

## 近接爆発による爆風圧特性の評価に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○永田 真 正会員 別府 万寿博 市野 宏嘉

### 1. 緒言

近年、爆破テロや爆発事故による被害が世界的に増加しており、合理的な耐爆設計法が求められている。爆薬が構造物から十分に離れた位置で爆発する遠距離爆発の場合は、爆風圧が構造部材に等分布に作用すると仮定して構造設計が行われている。一方、爆薬が構造物の近傍で爆発する近接爆発の場合は、荷重分布が複雑になると考えられる。そこで、本研究は爆風圧の分布特性を調べるため、爆薬量と離隔距離を変化させた爆発実験を行い、近接爆発による爆風圧特性およびその評価法について検討を行ったものである。

### 2. 実験概要

図-1 に、実験の概要を示す。反射圧を計測するために、圧力センサを厚さ 12mm の鋼板に 100mm 間隔で設置した。爆薬には球形に成型した C4 爆薬を用いて、図-1 に示す左端の圧力センサ(Pr0)の真上に設置し、爆薬の中心から鋼板の上面までの距離が所定の高さ(離隔距離)となるように設置した。表-1 に、実験ケースを示す。爆薬量は 50g または 160g とし、換算距離  $Z$  が  $3.0\text{m/kg}^{1/3}$ 、 $0.9\text{m/kg}^{1/3}$ 、 $0.2\text{m/kg}^{1/3}$  となるように離隔距離を変化させた。換算距離  $Z(\text{m/kg}^{1/3})$  は次式で算定される。

$$Z = \frac{R}{w^{1/3}} \quad (1)$$

ここに、 $R$  は離隔距離(m)、 $w$  は TNT 換算質量(kg)を示す。実験は各ケースに対して 2 回ずつ実施した。

### 3. 実験結果および考察

図-2 に、圧力波形を示す。図から、いずれのケースにおいても爆薬直下の Pr0 から離れるにしたがい最大圧力が減少している。図-3 に、各計測位置に対して最大圧力をプロットしたものを示す。図から、換算距離が小さくなるにしたがい中央部と端部側の圧力差が大きくなり、等分布荷重から集中荷重に近い分布性状へと変化している。図中には、図-4 および図-5 に示す米軍の耐爆設計マニュアル (UFC) <sup>1)</sup> から得られた換算距離と入射圧 (静圧) および反射圧の関係と反射係数 (入射角  $0^\circ$  の入射圧に対する反射圧の比) と入射角の関係から求まる最大反射圧を重ねて示している。図-4 およ

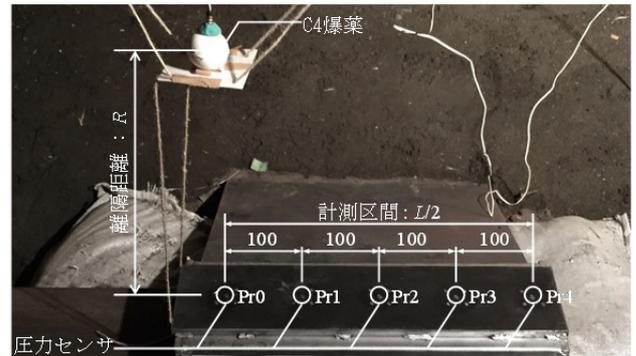


図-1 実験の概要

表-1 実験ケース

番号	ケース	C4質量 (g)	TNT換算質量 $w(\text{kg})$	離隔距離 $R(\text{mm})$	換算距離 $Z(\text{m/kg}^{1/3})$	$R/L$
1	W050R1200-1	50	62.5	1200	3.0	1.5
2	W050R1200-2					
3	W050R0358-1	50	62.5	358	0.9	0.45
4	W050R0358-2					
5	W160R0118-1	160	200	118	0.2	0.15
6	W160R0118-2					

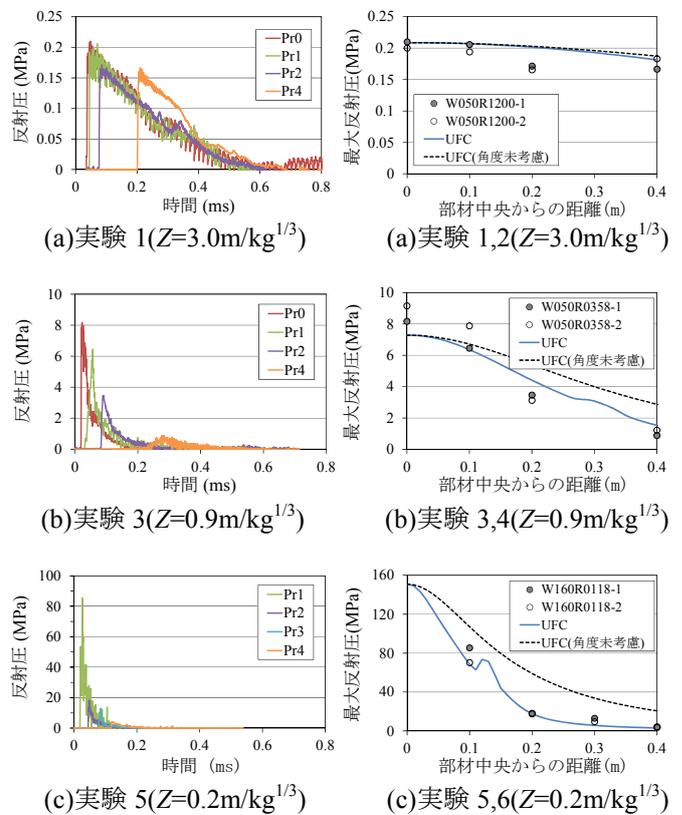


図-2 圧力波形

図-3 最大圧力の分布

キーワード 近接爆発, 爆風圧, 圧力分布

び図-5 から、最大反射圧は換算距離および入射角が増加するにしたがい減少傾向を示す。一方、図-3 では換算距離が小さくなるにしたがい、入射角を考慮すると、入射角を考慮しない場合に比べて最大反射圧の値が減少し、実験結果とよい一致を示している。この理由は、入射角は離隔距離と部材長から算定されるが、本実験では換算距離が小さくなるにしたがい離隔距離が短くなり、爆薬直下を除く点では入射角が増加したためと考えられる。

4. 圧力分布に関する近似式の提案

実験で明らかとなった爆風圧の分布特性を評価するため、ここでは次に示す近似式を提案する。

$$P(x) = P_m e^{-\frac{2\alpha}{L}x} \quad (0 \leq x \leq \frac{L}{2}, \alpha \geq 0) \quad (2)$$

ここに、 $P_m$  は中心部における最大圧力(MPa)、 $\alpha$  は圧力分布係数、 $L$  は部材長(m)、 $x$  は部材中心からの距離(m)、 $P(x)$  は中心からの距離  $x$  における最大圧力(MPa)を示す。

図-6 は、式(2)の  $P(x)$  を  $P_m$  で除することで無次元化し、圧力分布係数  $\alpha$  による圧力分布の推移を示したものである。図から、圧力分布係数  $\alpha$  が大きくなるにしたがい、等分布荷重から集中荷重に近い形状に変化する。実験結果で考察したように、圧力分布は換算距離と入射角の影響を受け、入射角は離隔距離と部材長に依存する。実験結果に合致するように圧力分布係数  $\alpha$  と換算距離  $Z$  および離隔距離と部材長の比  $R/L$  との関係を探ると図-7 が得られる。

図-8 に、提案式と実験結果を比較して示す。図から、UFC の予測値に対しては、実験 5, 6 の中心から 0.3m の位置で最大 50%程度の誤差があるものの、実験で生じた圧力分布を概ね評価できた。

5. 結言

本研究は、近接爆発による爆風圧特性について検討を行い、圧力分布係数  $\alpha$  を用いて最大圧力を評価する式を提案した。圧力分布係数  $\alpha$  については、換算距離  $Z$  および離隔距離  $R$  と部材長  $L$  の比  $R/L$  を用いて、実験結果に合致するように決定した。提案した式を用いて実験による爆風圧分布を良好に再現できることがわかった。

参考文献

- 1) US Department of Defense, Structures to resist the effects of accidental explosions, UFC-3-340-02, Washington DC, USA, 2014.

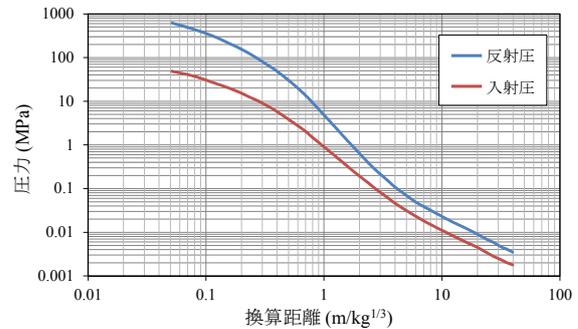


図-4 換算距離と圧力の関係<sup>1)</sup>

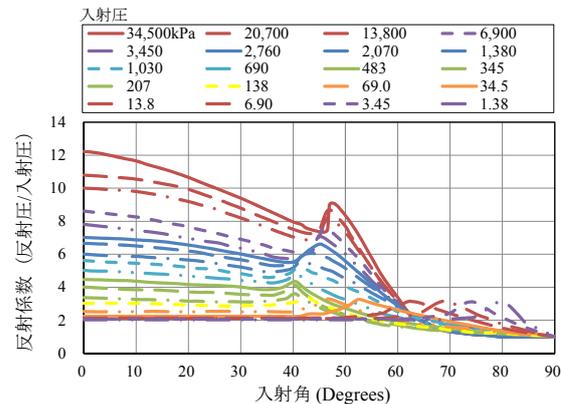


図-5 反射係数と入射角の関係<sup>1)</sup>

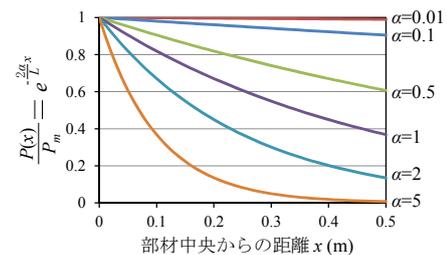


図-6 圧力分布係数  $\alpha$  による圧力分布の推移(L=1)

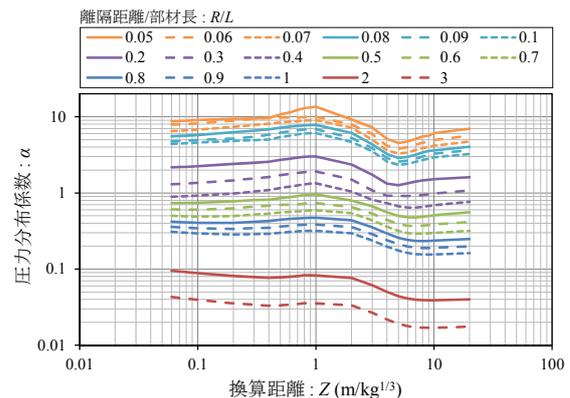


図-7 圧力分布係数と換算距離の関係

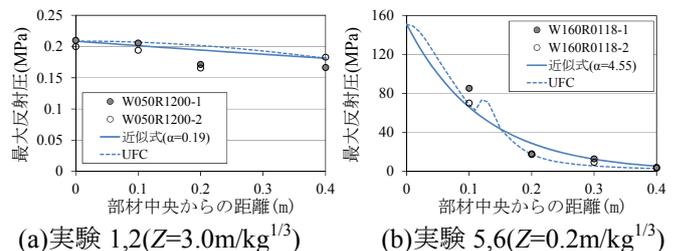


図-8 提案式と実験結果の比較