

遠心载荷振動実験によるフィルダム砂模型の動的挙動への
入力地震波周波数の影響

Effect of frequency of waves to seismic behavior of sand dam models in centrifuge
shaking model tests

○江口慧*, 佐藤友孝*, ツンツンウィン*, 梶谷麻衣*, 田頭秀和**, 林田洋一**, 向後雄二*

○K. Eguchi*, T. Sato*, Tun Tun Win*, M. Masutani*,

H. Tagashira**, Y.Hayashida**, Y.Kohgo*

1. はじめに

フィルダムのレベル 2 地震動に対する耐震設計においては、変形のメカニズムを把握することが重要である。フィルダムの耐震性に関する研究はこれまでも多く行われてきている¹⁾。しかし、地震動に対する変形挙動と間隙水圧の変動の関係性に関するものは少ない。そこで本研究では、入力地震波の周波数が異なる条件下でフィルダム堤体模型を用いた遠心载荷振動実験を行い、堤体の変形挙動に対する入力波の周波数の影響や間隙水圧の挙動を明らかにすることを目的とした。また、動的実験での計測が行なわれているケースが少ない間隙空気圧を計測するために、間隙空気圧計を作製し導入した。

2. 実験方法

実験に使用した遠心载荷実験装置は、最大载荷質量 3 t, 最大遠心加速度 100 G, 有効アーム回転半径 4.8 m, 最大振幅 ±4.22 mm, 加振方向は上下流方向のみである。実験試料は 6 号珪砂を使用し、その物理特性を Table 1 に示す。入力地震波を変えた 2 ケースの実験を行った。実験条件を Table 2 に、入力波の条件を Table 3 に示す。入力波は正弦波を使用し、周波数は 4 Hz と 10 Hz とした。模型の寸法およびセンサー配置を Fig. 1 に示す。高さ 200 mm, 天端幅 50 mm, 奥行 400 mm, 敷幅は 650 mm である。堤体模型は 1 層 19 mm の通常砂層に、2 層毎に黒砂層を 2 mm 設けた水平地盤を作製後、堤体の形に切り出した。計測器は加速度計, 間隙水圧計, 間隙空気圧計を堤体内部に設置し、堤体上部にレーザー変位計を設置した。間隙水圧の計測にはセラミックカップと水圧計から構成されるテンシオメータを用い、負圧から正圧まで計測可能とした。また、間隙空気圧計はフィルタ部分に撥水通気性であるガラス繊維素材のものを使用し、間隙空気圧の計測を可能とした。遠心加速度は 30 G である。

Table 1 6 号珪砂の物理特性
(Physical properties of silica No.6)

粒 度 特 性	砂分	(%)	98.9
	シルト分	(%)	1.1
	粘土分	(%)	-
	最大粒径	(mm)	0.85
密 度	土粒子密度 ρ_s	(g/cm ³)	2.66
	最大乾燥密度 ρ_{dmax}	(g/cm ³)	1.68
	最小乾燥密度 ρ_{dmin}	(g/cm ³)	1.4
	最適含水比 w_{opt}	(%)	18.4

Table 2 実験条件
(Test conditions)

	相対密度 (%)	含水比 (%)	飽和度 (%)	傾斜	入力波
Case1	50%	5%	18.0	1:1.5	10Hz
Case2	50%	5%	18.0	1:1.5	4Hz

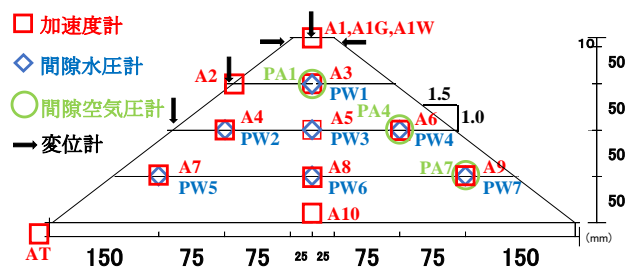


Fig. 1 模型断面(Cross section of Model)

*東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology

**農研機構 農村工学研究部門 National Institute for Rural Engineering

キーワード 土の動力学的性質 斜面安定・土圧・支持力 土構造物の地震時挙動

Table3 入力波条件
(Input wave conditions)

周波数	種類	時間	波数	初期入力波	入力波間隔	最終入力波	波形例
10Hz	正弦波	6秒	60波	100gal	100or50gal	900gal	
4Hz	正弦波	3.25秒	13波	100gal	100or50gal	900gal	

3.実験結果と考察

両ケースの堤体の破壊形状を Fig. 2 に示す. 両ケースとも両斜面においてすべりが生じた. Case1 では 550gal, Case2 では 400gal 加振後にすべりが観察された. 天端付近では亀甲状のクラックが生じていた. また, Case2 では Case1 より深いすべりが生じた. つまり, Case2 でより強く堤体が振動したと考えられる. 原因としては, この入力振動数が堤体の固有振動数に近かったことによると考えられる.

両ケースの各加振終了後の間隙水圧の分布を Fig. 3 に示す. 両ケースとも, すべりが生じるまでは堤体全体で間隙水圧が上昇していた. すべりが生じた加振段階では, 堤体中央上部から斜面では減少し, 堤体中央下部では上昇が続いた. このことから斜面での間隙水圧の上昇が堤体のすべり変形に影響していることが示唆された. Case1 と 2 を比べてみるとより変形が大きかった Case2 で斜面の広い範囲で間隙水圧は減少し, 堤体中央下部では上昇していた.

Fig. 4 に Case2 の 400gal 加振時の堤体中央上部の間隙水圧と間隙空気圧の時刻歴を示す. 加振中の間隙水圧は入力波に追随した挙動を示した. 変動の大きさは 80kPa と非常に大きかった. そのため, 計測値にノイズが含まれている可能性もあることから, その点について検討する必要がある. 間隙空気圧の値は間隙水圧同様入力波に追随したが, 変動値は間隙水圧に比べると非常に小さいものであった.

4.まとめ

周波数の異なる波を入力した遠心载荷模型実験を実施し, フィルダムの変形メカニズムと入力波の影響を検討した. 変形は堤体の固有周期との関連性が示唆された. また, 間隙水圧の結果から, 堤体斜面での間隙水圧の上昇がフィルダムの変形に影響を与えることが考えられた. 今後は加振中の間隙水圧計挙動について検討を深めていく予定である. 本研究は科研費(18K05892)の助成を受けて行われたものである.

参考文献 1) 例えば, 韓国城ら (1982) 東京大学生産研究速報(10), 425-428

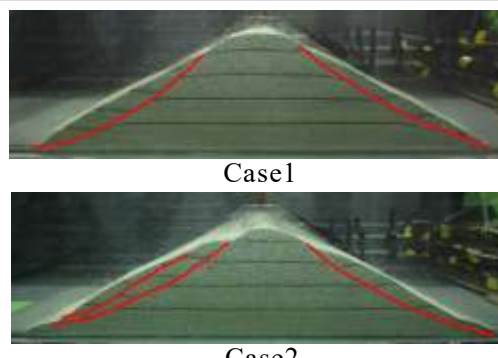


Fig.2 堤体の破壊形状
(Failure situations)

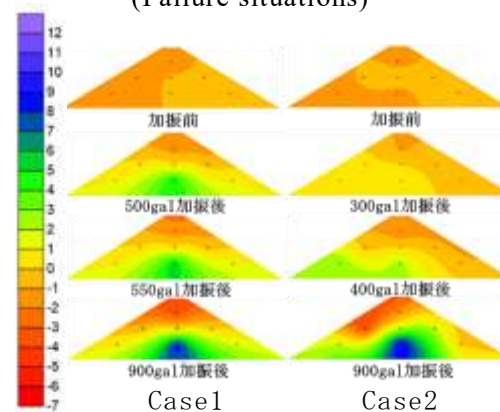


Fig. 3 各加振後の間隙水圧の分布
(Pore water pressure distributions after each shaking)

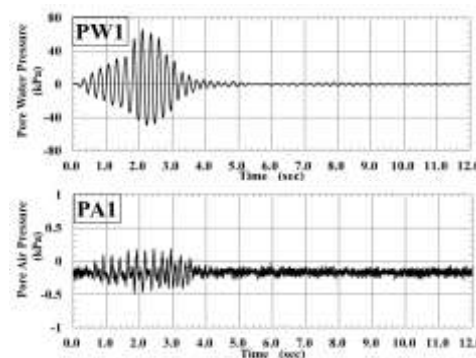


Fig. 4 加振中の堤体上部での間隙水圧と間隙空気圧の時刻歴
(Pore water and air pressure pressure changes with time during shaking)