

I - B215 遠心模型実験の衝撃問題への適用性に関する実験的検討

防衛庁 第4研究所 正員 ○ 安藤 智啓
同 上 正員 山口 弘
同 上 正員 星川 辰雄
同 上 正員 藤本 一男

1. はじめに

実構造物あるいは実構造物材の応答を簡便な模型実験から評価する手法の一つとして、遠心力場を利用した模型実験（以下、「遠心模型実験」という。）がある。本手法は、土のような応力依存性の強い材料を使用する模型実験に有効である。本研究は、遠心模型実験の衝撃問題への適用性¹⁾について検討するため、遠心模型実験（縮尺 1/20、遠心加速度 20G）及び実物実験を実施し、各実験結果の比較から本相似則（表-1）の妥当性を検討したものである。

表-1 NG 場における相似則

物理量	模型／実物
密度	1
長さ	1 / N
重力加速度	N
時間	1 / N
応力	1
ひずみ	1
エネルギー	1 / N ³

2. 実験概要

(1) 実験方法

遠心模型実験に使用した模型は、試験土槽（内径 47cm、深さ 35cm）内の砂中 5cm の深さに縮尺 1/20 の構造部材を埋設し、周囲を砂で充填することにより作製した。実験では、この模型に 20G の遠心加速度を作用させた後、火薬を地表爆発させることにより衝撃力を発生させた。一方、実物実験（図-1）は、野外の実験施設において、実構造部材（図-2）を砂中 1m の深さに埋設して実施した。部材には、砂中を伝播してくる圧力及び部材のひずみを計測するために、梁部上面に圧力計（P1～P5）を、梁部下面にひずみゲージ（G1～G5）を貼付した。

(2) 実験ケース

遠心模型実験及び実物実験は、それぞれ 3 回ずつ繰り返し行った。すなわち 1 回目及び 2 回目の実験が終了した後、砂表面に形成された飛散部に砂を埋め戻し、2 回目及び 3 回目の実験を続けて実施している。表-2 に実験ケースを示す。

(3) 材料物性

実験に用いた構造部材はアルミニウム（A5052）であり、引張強度が約 200MPa 及び伸びが 30% である。部材の形状は門型である。砂は埼玉県神流川産（単位体積重量約 1.75g/cm³、含水比約 8%）の川砂である。火薬は TNT とペンスリッド（質量比 1:1 で配合、密度 1.77g/cm³）の薬量 3.12kg を実物実験に、その 1/20³ の薬量 0.39g に相当する火薬を遠心模型実験に使用した。形状はともに球形である。

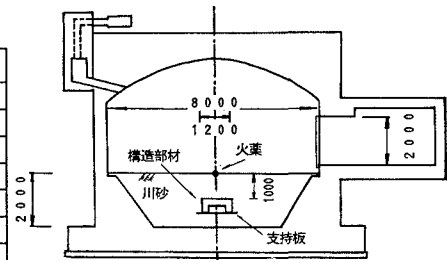


図-1 実物実験の概要 (mm)

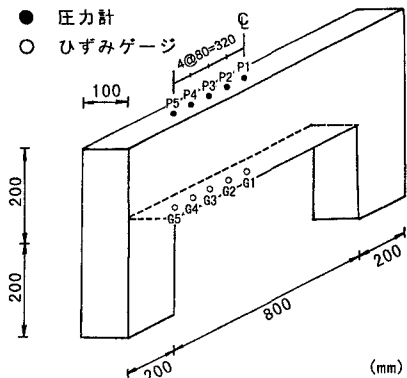


図-2 実構造部材の形状寸法

表-2 実験ケース

実験ケース	遠心加速度	縮尺	繰り返し番号
No. 1	20G	1/20	1
No. 2	20G	1/20	2
No. 3	20G	1/20	3
No. 4	1G	1/1	1
No. 5	1G	1/1	2
No. 6	1G	1/1	3

キーワード：遠心模型実験，実物実験，相似則，衝撃

連絡先：〒229 相模原市淵野辺 2-9-54 TEL 0427-52-2941 FAX 0427-52-2940

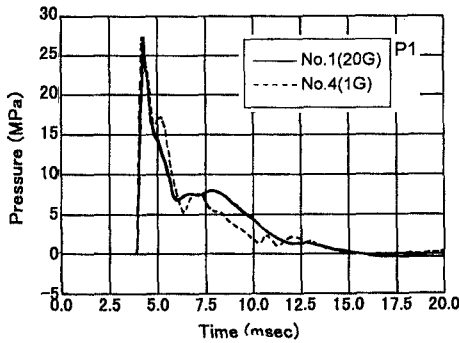


図-3 圧力波形の比較

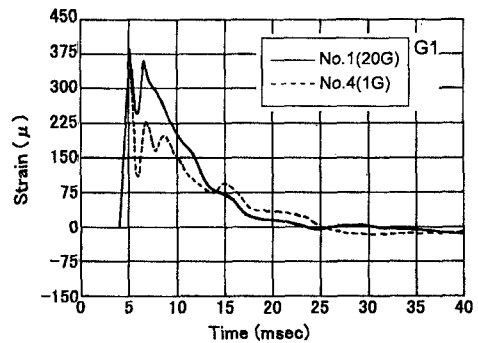


図-4 ひずみ波形の比較

3. 実験結果

図-3 及び図-4 に、実験ケース1 及び4 から得られた圧力波形及びひずみ波形の比較を示す。図中の遠心模型実験の波形は、表-1 の相似則に基づき時間を20 倍にした実物換算値で示している。図-3 より、波形の立ち上がり勾配は鋭く、ピーク値以降の減少勾配は徐々に緩やかになっている傾向が両者で一致していることがわかる。またピーク値、その発生時刻及び圧力の継続時間も概ね等しいことが認められる。図-4 では、実物実験のひずみより遠心模型実験のそれが大きくなっている。しかし、波形の立ち上がり勾配、ピーク値発生時刻及びピーク値以降の減少勾配は概ね一致していることから、全体的な波形形状は類似していると思われる。

図-5 は全実験ケースの G1～G5 における最大ひずみの比較を示したものである。図より、遠心模型実験及び実物実験の各点の最大ひずみは、実験が繰り返されるごとに増加している傾向にあることがわかる。これは、衝撃力の作用により徐々に砂が締め固められ、部材の受ける圧力が増大したことによるものと推察できる。また、いずれの実験も、中心部から離れるに従い最大ひずみが小さくなる傾向が認められる。なお、同繰り返し番号の遠心模型実験と実物実験の結果を比較すると、前者が後者に比べ大きな値を示しているが、その差は最大でも2 割程度である。

表-3 は砂表面に形成された飛散部直径及び深さの比較を示したものである。表から、遠心模型実験及び実物実験の飛散部直径及び深さは、実験ごとに小さくなることがわかる。つまり、衝撃力の作用を受けた砂が徐々に締め固められ、砂の飛散量が低減したものと推察できる。これは、最大ひずみの結果と符号している。

4. まとめ

遠心模型実験と実物実験の応答は、比較的良く一致した。従って、本実験の範囲内では本相似則の妥当性が認められ、遠心模型実験の衝撃問題への適用は可能であることが明らかとなった。

参考文献 1) Schimit, R.M. : Theory and Experiments on Centrifuge Cratering, Journal of Geophysical Research, Vol.85, No.2, 1980.

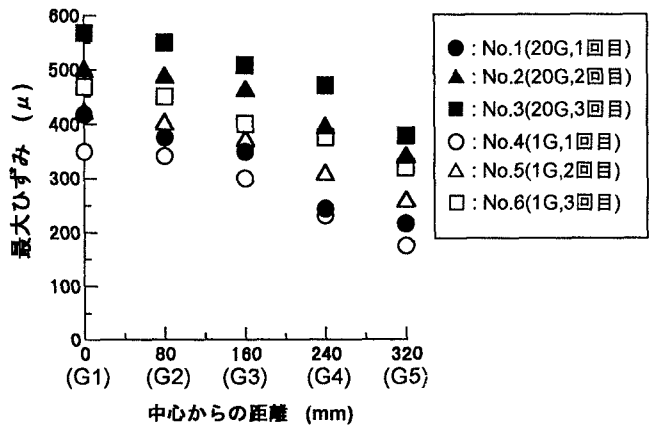


図-5 最大ひずみの比較

表-3 飛散部直径及び深さの比較

実験ケース	飛散部直径 (mm)	飛散部深さ (mm)	備 考
No. 1	1540	400	20G, 1回目
No. 2	1500	370	20G, 2回目
No. 3	1480	350	20G, 3回目
No. 4	1500	430	1G, 1回目
No. 5	1450	370	1G, 2回目
No. 6	1430	320	1G, 3回目