

電力中央研究所

正会員 林 正夫

同 上

○ 正会員 駒田広也

同 上

正会員 北原義浩

1. まえがき

ロックフィルダムの震動解析には、今まで、2次元表示でおこなわれてきたが、3次元的な検討が必要な場合もある。たとえば、ダム軸方向の地震挙動を解析する場合や、ダム中央断面とダムアバット付近との断面が著しく異なる場合には、2次元モデルでは適切でなく、3次元モデルにする必要があり比較検討した。また3次元解析になると、要素分割が粗くなるので、要素分割の粗密の影響を調べるために、2次元解析での要素分割の粗密による解析結果の比較についても述べる。

2. 震動解析

ここでの震動解析は、3次元の有限要素法とモード解析法を結合して開発した3次元震動応答解析法による。4面体を1要素として、剛性行列、質量行列、減衰行列を作成しているが、4面体要素では、データ整理が困難であるので、6個の4面体要素をあわせて、1個の要素としてデータを処理する。

ロックフィルダムの3次元震動モデルとして、図-1に示すが、ダムの右岸と左岸とは対称であるとして、ダムの右岸側半分をモデル化する。次に、2次元モデルとして、3次元モデルの中央部（図-1でのE断面）の単位幅をとり、2次元平面ひずみの表示する。図-2に2次元震動モデルを示すが、要素分割の粗密による影響を調べるため、3次元モデルのE断面と同一である13個の要素に分割したタイプAと、24個に分割したタイプBの2種の2次元モデルを設定した。減衰行列は、大型動的三軸試験結果より、物性をVoigtモデルで表現し、動粘性係数を導入している。地震入力加速度として、3次元解析では、 $\ddot{X} = 100 \cdot \sin \{ 9.13t / (16.5 - t) \}$ gal, ($t = 0 \sim 15$ sec), 2次元解析では、 $\ddot{X} = 100 \cdot \sin \{ 9.13(t + 10) / (16.5 - t - 10) \}$ gal, ($t = 0 \sim 5$ sec) の漸変正弦波を使用している。

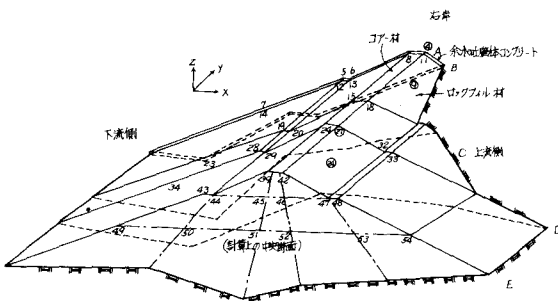


図-1 ロックフィルダムの3次元震動解析モデル

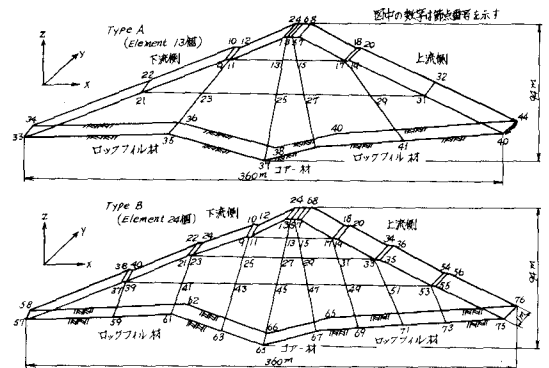


図-2 ロックフィルダム 2種の2次元震動モデル

Givens-Housholder 法で、低次の固有周期、固有モードを求めたが、2次元タイプA(粗)では、 $T_1=0.469$ 秒、タイプB(密)では、 $T_1=0.465$ 秒、3次元では、 $T_1=0.327$ 秒であった。また、減衰定数は、タイプAでは、5.3%、タイプBでは、5.5%、3次元では、7.9%であった。いずれも、2次元のタイプAとタイプBとはよく一致しているが、2次元と3次元とは差が目立つ。3次元解析では、側面の拘束が影響しているため固有周期、減衰性、変位、応力、加速度などが異なってくる。

図-3に、ダム天端の変位応答履歴を示す。2次元のタイプAとタイプBとはよく一致しているが、3次元では2次元よりも小さな値になっている。しかし、図-4に示す最大振幅時における加速度分布では、ダム天端での加速度は、2次元では、約8.5倍に、3次元では、約10倍に増幅されている。これについて、主として、ロック材粒子の転動については加速度に着目し、この増幅度は重要視すべきであろう。次に、最大振幅時における応力分布を図-5に示す。2次元解析の応力は、3次元解析の応力に対して、大きな値を示している。主として、ダムの安定の見地からは応力に着目するのがよいが、3次元的には、2次元の検討ほどには、厳しい条件にはない傾向のように思われる。次に、図-6に、3次元モデルの各断面における応力分布を示す。各断面とも法面中央部に大きな応力が生じているので、耐震的な設計、施工の要点と考えられる。

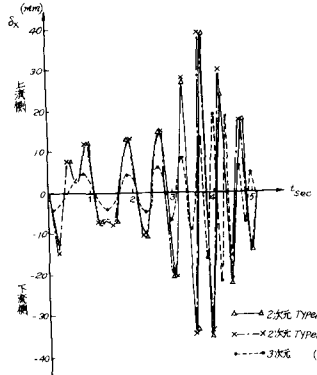


図-3 ダム天端の変位応答履歴(単位:cm)

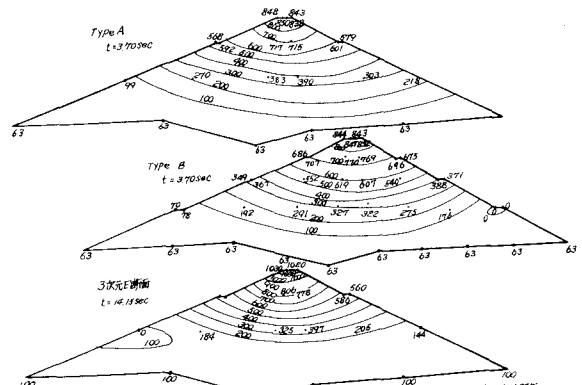


図-4 ロックフィルダム2次元・3次元最大振幅時の最大加速度分布(単位:cm/sec²)

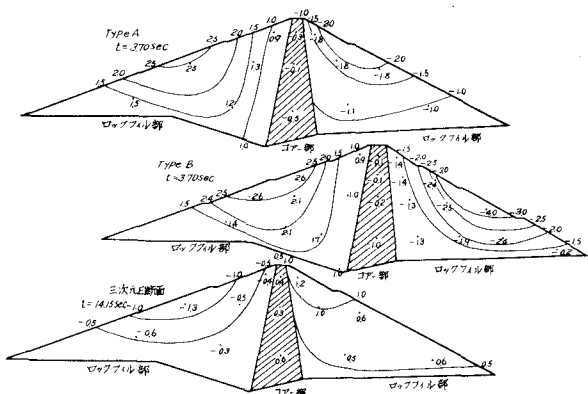


図-5 ロックフィルダム2次元・3次元最大振幅時の最大応力分布(単位:kg/cm²)

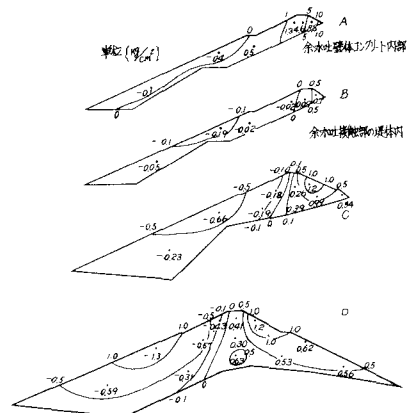


図-6 ロックフィルダム3次元断面の最大振幅時の応力分布(単位:kg/cm²)