

有限要素法によるダムの安定解析

佐賀大学 学生員 ○江口 康則

佐賀大学 S. Valliappan

佐賀大学 正員 古賀 勝喜

1. まえがき

大型ダムの変位は、基礎及び堤体における境界条件、構造物の連続性、材料特性などの諸要因によって複雑な挙動を示すことが解っている。ここでは、簡単な重力式ダムのモデルを使って、自重のみによる変位及び応力を基礎及び堤体の弾性係数、ポアソン比等を変化させながら8点要素による有限要素法を用い弾性(Elastic)、完全弾塑性(Elasto-perfectly plastic)の2通りで数値解析を行ない、ダムの変形状態、応力などを求めいくつかの解析を行った。

2. 計算の種類

有限要素法解析をTable-1に示したモデルと5通りの材料特性を用いて行う。Case-1, 2, 3においては基礎及び堤体のポアソン比(ν)を変化させ、(ν)の違いにより、変位、応力の変化を調べる。Case-2, 4, 5では弾性係数(E)を基礎と堤体で別々の値を用い、その違いによる変位及び応力の相違を調べる。これらの場合を土の特性を考え、Case-I(弾性解析)、Case-II(完全弾塑性解析)の2通りで解析する。ただし、Case-IIの場合には粘着力を $c=2000$ lbsft、内部摩擦角を $\phi=30^\circ$ とし、なおかつ、基礎部分においては、自重を考えずに初期応力を導入して解析する。初期応力は、基礎部分の各層の節点に次式によって計算した値を入力する。

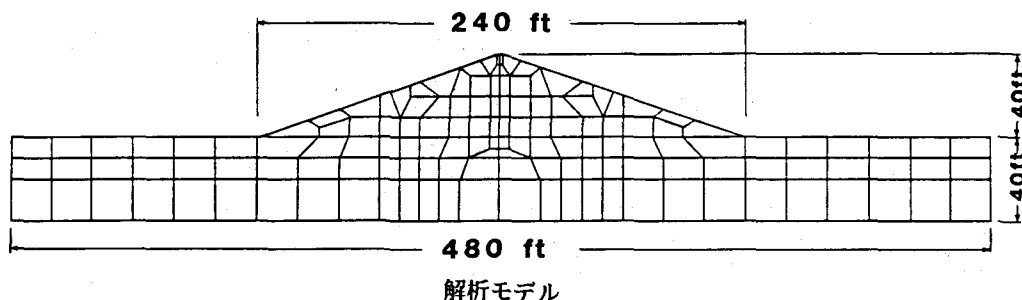
H: 基礎表面からの深さ(ft)

 $\sigma_y = \gamma H$, $\sigma_x = k \sigma_y$ γ : 基礎部分の単位体積重量(100 lb/ft^3)

k: 側圧係数

Table-1 Cases Studied by Finite Element Analysis

	Case No	Embankment E(ksf)	Foudation E(ksf)	Poisson's ratio
Elastic	(1)	100	100	0.2
Case-I	(2)	100	100	0.35
Elasto-Perfetly Plastic	(3)	100	100	0.45
	(4)	100	25	0.35
Case-II	(5)	100	400	0.35



3. 計算結果と考察

(1) ダムと地盤との境界面における変位

図-1, 2に境界面における沈下量および水平変位を示した。ここでは、ポアソン比($\nu=0.35$)を一定とし、地盤の弾性係数を($E=25 \text{ ksf}, 100 \text{ ksf}, 400 \text{ ksf}$)で比較した。これらの値は軟弱地盤、マサ土、岩を想定したものである。沈下量はダム中心軸から100 ft付近を境に堤防直下では沈下し、堤防外では上昇し中心軸上では最大の沈下量を示す。水平方向の変位も100 ft付近で最大の値となる。弾性解析、完全弾塑性解析共にほぼ等しい結果が得られた。また、ここでは図を省略しているが、土の物性値を示すポアソン比を変化させてもほぼ同様の結果が得られた。

(2) ポアソン比と最大沈下量の関係

図-3は境界面のポアソン比の変化による最大沈下量の弾性解析および完全弾塑性解析の結果を示す。図から分かるように、弾性および完全弾塑性共にポアソン比が増加するにともなって沈下量が減少する。しかも、これらは共に二次曲線を描いており、ポアソン比が大きくなるに従って、沈下における減少量の割合が小さくなる。

(3) ダム中央における鉛直方向応力

図-4は、ダム中央の軸上に作用する応力を示したものである。図に示したケースは弾性、完全弾塑性共に基礎および堤体の弾性係数を $E=100 \text{ ksf}$ 、ポアソン比を $\nu=0.35$ としたものだが、解析したすべての場合において軸上の応力はほとんど同様の値を示す。ここで特に着目する点はダム本体の40 ftまでは直線的に増大し、基礎部内では変化が見られない。

4. あとがき

すべての結果において、弾性解析よりも完全弾塑性解析の方が、わずかながら小さな値を得る。よって、この2つの解析方法による大きな違いは見られない。ただ、地盤の挙動は物性値により大きく異なる。現在、土の物性値を種々変化させ、弾性解析と完全弾塑性解析による結果を比較し、弾性解析の使用できる限度を求めている。

参考文献 Embakment-Dam Engineering

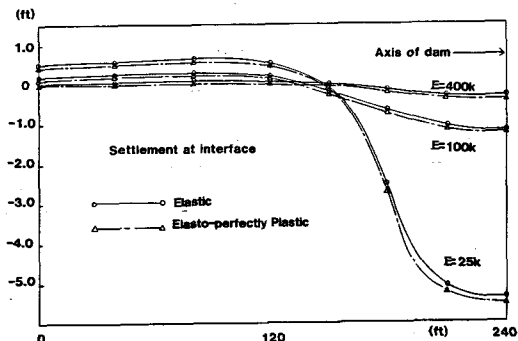


図-1 境界面の沈下量

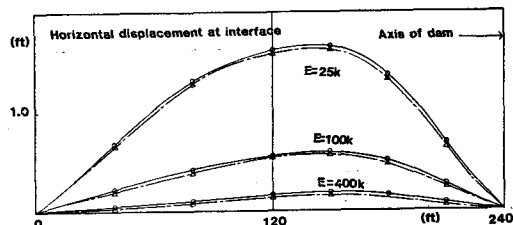


図-2 境界面の水平変位

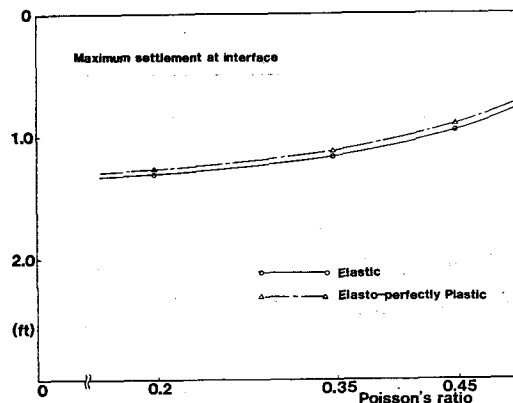


図-3 最大沈下量

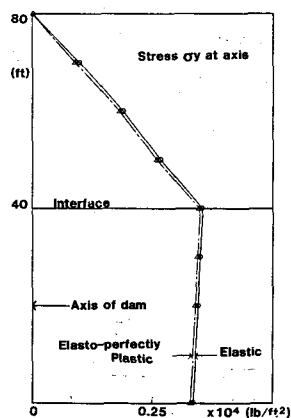


図-4 鉛直方向応力