

開口部を有する構造物内部での爆発時に外部に噴き出す爆風圧の分布に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○栗田 悠太郎 關山 大和 正会員 市野 宏嘉 別府 万寿博

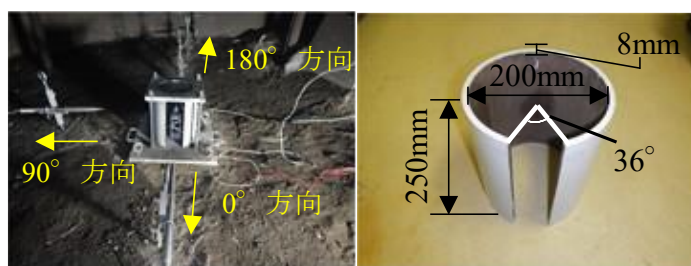
1. 序言

近年、世界各地で爆発性の物質を取り扱う施設における爆発事故による被害が報告されている。このような構造物内での爆発による爆風は構造物の外にも伝播し、爆発事故を生じた施設の近隣にも被害を及ぼす。この際、構造物に設けられた出入口、窓等の構造物の開口部が外部での圧力に及ぼす影響については検討の途上にある。本研究では、その基礎的な段階として構造物を模した鋼管に幅異なる開口部を設けた試験体の内部で爆薬を爆発させ、その開口幅（開き角）の大小が構造物外部での圧力に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

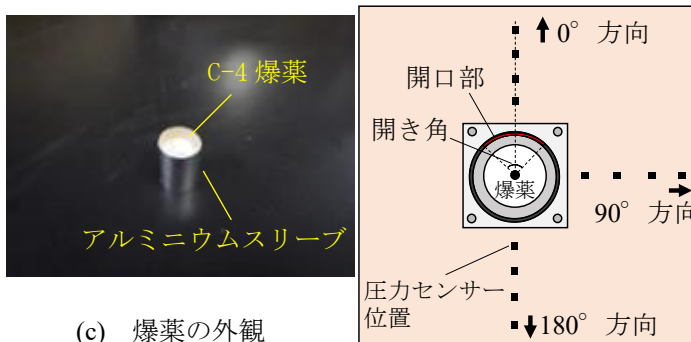
本実験では、開口部を設けた鋼製の円筒形試験体の内部で爆薬を爆発させ、試験体外部に噴き出す爆風の圧力を計測する。本実験の概要を図-1 に示す。図-1(b)に示すように、試験体は内径 200mm、高さは 250mm、厚さ 8.0mm の鋼管であり、開口部の開き角は 36°、72°、144°の 3 種類とした。図-1(e)に示すように、水平に整地した実験室の地表面に厚さ 19mm の鋼板を敷設してその上に試験体を設置し、さらに上部に直径 150mm の円形の穴を設けた別の鋼板を載せ、鋼板の四隅の穴に通したボルトで試験体と鋼板を挟み、ナットで固定した。下部の鉄板には試験体のずれ止めのための金具を溶接した。

実験用の爆薬として、図-1(c)に示すように C-4 爆薬をアルミニウムスリーブ内に充填して直径と高さの比が 1 対 1 の円柱形に成形した。開き角が異なる 3 種類の試験体それぞれに対し、爆薬の質量を、6、10 および 20g で実験を行った。成形した爆薬は発泡ポリスチレン製の台座を用いて爆薬の中心位置の高さを底面から 125mm とし、図-1(c)に示す位置に設置し、6 号電気雷管により起爆した。計測位置は図-1(e)に示すように爆薬から 500mm、900mm、1300mm および 1650mm の 4 点、開口部の正面の方向を方向角 0°とし、0°、90°、180°の 3 方向の計 12 箇所である。計測に使用した圧力センサーは、米国 PCB 社製 137A22（荷重容量 3450kPa、共振周波数 500kHz）である。サンプリング間隔は 0.001ms とした。実験回数は各 1 回とした。



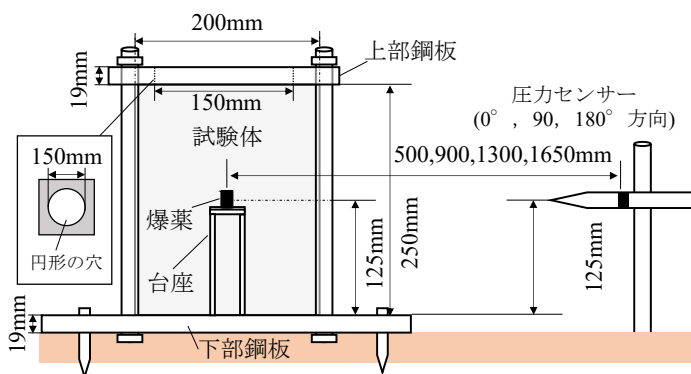
(a) 実験の景況

(b) 開き角 36° の試験体



(c) 爆薬の外観

(d) センサーの配置



(e) 円筒形試験体の配置図

図-1 実験の概要

キーワード 爆発, 最大爆風圧, 開口部, 換算距離

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL : 046-841-3810 E-mail:em61017@nda.ac.jp

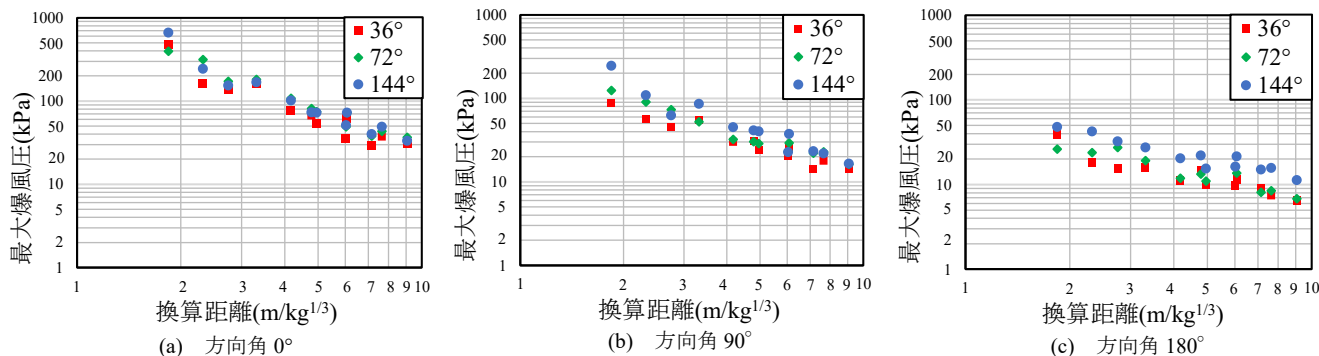


図-2 最大爆風圧－換算距離関係

3. 実験結果および考察

図-2 に開き角 36°, 72°, 144°の試験体での最大爆風圧と換算距離（距離を爆薬量の3乗根で除した指標）との関係を示す。最大爆風圧と換算距離との関係は両対数軸上で概ね線形を示している。開口部の開き角に関わらず開口部側である方向角 0°方向での圧力が最も大きく、次いで 90°, 180°と開口部から離れるにつれ小さくなる。例えば、開き角 36°, 換算距離 2.32m/kg^{1/3}の最大爆風圧は、方向角 0°で 162kPa, 90°で 57kPa, 180°で 18kPa である。また、それぞれの方向での最大爆風圧は、開口幅が広いほど大きい傾向がある。この傾向は、開口部の側面や背面となる方向角 90°および 180°で顕著となり、例えば、換算距離 2.75m/kg^{1/3}の方向角 180°においては開き角 36°で 15.4kPa, 開き角 72°で 27.3kPa, 開き角 144°で 32.5kPa であり、開き角 144°の場合には開き角 36°と比較して約 2 倍となった。図-2 の傾向を、次に示す形で近似した結果を、表に示す。

表-1 最大爆風圧近似式

方向角	開き角	近似式
0°	36°	$p_{so} = 857.55Z^{-1.613}$
	72°	$p_{so} = 1050.7Z^{-1.595}$
	144°	$p_{so} = 1152.4Z^{-1.656}$
90°	36°	$p_{so} = 162.03Z^{-1.12}$
	72°	$p_{so} = 241.04Z^{-1.244}$
	144°	$p_{so} = 430.81Z^{-1.494}$
180°	36°	$p_{so} = 47.039Z^{-0.884}$
	72°	$p_{so} = 50.575Z^{-0.85}$
	144°	$p_{so} = 78.175Z^{-0.847}$
p_{so} :最大爆風圧(kPa) Z:換算距離(m/kg ^{1/3})		

$$p_{so} = \alpha \cdot Z^{\beta} \quad (1)$$

ここに、 p_{so} : 最大爆風圧(kPa), Z : 換算距離(m/kg^{1/3})である。式 (1)中の係数 α は、距離減衰による影響が無い場合の最大爆風圧の大きさ、指数 β は爆風圧の距離減衰による影響を反映していると考えてよい。表より、各方向ともに、開き角が大きいほど係数 α が大きくなる。これは、開き角が大きいほど、側面の開口部から噴き出す爆風がより大きくなることを示しており、開き角が小さい場合には、側面の開口部と比較して図-1(e)に示す上部に設けた円形の穴の面積が相対的に大きくなることから、爆風が試験体の上方から噴き出す傾向が強まったものと考えられる。また、開き角が指数 β に及ぼす影響について、開き角が大きくなるほど方向角 90°での β の絶対値は大きくなる一方で、方向角 0°および 180°では顕著な傾向が認められない。これは、方向角 90°では開き角により爆薬からセンサーまでの距離に差があるためであると考えられる。方向角 0°では距離に差はなく、180°では開き角による差はあるものの、相対的な距離の差は方向角 90°の場合ほど大きくはならないため、開き角による β への影響は小さかったと考えられる。

4. 結言

本研究では、側面に開き角が異なる開口部を有する円筒形試験体の中心で爆薬を爆発させる実験を行い、外部に噴き出す爆風の圧力を測定した。その結果、開口部の開き角が大きいほど、外部に噴き出す最大爆風圧が大きくなり、特に開口部の側面ではその傾向が強くなることがわかった。また、この傾向を反映して最大爆風圧の近似式を示した。