

衝突モデルによる地震時特異加速度発生メカニズムの解明

九州大学工学部 学生会員 ○松村 賢 九州大学大学院 正会員 陳 光斉

1. はじめに

2008 年に発生した岩手・宮城内陸地震の際に、基盤強震観測網 KiK-net 一関西観測点において、3866gal という非常に大きな鉛直上向きの加速度が観測された．さらに、この観測波形は上向きの加速度が下向きの加速度より 2.5 倍以上大きいという非対称性を持つ．この極端な異常運動を説明するために、地震によるトランポリンモデルが提唱された¹⁾．しかし、地震によるトランポリン効果の原因、その発生メカニズムや発生特性などについてはまだ検証されていない．

本研究グループは提案モデルにより異常加速度発生のメカニズムを説明するために不連続変形法 (DDA)を用いた．本文では自由落下による衝撃実験を行い、衝突による大加速度の発生の確認、また不連続変形法による再現の妥当性について考察した．

2. 提案モデルの概要

陳らが提案した大加速度発生の理論を説明する²⁾．

図-1 に示すように地震時に物体が地面に落下している状態を仮定する．地面と衝突後、物体が打ち上げられる速度 v_{out} は式(1)によって得られる．

$$v_{out} = k_{re} v_{in} + k_{vr} V \quad (1)$$

ここで、 k_{re} :反発係数、 k_{vr} :速度変換可能率、 V :地震の鉛直速度である．衝突後の物体の速度 v_{out} は、衝突により得られる加速度 a を用いて式(2)で与えられる．

$$v_{out} = \int_t^{t+\Delta t} a(t) dt \quad (2)$$

また、物体が複数重なる場合、物体同士の衝突により加速度の増幅が生じる³⁾．岩手・宮城内陸地震では不連続面が浮き上がり衝突が生じ、鉛直上向きの大加速度が発生したと考えられる．

2. 自由落下による衝撃実験

3.1 実験概要

加速度計を取り付けたブロックを 1, 2, 5, 10cm の高さから自由落下させ、加速度を測定した．ブロックは材質の違いを比較するため、コンクリートとレンガを用いた．写真-1 に実験の様子を示す．材料の物性値を表-1 に示す．実験は各ブロック、各高さにつき数回行い水平を保って落下したものを実験値として採用した．

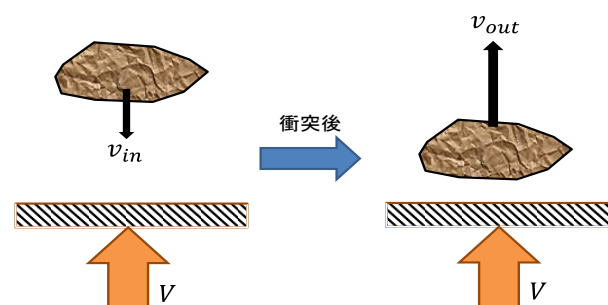


図-1 衝突モデル

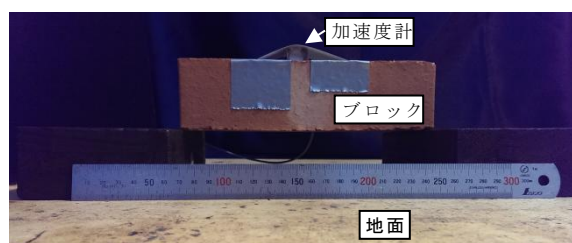


写真-1 自由落下による衝撃実験

表-1 ブロックの物性値

	レンガ	コンクリート
密度(g/cm ³)	1.98×10 ³	2.22×10 ³
寸法(cm ³)	10×21×6	

3.2 実験結果

図-2 にレンガを 1cm の高さから落下させたときの加速度波形を示す。また、表-2 に得られた全ケースの最大加速度(PGA)の一覧を示す。ブロックは地面との衝突の際に大きな加速度を得ており、落下高度が高いほどより大きな加速度を得ていることがわかった。また、跳ね返り後の二度目以降の衝突の際には、わずかな浮き上がりでも大きな加速度が得られていることがわかった。

4. 不連続変形法による検討

4.1 解析概要

不連続変形法を用いて落下実験を再現し、衝突モデルにおける本手法の妥当性について検討を行った。解析モデルを図-3 に示す。解析に用いたブロックの物性値は表-1 と同様とした。

4.2 解析結果

実験と同条件で自由落下を再現した。図-2 にレンガを 1cm の高さから落下させたときの加速度波形、表-2 に全ケースの最大加速度の一覧を示す。実験と同様に衝突の際に大きな鉛直上向きの大加速度が発生しており、PGA の相対誤差は最大で 35% 程度であった。また、波形より跳ね返り後の衝突も含めた再現ができ、小さなバウンドでも大きな加速度が生じることが確認できた。

5. 結論

本文では自由落下実験により衝突の際に生じる加速度および不連続変形法による衝突の再現について検討した。結論を以下に示す。

- 1) 小さな落下高度でも衝突の際に重力加速度をはるかに上回る鉛直上向きの大加速度が発生する。
- 2) ブロックの材質により得られた最大加速度は異なっており、レンガの方が大きい値をとる傾向があった。これはレンガと地面間の反発係数 k_{re} がコンクリートと地面間の反発係数 k_{re} より大きいためであったと考えられる。
- 3) 実験と解析における最大加速度の相対誤差は最大で 35% 程度であり、跳ね返りの挙動などを含めた再現ができた。

【参考文献】

- 1) 青井真ら:地震動の非対称性の発見とトランボリン効果, 科学, pp.366-370, 2009. 2) Yingbin Zhang: New Analysis Method For Earthquake Induced Landslides Considering Tension Failure And The Trampoline Effect, Kyushu-Univ, 2013. 3) 川上 司ら:地震時のトランボリン効果に関する振動台実験, 土木学会西部支部研究発表会, pp.55-56, 2014.3

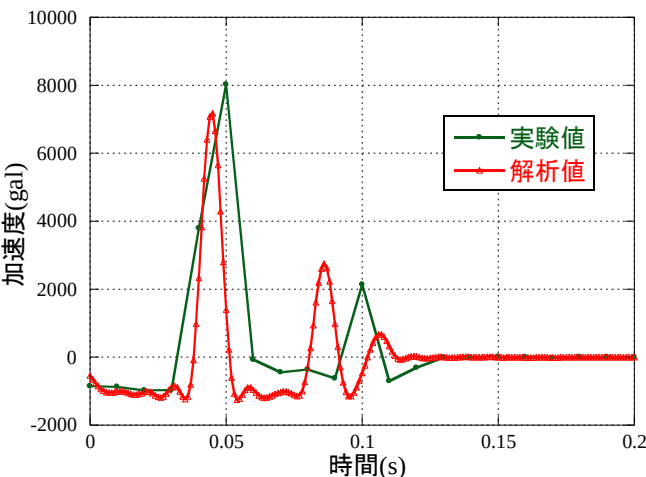


図-2 ブロックの加速度波形

表-2 実験および解析 PGA

材質	高さ(cm)	解析PGA(gal)	実験PGA(gal)	相対誤差(%)
レンガ	1	7175	8027	-10.61
	2	9745	12376	-21.26
	5	21489	15853	35.55
	10	18281	27873	-34.42
コンクリート	1	7167	7233	-0.92
	2	9623	11456	-16.00
	5	21221	17054	24.43
	10	18591	21754	-14.54

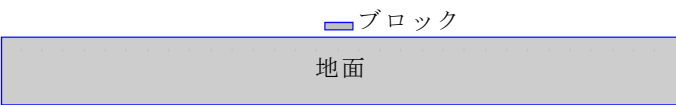


図-3 解析モデル