

徳知工業大学 正員 建部英博
徳知工業大学 正員 大根義男

1. はじめに

我国におけるロックフィルダムの歴史は比較的新しく、地震による大きな被害を受けた例も少なく得られた地震記録も比較的少ない。このためか現在ロックフィルダムの耐震設計にはいわゆる震度法が用いられる事が多く特に円弧すべり等の検討に重点が置かれている様である。しかしロックフィルダムの大型模型振動実験等によれば提体表層付近では入力加速度よりかなり大きな応答加速度が測定されておりまた振動により提体表層付近では沈下も大きく、さらに提体表面付近ではロック材の転げ出し現象がみられる^①。この様な観点から今後表層付近を対称としたロック材の動的セン断強度等が重要な検討課題と考えられる。

本報告はその基礎的研究として提体表層部のロック材の転がり出しに着目し、従来表層すべりの計算に採用されている方法すなわち表層すべりを固体摩擦角に置きかえ地震による外力を震度法で加え合わせる方法の妥当性について検討を加えたものである。

2. 固体摩擦と震度法

図-1に示す様に斜面(角度 θ)上に質量 m の物体がある時、斜面に平行方向の成分 $\tau = mg \sin \theta$, 垂直方向の成分 $\sigma = mg \cos \theta$ を示され固体摩擦を $\tau/\sigma \geq f$ とすればこの物体が滑り出す条件は $\tau/\sigma \geq f$ で示される。ここで静的摩擦係数 $f_s = \tau/\sigma = \tan \theta$ とすれば よりも小さな角度 θ では滑りは生じないがこれに振動が加わった場合は震動法により水平方向に $F_1 = m a_h$ 鉛直方向に $U_1 = m a_v$ の力が加わりその時の τ_a, σ_a は

$$\tau_a = mg \sin \theta_1 + m a_h \cos \theta_1 - m a_v \sin \theta_1$$

$$\sigma_a = mg \cos \theta_1 - m a_h \sin \theta_1 - m a_v \cos \theta_1$$

従って振動中に物体が滑動し始める時の τ_a, σ_a から $\tau_a/\sigma_a = f_d \dots (1)$ と置きこれを動的摩擦係数とした。

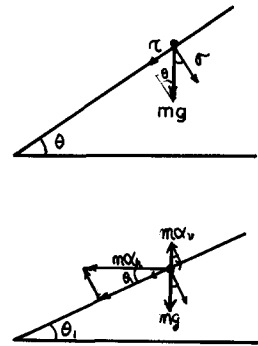
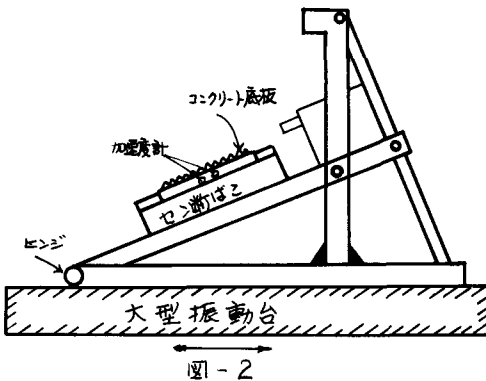


図-1

3. 実験方法



NO.1

NO.2

NO.3

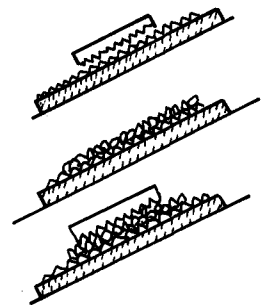


図-3

実験装置は図-2に示すが大型振動台上に任意の斜面角度にセット出来る斜面せん断試験機を固定したものである。この試験機に碎石を埋め込んだコンクリート板(100cm×50cm)を固定し、これを底板としその上に載荷物を載せて実験を行った。コンクリート底板には粒径20~30mmの碎石が埋め込まれておりその突出高さは9.5~14mmの範囲で平均11.1mmである。又碎石の分布状態は平均1個/5.8cm²である。一方上載板は30cm×30cmのコンクリートブロックで底板と同様に粒径20~30mmの碎石が埋め込まれている。上載板の碎石の突出高さは8~11mmの範囲でありその平均は9.7mm 碎石の分布状態は平均1個/5.5cm²であった。

実験は次の3種類の上載方法を行った。すなわち図-3に示す様にNO1は底板の上に直接上載板を載せた場合 NO2は斜面上の底板の上に粒径20~30mmの碎石をつみ、重り合っている部分を取り除きほぼ一層となる様にした。NO3の実験では底板の上にNO2の実験と同様に碎石を敷き並べ、その上に上載板を載せた場合において実験を行った。静的摩擦係数 f_s を求める実験は上載物を載せ斜面角度を徐々に大きくし、上載物がすべり出す時の角度を測定した。動的摩擦係数 f_d を求める実験は斜面勾配3種類について行ない、一定の振動数で振巾を徐々に増加させ上載物が滑動するまで加振した。この時の加速度は底板に取り付けられている加速度計(水平方向成分、鉛直方向成分)から記録した。尚加振実験は5Hz~12Hzまでについて行った。

4. 実験結果及び考察

表-1に3種類の載荷条件のもとで各々15回の実験結果から得られた静的摩擦角及び f_d の値を示す。ここでAとは上載物が少し移動を始める初期すべりの状態を示し又Bは上載物が全体的に滑り出すいわゆる滑動の状態を示している。図-4,5は3種類の斜面勾配について5Hzの振動を加え上載物が滑り出した時の動的摩擦係数 f_d を同一載荷条件の静的摩擦係数 f_s で除した値 f_d/f_s についてまとめたものである。ここで f_d は上載物がA, B状態の時の加速度記録の最大値を(1)式に代入し求めたものである。これ等によると振動による抵抗力はNO1, NO2, NO3の順に大きく、NO1はブロックに埋め込まれた碎石が一体的に底板とかみ合い、摩擦力が一番大きくなる事を示している。NO2は固定された碎石を乗り越える状態を示しており、NO3の状態は中間層の碎石が振動によりある程度潤滑の役目を果し上載板に対する抵抗力を小さくしているものと考えられる。又どの斜面勾配においても $f_d/f_s = 1.0$ となればブロックの滑り出し現象を固体摩擦と震度法により説明する事が出来るが図によれば斜面勾配が緩くなるにつれデータのばらつきが大きくなっているが、初期すべり、滑動いずれの場合も f_d/f_s の値は1.0より大きな値を示し、斜面勾配が緩くなるにつれて f_d/f_s の値は増加している。これは碎石が転がる場合、斜面勾配が緩い程隣接している碎石を乗り越えるための上方への移動量が大きくこのため多くのエネルギーを必要とするものと考えられる。

以上の事から地震による表面ブロック材の転がり出しに対し固体摩擦と震度法の考え方は緩勾配の場合にはかなり安全側であるが急勾配になるにつれ f_d/f_s が1.0に近い値となるものと考えられる。

参考文献：建部、大根、碎石を用いたフィルダムの振動実験、才1報 才13 国土工学研究発表会

	A		B	
	ばらつき	平均	ばらつき	平均
NO.1	35°~45°	39°	44°~47°	45°
	$f_s = 0.810$		$f_s = 1.000$	
NO.2	32°~37°	34.1°	39°~44.5°	43°
	$f_s = 0.677$		$f_s = 0.933$	
NO.3	32°~36°	33°	37°~41°	40°
	$f_s = 0.649$		$f_s = 0.839$	

表-1

