

# 大型動的遠心力載荷試験装置

## 大型動的遠心力載荷試験装置の概要

地盤・土構造物・基礎構造物などの複雑な挙動や地震による被災メカニズムを解明したり、構造物の設計・施工合理化や耐震性向上の技術を開発するためには、実物を想定した実物大実験を行うのが理想的ですが、現実にはきわめて困難です。そこで、通常は縮尺模型を使いますが、実現象を再現するためには相似則を満足させる必要があります。遠心載荷試験装置は縮尺模型にその縮尺に応じた遠心加速度を作用させることにより実物大実験に近い結果を得ることができる装置です。

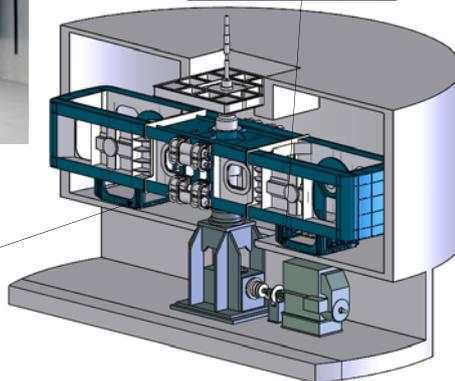
### 装置の全体図



アキュムレータ



加振装置



### 主な仕様

#### ・遠心力載荷装置

有効半径	6.6m
最大遠心加速度	100G
最大積載容量	400ton・G

#### ・加振装置

台の大きさ	幅 : 1,700mm 奥行 : 1,000mm
最大加振容量	50ton・G
最大加振加速度	50G
最大速度	150cm/s
最大変位	±10.0mm
加振周波数	10~300Hz

### 特徴

- ・世界でも最大級の遠心力載荷試験装置（有効回転半径6.6m、最大遠心加速度100G、最大搭載能力5 ton）
- ・遠心力載荷場において兵庫県南部地震、東北地方太平洋沖地震等の大地震を再現できる大出力の加振装置を搭載
- ・遠心力載荷装置と揺動架台を一体に設計したことにより精度の高い大地震の再現が可能
- ・光ロータリージョイントの採用により、地震動の制御や地盤の変形計測などを極めて高速に高精度で行うことが可能

#### 【世界の動的遠心力載荷装置】

機関名	載荷装置仕様			動的加振仕様			設置年
	有効回転半径(m)	最大遠心加速度(G)	最大積載容量(ton・G)	変位(mm)	速度(cm/s)	加速度(G)	
国内							
土木研究所	6.6	100	400	10	150	50	2018
農業・食品産業技術総合研究機構	4.8	100	300	4.2	100	55	2015
(株)大林組	7	120	700	5	90	50	1999
国外							
香港大学地盤遠心施設	4.47	150	400	3.5	75	35	2000
陸軍工兵隊水路試験所	6.5	350	1256	2.5	75	55	1995
カナダC-CORE	5.0	200	220	2.5	75	40	1993

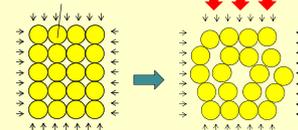
### なぜ遠心力が必要？

土の硬さ、強さは、周りから受ける圧力（拘束圧）に強く依存します。このため、縮小模型により実現象を再現するためには、相似則を満足させるために、**縮尺に応じた遠心力を作用させて重力（重力加速度）を増加させる必要がある**のです。これにより、模型内の圧力（拘束圧）を高め、実物と同等の現象を再現することが可能になります。

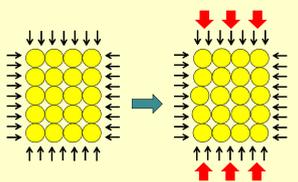
例えば、1/50の縮尺模型の場合、重力加速度を50G（50倍）にすることで、実物と同等の現象を再現することができます。

#### 土の力学挙動

##### 土の粒子

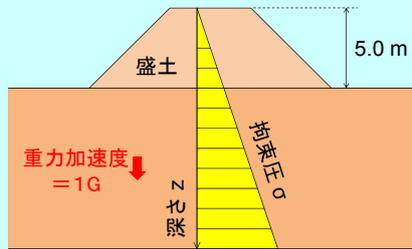


拘束圧が小さければ、外力により容易に崩壊



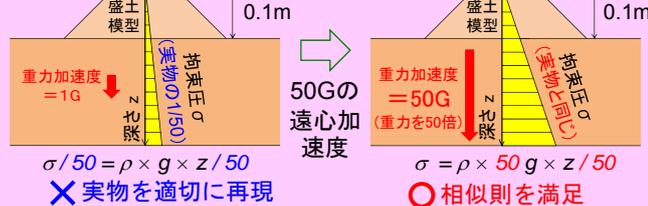
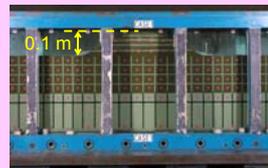
拘束圧が大きければ、外力に対して変形しにくい

#### 実物の盛土



※拘束圧  $\sigma = \text{密度} \rho \times \text{重力加速度} g \times \text{深さ} z$

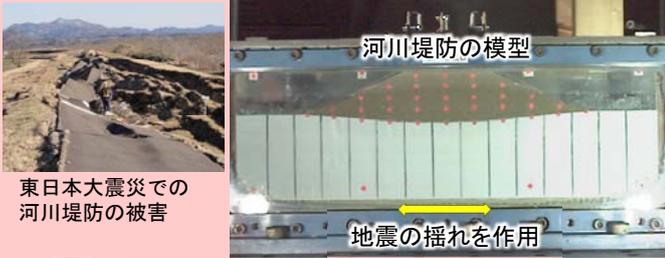
#### 盛土の模型実験



#### 遠心力載荷実験の相似則

項目	密度	長さ変位	速度	加速度	質量	力	応力	ひずみ	時間	
									動的現象	浸透現象
実物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
模型	1	1/N	1	N	1/N <sup>3</sup>	1/N <sup>2</sup>	1	1	1/N	1/N <sup>2</sup>

## 堤体の液状化に対する対策工法の効果に関する実験



東日本大震災での河川堤防の被害

対策なし  
堤防亀裂多い



模型を上から見た写真

対策あり  
堤防亀裂少ない

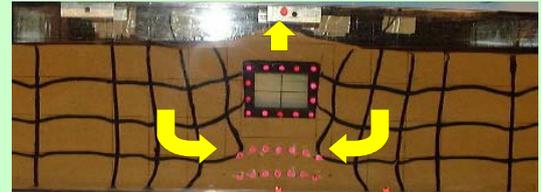
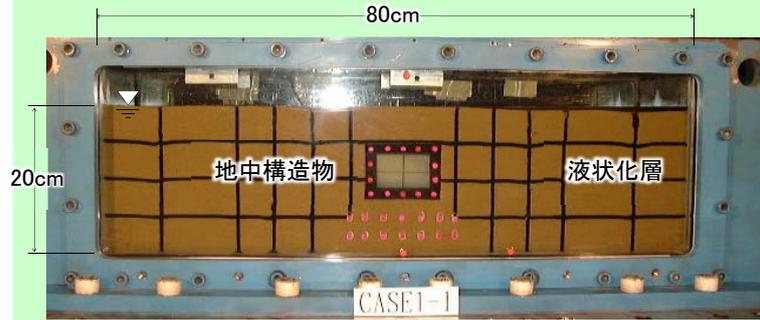


ドレーン工による排水対策

堤防の変形を抑制する抑え盛土

地震時の河川堤防の堤体の液状化（コラムを参照）にともなう被害への対策工法の効果について実験を行いました。

## 液状化に伴う地中構造物の浮き上がりに関する実験



地震の揺れを作用

液状化（コラムを参照）に伴う地中構造物（下水管等）の浮き上がりを再現した実験です。浮き上がりのメカニズム及び対策工法等について実験しました。

## 地震後の河川堤防の機能低下に関する実験

最初に堤防に水を浸透させる



模型を上から見た写真

水を抜いて地震動を加える



模型を上から見た写真

地震動を受けた堤防に再度水を浸透させる



模型を上から見た写真

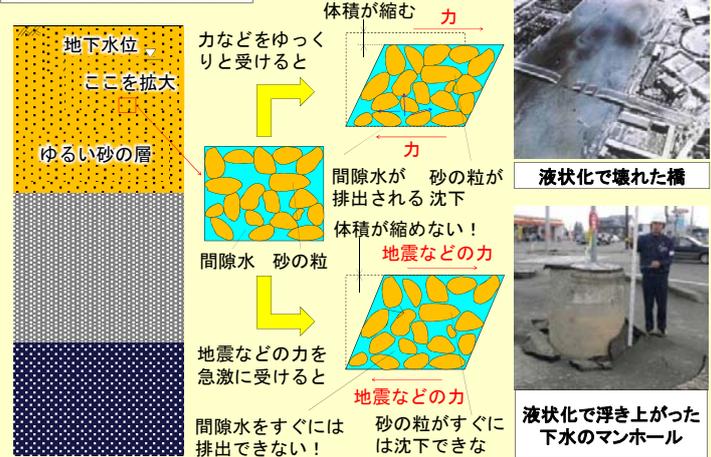


地震の揺れを作用



河川堤防が地震後にどの程度機能低下を生じるか、実験により検証しました。

## 【コラム】液状化とは？



水を含んだゆるい砂がゆっくりとした力を受けると、砂の粒が沈もうとするので体積が縮みます。このとき、砂の粒の間の水（間隙水という）は外に排出されます。ところが、地震などによって短時間に力を何度も受けると、砂の体積が急激に縮もうとして間隙水の排出が追いつかなくなります。このとき砂の粒が間隙水の中に浮いたような状態になり、砂の強さが急激に低下し、時には砂が液体のような状態になります。地震が終わると間隙水が排出されて、抜けた水のみで地盤が沈下しますが、ほぼ元通りに安定します。このような現象を液状化と呼びます。

液状化により、建物や盛土など重いものは沈み、下水管など地中にある軽いものは浮き上がろうとします。

2011年（平成23年）3月11日の東日本大震災のときにも、特に東京湾沿岸などでこのような現象が起こり、建物や道路などが壊れて大きな問題となりました。

### 【お問い合わせ先】

国立研究開発法人 土木研究所  
つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ（土質・振動）  
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6  
TEL : 029-879-6771  
FAX : 029-879-6735  
URL : <https://www.pwri.go.jp/team/smd/index.html>

