

## 構造物内での爆発時に構造物の周辺に伝播する爆風圧に関する基礎的研究

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

### 1. 緒言

現在、世界各地で爆破テロや爆発事故が多発している。このような爆発による被害は極めて深刻であり、その対策のため、爆発発生時の被害予測や施設の耐爆設計の際の資料となる爆風圧の正確な評価が求められている。本研究では、構造物内での爆発（内部爆発）による爆風圧の構造物外への伝播に着目し、構造物の有無と材料の相違に由来する爆発時の構造物の損傷の有無が外部への爆風圧に及ぼす影響について調べた。

### 2. 実験の概要

実験は、図-1 に示すように、爆発実験室内の中央に固定した鋼板上に円筒試験体を載せ、その上に中央に直径150mmの円形開口部を有する鋼板を載せて上下2枚の鋼板で試験体を挟みボルトとナットで固定した。円筒試験体は外径216mm、内径200mm、高さ250mmの鋼製のもの、または外径250mm、内径200mm、高さ250mmのコンクリート製のものを用いた。コンクリート製試験体には、線径2.6mm、網目50mmのワイヤーメッシュを1層配筋した。試験体と同時に作製した円柱供試体の一軸圧縮強度は29.5N/mm<sup>2</sup>、割裂引張強度は2.43N/mm<sup>2</sup>であった。試験体内の中央部の高さ125mmの位置に、直径と高さが等しい円柱形のComposition-C4爆薬（密度1.4g/cm<sup>3</sup>）を発泡ポリスチレン製の台座に載せて設置し、6号電気雷管により起爆した。爆風圧の計測には、図-1 に示す爆風圧センサーを使用し、爆薬の位置から90°ごとに3方向、受圧部が爆薬の中心から500mm、900mm、1300mm、1650mm、高さ125mmに位置するように配置した。なお、距離500mmの爆風圧センサーはコンクリート試験体の実験では設置しなかった。これは爆発後に飛散するコンクリート片から圧力センサーを保護するためである。表-1 に実験ケースを示す。Nは試験体なし、Sは鋼製、Cはコンクリート製試験体をそれぞれ示す。

### 3. 実験結果および考察

爆発により、図-2, 3, 4 に、N-20, S-20, C-20の同一方向のそれぞれの爆風圧-時間関係の代表例を示す。図中、爆薬に取り付けたひずみゲージが破断した時刻を $t=0$ とした。図-2, 3, 4より、試験体がない場合には、爆薬の中心からの距離が近い計測点の爆風圧が最大爆風圧に達してから負圧に至るまでの波形が鋭くなっており、距離が遠くなるにつれて波形がなだらかになった。試験体がある場合には、試験体がない場合と比較して、距離が近い

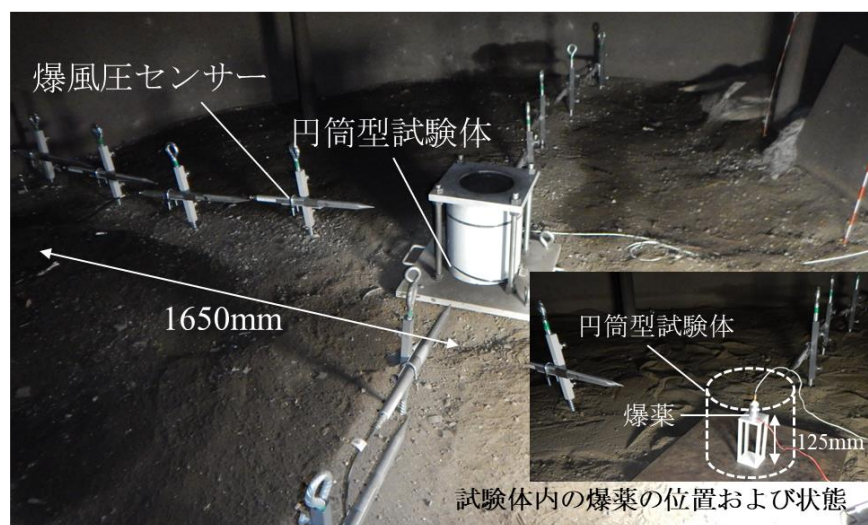


図-1 実験の概要

表-1 実験ケース

ケース	試験体	爆薬量 (g)
N-6	なし	6
N-10		10
N-15		15
N-20		20
N-30		30
N-50		50
S-6	鋼	6
S-10		10
S-20		20
C-10	コンクリート	10
C-20		20

キーワード 内部爆発, 爆風圧, 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 TEL046-841-3810 ichino@nda.ac.jp

計測点でも試験体がない場合の計測地点がより遠い地点で計測される波形と似た波形となっている。また、圧力のピークが複数現れるなど、波形が乱れている。試験体がない N-20 と試験体がある S-20, C-20 を比べると、試験体によって爆風圧が低減されていることがわかる。例えば、900mm 地点での爆風圧の最大値は、鋼製の S-20 では N-20 から 79%, コンクリート製の C-20 では N-20 から 81%低減された。また、最大爆風圧の距離による減衰に着目すると、N-20 では 900-1300mm の間で 52%, 1300-1650mm の間で 31%であり顕著だが、S-20 では 900-1300mm の間で 18%, 1300-1650mm の間で 10%, C-20 では 900-1300mm の間で 21%, 1300-1650mm の間で 14%の減衰にとどまる。

図-5 に、全ケースの最大爆風圧と換算距離の関係を示す。一般的に、最大爆風圧  $P_0$  は、爆薬の中心からの距離  $D$  を爆薬量  $M$  の 3 乗根で除した指標である換算距離で評価されることが多い。図より、最大爆風圧と換算距離がべき乗の関係になっており、次式で近似できる。

$$\text{試験体なし: } P_0 = 964(D/M^{1/3})^{-1.84} \quad (1)$$

$$\text{鋼製試験体: } P_0 = 67(D/M^{1/3})^{-0.99} \quad (2)$$

$$\text{コンクリート製試験体: } P_0 = 72(D/M^{1/3})^{-1.02} \quad (3)$$

ここに、 $P_0$ : 最大爆風圧(kPa),  $D$ : 爆薬からセンサーまでの直線距離(m),  $M$ : C4 爆薬の質量(kg)である。

図-5 より、同等の換算距離では、試験体があるケースでは、試験体がないケースよりも最大爆風圧が低減され、近似曲線の傾きは小さくなる。また、コンクリート製の試験体を設置したケースでは試験体が原形をとどめないほど損傷して破片が飛散した。しかし、図-5 の鋼製試験体とコンクリート製試験体の最大爆風圧には傾向の差異は認められず、その近似曲線はほぼ重なる。これは、鋼製試験体、コンクリート試験体のいずれも、爆風が試験体上部の開口部を経てセンサーに入射する経路が主であり、コンクリート試験体を破壊して入射した爆風の影響は限定的であったことを示唆している。以上より、構造物の材質および損傷の有無は、外部での爆風圧に大きな影響を与えないと考えられる。

#### 4. 結言

本研究では、内部爆発による爆風圧の外部への伝播について、構造物とその損傷の有無が外部での爆風圧に及ぼす影響について調べた。実験の結果、円筒形の構造物での内部爆発において、構造物が存在することにより、外部での最大爆風圧が低減される一方、構造物の材質および損傷の有無による影響は認められなかった。また、その傾向を、換算距離の関数として定式化した。

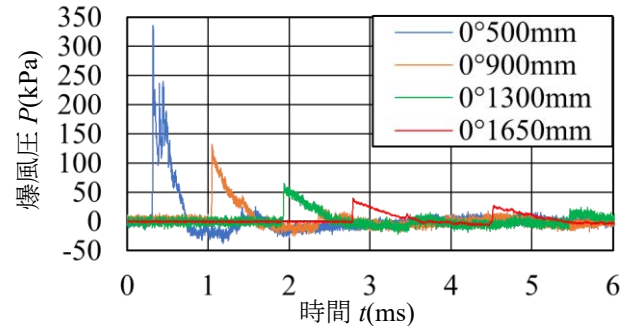


図-2 爆風圧-時間関係 (なし)

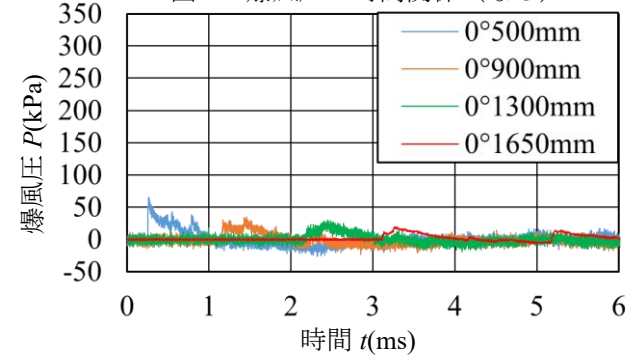


図-3 爆風圧-時間関係 (鋼)

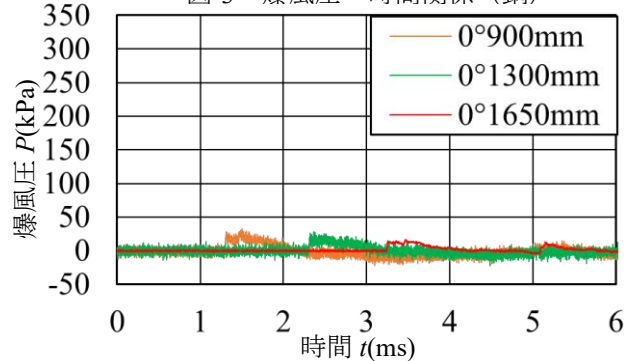


図-4 爆風圧-時間関係 (コンクリート)

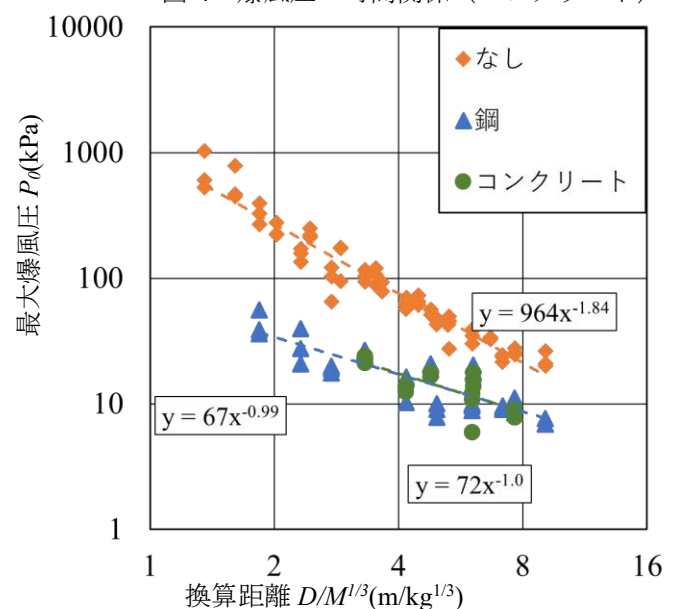


図-5 最大爆風圧-換算距離関係