



Experimentación, simulación y análisis de artefactos improvisados-proyectiles formados por explosión



J.I. Yenes^{a,*}, R. Castedo^b, A.P. Santos^b y J.R. Simón^c

^a Defeat the Device Branch, Counter Improvised Explosive Devices, Center of Excellence. NATO. Ctra. Colmenar Viejo-Torrelodones, Km. 14 (Academia de Ingenieros), C.P. 28240, Hoyo de Manzanares, Madrid, España

^b Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, Universidad Politécnica de Madrid. C/ Rios Rosas Num. 21, C.P. 28003, Madrid, España

^c Escuela Politécnica Superior del Ejército. C/ Joaquín Costa Num. 6C.P. 28002, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 27 de junio de 2014

Aceptado el 24 de noviembre de 2014

On-line el 13 de marzo de 2015

Palabras clave:

LS-DYNA®

Proyectiles formados por explosión

Artefactos explosivos improvisados

Simulación lagrangiana

Elementos finitos

R E S U M E N

Dentro de los artefactos explosivos improvisados se encuentran aquellos que generan proyectiles formados por explosión, penetradores de blindajes y sistemas acorazados, como los utilizados por grupos insurgentes contra las fuerzas aliadas en zona de operaciones. El objeto de este estudio es reproducir y entender el comportamiento de dichos artefactos explosivos improvisados capaces de generar proyectiles de alta velocidad y gran capacidad de penetración. La comprensión de su comportamiento permitirá mejorar el conocimiento sobre ellos, y por ende, combatirlos de forma más eficaz. Para ello se han realizado los ensayos correspondientes, obteniéndose las primeras caracterizaciones de proyectiles formados por explosión contruidos de manera artesanal, tal y como haría un terrorista. Además, se han creado los modelos numéricos correspondientes a cada ensayo, que simulan todo el evento desde su inicio hasta el impacto en el objetivo, recorriendo todos los pasos intermedios. Se han ensayado 3 configuraciones y posteriormente se han simulado, usando el software de análisis por elementos finitos, LS-DYNA®, con una configuración 2D axisimétrica, con mallados lagrangianos. Los resultados obtenidos por el modelo han alcanzado un alto grado de precisión con relación a los datos experimentales. A partir de aquí se puede concluir que los artefactos explosivos improvisados-proyectiles formados por explosión son una seria amenaza, y que los modelos generados permitirán conocer y ahorrar costes en la lucha contra esta amenaza, y por ende contra el terrorismo, al disponer de un enfoque holístico de la amenaza, y finalmente reducir los costes de la experimentación.

© 2014 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Experimentation, simulation and analysis of improvised explosive devices-explosively formed projectile

A B S T R A C T

Within the category of improvised explosive devices are those that form explosively formed projectiles which penetrate armor and armored systems, such as those used by insurgents against allied forces in operational areas. The purpose of this study is to reproduce and understand the behavior of these improvised explosive devices capable of generating high-velocity, high penetration projectiles. Understanding their behavior will allow for improved knowledge about them, and thus will allow us to more effectively combat them. Thus, the corresponding tests were carried out and the results were obtained from the first characterizations of explosively formed projectiles built using traditional methods, just as a terrorist would have built them. Along with this, numerical models were created for each test simulating the entire event from beginning to impact on the target, including all the intermediate steps. There were three configurations tested and simulated using the software of finite element analysis, LS-DYNA®, a 2-D asymmetric configuration with Lagrangian meshes. The results obtained by the model were compared with data

Keywords:

LS-DYNA®

Explosively formed projectiles

Improvised explosive devices

Lagrangian simulation

Finite elements

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jyenes@c-iedcoe.es (J.I. Yenes).

obtained in the experimental tests, yielding a high precision between simulated and tested data. With the data obtained in this study it can be concluded that the improvised explosive devices -explosively formed projectiles is a serious threat. Generated models will allow us to know more about these weapons, to reduce costs in the fight against the threat of improvised explosive devices-explosively formed projectiles and therefore against terrorism with explosively formed projectiles, and to have a holistic approach to the threat and to reduce the cost of experimentation. Minimize the experimental expense.

© 2014 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

En los últimos años, los artefactos explosivos improvisados (cuyas siglas en inglés son IED) se han convertido en la principal causa de pérdida de vidas humanas por ataques terroristas contra las fuerzas en misión de paz en áreas de conflicto. En la mayoría de estos ataques se utilizaron los denominados proyectiles formados por explosión (conocidos como EFP por sus siglas en inglés), cuya potencia destructiva es tal que la supervivencia de los ocupantes de los vehículos acorazados se ve seriamente comprometida cuando son atacados con estos artefactos. Un EFP es un dispositivo simple compuesto de una carcasa y un disco cóncavo o liner, que se rellena de explosivo y al que se le introduce un detonador que inicia y transmite el tren de fuego al explosivo. Este tipo de artefactos pertenecen a la familia de las cargas conformadas, que han sido estudiadas ampliamente [1–5], ya que son las más usadas en la lucha contra los sistemas acorazados.

El proceso de formación de un EFP es un fenómeno complejo de altas presiones y temperaturas, en el que numerosos factores pueden condicionar la correcta detonación de la carga explosiva así como la formación del proyectil. La mayor parte de los trabajos de investigación realizados con EFP resaltan que la capacidad de penetración de los mismos depende principalmente de su forma, de las características de vuelo y de la velocidad en el momento del impacto [1,6–8]. Además, en el caso de IED hay que añadir una variable difícil de controlar, la habilidad de la persona que construye el artefacto.

Hasta ahora las investigaciones realizadas y los trabajos publicados se han centrado en los proyectiles formados por explosión conformados de manera industrial y no artesanal, tal y cómo haría por norma general un grupo terrorista [8–11]. Además, en la fabricación de IED, los grupos terroristas o insurgentes suelen usar diferentes materiales metálicos y explosivos comunes para cada región, por lo que los IED pueden tener formas, materiales y tamaños muy diversos lo que dificulta su estudio y modelización [12]. Por tanto, está claro que existe un vacío que se trata de cubrir en este estudio, ya que en los ensayos realizados los EFP se han desvinculado de los procesos industriales de fabricación y se han creado conformes a las directrices que se pueden encontrar en los manuales de los grupos terroristas e insurgentes disponibles. Asimismo la recuperación de EFP en buenas condiciones para su análisis científico no es un ejercicio trivial [8]. Hay que pensar que los EFP pueden llegar a pesar 0,5 kg, tener velocidades de más de 1.000 m/s y llegar a penetrar unos 10 cm de blindaje. Para ello se ha diseñado y fabricado un sistema de recuperación de proyectiles, compuesto con diferentes materiales, que ha permitido detener dichos proyectiles evitando su fuga y manteniendo su geometría, para su posterior análisis y comparación con el modelo. El trabajo con IED-EFP supone un gran reto a la hora de su enfoque científico ya que el control de las variables afecta al resultado final, pero es necesario debido a la mencionada falta de información técnica a este respecto.

Para el análisis y estudio del proceso de formación de los EFP y los factores que lo condicionan está muy extendido el uso de los modelos de simulación numérica basados en elementos finitos con

diversos software como LS-DYNA® o ABAQUS®. Coexisten diversas corrientes para modelizar proyectiles (o EFP) donde desde un punto de vista geométrico aparecen los modelados 3D [11,13,14] y los 2D axisimétricos [3,8,15]; y desde un punto de vista de la técnica de resolución existen el método lagrangiano [7,16,17] o la técnica lagrangiana euleriana arbitraria [ALE] [9–11]. Sin embargo, solo algunos trabajos tratan las características del vuelo y la capacidad de penetración de manera sistemática para EFP. De estos trabajos, algunos son más teóricos centrados en la comparación entre diversas soluciones numéricas para los problemas de proyectiles-impactos y su grado de correlación, sin tener ensayos reales con los que validar dichos resultados [7,17,18]. Unos tratan de identificar las características de generación y vuelo de los proyectiles, conformados con diferentes materiales, y comparándolas con los resultados numéricos, pero sin preocuparse de las características de los impactos producidos [11,19,20]; mientras que otros se centran en el estudio de la capacidad de penetración de proyectiles sobre diferentes soluciones constructivas en el objetivo [14]. Finalmente un pequeño número de trabajos trata este problema de manera conjunta y con una gran batería de ensayos [8,9,21]; y como se ha mencionado, esta escasez se acentúa cuando hablamos de artefactos improvisados creados tal y cómo haría un terrorista [22].

Desde el punto de vista de la técnica de resolución, en el modelo lagrangiano la malla requiere ser fijada o ligada sobre un elemento material dentro de todo el proceso de cálculo, y así la malla se mueve junto con los elementos materiales. Por el contrario, la técnica ALE permite que los nodos de la malla computacional se muevan siguiendo a los puntos materiales del continuo como ocurre en una formulación lagrangiana, que se mantengan fijos como en el método euleriano, o que se puedan mover de forma arbitraria adoptando posiciones intermedias entre las 2 anteriores. Ambas técnicas tienen sus pros y sus contras que se detallan en la tabla 1. En este trabajo se ha utilizado un modelo 2D axisimétrico con mallado lagrangiano y elementos tipo shell debido a la alta precisión que aportan con cortos tiempos de cálculo, la posibilidad de realizar las simulaciones del modelo a tamaño real sin escalamiento y la claridad en los contactos entre materiales/elementos [13,23]. El problema podría presentarse en la deformación de la malla, pero diversos autores como Du Bois y Schwer [24] limitan el uso del modelo lagrangiano para velocidades a partir de unos 2 o 2,5 km/s

Tabla 1
Pros y contras de las metodologías de simulación

Lagrangiano	ALE
<i>Pros</i>	
Precisión	No hay que definir contactos
Velocidad	No hay que introducir erosión
Mayor disponibilidad de materiales	Calidad de los elementos
Facilidad en el tratamiento de datos	
<i>Contras</i>	
Posible distorsión del mallado	Tamaño del modelo
Definición de contactos	Tiempos de cálculo
Posible necesidad de erosión	Contactos difusos entre materiales
	Complejidad en el tratamiento de datos

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1702474>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1702474>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)