

内部爆発を受ける覆土式火薬庫模型の破壊挙動に関する数値シミュレーション

防衛大学校 正会員 ○別府万寿博 学生会員 市野宏嘉 正会員 大野友則
シバタ工業(株) 正会員 西本安志 伊藤忠テクノソリューションズ 正会員 片山雅英

1. 序言

火薬庫が内部爆発を受けると、爆風圧によって周辺構造物が損傷・破壊されるとともに、破壊された破片等が周囲へ飛散することで周辺構造物が2次的被害を受ける。著者ら¹⁾は、覆土式火薬庫の模型実験を行い、覆土が火薬庫の破壊および周辺爆風圧の低減に効果的であること、またゴムシートを覆土内に敷設することでコンクリート片の飛散を抑制することを確認している。本研究は、内部爆発を受ける覆土式火薬庫の爆破挙動について数値シミュレーションを試みたものである。



(a) コンクリート供試体

2. 実験の概要

2.1 供試体

覆土式火薬庫模型は、写真-1(a)に示すコンクリート供試体上に覆土を施して作製した(写真-1(b))。実験は、火薬庫模型内部中央の高さ15cmにおいて、コンポジションC-4爆薬80gを爆発させた。コンクリートの一軸圧縮強度は約 30N/mm^2 で、供試体には直径3.2mmの鋼線が5cm間隔で配置されている。形状は内径60cmのアーチ型で、奥行きが60cm、内部空間の高さが30cm、壁厚は3cmである。覆土厚は15cmとした。



(b) 覆土の状況

写真-1 覆土式火薬庫模型

2.2 実験結果

写真-2(a)に、覆土がない場合のコンクリート供試体の破壊状況を示す。これより、覆土がない場合は、コンクリート供試体は完全に破壊され、かなり小さな破片となって飛散したことがわかる。覆土した場合の破壊状況を写真-2(b)に示す。これより、覆土した場合には、覆土によってコンクリート供試体の破壊が抑制されていることがわかる。ただし、覆土はほとんどの領域において飛散しており、コンクリートの破壊片が周囲に飛散した。



(a) 覆土なし

3. 解析モデル

解析は、衝撃解析コードAUTODYNを用いて行った。解析モデルを図-1および図-2に示す。解析モデルは供試体の対称性を考慮して1/2をモデル化し、実験と同様に、爆風圧、コンクリート供試体および覆土で構成される。爆風圧は、2次元軸対称解析によって爆風圧を詳細に解析した結果を、3次元モデルにリマップした。すなわち、コンクリート供試体を包含するオイラー座標系を設定し、爆風圧とコンクリート供試体を相互作用させることで爆風圧の伝達を表現した。コンクリート供試体、覆土はソリッド要素で要素分割し、それぞれDrucker-Pragerの降伏基準を適用した弾塑性材料としてモデル化した。コンクリートのヤング率は 25kN/mm^2 、ポア



(b) 覆土あり

写真-2 火薬庫模型の破壊状況

キーワード 覆土式火薬庫、内部爆発、数値シミュレーション

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

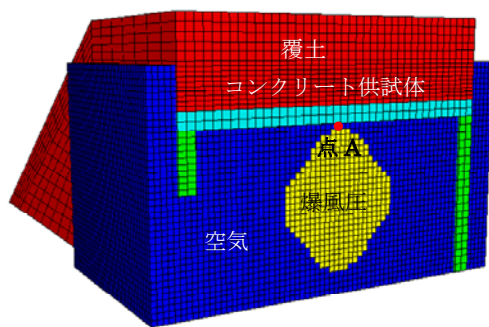
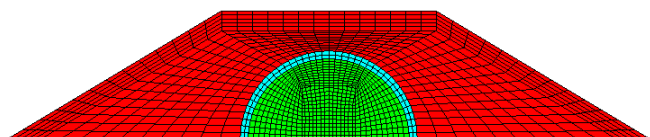


図-1 覆土式火薬庫模型モデル

図-2 覆土式火薬庫模型の正面図
(実際は 1/2 モデルで解析)

ソン比は 0.15 とし、覆土のヤング率は 20N/mm^2 、ポアソン比は 0.3 とした。コンクリートおよび覆土の圧縮強度はひずみ速度を考慮して、それぞれ 60N/mm^2 、 0.25N/mm^2 とし、引張強度は圧縮強度の 1/10 と仮定した。コンクリート供試体に配置されている鋼線は省略している。なお、解析開始から重力を作用させた。

4. 解析結果および考察

図-3 に、爆発後 $t=2\text{ms}$ における覆土がない場合のコンクリート供試体の破壊状況を示す。図中では緑が弾性、青が塑性、赤が引張破壊した領域を示している。これより、コンクリート供試体は全体的に破壊しており、とくに上部および基部が大きく変形した。図-4 は、図-1 に示す点 A の位置における圧力～時間関係を示している。これより、爆発とほぼ同時に約 15MPa の圧力を示した後、火薬庫内部の爆風圧の伝播、干渉によっていくつかのピークを示しながら圧力は低減していることがわかる。

図-5 に、爆発後 $t=6\text{ms}$ における覆土式火薬庫模型の破壊状況を示す。図から、火薬庫上部の土が塑性化するとともに、覆土上部が破壊していることがわかる。覆土によってコンクリート供試体の変形は抑制されているが、破壊に与える影響は小さい傾向を示した。

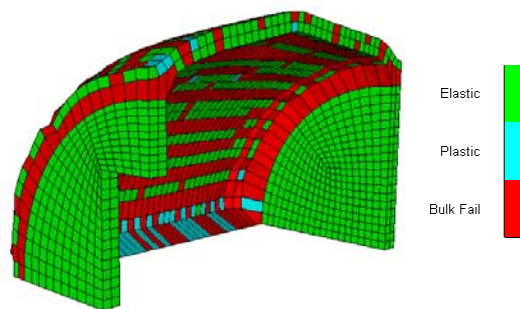
5. 結言

オイラーとラグランジュ系の相互作用解析によって、内部爆発を受ける覆土式火薬庫模型の破壊挙動をある程度再現できた。

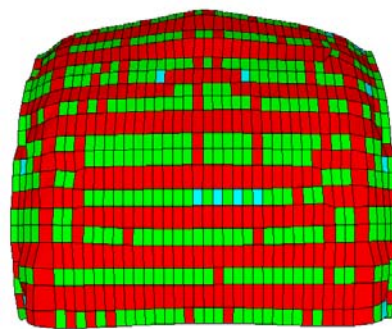
今後、重力による初期応力の影響およびコンクリート片や覆土の飛散について検討する必要がある。

参考文献

1) 市野宏嘉, 大野友則, 別府万寿博, 西本安志, 蓮江和夫: 覆土式火薬庫における爆発影響の低減効果, 防衛施設学会平成 20 年度年次研究発表会概要集, pp.25-30, 2008 年 12 月。



(a) 全体図



(b) 表面の破壊状況

図-3 覆土がない場合の破壊状況

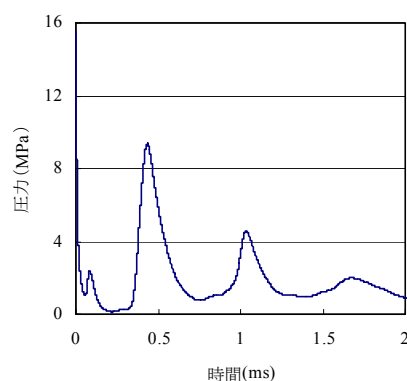


図-4 点 A の圧力～時間関係

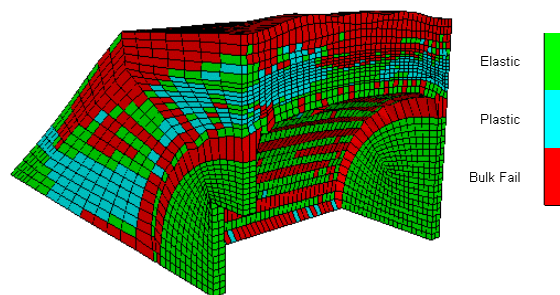


図-5 覆土式火薬庫模型の破壊状況