

# 堤防模型の振動実験について

東北大学工学部 浅田秋江  
東北大学大学院 柳沢栄司  
" " 森芳信

## §1 まえがき

新潟地震によつて山形県酒田市附近の最上川、京田川、赤川および大山川の堤防などは、縦方向のき裂、陥没、沈下およびノリ面のスベリ出しなど、かなり著しい被害を受けた。これらの被害箇所はほとんどが旧河川敷の軟弱な地盤上に築造された盛土であることから考えて、本実験では最上川堤防をモデルにとり特に堤体の振動時の破壊に及ぼす影響に主眼を置いて、軟弱地盤の厚さおよび軟弱地盤置換の効果について検討した。なお併せてソートパイルの堤防に及ぼす耐震効果なども検討した。

## §2 実験

### (1) 相似律について

河川堤防等の土質構造物が地震時に示す挙動を詳しく知るためには地震計を埋設する等によりかなり大規模な、しかも長期間の測定を必要とする。実際問題としてこのような現場での測定は特殊な場合を除いて困難であるので、室内実験の規模に縮小した模型について振動実験を行つて実物の振動性状を明らかにする事が多い。従つて、実物と模型との間には長さ力及び時間について満足すべき条件、つまり相似律が存在しなければならぬ。長さ力についての縮小を縮尺入で示せば

$$\frac{L_m}{L_p} = \lambda \text{-----} (1)$$

となる。ここに添字 m は模型、p は実物の値を示すものである。一方、加速度を実物と模型について 1 : 1 の対応をさせる場合には、時間 T は

$$\frac{T_m}{T_p} = \sqrt{\lambda} \text{-----} (2)$$

なる関係を満足しなければならない。このことから実物の粘着力  $C$  は

$$\frac{C_m}{C_p} = \left(\frac{m}{p}\right) \lambda \text{ ----- (3)}$$

なる関係を満足しなければならない。一方、内部摩擦角は無次元量であるので模型と実物とは 1 : 1 の対応をする。

表-1 実物および模型材料の諸量

	実物			模型			
	密度 ( $g/cm^3$ )	内部摩擦角 (度)	粘着力 ( $\gamma$ )	密度 ( $g/cm^3$ )	内部摩擦角 (度)	粘着力 ( $\gamma$ )	材料
堤体材料	1.15	30°	0.05	0.40	30°30'	0.03	石灰
地盤材料	1.84	9°30'	0.21	0.95	13°30'	0.09	フライアツシュ

実験の築堤材料及び地盤の力学的諸量は表1に示す如くである。模型の材料として選ばれた石灰とフライアツシュの諸量と比較してみると、内部摩擦角はほぼ相似律を満足しているが、粘着力と密度とは3式に示したような関係を有するので、この二つを同時に満足する材料を選定するのは特別な場合をのぞいてほとんど困難である。しかし、このうち一つを無視した場合にはそれ相応の実験的矛盾を生ずる事はあらかじめ覚悟しておかねばならない事である。

2) 振動台および計測装置

振動台の大きさは 150 × 100 × 80 cm で、図1に示すように4隅が板バネで懸垂されており、衝撃用振り子(重量 20 kg) で一定の距離からバツファースペリングを介して振動台に衝撃を与え水平方向の振動を起す。

堤体および地盤内の加速度を測定するためにチタン酸バリウム磁器の圧電効果を利用して振動の加速度を電気量に変換するピクアツプ(感度 50 mV/g、周波数範囲 20 ~ 15000 c/s、使用最大加速度 500 g) を図2に示すように設置した。また破壊後の堤体断面の変形を測定するためにポイントゲージを使用した。

3) 実験方法

地盤にフライアツシュ、堤体に石灰を用い、加速度ピクアツプを図2の所定の位置に埋設し模型堤体を成形完成する。しかる後ポイントゲージで模型中央の実験前の堤体横断面形を測定す

る。

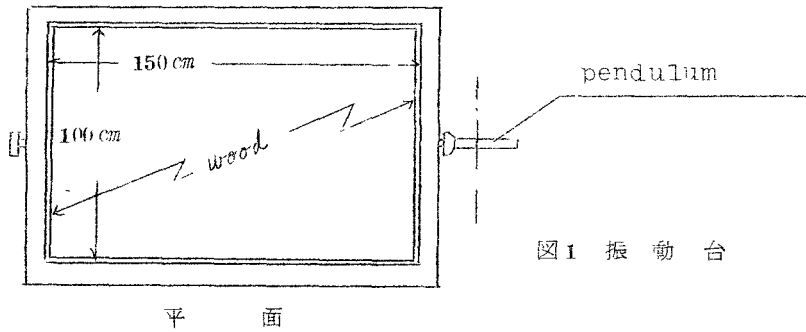
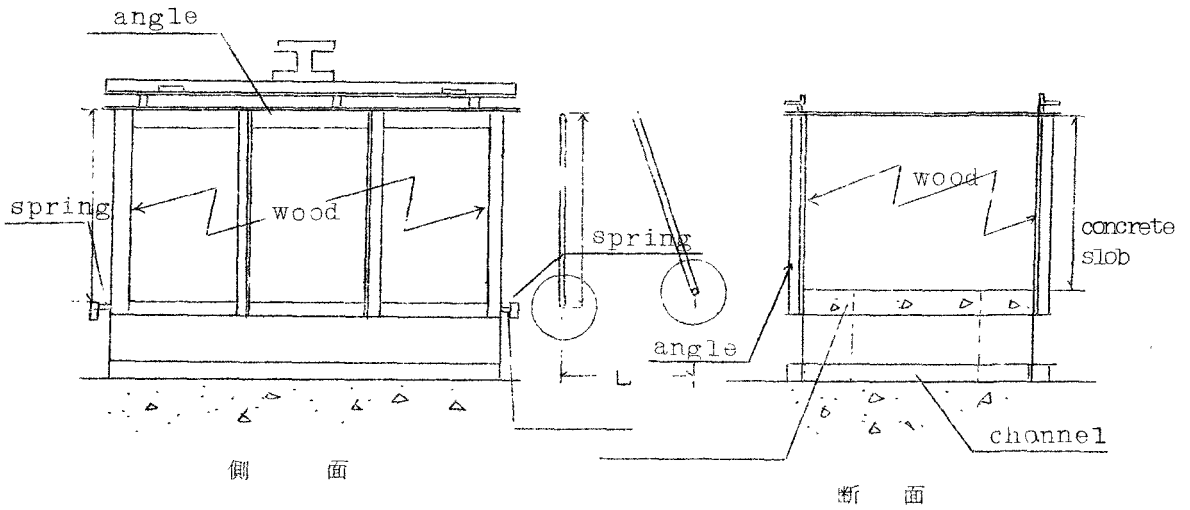


図1 振動台

平面

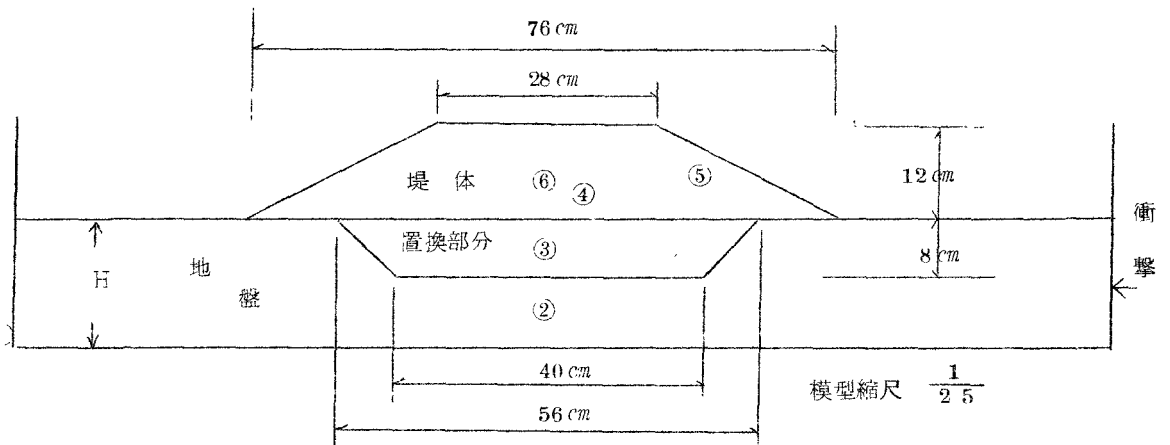


図2 堤体寸法と加速度ピックアップの位置

図1の衝撃距離 $L$ をそれぞれ2.0cm, 4.0cm, 6.0cm, 8.0cm, 10.0cm, に変化させて順次衝撃力を大きくしながら加えていく。この時の各部の加速度は加速度ピックアップによりペン書きオシロに記録されている。堤体にクラックが入った時の距離 $L$ を破壊時の衝撃距離とする。ある衝撃距離からの衝撃により堤体が破壊し、ある程度の沈下を生じたらポイントゲーンで模型中央の断面形を測定して実験を終る。この操作を軟弱地盤の厚さ $H$ が1.8cm, 2.8cm, 3.8cm, 4.8cmの四つの場合に対して行なった。これらの操作により衝撃による模型堤体の沈下量と、各衝撃力に対する模型の地盤および堤体各部の加速度が測定され、破壊時に各部で受けていた加速度もわかる。

堤体のノリ先に打ち込んだ矢板の耐塞的な効果については、模型のノリ先に同じ縮尺（実物5m, 模型寸法2.0cm）のセルロイド板製の矢板を模型のノリ先の地盤に打ち込んで上述の操作を行なった。ノリ面の崩壊については衝撃を受ける側のノリ面が一番危険であることから、衝撃の荷重側のノリ先に打つた場合、両側ノリ先に打つた場合、および矢板を施工しない場合についてそれぞれ各点の加速度、沈下等を測定した。

### §3 実験結果

ペン書きオシロに記録された模型各部の加速度のうち、図3のピックアップについて、ピックアップの受けた破壊時の加速度を軟弱地盤の層厚に関して示したものが図3である。ここで実験はフラットな地盤上に築堤した場合を示し、破綻は模型で8cm（実物では2m）の置き換えを行なった場合を示す。

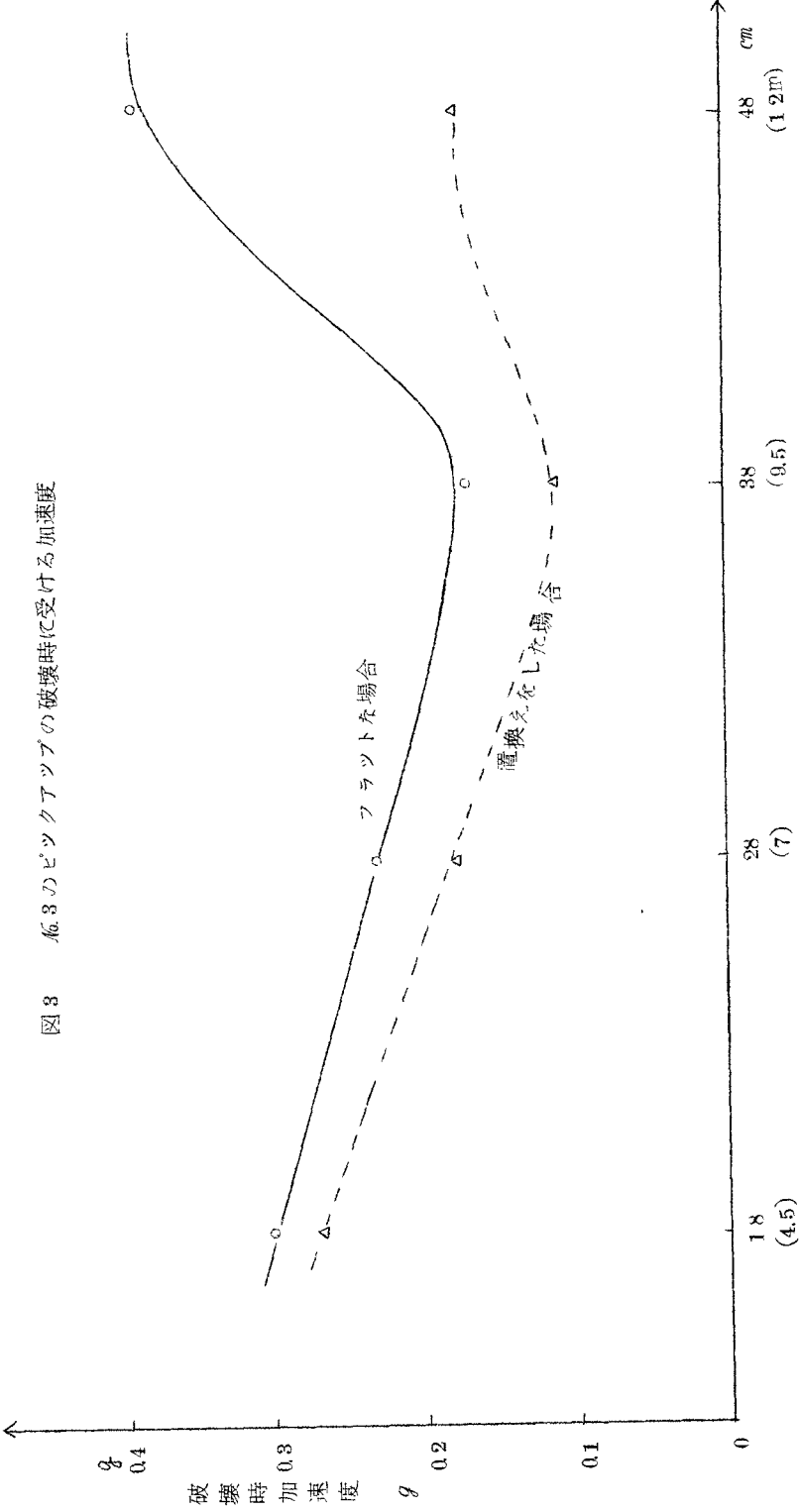
矢板の有効性をみるために、矢板なし、片側矢板、および両側矢板の各場合について、振動台の加速度と図3のピックアップの受ける加速度の関係を示したのが図4である。フラットな場合と置き換えをした時の沈下の様子を示したのが図5である。

### §4 考察

§2(1)で述べたように、この実験で用いた材料は内部摩擦角 $\phi$ は相似律を満足している。この材料を用いた場合の結果が図3～図5に示してある。これによると図3に示すように、堤体下部がフラットの時の方が置き換えをした時より破壊時に耐える加速度が大きくなっている。

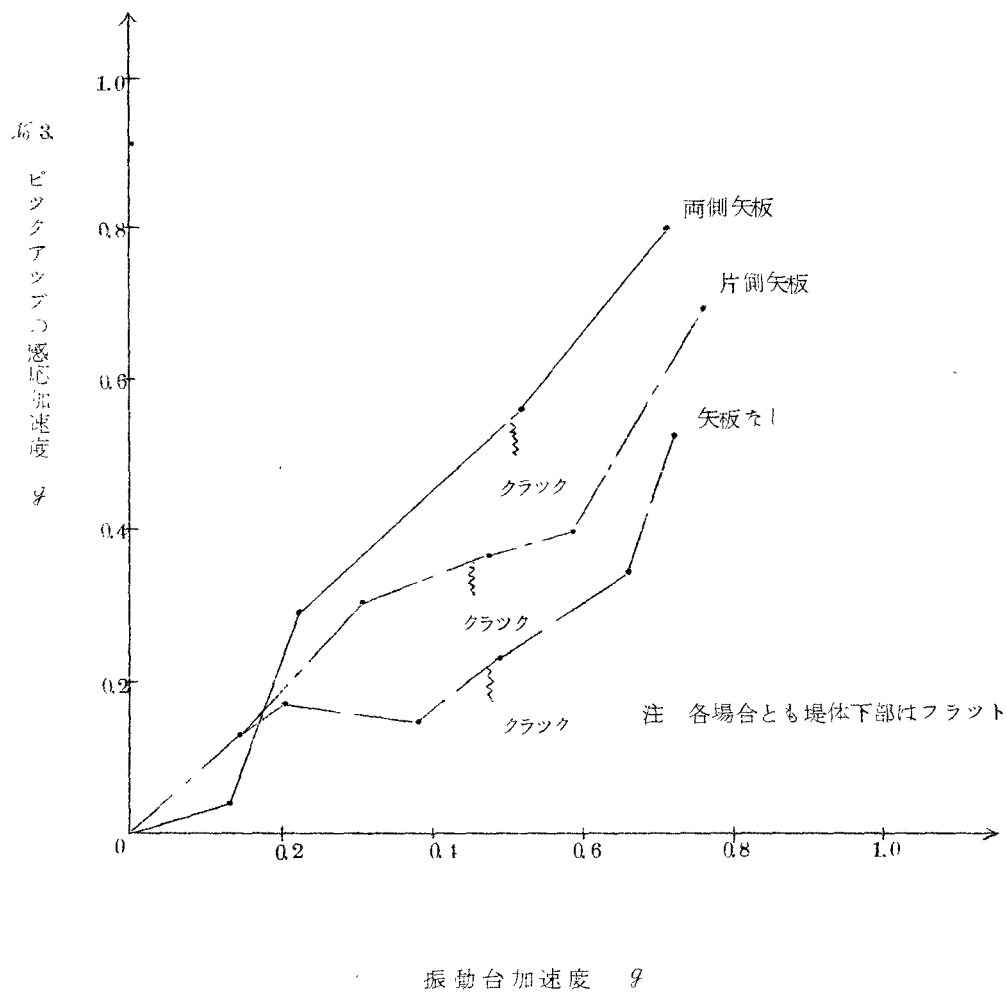
これは実験に使った材料が内部摩擦角だけを相似させ、密度を相似させていなかったためである。密度を相似させていなかったため、密度の小さすぎた石灰の堤体がフライアッシュの地

図 3 6.3 のピクアップの破壊時に受ける加速度



軟弱地盤の厚さ cm  
 ( ) 内は実物厚さ m

図4 矢板の有無による加速度の差



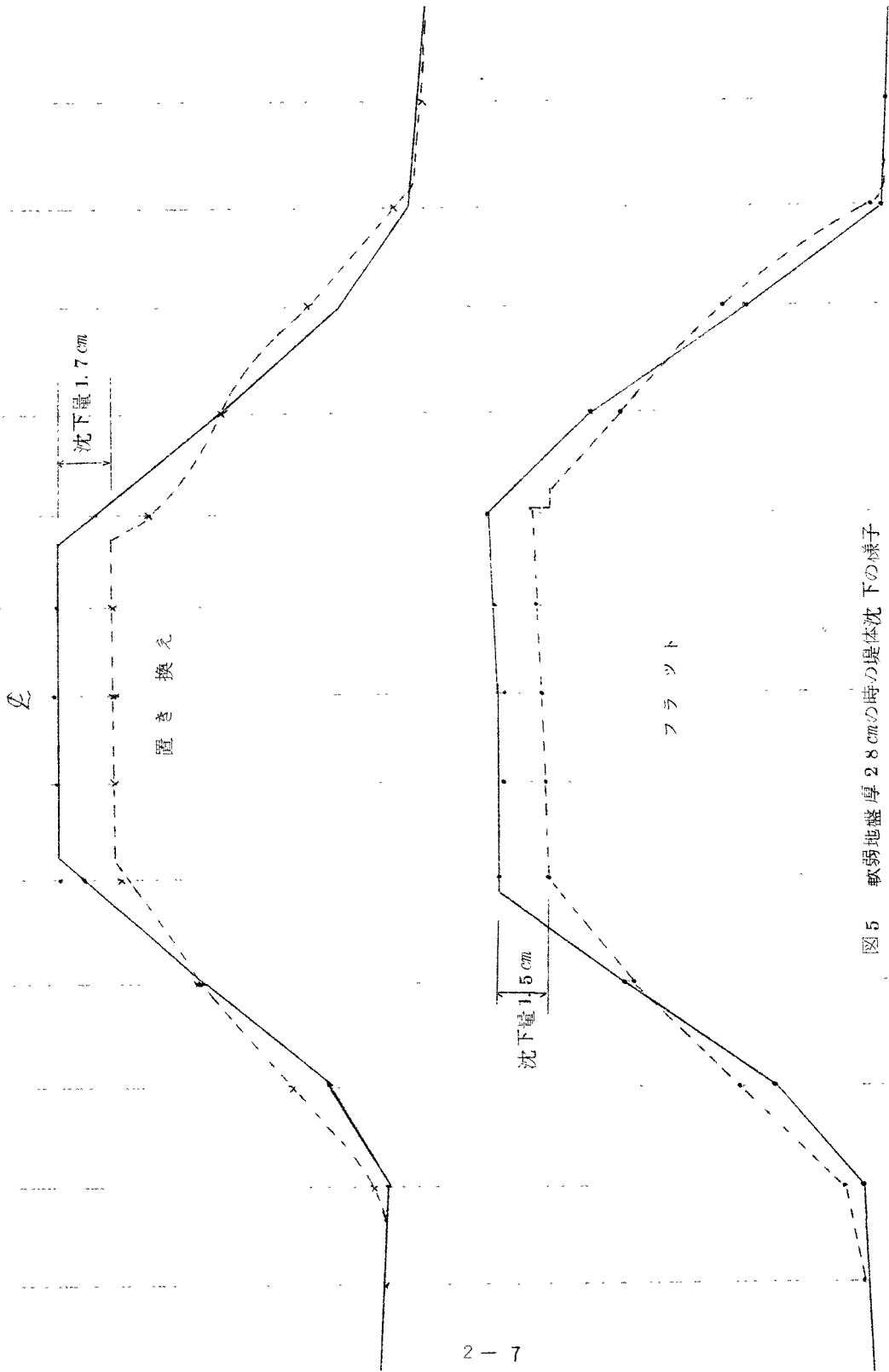


図5 軟弱地盤厚 2.8 cm の時の堤体沈下の様子

盤より沈下が大きく、加速度によるより沈下により破壊したものである。

これに反し、図4は同じフラットな状態での、矢板のない場合、堤体の片側に矢板のある場合および堤体の両側に矢板のある場合に受ける加速度を示したものである。この図の場合、問題となるのは矢板の有無で、堤体の状態は同じであるから密度の問題はないわけである。この場合、この図から判るように、矢板のない時、片側に矢板のある時、両側に矢板のある時の順序で破壊する時の加速度が大きくなっている。

従ってこの実験からでは置き換えの耐震効果については云々できないが、矢板は有効であると云える。この実験に使った材料に代わり、密度を相似させた実験を行なっているので、その結果は当日に発表する予定である。

なおこの研究は建設省東北地方建設局酒田工事事務所から委託された研究の一部である。