

東京工業大学 総合理工 正 大町達夫

1. はじめに

我国では、高さ15m以上のダムはダム設計基準¹⁾に基づき設計されている。同基準にはフィルダムの耐震性は、FIG. 1に示す地域ごとに幅のある堤体震度から適切な設計震度を選定し、円弧すべり面法によって安定解析を行い、1.2以上の安全率を確保することが必要とされている。同基準には、付録部分に動的解析に関する記述も参考程度に記載されているが、以下主として震度法によるダムの設計に限定して考える。

2. 設計震度とダムの体積

FIG. 2のようなセンターコア型ロックフィルダムを想定する。通常、ロックフィル材料は非粘着材料と見なされ、円弧すべり面法による安定解析で安全率が最小となるのは円弧の半径が無限大の表層すべりである。この場合には

$$\frac{\tan \phi}{\tan(\alpha + \beta)} \geq 1.20$$

ただし、 ϕ = 材料の摩擦角、 $\alpha = \tan^{-1}(K_H)$ 、 β = 法面勾配から法面勾配が定まる。 ϕ を $30^\circ - 45^\circ$ 、 K_H を $0.10 - 0.25$ の範囲で変動させて上式の等号が成り立つ法面勾配を定めるとFIG. 3のようになる。

現実的な最緩法面勾配を仮りに1:3.0とすれば、この図はロック材料の ϕ が $\phi \geq 35^\circ$ であれば日本国内どこでもダムは建設できるが $\phi < 35^\circ$ の場合には建設地点は限定されることを示している。 ϕ が小さくなると法面勾配は図の右側縦軸に示すように指数関数的に緩くすることが必要となり、ダムの体積はそれに比例して増大し建設費の増額をもたらす。これまでの日本のダムでは下限に近い0.12を採用した例が多い²⁾。 $\phi = 30^\circ$ 、 35° 、 40° 、 45° の各場合、設計震度を0.15の近傍で0.01増加させると、ダムの体積はそれぞれ3.6%、2.9%、2.4%、2.2%増大する。このことから、良好なロック材料を得て、更に ϕ の増大をもたらす施工をすることが結局安全で経済的なダムを建設する近道であると指摘できる。

3. 設計最大加速度の算定

設計震度を選定する際には、ダム地点周辺での地震活動度を調査し確率論的な考察を加えて判断を下すことが多い。過去の地震記録からダム地点での最大加速

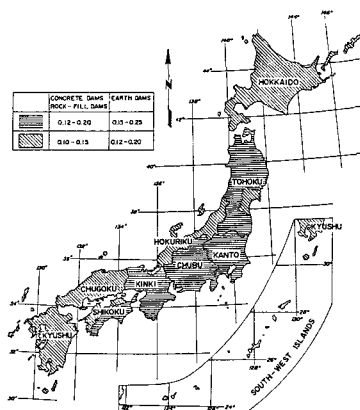


FIG. 1 MAP OF DESIGN SEISMIC COEFFICIENT

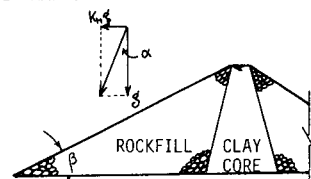


FIG. 2 TYPICAL CROSS SECTION OF ROCKFILL DAM

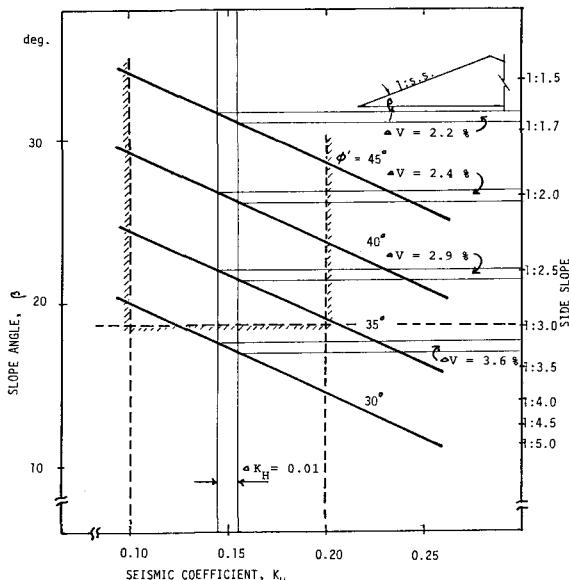


FIG. 3 SEISMIC COEFFICIENT AND DAM VOLUME INCREASE

TABLE DISTRIBUTION OF MAGNITUDE AND EPICENTRAL DISTANCE

magnitude	Epicentral Distance (km)						total
	-49	50-99	100-149	150-199	200-1000		
8.0-	0	0	1	0	2		3
7.0-7.9	0	1	0	0	21		22
6.0-6.9	1	2	0	3	98		104
5.0-5.9	0	6	19	8	469		502
-4.9	5	33	50	27	1947		2062
total	6	42	70	38	2537		2963

度を推算し、設計に用いる地震加速度を決定する方法のうち次の2つの方法による結果を比較してみた。すなわち、1つは河角マップを導いた河角の方法 (A) で、他は第3漸近分布を用いる極値統計学的方法³⁾ (B) である。ただし両者の基本的な相異を明瞭にするため、本来の河角法⁵⁾ (A₀) の前半部分をFIG. 4のように変更した方法を (A) としている。これにより両者で用いる原データのピーク加速度値が全て同一となる。FIGS. 5-6はこれらの2つの方法による結果の一例である。再来期間100年と2000年に対する最大加速度はそれぞれ次のようになる。

	100年	2000年
(A)	145	235
(B)	120	185
	(GAL)	

河角マップの問題点は既に幾つか指摘されているが⁴⁾、最大加速度が過大に評価されるのもその一つである。これは、指数分布を適用する本手法自体にその要因があり再来年数が長くなるにつれ過大評価は著しくなる。

4. おわりに

フィルダムの動的破壊機構の研究が進むにつれ破壊様式が静的な円弧すべりとは異なっていることが指摘されており、またダムの振動性状は3次元的に把握されるべきでもある。これらのことも正しく設計に反映される必要があるが、上記の事柄は設計者が念頭におくべき点であろう。

参考文献

- 1) 第2次改訂 ダム設計基準 日本大ダム会議 1978、2) 松本徳久：ダムの設計震度について、土木技術資料18-3、1976、3) 服部定育：世界地震活動地域における地震危険度MAP、建築研究報告、NO. 88、1980、など
- 4) 片山恒雄：地震活動度・危険度の確率論的な考え方、生産研究、27-5、1975、など、
- 5) Kawasumi, H.; Measures of earthquake danger and expectancy of maximum intensity throughout Japan as inferred from the seismic activity in historical times, ERI, vol.29, 1951.

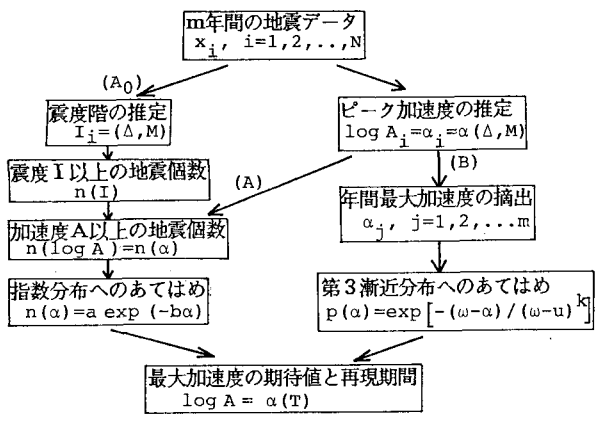


FIG. 4 CALCULATION PROCEDURE OF MAXIMUM ACCELERATION

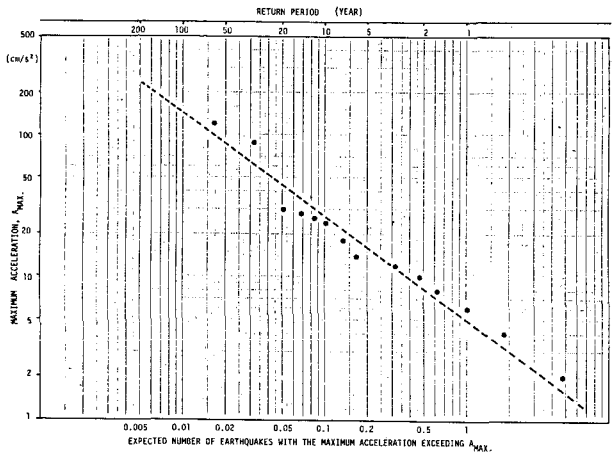


FIG. 5 MAXIMUM ACCELERATION EVALUATED BY KAWASUMI'S METHOD

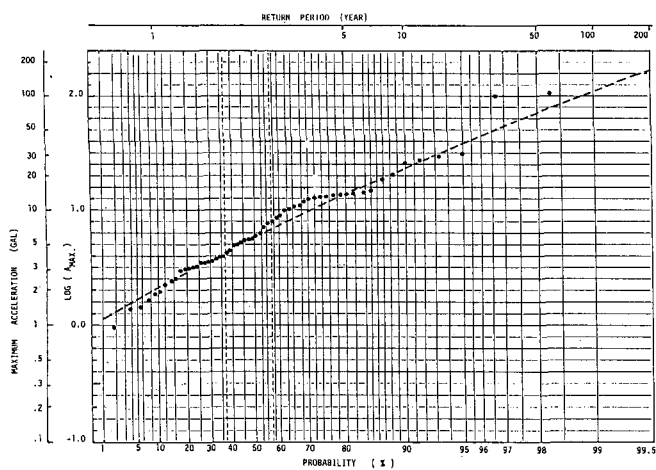


FIG. 6 MAXIMUM ACCELERATION EVALUATED BY USING THE THIRD TYPE ASYMPTOTIC DISTRIBUTION.