

ダムの安全性への影響照査

ダムの設計、施工時のコンクリートの強度管理等に問題は無く、かつ堤体変形、漏水量等の計測データにも問題が無いことから、現状においてダムは安定していると判断される。ここでは、堤体応力とクラックの因果関係を検討するために実施された三次元 FEM 応力解析について記す。

(1)解析モデルおよび物性値

解析モデルを図 2.5 に示す。また、物性値を表 2.6 にしめす。

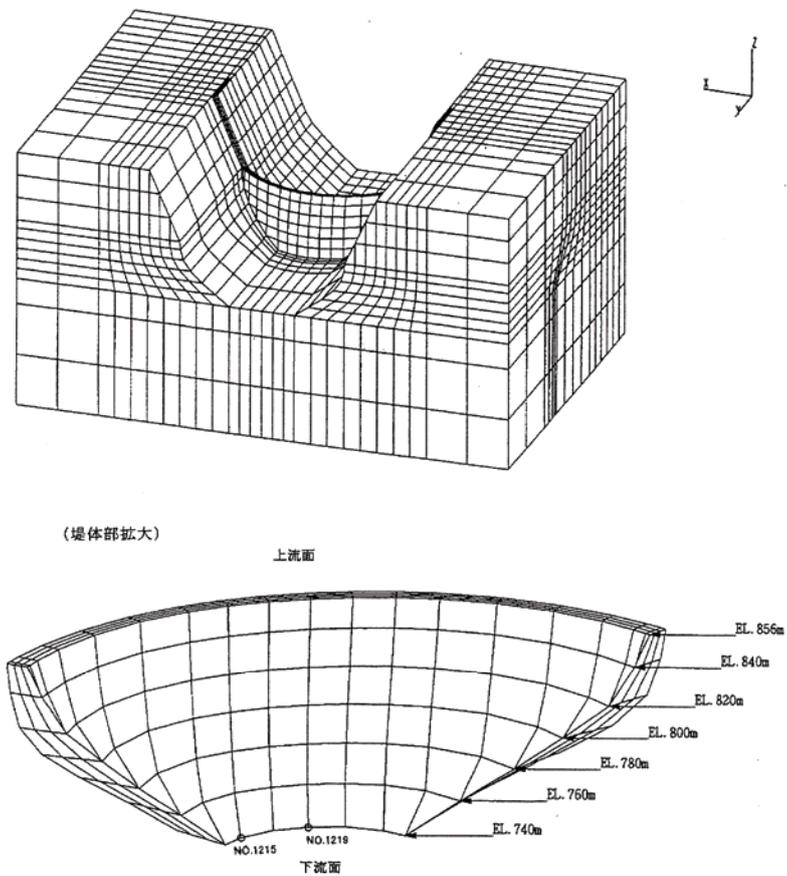


図 2.5 矢木沢ダムの三次元 FEM モデル

表 2.6 解析に用いた物性値

	コンクリート	岩盤
単位体積重量 (t/m ³)	2.35	—
弾性係数 (kg f/cm ²)	250,000	50,000
ポアソン比	0.2	0.2
線膨張係数 (μ / °C)	10	—

(2)解析ケース

解析は次の2ケースについて実施した。

- ケース1 : 自重+静水圧(常満)+平均温度変化量(冬期)
常時満水位時で、堤体内部に温度勾配がない場合となる。
- ケース2 : 自重+静水圧(常満)+平均温度変化量(冬期)
+下流面側温度降下量(-5℃)
常時満水位時で、堤体下流面から下流側1/3の厚さまで堤体内部に温度勾配のある場合となる。

表 2.7 平均堤体温度荷重(冬期)

	EL.740～800m	EL.800～820m	EL.820～856m
ジョイントグラウチング時堤体温度(℃)	3.0	3.5	5.5
冬期平均堤体温度(℃)	3.8	4.8	6.8
温度荷重(℃)	0.8	1.3	1.3

(3)解析結果

解析結果を図2.6～7に示す。

【ケース1】

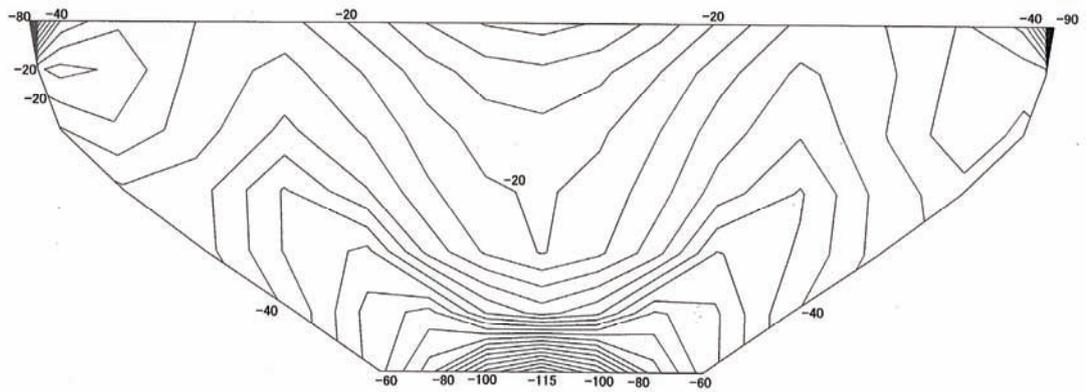
最大主応力コンターならびに主応力矢線図によると、最大圧縮応力は下端部において約117kgf/cm²である。

最小主応力コンターならびに主応力矢線図によると、堤体の上位部で5kgf/cm²未満のほぼ鉛直方向の引張応力が生じている。また、堤体下部部においては引張応力は発生していない。

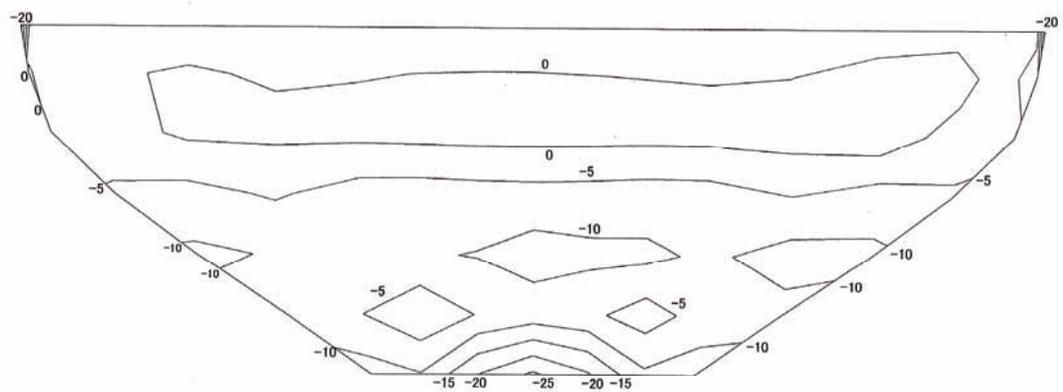
【ケース2】

最大主応力コンターならびに主応力矢線図によると、最大圧縮応力は下端部に約109kgf/cm²生じている。

最小主応力コンターおよび主応力矢線図によると、堤体上位部で15kgf/cm²未満のほぼ鉛直方向の引張応力が生じている。また、下端部では引張応力が発生していない。



a) 最大主応力コンター図



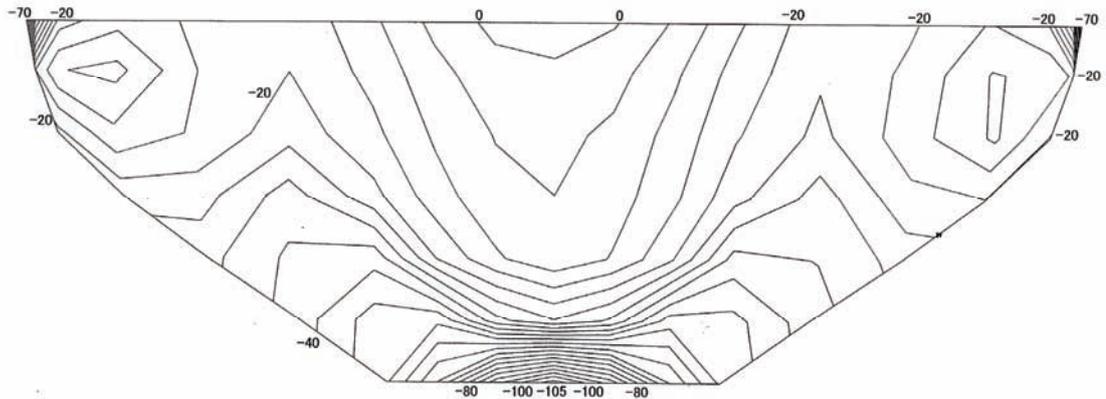
b) 最小主応力コンター図



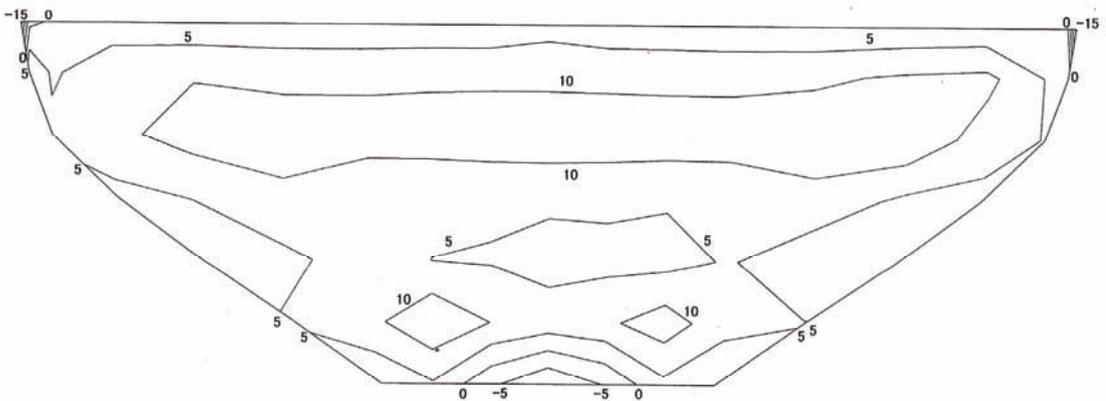
c) 主応力矢線図

図 ケース1: 下流面の主応力(自重+静水圧(常満)+平均温度変化(冬期))

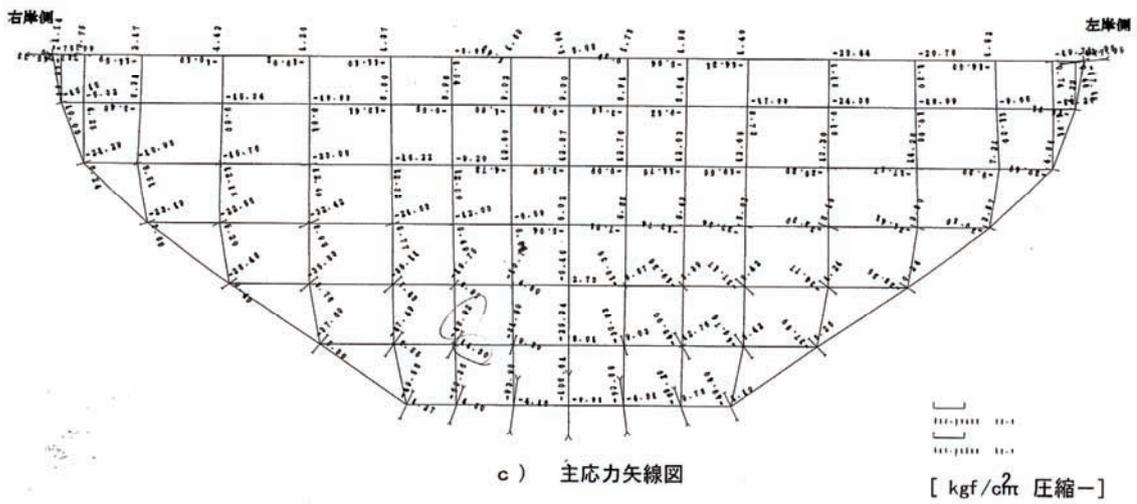
図 2.6 三次元 FEM 応力解析結果 ケース 1



a) 最大主応力コンター図



b) 最小主応力コンター図



c) 主応力矢線図

[kgf/cm² 圧縮]

図 ケース2 : 下流面の主応力(自重+静水圧(常満)+平均温度変化(冬期)+下流面側温度勾配(-5°C))

図 2.7 三次元 FEM 応力解析結果 ケース 2

(4)考察

数値解析上の各種仮定とその精度、一般にアーチの岩着部付近において解析結果は過大となるなど解析上の課題はあるが、解析結果をもとに考察を行う。

①ケース1より、堤体下流面に温度降下・温度勾配の発生しない状態では、堤体下位部には引張応力は発生せず、堤体上位部に 5kgf/cm^2 未満程度の小さな引張応力が発生する程度であることから、構造的応力によってクラックが発生する可能性はなく、堤体は十分安定した状態にあると考えられる。

②ケース2より、発生する最大引張応力 14.30kgf/cm^2 は設計基準強度 460kgf/cm^2 に対して $1/30$ 以下であることから、発生する引張応力が直ちにクラックを誘発するようなことはないと考えられる。

③ケース2に代表されるように、堤体下流側に温度降下が生じる場合には、堤体下位部で「最小主応力が引張、かつ主応力差が大きい」状態となる。このことが、後述するクラックの主原因である凍結融解作用によるクラックを、線状に規制している要因であると推定される。

しかしながら、この推定は、日々の気温変動を受ける表面付近において、さらに大きな引張応力が発生しているであろうとの想定によるものであり、上記応力状態に近い部位でも下流面の気温日変動を受けない部位にはクラックが発生していないこと、表面から 20cm 程度深部においてはコンクリート温度が氷点下にはならず凍結を生じていないことなどを踏まえると、表面クラックが進展するようなことはないと考えられる。