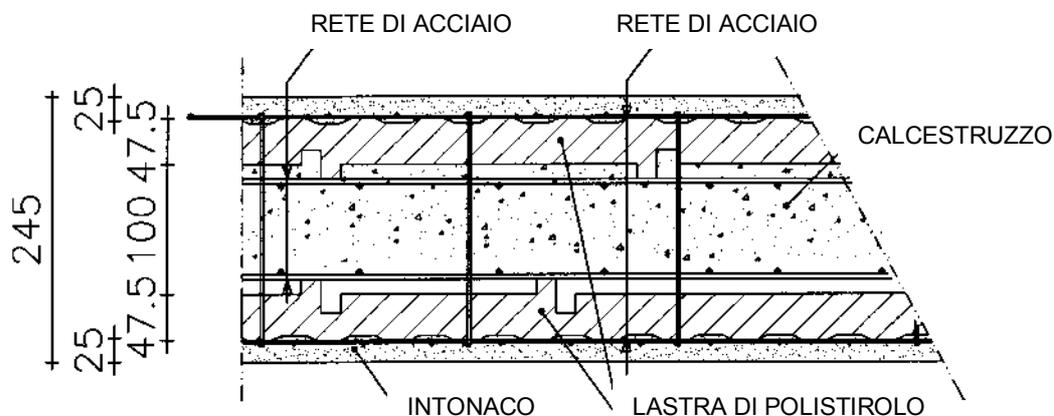
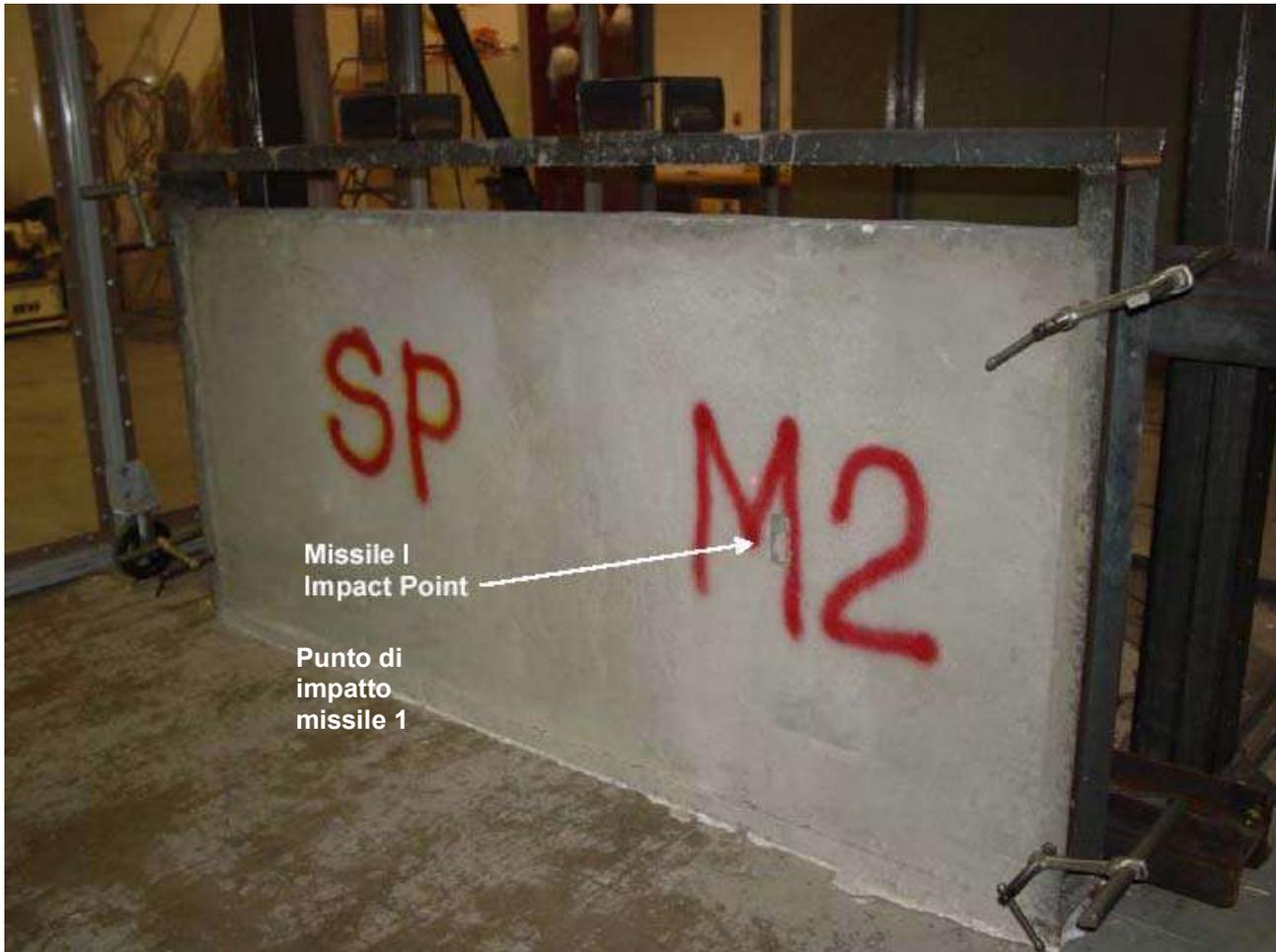


Figura 1. Serie 1 – 3 Pannelli M2

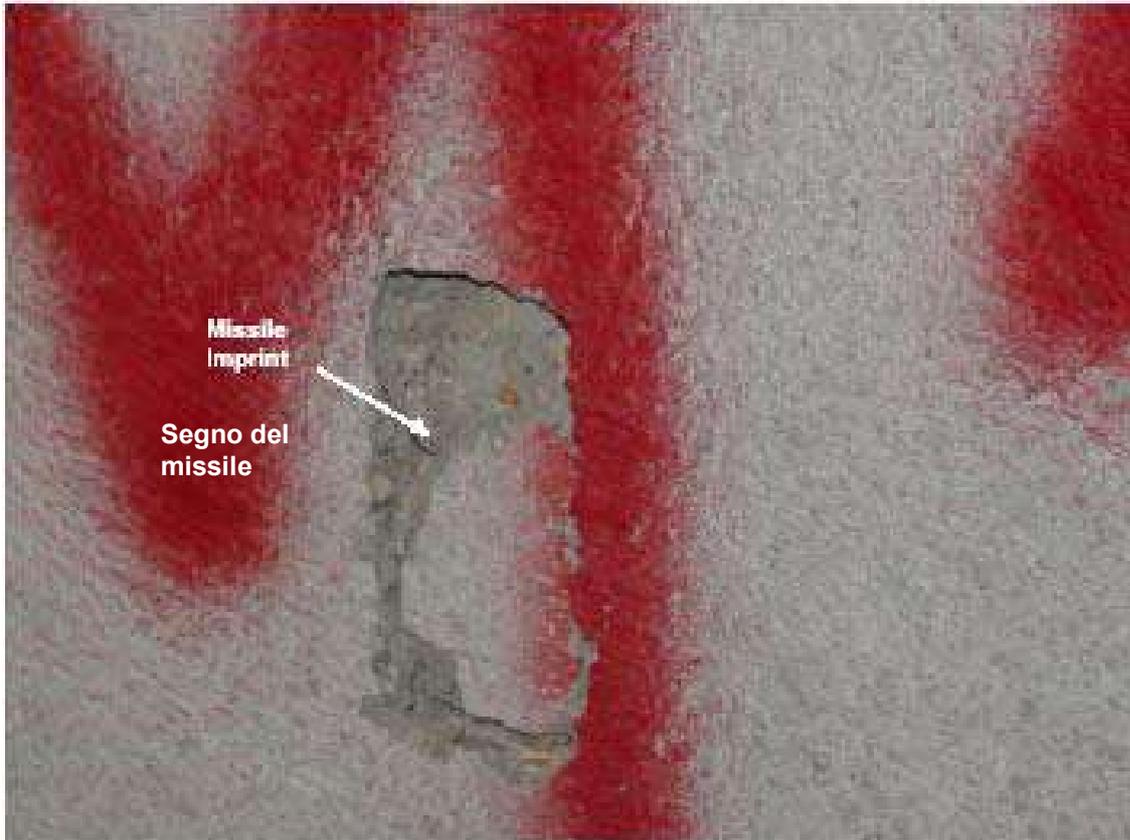
Prova I serie, Protocollo 1

Sparo missile I – 4 kg a 56 km/h Protocollo di prova antiuragano

Il campione PSME80 della I serie è stato montato sulla struttura di fissaggio per la prova. Il missile ha colpito la metà destra del pannello al centro producendo con l'impatto un segno di 5 x 10 cm, profondo 0,6 cm. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nella parte posteriore del pannello.



Pannello della I serie colpito dal missile I



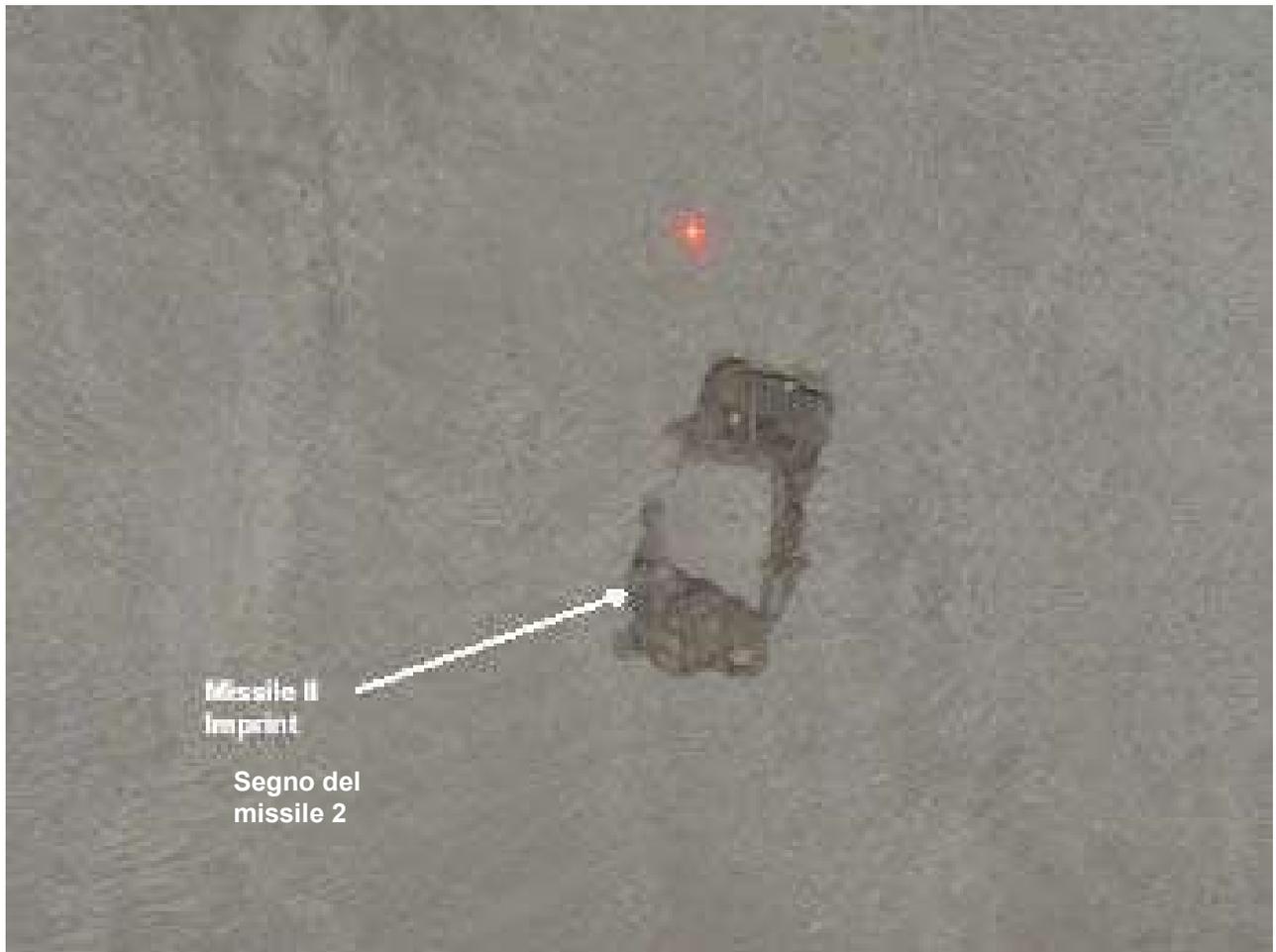
Pannello della I serie dopo l'impatto I

Sparo missile II – 4 kg a 55 km/h Protocollo di prova antiuragano

Il campione della I serie è stato colpito dal missile per il test anti-uragano a sinistra del segno dell'impatto precedente. Il missile ha lasciato un segno di 5 x 10 cm profondo 3 cm. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del pannello.



Campione della I serie colpito dal missile II del Protocollo antiuragano



Lato dell'impatto sul pannello della I serie dopo il missile II

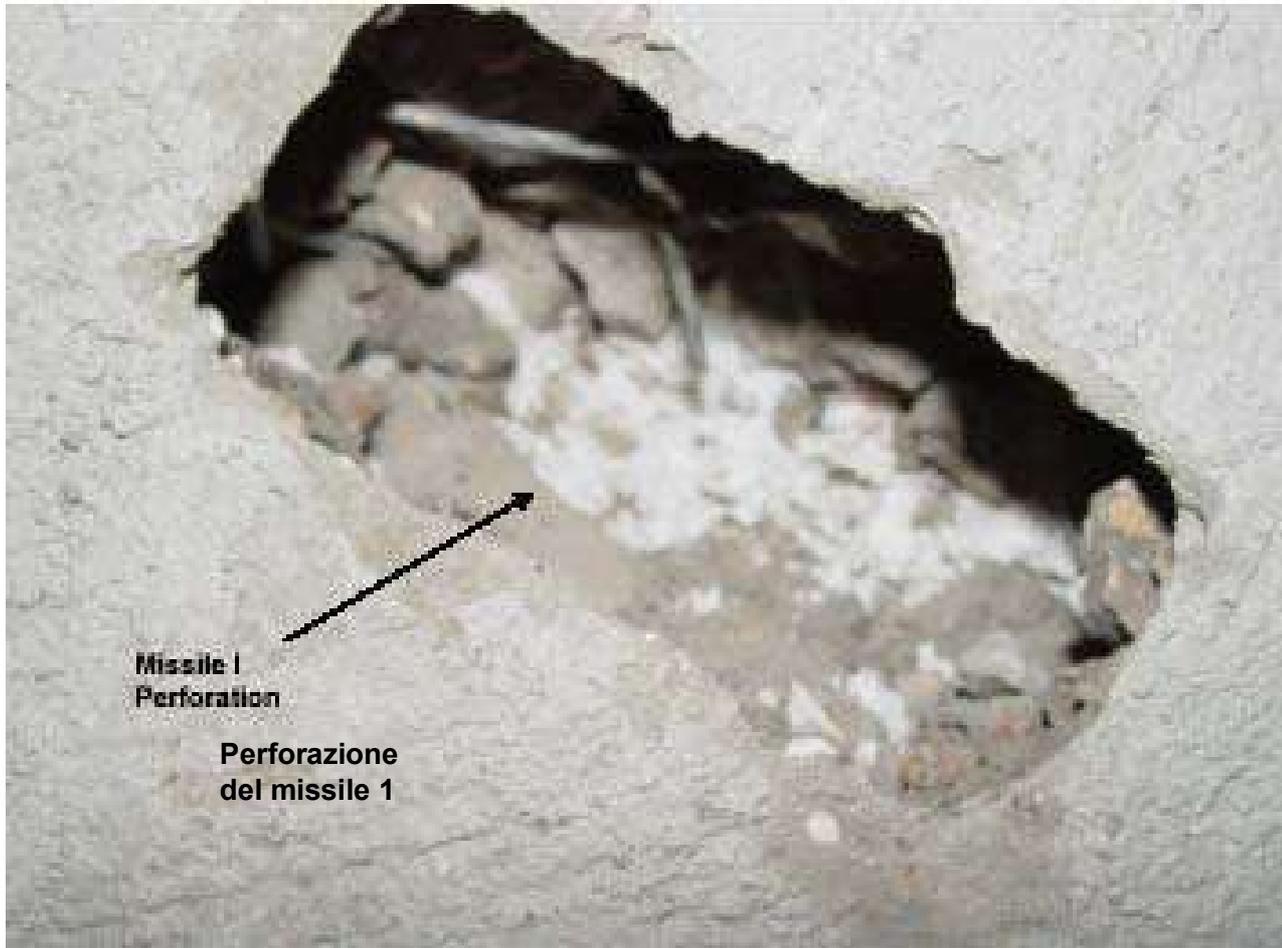
Prova della II serie, Protocollo 2

Sparo missile I – 6,8 kg a 106 km/h Protocollo per ripari antiuragano

Il missile ha colpito il campione PSM 80 della II serie a sinistra del centro del pannello penetrando di 11,4 cm. L'armatura di fili metallici del lato esterno è stata colpita dall'impatto e l'isolante di polistirene è stato compresso contro lo strato del lato posteriore. Il lato posteriore del pannello mostra crepe radiali di tipo capillare sino a 0,005 cm. di spessore. Le crepe radiali si estendono dal punto dell'impatto al margine superiore, inferiore e sinistro e vicino al centro del pannello. L'intonaco crepato non è scheggiato o spinto verso la parte di sicurezza.



Impatto del riparo antiuragano sul campione della II serie



Lato dell'impatto del pannello della II serie dopo l'impatto I con il missile per ripari antiuragano

Collaudi della II serie, Protocollo 2

Sparo missile II – 6,8 kg a 106 km/h Protocollo per ripari antiuragano

Il missile ha colpito il campione PSM 80 della II serie al centro del pannello penetrando di 5 cm. L'armatura di fili metallici del lato esterno è stata colpita dall'impatto e l'isolamento di polistirene è stato compresso contro lo strato del lato posteriore. Il lato posteriore del pannello mostra crepe radiali simili a quelle dell'impatto 1. L'intonaco crepato non è scheggiato o spinto verso la parte di sicurezza.



Pannello della II serie colpito dal missile II per ripari antiuragano



Foro creato dall'impatto con il missile per ripari antiuragano della II serie

Collaudo della II serie, Protocollo 2

Sparo missile III – 6,8 kg a 106 km/h Protocollo antiuragano

Il missile ha colpito il campione PSM 80 della II serie al centro della parte destra del pannello penetrando di 5 cm. L'armatura di fili metallici del lato esterno è stata colpita dall'impatto e l'isolamento di polistirene è stato compresso contro lo strato del lato posteriore. Il lato posteriore del pannello mostra ulteriori crepe radiali che si estendono in larghezza con spessore da sottilissimo a 0,005 cm. Le crepe radiali si estendono verso i margini del pannello e si collegano a quelle degli impatti precedenti. L'intonaco crepato non è scheggiato o spinto verso la parte di sicurezza.



Impatto 3 per ripari antiuragano Protocollo 2 II serie



Danni dell'impatto con il missile III della II serie Protocollo 2

Collaudo della III serie, Protocollo 3

Sparo missile I – 6,8 kg a 166 km/h Protocollo antitornado

Il campione PDME100 della III serie è stato colpito dal missile per il test anti-tornado sull'angolo destro. Il missile è penetrato nel pannello di 7 cm circa fermandosi sul nucleo di calcestruzzo. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del pannello.



Pannello della III serie colpito dal missile I del tornado

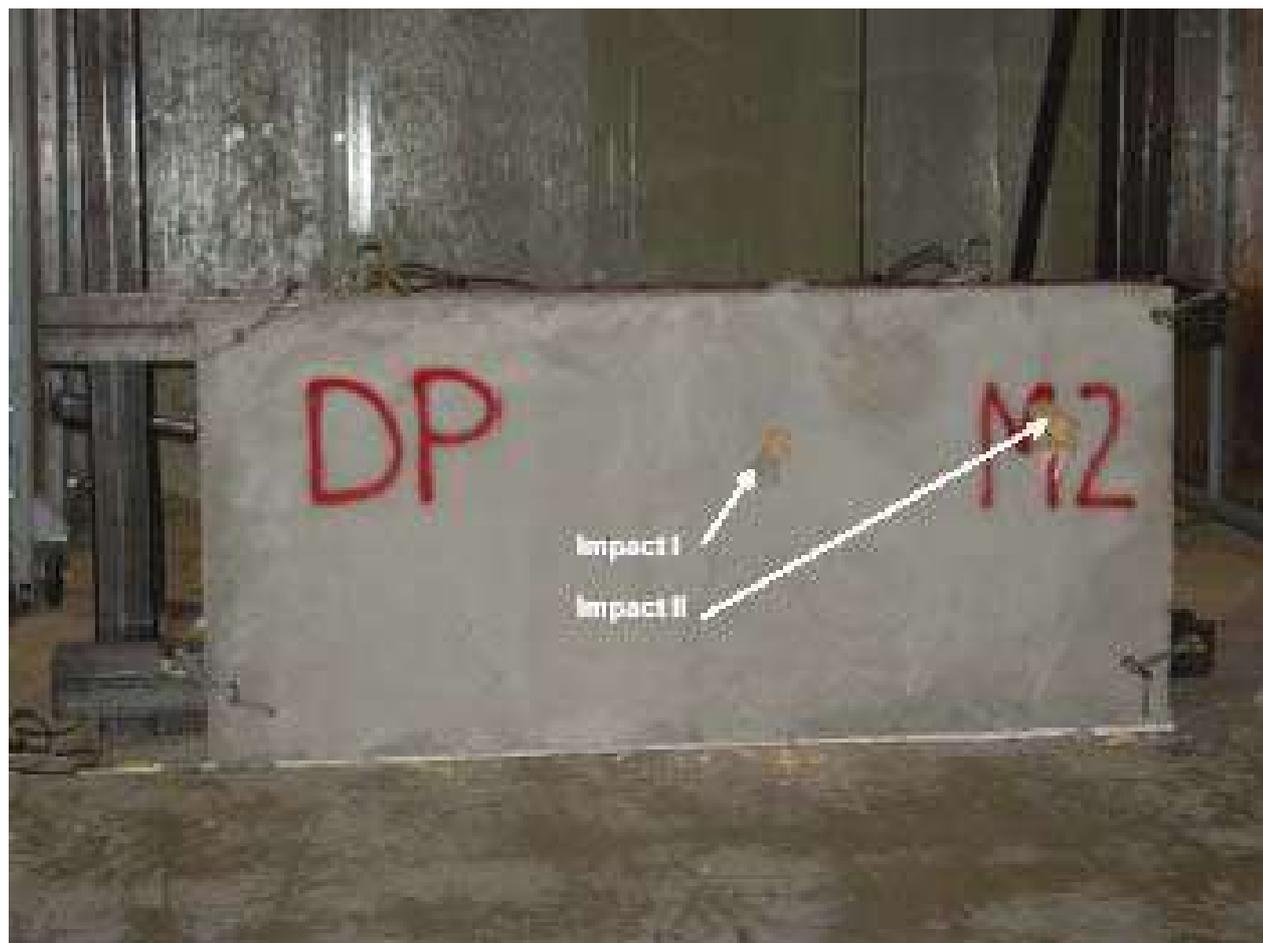


Pannello della III serie colpito dal missile I del tornado

Collaudo della III serie, Protocollo 3

Sparo missile II – 6,8 kg a 161 km/h Protocollo antitornado

Il campione PDME100 della III serie è stato colpito dal missile per il test anti-tornado a circa 30 cm dal margine destro. Il missile è penetrato nel pannello di 7 cm circa fermandosi al nucleo di calcestruzzo. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del pannello.



Pannello della III serie colpito dal missile II del tornado

Collaudo della III serie, Protocollo 3

Sparo missile III – 6,8 kg a 161 km/h Protocollo antitornado

Il campione PDME100 della III serie è stato colpito dal missile per il test anti-tornado nel punto tra i due segni degli impatti precedenti. Il missile è penetrato nel pannello di 7 cm circa fermandosi al nucleo di calcestruzzo. Non sono stati riscontrati danni rilevanti nel lato posteriore del pannello.



Pannello della III serie colpito dal missile III del tornado

Conclusioni

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

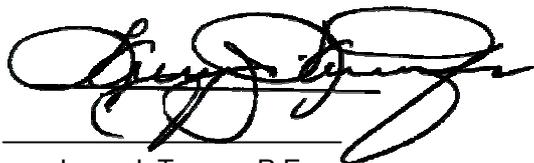
Seguono i risultati dei collaudi di impatto con detriti effettuati presso la Debris Impact Test Facility della Texas Tech University su pannelli cementizi isolati prodotti da EMMEDUE M2 – *Advanced Building System* di Fano, Italia. I collaudi erano compatibili con quanto richiesto da quattro protocolli 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 161 km/h, come richiesto dalle direttive FEMA 320/361 per i ripari antitornado.

Serie	Protocollo 1	Protocollo 2	Protocollo 3
I Serie PSME80	Superato	Non testato	Non testato
II Serie PSM80HP	Non testato	Superato	Non testato
III Serie PDME100	Non testato	Non testato	Superato



Larry J. Tanner, P.E.

Uso della relazione di collaudo 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.
- II. 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 stato effettuato il collaudo 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 il collaudo 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.