

液状化の原理を用いた小型免震装置の開発

金沢大学工学部

○ 出村 聡尚

金沢大学大学院自然科学研究科

陳 鋒

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

宮島 昌克

金沢大学大学院自然科学研究科 フェロー

北浦 勝

1. はじめに

地震による被害の軽減を図る上で、近年では構造物だけではなく構造物内の耐震化、免震化にも目を向けるようになった。美術館では既に構造物への対策以外に、美術品自体を個々に小型の免震装置で保護するなどの対策を行っている。しかし、一般に免震装置とは高価なものが多い。美術品など非常に高価なものに対しては、実際に免震装置を使用しているが、博物館等の展示品に用いている場合は少ない。その他に、災害時に重要となる病院や放送機関等の施設の電子機器をはじめとして、価格自体はさほど高価でなくとも損傷による災害時の機能損失を防がなければならない物は多く存在する。

本研究では、小型の免震装置の開発に関し、液状化によって起こる波の長周期化と加速度の減衰を免震装置に利用できないかと考えた。液状化を発生させるためには、主に粒状物質と粘性のある液体があればよい。したがって、既存のダンパーを用いた装置と比較して、より安価に製造でき、あまり高価でない物に対しても適応可能になると考えた。

2. 免震装置に用いる液状化の原理

液状化が発生すると、地盤が液体の性質を持つようになり、それにより水平方向の波が伝わりにくくなる。そのため地表面においては、地震波の加速度が減衰し、同時に波の周期が長くなる。この波の長周期化と加速度の減衰は、免震の概念に非常によく似ている。実際に、地震の際に液状化の発生した地盤の上に建っていた構造物の振動による被害が少なかったという事例がある。本研究ではこの原理を免震装置に適用し、それを小型化するための検討を行う。

3. 免震装置に要求される性能

装置を実用化させるには多くの性能が要求される。本研究で目的としていることは小型の免震装置の開発である。したがって、液状化を発生させる層を小さくしつつ、減衰効果を得なければならない。また、液状化の原理による減衰効果は、液状化が発生している時点においてはその効果を発揮する。しかし、層が締め固まり液状化が終了すると、その減衰効果は消失する。加えて、層が締め固まることでより剛性が増し、加速度が減衰せずに増幅する危険性が生ずる。したがって、装置の実用化には加速度の減衰する持続時間を長くする必要がある。

また、上記に示した2点以外にも解消すべき点がある。上記において層が締め固まると述べたとおり、液状化の原理を用いる場合、一度減衰作用が生じるとそのままでは繰り返し使えないという問題点がある。したがって、繰り返して使用できるようにするための対策も考える必要がある。

4. 実験による検証

1) 実験概要

本研究では、まず免震層の大きさにより減衰効果がどう変わるかを検証した。実験方法を説明する。図-1 に層の断面積を変えた場合を検証する実験の概略図を示す。大きさの異なる円柱形の容器に、砂と水を用いて水中落下法により飽和地盤を形成する。そして外部から振動数が 5Hz、加速度が 200gal の正弦波により 9 秒間加振させる。層の上部に加速度計を設置し、入力に対する応答の減衰効果を測定する。ここで加速度を 200gal としているのは、建物が倒壊しない震度 5 程度の地震波を想定しているためである。

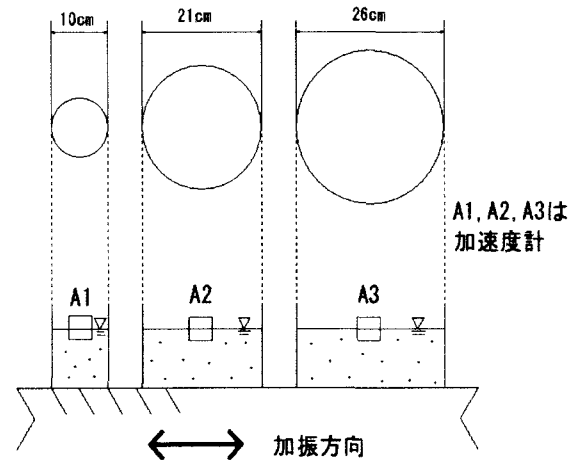


図-1 面積変化を検討する実験概略図

2) 実験結果

実験ケースとその結果を以下に表-1、図-2 に示す。表-1 にある持続時間とは、入力に対し応答の加速度が 1/2 以下になった時間を示しており、その値は何度も実験を繰り返して得られた結果の平均である。実験結果によれば、直径 20cm、深さ 10cm の容器では、上記の正弦波では液状化が発生せずに減衰効果が得られなかった。したがって減衰効果を得るには、断面積を変えるならば case3 程度を、深さを変えるならば case5 に近しくする必要がある。

本研究では層の厚さを薄くできないかに重点を置いている。しかし表-1 の結果を見ると、case4 では case3 に比べて持続時間が少なくなっている。したがって層を case4 の 5cm 程度まで薄くすることは難しく、現段階では case3 の大きさが適していると考ええる。

表-1 減衰の有無と持続時間

	直径(cm)	深さ(cm)	減衰	持続時間(s)
case1	10.0	10.0	なし	—
case2	21.0	10.0	なし	—
case3	26.0	10.0	あり	1.80
case4	26.0	5.0	あり	0.42
case5	21.0	20.0	あり	2.77

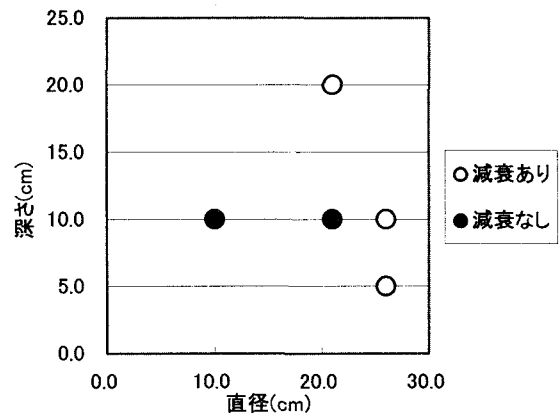


図-2 液状化による低減効果の有無

5. まとめ

今回の実験では、免震層の大きさと減衰効果の関連性を検討することで、最低限必要となる層の大きさを知ることができた。今後は、飽和地盤を形成するための水をより粘性の高い液体に変更し、液状化を発生し難くすることで液状化が終了するまでの時間を延ばせないかを検証する。また、必要な層の大きさを検証する実験の結果と合わせて、粘性の高い液体を用い、層の上部に荷重を載せることで、必要となる層の大きさがどう変化するかを検証する予定である。