

砂防ダムの応力解析(I)

九州大学農学部 綿 引 靖

1. はじめに

低砂防ダムでは、上流側のり面を逆勾配に傾斜させることで、体積をより小さくできる場合が存在する。¹⁾ 本報告では、このようなり面を持つ一ダムについて、その断面に生ずる応力を、有限要素法により解析する。

2. 方 法

対象とするダムは、図-1に示すように、上流側および下流側のり面勾配がそれぞれ、 $1 : -0.15$ および $1 : 0.35$ 、天端幅がダム高Hに対して $0.6H$ の断面形を持つものとし、これを支える地盤の断面として、ダム底面中央より $3H$ の広がりを持つ半円形の区域を選ぶ。同図では、各断面部がそれぞれ、有限要素法を適用するために、三角形要素群に分割されている。節点(各要素を構成する頂点)に▲印のつけられた箇所では、水平および鉛直方向の変位がそれぞれ0という条件を入れる。ダムおよび地盤の弾性係数は、それぞれ 2.0 および $1.0 (\times 10^9 \text{ kg/m}^2)$ 、ポアソン比は、そ

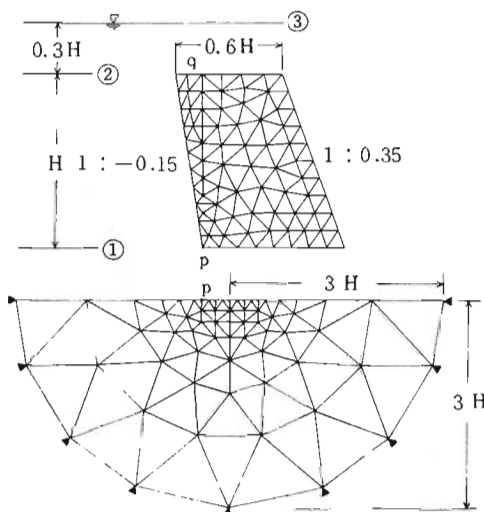


図-1 ダムおよび地盤の断面形と要素分割
(節点数 140, 要素数 231)

れぞれ 0.2 および 0.33 、単位体積重量は、それぞれ 2.4 および $1.7 (\times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ とする。外力には、自重および水圧を考慮し、後者の算出にあたっては、水の単位体積重量を、 $1.2 (\times 10^3 \text{ kg/m}^3)$ とする。なお、下流側にあるり面ならびに地盤には、水圧は加わらないものとする。これらの準備に基づき、各要素に生ずる応力を、有限要素法により計算する。

3. 結果と考察

図-1に示すように、地面からの水位が、①0、②H、③ $1.3H$ (最高水位とする)の各場合について、ダム部に生ずる応力の計算結果を以下に述べる。応力は、圧縮の値を正とする。

①水位0: 各要素に生ずる主応力(σ)および主方向が、図-2に示されている。ここでは、上流側下部より、上方へしだいに引張応力の区域が広がるのが認められる。その最大値($\sigma/H=317 \text{ kg/m}^2$)は、下部にあり、上部で生ずる比較的大きな値に比べ、さらに大きいのが注目される。圧縮応力は、下部におけるほど大きい。底面上流端で鉛直面(図-1でpとqとを結ぶ面)を想定すると、これより上流側へ張り出した部分は、その面で支持される三角形の片持ばりと同じ

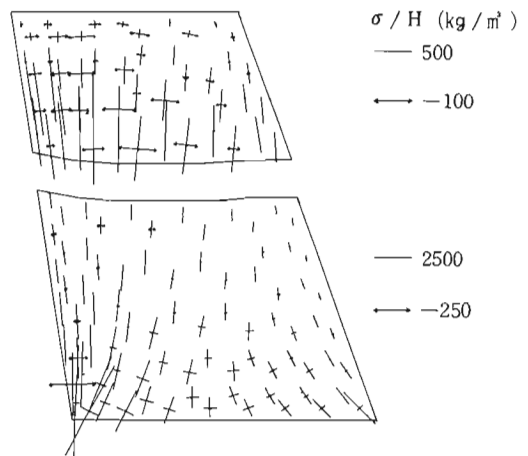


図-2 水位0のとき生ずる主応力(σ)

すことができる。この鉛直面で、これに直角方向に生ずる応力 (σ_x) については、片持ばりによる値と、有限要素法による値とが、図-3 (A) で比較されている。後者では、鉛直面上の各節点において、これに接続する全要素の応力の平均値が、それら各節点の応力として描かれている。図の値は、両者とも中央より下側の部分で圧縮の値を示している。後者は、底面で前者より著しく大きい。なお、後者の一部では、節点で接続する要素中に、比較的大きな引張応力を示す要素が含まれている。中央より上側の部分では、ほぼ引張応力となり、両者は、ここでは良く近似する傾向が認められる。一方、通常のダム計算では、底面に生ずる応力が検討される。底面で、これに直角方向に生ずる応力 (σ_y) について、通常の計算法による値と、有限要素法による値とが、図-4 (A) で比較されている。後者を求める際に、底面上の節点で接続する要素のうち、地盤部のそれについては考慮しない。この図で、値が直線状に変化する前者に対し、後者では、凹型に変化し、後者は、前者に比べ、中央部で小さく、上流および下流部で大きいという傾向が見られる。

②水位Hおよび1.3H：主応力については、水位Hの場合は、すべての要素で、また1.3Hの場合は、底面上流端部の一要素を除いて、それぞれ引張応力は認められない。この傾向の一端を、底面上流端の鉛直面に生ずる応力により知ることができる。図-3で、(A)と同様に、片持ばりによる値と有限要素法による値とが、各水位の場合について、それぞれ(B)および(C)に比較されている。(B)では、両者の値は全般に近似している。天端では、前者がやや引張の値となるが、他の部分では、両者とも圧縮の値を示している。(C)では、両者すべて圧縮の値であり、底面において、(A)

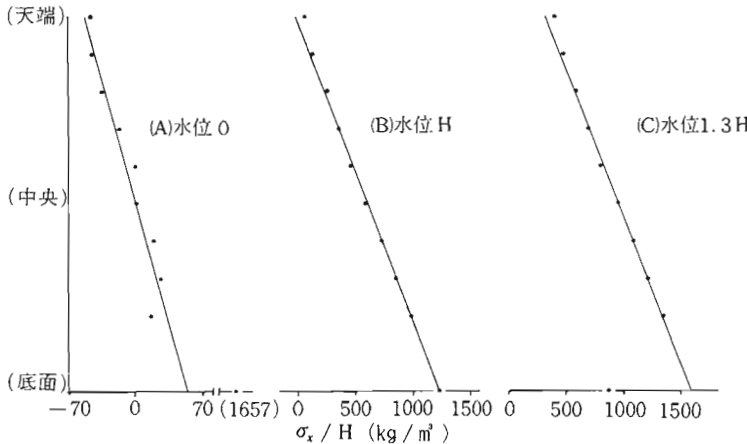


図-3 底面上流端の鉛直面に生ずる応力 (σ_x) の比較
(—片持ばりによる値、•有限要素法による値)

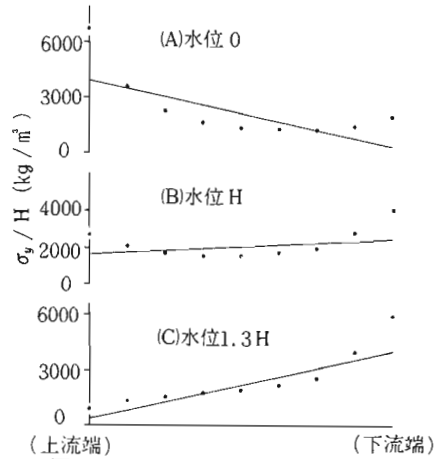


図-4 底面に生ずる応力 (σ_y) の比較
(—通常の計算法による値、•有限要素法による値)

とは逆に、後者が前者よりも小さいが、他の部分では良く近似している。一方、底面に生ずる応力は、図-4で、(A)と同様に、各水位の場合がそれぞれ(B)および(C)に示されている。(B)、(C)とも、有限要素法による値は、(A)と同じ傾向を示し、通常の計算法に比べ、中央部で小さく、上流および下流部で大きい。

以上、各水位の場合について検討した。底面上流端の鉛直面に生ずる応力については、片持ばりによる値と、有限要素法による値とが、一部を除いて良く近似しており、片持ばりによる解析は簡易な方法として、逆勾配のり面を持つ場合の応力的一端を知る上に有効であると考えられる。一方、底面に生ずる応力について、有限要素法による値で見られる傾向は、普通のり面勾配の場合においても共通に見られるものである。水位0のとき生ずる引張応力については、その最大値は、低ダムのとき、許容値に比べ十分小さいと考えられる。また、水位Hおよび1.3Hでは、引張応力は殆ど生じない。したがって、上流側のり面が逆勾配となることは、実用において支障をきたさないと考えられる。

参考文献

- (1) 綿引靖：日林九支研論，31，271～272，1978