

I-B 124 遠心力場における相似則の妥当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 藤本 一男
 同 上 正員 嶋居 正行
 同 上 正員 山口 弘

1. はじめに 縮小モデルを用いた模型実験から、実構造物の応答を推定する場合には、模型と実物との間に理論的に成り立つ相似則の妥当性について検討を行う必要がある。著者ら¹⁾は、土と構造物の相互作用を含む動的問題を対象として、遠心载荷装置を用いた模型実験（以下、「遠心模型実験」という。）法に関する検討を行ってきた。ここでは、同じ仮想の実物を異なる縮尺でモデル化して縮尺の逆数倍の遠心力場で実験を行い、その結果を比較することにより遠心力場における相似則の妥当性について検討した結果を報告する。なお、ここで用いた相似則は表-1に示すとおりである。

表-1 遠心加速度NGにおける相似則

物理量	模型/実物	物理量	模型/実物
長さ	1/N	質量	1/N ³
面積	1/N ²	力	1/N ²
体積	1/N ³	材料	1/N ³
時間	1/N	応力	1
速度	1	ひずみ	1
加速度	N	密度	1

2. 実験概要

(1) 実験方法 本実験に用いた遠心载荷装置を図-1に示す。模型は、試験土槽（内径47cm、深さ35cm）内の所定の深さに構造物が埋設されるように、周囲を砂でできるだけ密に充填して作製した。実験は、この試験土槽を回転アーム片側に設置し、電気モータにより0.12rad/s²で所定の遠心加速度まで加速させた後に、火薬を地表爆発して衝撃力を作用させるようにした。試験土槽は、回転アームの回転速度の増加にともない、徐々に水平になるまで振り上がるため、遠心力の作用する方向は、実験中常に土槽の深さ方向に一致することになる。構造物に作用する初期土圧は、この遠心力によって実物の応力状態と等しくなるようにした。

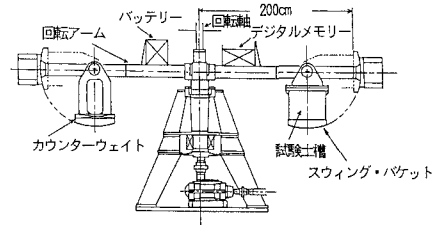


図-1 遠心载荷装置

表-2 実験ケース

実験ケース	遠心加速度	火薬	構造物	構造物埋設深さ
1	100 G	0.360g, 直径0.72cm	小型	4.0 cm
2	100 G	0.360g, 直径0.72cm	小型	4.0 cm
3	100 G	0.360g, 直径0.72cm	小型	4.0 cm
4	60 G	1.667g, 直径1.20cm	中型	6.67 cm
5	60 G	1.667g, 直径1.20cm	中型	6.67 cm
6	40 G	4.970g, 直径1.75cm	大型	10.0 cm
7	40 G	4.970g, 直径1.75cm	大型	10.0 cm
8	40 G	4.970g, 直径1.75cm	大型	10.0 cm

(2) 実験ケース 本実験では、半径5m、高さ4m、埋設深さ4m、上下の板厚20cmのアルミ合金製の中空円筒形構造物に360kgの火薬が爆発した場合を実物モデルとして想定した。実験ケースは、火薬と構造物の寸法及び構造物の埋設深さを、想定した実物の1/100、1/60及び1/40（遠心加速度は100、60及び40Gを付加）の3通りとし、それぞれ数回の実験データを得ることを試みた。全実験ケースを表-2に示す。測定項目は、上板表面の圧力および裏面のひずみで、図-2に示すように圧力は中心から等間隔に配置した圧力計（P1～P5）により、またひずみは裏面の半径方向及び円周方向に貼付したひずみゲージ（G1～G7）により測定した。

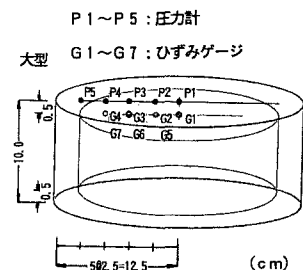


図-2 構造物の形状及びセンサー

(3) 材料物性 実験に用いた火薬は、ペンスリッドとアジ化鉛の質量比5：1で配合した球状のもので、それぞれ密度が1.77および2.50

g/cm^3 である。構造物はアルミニウム（A5052）であり、引張強度が250MPa、弾性係数が69.0 GPaである。砂は豊浦標準砂（単位体積重量 $1.64\text{g}/\text{cm}^3$ 、含水比0.2%）を用いた。

3. 実験結果

図-3および4に、実験ケース1、4及び6から得られた各遠心力場の荷重分布及びひずみ分布を比較して図示する。両図とも、中心からの距離及び時間は、本相似則に基づき実物換算して示している。また、両図とも分布特性の比較を行いやすくするため、各遠心力場のP1の立ち上がり時刻を0msecとして整理した。図-4より、各ケースともひずみは同様な分布形状を示していることが認められ、相似則が成立していることが認められる。しかしながら、図-3より、荷重は中心から離れた位置においてはほぼ一致しているが、中心付近においてはあまり一致していない。これは、センサーの応答性能が低いこと、および受圧面全体に均等な圧力が作用しないことにより、正確な圧力を測定できなかったためと考えられる。しかし応答特性が異なっていることも予想され、この点については今後さらに詳細な検討を行っていく予定である。

次に図-5に、全実験ケースのP1～P5における最大荷重と遠心加速度との関係を示す。図より、同じ遠心力場で行った実験結果に多少ばらつきが認められる。また全体として、40G場の最大荷重が他に比べて若干小さな値を示している。これは、製造安全上アジ化鉛の使用量が相似則を満足させるために必要な量より少なかったためと考えられる。しかしながら、各遠心力場における最大荷重はほぼ等しい値を示していることが認められ、本実験法は実物大の構造物の動的応答を比較的精度よく推定することが可能であり、また本相似則も本実験の範囲内では妥当であると考えられる。

参考文献 1) 安藤、藤本、山口、鶴居、伊藤：遠心载荷装置を用いた発破実験，構造工学論文集 Vol. 41A, 1995.3

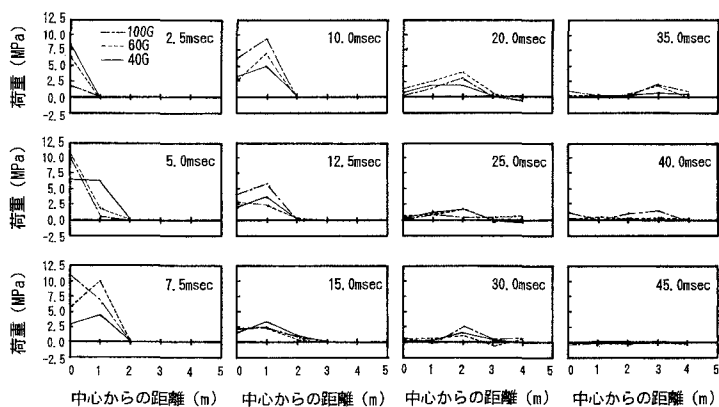
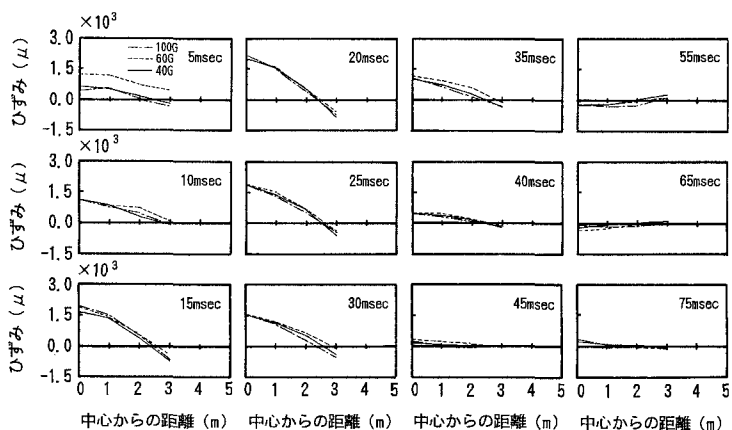


図-3 荷重分布の比較



半径方向（G 1～G 4）

図-4 ひずみ分布の比較

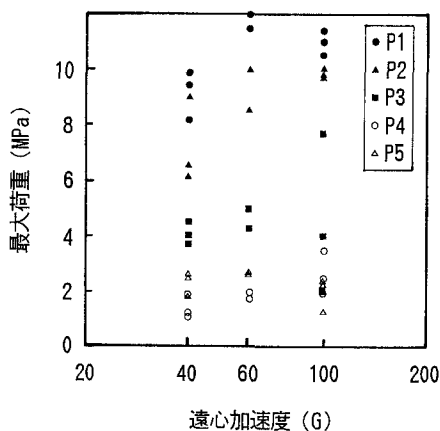


図-5 最大荷重と遠心加速度との関係